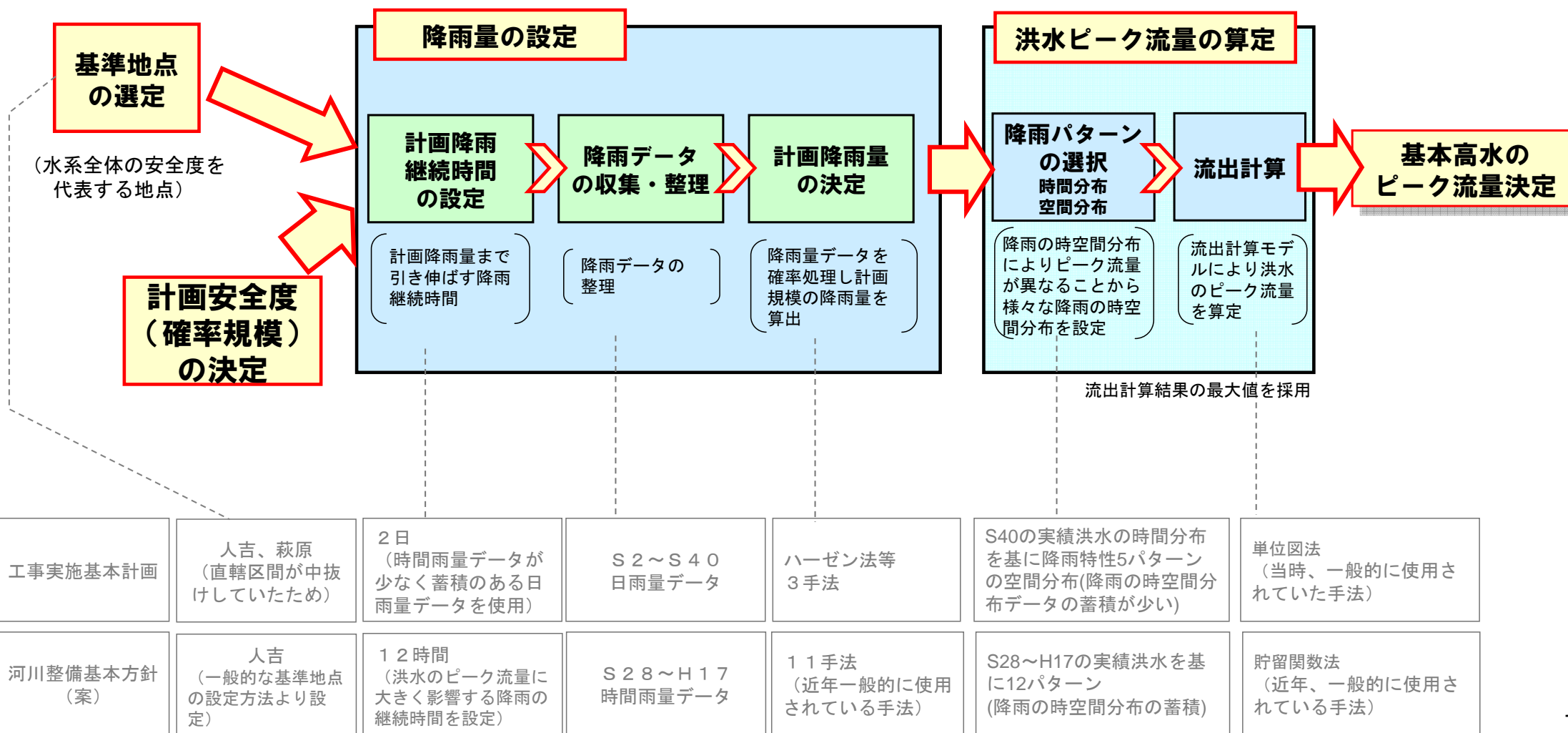
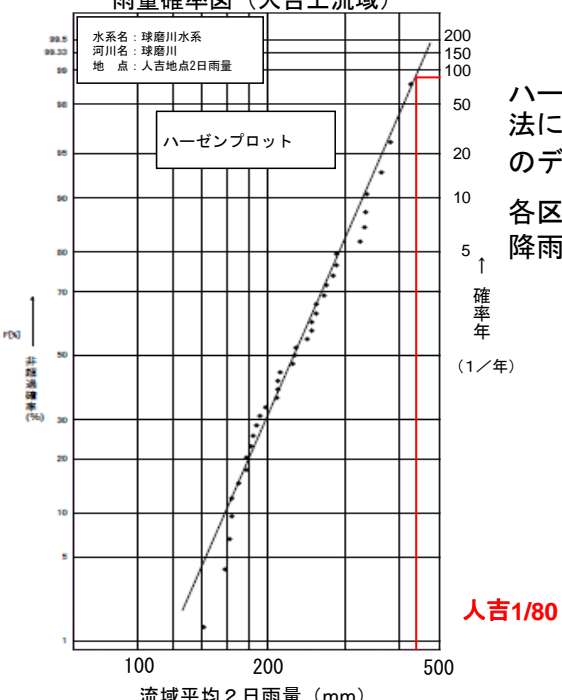
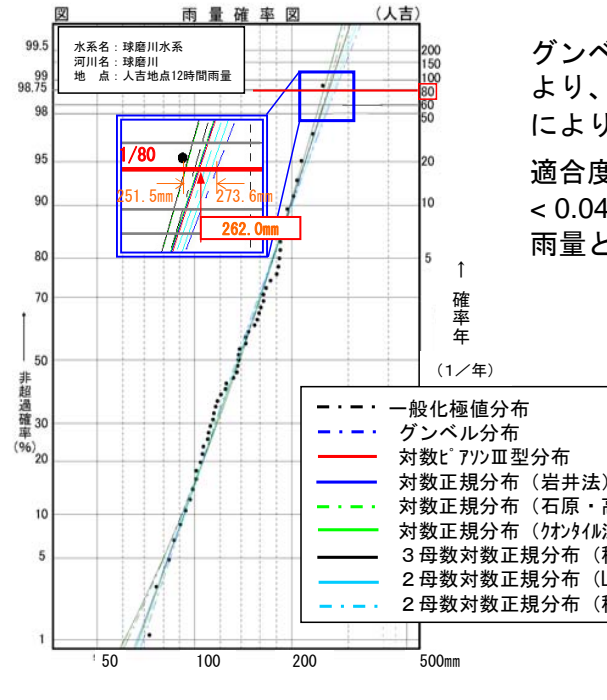
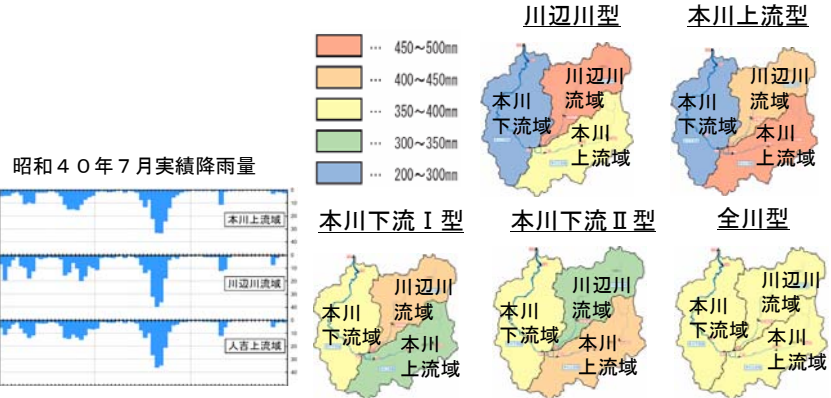
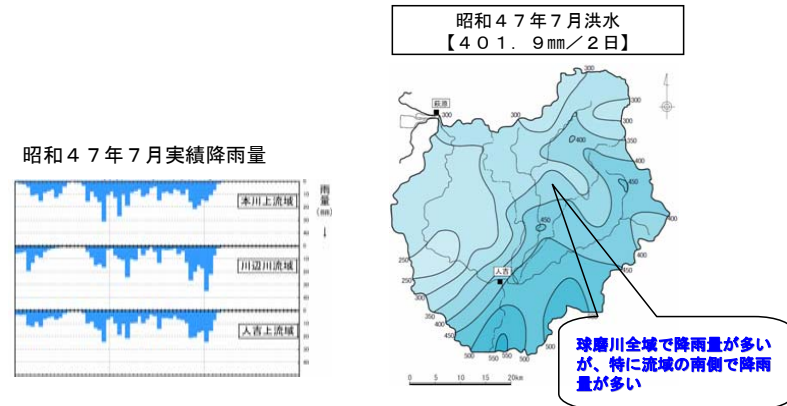
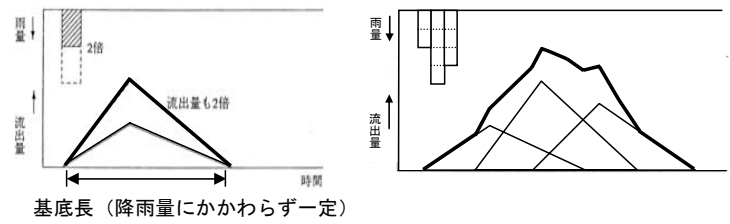
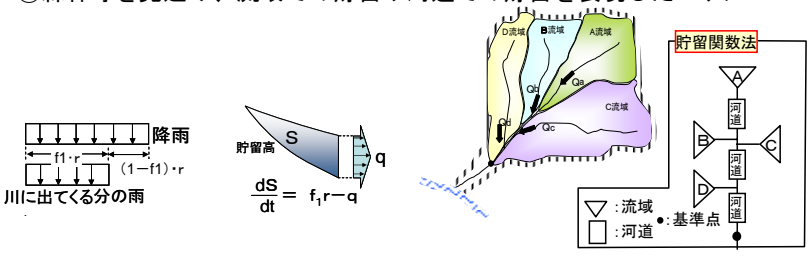


- 雨量確率から一連の流出解析を行い、基本高水のピーク流量を決定するという基本的な考え方は、工事実施基本計画も河川整備基本方針（案）も同様。
- 工事実施基本計画は、水文データ等が少ない時代に降雨パターンを工夫した上で、**当時の一般的な方法**で策定。
- 河川整備基本方針（案）は、工事実施基本計画策定以降に蓄積された水文データや知見を用いて**近年の一般的な方法**で立案。



項目	工事実施基本計画	河川整備基本方針(案)
計画規模	1/80	1/80
基準地点	人吉、萩原	人吉
<p>計画降雨継続時間 (流域の流出特性を考慮し、洪水のピークに影響する降雨の継続時間)</p>	<p>2日</p> <ul style="list-style-type: none"> 時間単位で設定することが望ましいが、時間雨量データは13年間と蓄積が少なく39年間の蓄積のある日雨量で設定 大きな洪水の降雨の主要部分が日界をまたいで存在するため2日雨量を採用 	<p>12時間</p> <ul style="list-style-type: none"> 時刻に関係ない最大降雨に対応できるように時間単位で設定 洪水の到達時間 降雨継続時間とピーク流量との相関 球磨川の特長として大きな洪水流量が発生したのは、概ね12時間程度に降雨が集中した
統計期間	昭和2年～昭和40年(39年)	昭和28年～平成17年(53年)
<p>計画降雨の設定 (統計手法 雨量資料から計画安全度に対応した降雨量を算定する手法)</p>	<p>雨量確率図(人吉上流域)</p>  <p>ハーゼン法など3手法により、S2~S40のデータにより算出各区分流域毎の計画降雨量を設定</p> <p>人吉1/80: 440mm/2日</p>	<p>雨量確率図(人吉)</p>  <p>ゲンベル分布など11手法により、S28~H17のデータにより算出 適合度の良い手法 (SLSC < 0.04) の平均値を計画降雨量と設定</p>
計画降雨量	人吉: 440mm/2日, 萩原: 380mm/2日	262mm/12時間

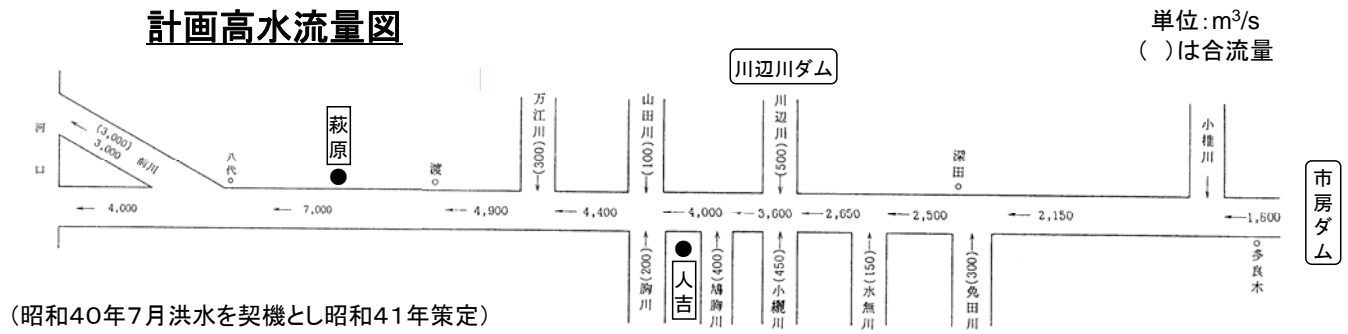
項目	工事実施基本計画	河川整備基本方針(案)																																										
<p>計画降雨パターン</p> <p>流域に降る降雨は様々な時間・空間分布を有しており、計画降雨量からピーク流量を算出するために用いる時間・空間分布の洪水</p>	<p>○降雨の時間・空間分布のデータが少なかったためS40洪水の実績降雨を基に5つの降雨パターンを設定</p>  <p>昭和40年7月実績降雨量</p>	<p>○計画降雨継続時間内雨量の上位10洪水および</p> <p>○人吉地点の計画洪水流量(4000m³/s)以上の12の降雨パターンを選定</p>  <p>昭和47年7月実績降雨量</p>																																										
<p>ピーク流量の算定</p> <p>流出計算手法</p> <p>流域の流出特性を考慮し、降雨から流量を算定する方法</p>	<p>単位図法</p> <p>①策定当時一般的に用いられていた手法</p> <p>②1時間での一定量の降雨に対する河川への流出波形を求め、降雨波形の時間毎の雨量に応じて流出波形を重ね合わせていくことで全流出量を求める手法</p>  <p>流出量</p> <p>時間</p> <p>2倍</p> <p>流出量も2倍</p> <p>基底長(降雨量にかかわらず一定)</p>	<p>貯留関数</p> <p>①近年一般的に使用される手法</p> <p>②森林等を見込み、流域での貯留や河道での貯留を表現したモデル</p>  <p>降雨</p> <p>貯留高 S</p> <p>川に出てくる分の雨</p> <p>$\frac{dS}{dt} = f_1 r - q$</p> <p>貯留関数法</p> <p>流域</p> <p>河道</p> <p>基準点</p>																																										
<p>基本高水のピーク流量</p>	<p>○5降雨パターンの流出計算結果の最大値を採用(人吉、萩原) 単位: m³/s</p> <table border="1" data-bbox="425 1252 1276 1468"> <thead> <tr> <th></th> <th>川辺川型</th> <th>本川上流型</th> <th>本川下流I型</th> <th>本川下流II型</th> <th>全川型</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>人吉</td> <td>7,040</td> <td>7,060</td> <td>5,840</td> <td>5,950</td> <td>5,940</td> </tr> <tr> <td>萩原</td> <td>8,910</td> <td>8,900</td> <td>8,500</td> <td>8,570</td> <td>8,580</td> </tr> </tbody> </table> <p>人吉: 7,000m³/s 萩原: 9,000m³/s</p>		川辺川型	本川上流型	本川下流I型	本川下流II型	全川型	人吉	7,040	7,060	5,840	5,950	5,940	萩原	8,910	8,900	8,500	8,570	8,580	<p>○12降雨パターンの流出計算結果の最大値を採用(人吉) 単位: m³/s</p> <table border="1" data-bbox="1310 1252 2161 1468"> <tbody> <tr> <td>S30.9</td> <td>S39.8</td> <td>S40.7 ※</td> <td>S46.8</td> <td>S47.6 ※</td> <td>S47.7</td> </tr> <tr> <td>4,001</td> <td>4,295</td> <td>10,230</td> <td>5,591</td> <td>3,768</td> <td>6,997</td> </tr> <tr> <td>S57.7</td> <td>H5.9</td> <td>H7.7</td> <td>H9.9</td> <td>H16.8</td> <td>H17.9</td> </tr> <tr> <td>5,637</td> <td>4,009</td> <td>5,451</td> <td>4,142</td> <td>4,576</td> <td>5,360</td> </tr> </tbody> </table> <p>人吉: 7,000m³/s ※は棄却</p>	S30.9	S39.8	S40.7 ※	S46.8	S47.6 ※	S47.7	4,001	4,295	10,230	5,591	3,768	6,997	S57.7	H5.9	H7.7	H9.9	H16.8	H17.9	5,637	4,009	5,451	4,142	4,576	5,360
	川辺川型	本川上流型	本川下流I型	本川下流II型	全川型																																							
人吉	7,040	7,060	5,840	5,950	5,940																																							
萩原	8,910	8,900	8,500	8,570	8,580																																							
S30.9	S39.8	S40.7 ※	S46.8	S47.6 ※	S47.7																																							
4,001	4,295	10,230	5,591	3,768	6,997																																							
S57.7	H5.9	H7.7	H9.9	H16.8	H17.9																																							
5,637	4,009	5,451	4,142	4,576	5,360																																							

球磨川水系工事実施基本計画の概要

球磨川水系工事実施基本計画の諸元

基準地点	人吉	萩原
確率規模	1/80	
計画降雨量	440mm/2日	380mm/2日
対象波形	昭和40年7月洪水	
流出解析手法	単位図法	
基本高水のピーク流量	7,000m ³ /s	9,000m ³ /s
ダムによる調節流量	3,000m ³ /s	2,000m ³ /s
計画高水流量	4,000m ³ /s	7,000m ³ /s

計画高水流量図



(昭和40年7月洪水を契機とし昭和41年策定)

基本高水のピーク流量及び計画高水流量の設定の流れ

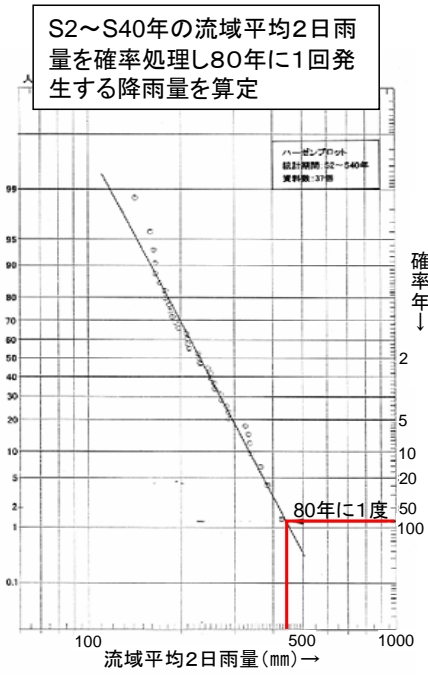
①【計画規模】
河川の規模や流域の開発状況等を考慮して
計画規模を80年に1回と設定

②【基準地点】
昭和41年策定の工事実施基本計画では、下流の八代地区と上流の人吉地区を直轄区間としており、中流域が中抜となっていたことから、
人吉・萩原の2地点を設定

③【計画降雨量】
80年に1回に相当する流域平均雨量を算出
人吉地点: 440mm/2日
萩原地点: 380mm/2日

④【検討する降雨パターンの設定】
洪水の流量を算出するには、降雨の時間分布や地域分布が必要
降雨の時間分布は、流域で被害が大きかった昭和40年7月の洪水の降雨の時間分布を採用

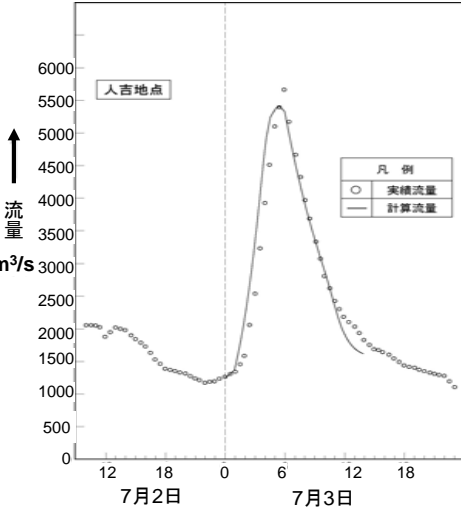
地域分布は、実績の主要降雨が地域的に様々な偏りがあるため、それらの降雨状況を反映できるよう5つの降雨パターンを検討



⑤【流出計算手法(流出計算モデル)】
降雨から流量を算出する計算手法は、計画策定当時、一般的に用いられていた単位図法(立神単位図法)を採用。(昭和29年以降の主要6洪水でモデルの再現性を確認)

⑥【基本高水のピーク流量】
計画降雨量について5つの降雨パターンを設定。流出計算を行った結果の内、最大値を採用し、基本高水のピーク流量を
人吉地点: 7,000m³/s
萩原地点: 9,000m³/s と設定

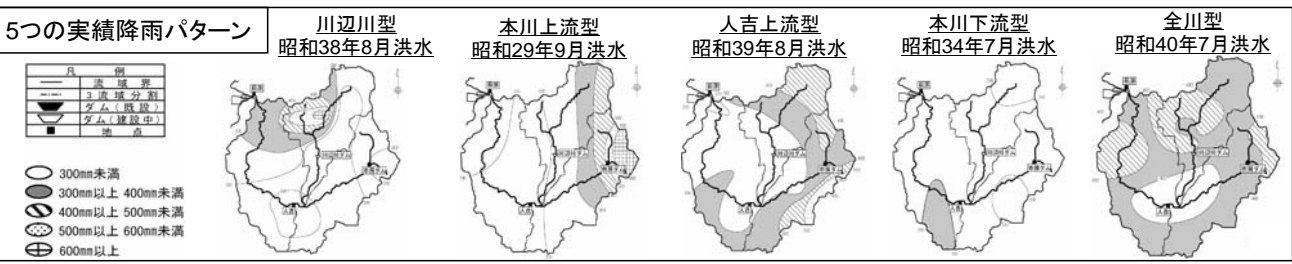
⑦【流量配分の考え方】
家屋等の密集状況、川下りやアユの生息環境等の河川環境等を考慮し、既設の市房ダムと川辺川ダムによる洪水調節により、計画高水流量を
人吉地点: 4,000m³/s
萩原地点: 7,000m³/s と設定



単位図法による流量の再現事例 (昭和40年7月洪水)

基本高水のピーク流量及び計画高水流量一覧表 (単位: m³/s)

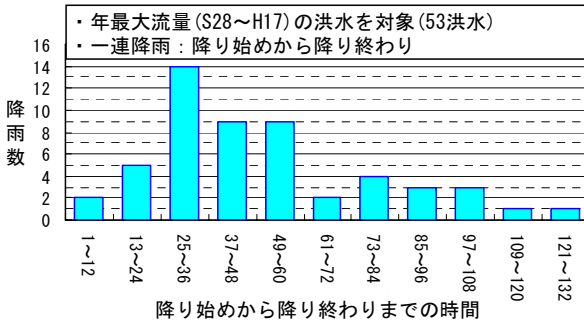
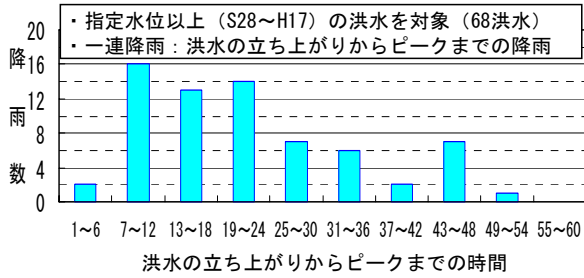
地点	川辺川型	本川上流型	本川下流 I	本川下流 II	全川型	
人吉	基本高水のピーク流量	7,040	7,060	5,840	5,950	5,940
	計画高水流量	3,380	4,000	2,920	3,870	3,450
萩原	基本高水のピーク流量	8,910	8,900	8,500	8,570	8,580
	計画高水流量	5,340	5,890	5,850	6,550	6,130



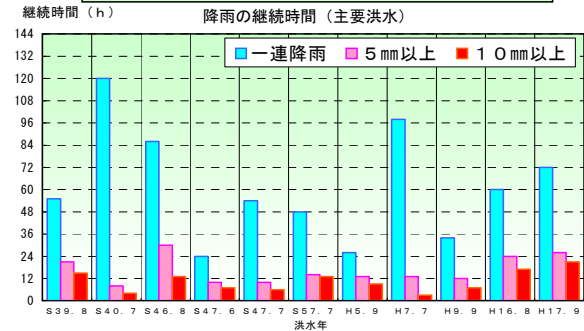
これまで実際に降った降雨の降雨継続時間の特性について

一連降雨の頻度分布

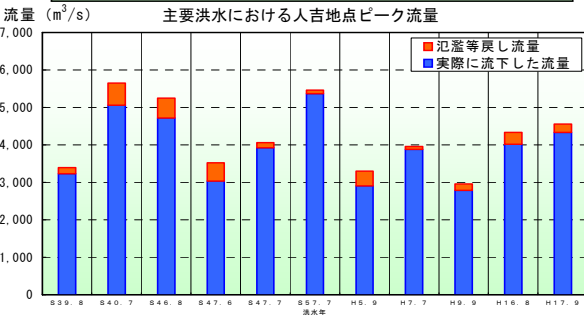
一連降雨を以下の2通りについて整理



主要洪水における降雨継続時間



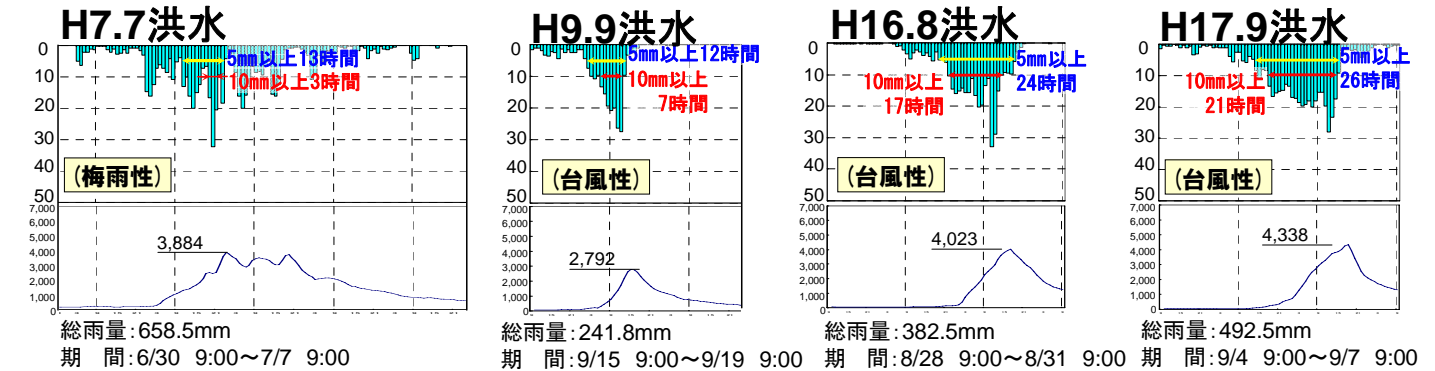
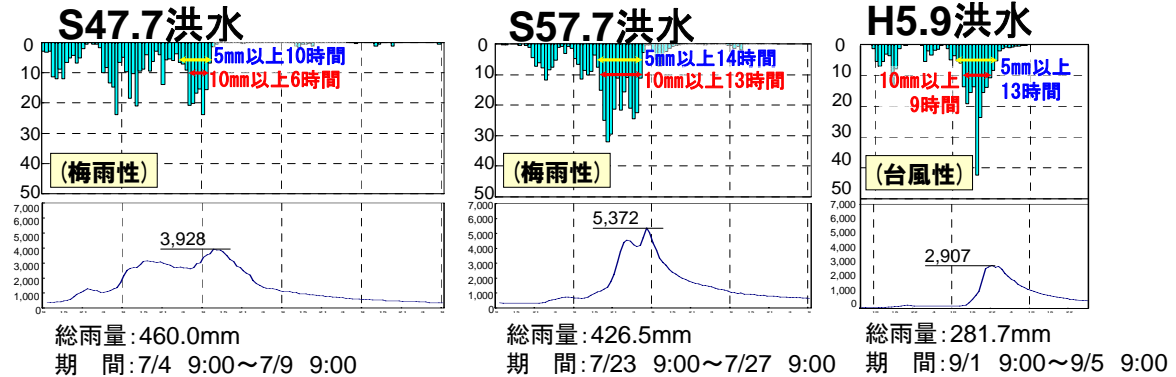
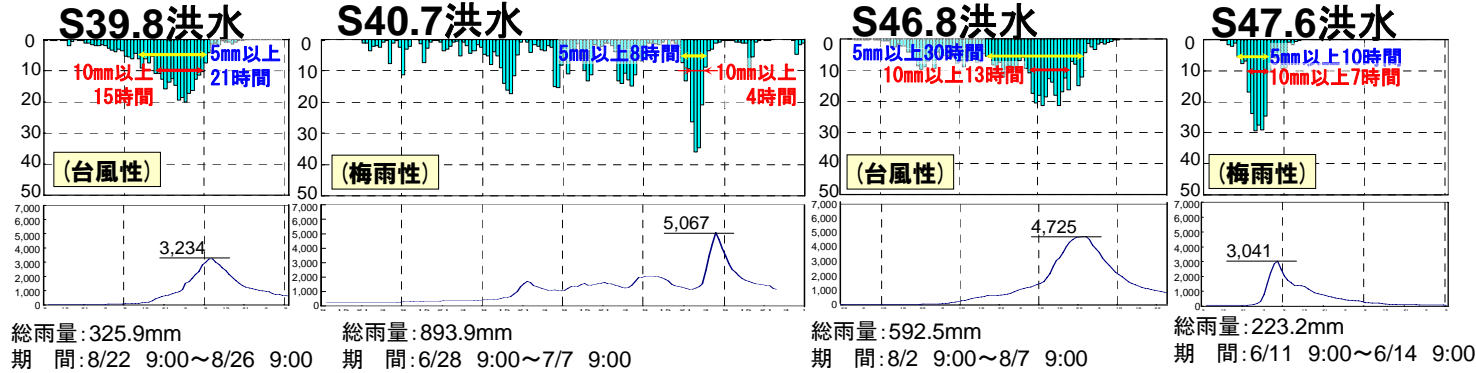
主要洪水における人吉地点ピーク流量



- ・大きな洪水では、降雨の降り始めから終わりまでの時間は1日～5日
- ・主要な洪水は、強い降雨が10数時間に集中している傾向 (球磨川の降雨・流出特性)

○人吉上流域平均雨量とハイドログラフ (実際に流下した流量)

上段グラフ: 雨量 (mm)
 下段グラフ: 流量 (m³/s)



計画降雨継続時間の設定の考え方

- 基本高水のピーク流量の算定にあたっては、降雨の時間・空間分布が洪水のピーク流量に影響するため、時間・空間分布の様々な降雨についての検討が必要。
- 検討にあたっては、洪水の主要部分の形成に大きく寄与するような降雨継続時間を計画降雨継続時間とし、引き伸ばした降雨が過大とならないよう計画降雨継続時間内の降雨についてのみ計画降雨量まで引き伸ばす。

球磨川水系での計画降雨継続時間の設定

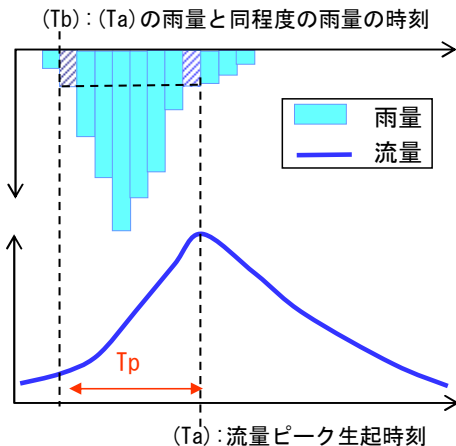
- 以下のような流域の降雨と流出特性を考慮して **12時間** と設定
- (1) 洪水の到達時間（山の上から下に到達する時間）8～11時間
 - (2) 12時間雨量とピーク流量の相関が高い
 - (3) 大きな洪水流量が発生するのは、12時間程度に降雨が集中している場合が多いこと。

洪水到達時間の検討

出典：水理公式集

① kinematic waveに基づく式による検討

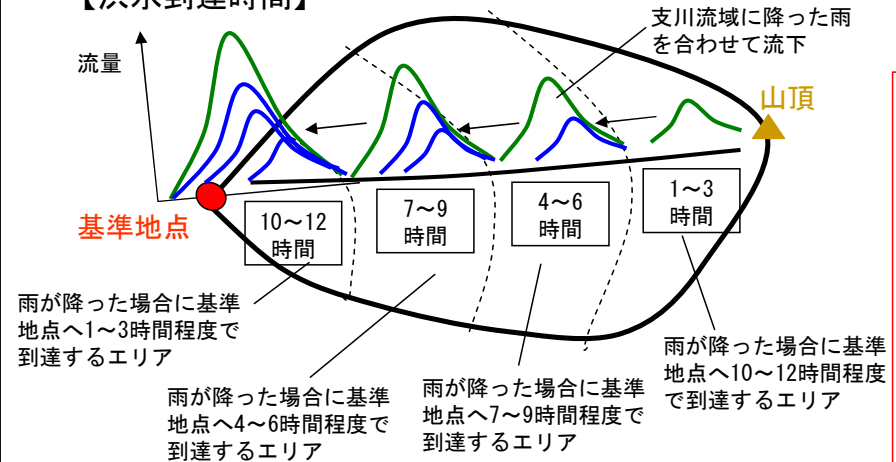
洪水の主要部分を形成する降雨の立ち上がりからの時間を設定（ピーク流量生起時刻以前の雨量が、ピーク流量生起時刻（ T_a ）の雨量と同じくらいになる時刻（ T_b ）により推定する。）



$$T_p = T_a - T_b$$

T_p : 洪水到達時間
 T_a : ピーク流量を発生する特性曲線の上端での出発時間
 T_b : 特性曲線の下流端への到達時間

【洪水到達時間】



山腹に降った雨は12時間で基準地点へ到達するとすれば（洪水到達時間12時間）、12時間以内に降った降雨により洪水の主要部分が構成されている。

② 角屋の式による検討

流域の大きさ、降雨、土地利用の特性から洪水の到達時間を求める（kinematic wave理論の洪水到達時間を表す式に、河道長と地形則を導入し、以下の計算式により推定する。）

$$T_p = C \times A^{0.22} \times r e^{-0.35}$$

A : 流域面積 (km²)
 $r e$: 平均降雨強度 (mm/hr)
 C : 流域特性を表す係数

主要10洪水における洪水到達時間設定結果

(単位: 時間)

地点名	洪水到達時間		
	Kinematic Wave法	角屋の式	結果
人吉	4~25 【11】	8~10 【8】	8~11

※【 】内は、平均値

日雨量と時間雨量の違いについて

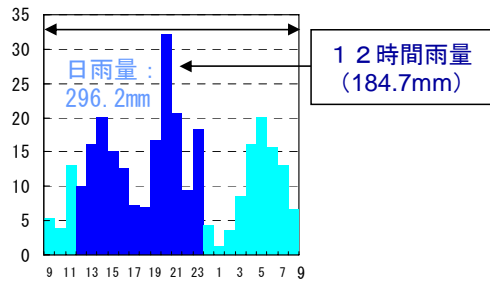
○日雨量と時間雨量

日雨量：9時から次の日の9時まで（日界：9時）に観測された雨量のこと。
 降雨の時間分布は不明
 時間雨量：時間毎の雨量。降雨の時間分布が把握可能。

年最大日雨量：年間で最大となる日雨量
 年最大12時間雨量：年間で日界にかかわらず最大となる12時間の雨量

12時間雨量が日界をまたがない降雨の例

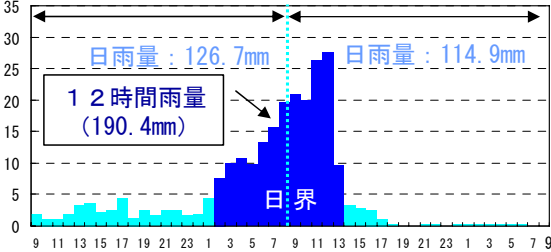
【平成7年7月洪水】



○53洪水中27洪水で12時間雨量が日界をまたいで降っている

12時間雨量が日界をまたぐ降雨の例

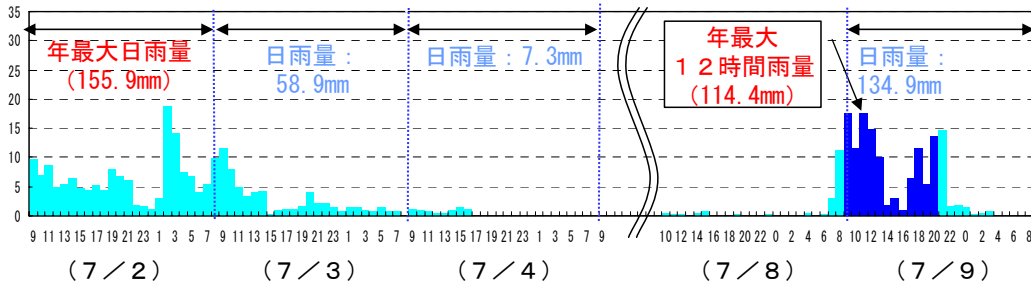
【平成9年9月洪水】



○53洪水中18洪水で年最大12時間雨量と年最大日雨量が異なる日に発生

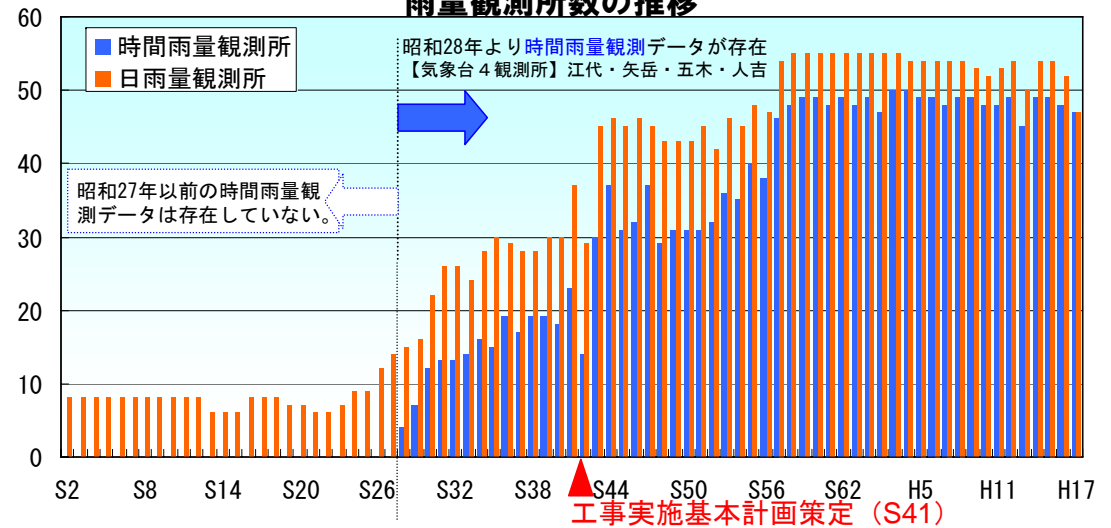
年最大12時間雨量と年最大日雨量の生起日が異なる降雨の例

【昭和60年7月洪水】



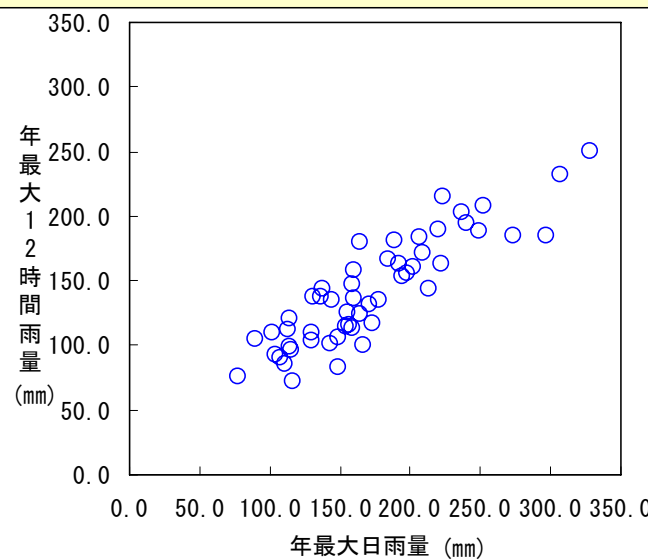
○日雨量と時間雨量データの蓄積状況

雨量観測所数の推移



○日雨量資料：昭和2年～昭和40年（39年間）
 ○時間雨量資料：昭和28年～昭和40年（13年間）
 →時間雨量データの蓄積が少なかったこと、降雨が日界をまたぐ場合があることから
 工事実施基本計画では**日雨量データを使用**

年最大日雨量と年最大12時間雨量の関係



※データはS28年～H17年の人吉上流域平均雨量。

○年最大日雨量と年最大12時間雨量は必ずしも同一日に発生しない。また、年最大12時間雨量は日界をまたぐ場合がある。
 ○日雨量のみのデータでは、年最大12時間雨量の発生時が不明である。
 ○年最大日雨量と年最大12時間雨量にある程度の相関はみられるが、日雨量に対する12時間雨量は、大きくばらついている。（例えば日雨量150mm程度の場合、12時間雨量は約80～180mm）
 上記のことから、年最大日雨量と年最大12時間雨量の関係を明確には説明できないため推定することは好ましくない。

これまで河川整備基本方針で流量改定を行った水系の降雨継続時間

各水系の降雨継続時間については、時間データの蓄積を踏まえた分析結果から見直しを行っている。

基本高水のピーク流量の決定にあたっては、降雨確率評価と、実績最大流量等を総合的に検討。

水系名	流域面積 (km ²)	基準地点	流量改定前の計画				流量改定後の計画				
			策定年	計画規模	計画降雨量	基本高水の ピーク流量 (m ³ /s)	策定年	計画規模	計画降雨 継続時間	計画降雨量	基本高水の ピーク流量 (m ³ /s)
大淀川	2,230	宮崎	S40	1/70	320mm/日	7,500	H15. 2	1/150	48h	573mm/48h	9,700
五ヶ瀬川	1,820	三輪	S41	観測史上最大 (雨)	475.3mm/日	6,000	H16. 1	1/100	12h	352mm/12h	7,200
番匠川	464	番匠橋	S43	観測史上最大 (雨)	260mm/5h	3,000	H16. 1	1/100	12h	407mm/12h	3,600
安倍川	567	手越	S41	1/80	雨量確率、比流 量などから総合 判断	5,500	H16. 6	1/150	12h	383mm/12h	6,000
庄内川	1,010	枇杷島	S50	1/200	250mm/日	4,500	H17. 11	1/200	24h	376mm/24h	4,700
沙流川	1,350	平取	H11	1/100	239.8mm/2 日	5,400	H17. 11	1/100	24h	300mm/24h	6,600
高津川	1,090	高角	S43	S18.9及びS20.9の観測雨 量		4,200	H18. 2	1/100	2日 ※	353mm/2日	5,200

※ 高津川は、実際に発生した昭和47年7月の洪水を基本高水のピーク流量としており、このときの洪水は概ね2日で降っていること、雨量確率の統計期間に流量観測史上第2位の昭和18年9月洪水（改定前基本高水ピーク流量4,200m³/sに対し4,000m³/s）を含めた計画とすること等から昭和18年以前より観測されていた日雨量データを用いることとし、2日雨量を採用

降雨の時間分布、空間分布のパターン (1)

12時間分だけを計画降雨量まで引き伸ばした後の人吉上流域平均雨量(mm)、人吉流量(m³/s)

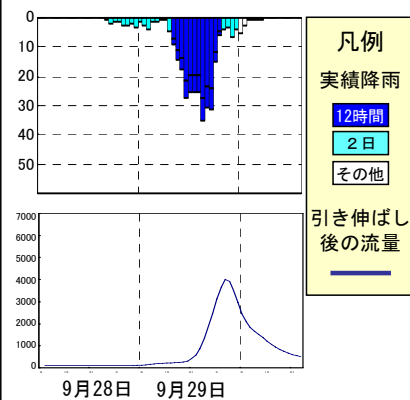
・雨の降り方は時間・空間的にいろいろなパターンがあるため大きな洪水における実際の降雨の時間分布・空間分布について検討

・以下のことから、計画降雨継続時間を12時間とする。

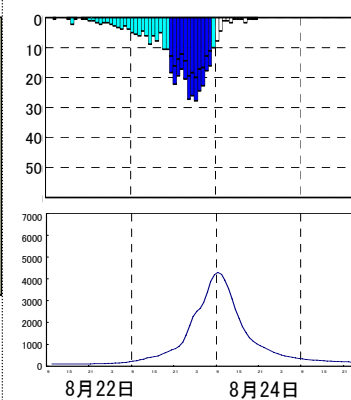
- (1)洪水の到達時間(山の上から下に到達する時間) 8~11時間
- (2)12時間雨量とピーク流量の相関が高い
- (3)大きな洪水流量が発生するのは、12時間程度に降雨が集中している場合が多い。

・降雨が過大とならないよう降雨全体を引き伸ばさず洪水のピークに寄与する12時間のみを計画降雨量まで引き伸ばした降雨を用いる

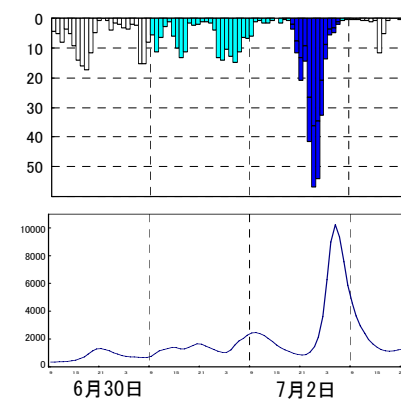
S30. 9洪水



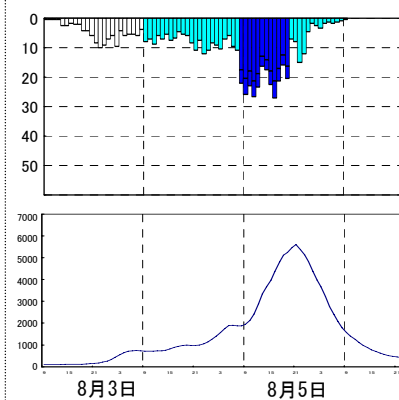
S39. 8洪水



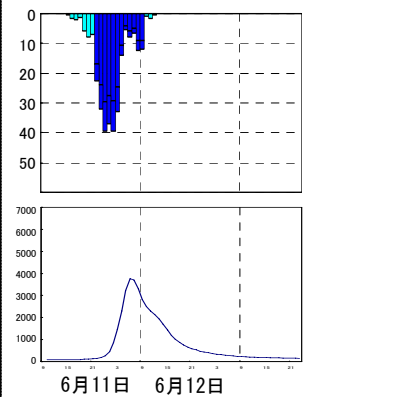
S40. 7洪水



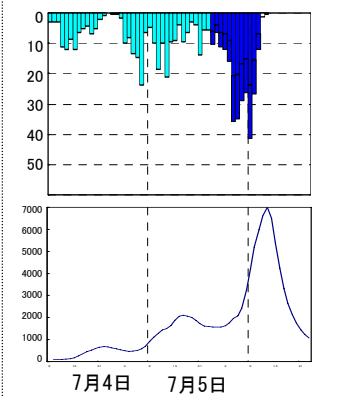
S46. 8洪水



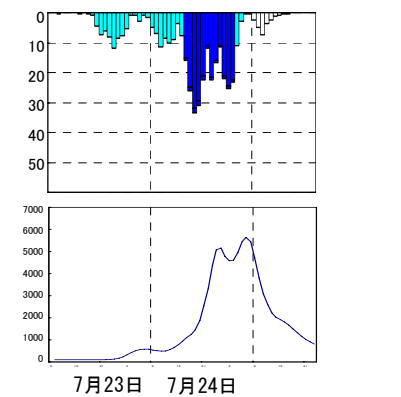
S47. 6洪水



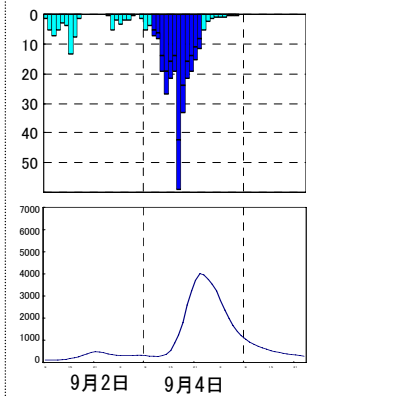
S47. 7洪水



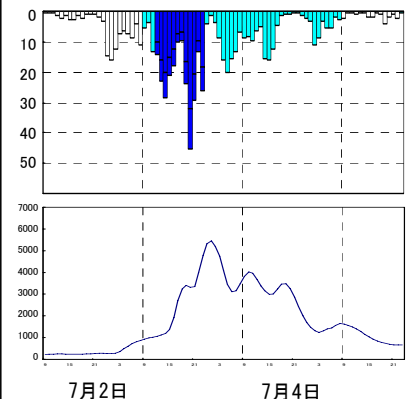
S57. 7洪水



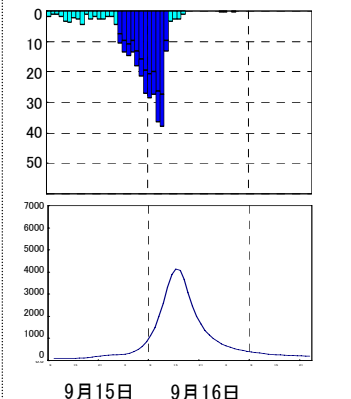
H5. 9洪水



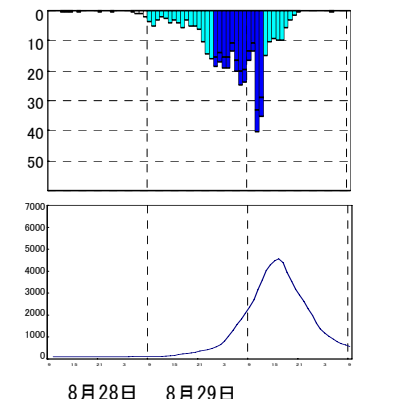
H7. 7洪水



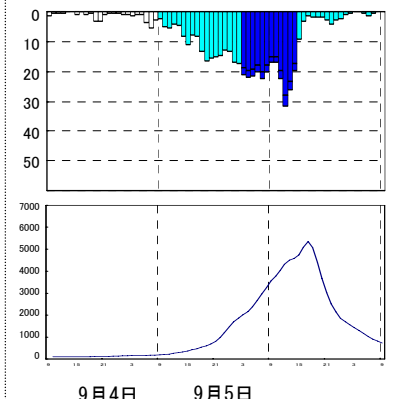
H9. 9洪水



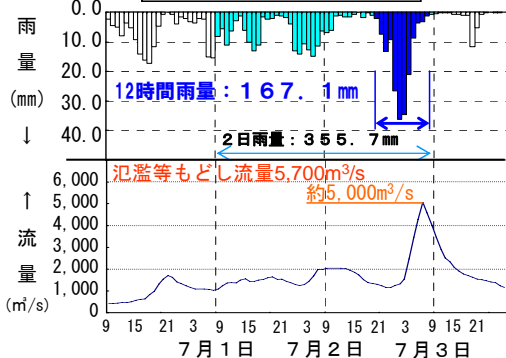
H16. 8洪水



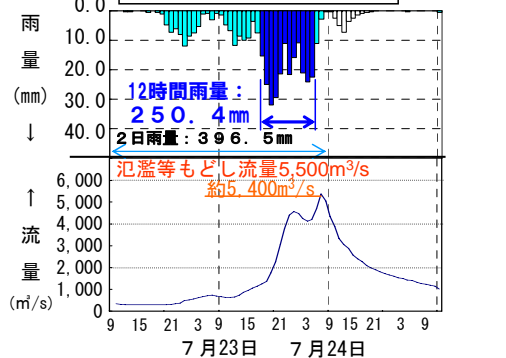
H17. 9洪水



実際の降雨 昭和40年7月洪水 実績1位

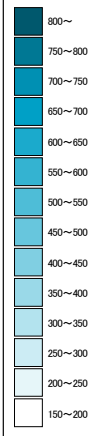


昭和57年7月洪水 実績2位

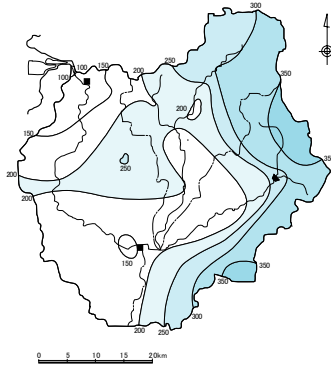


降雨の時間分布、空間分布のパターン（2）

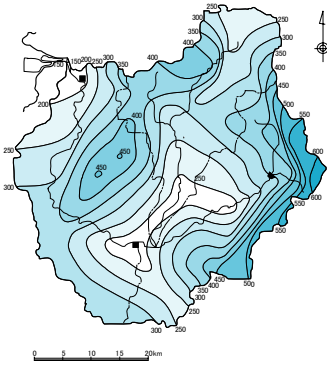
降雨の空間分布（引き伸ばし前）



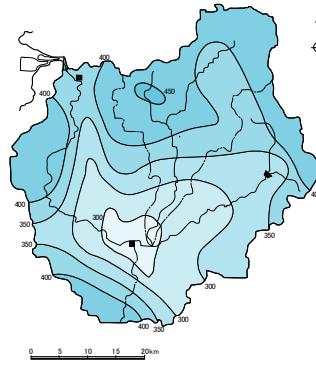
S30. 9洪水（台風性）



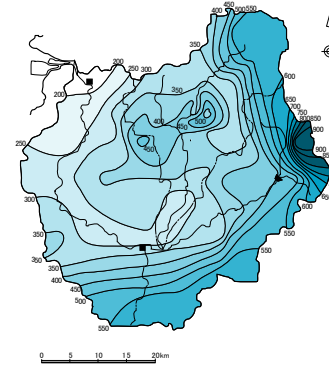
S39. 8洪水（台風性）



S40. 7洪水（梅雨性）



S46. 8洪水（台風性）

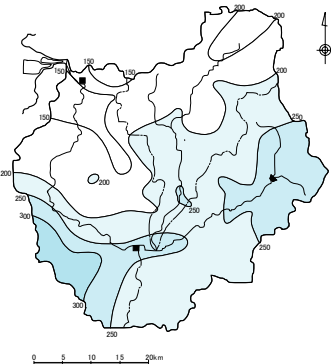


降雨の引き伸ばしにあたっての短時間雨量からの検証

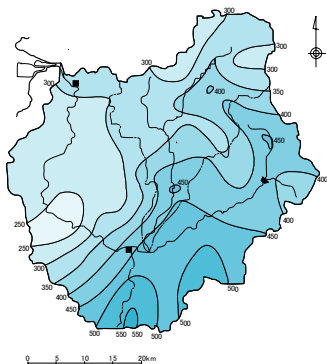
○一般に、洪水のピーク流量に寄与する等により設定した計画降雨継続時間12時間について実績降雨を計画降雨量まで引き伸ばしているが、これより短い降雨継続時間の降雨量が非現実的になっているものについては棄却

○球磨川流域では計画降雨継続時間12時間に引き伸ばしているが、これより短い4時間雨量の確率が極端に大きいS47.6洪水、4時間、8時間の確率が極端に大きいS40.7洪水は引き伸ばしの対象外とする

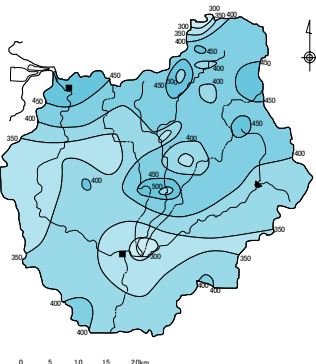
S47. 6洪水（梅雨性）



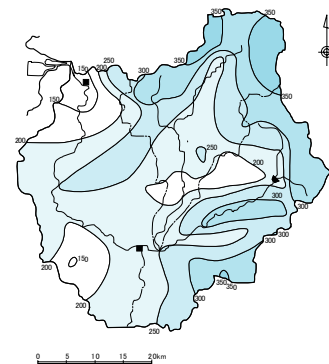
S47. 7洪水（梅雨性）



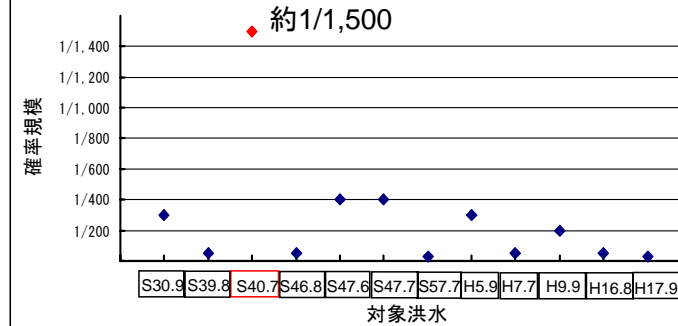
S57. 7洪水（梅雨性）



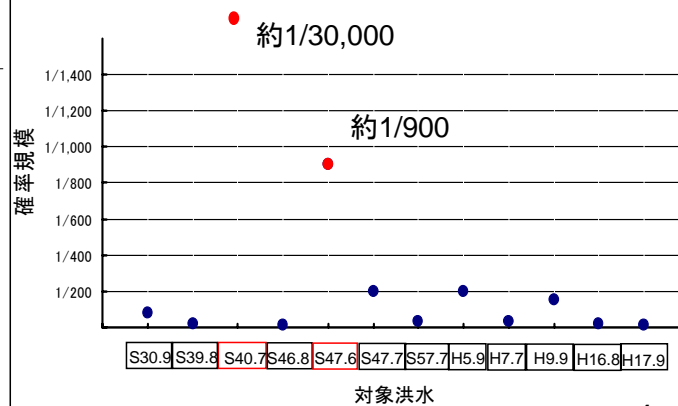
H5. 9洪水（台風性）



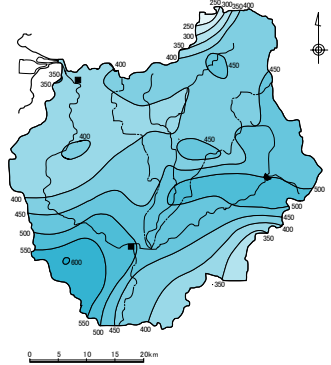
8時間雨量の発生確率



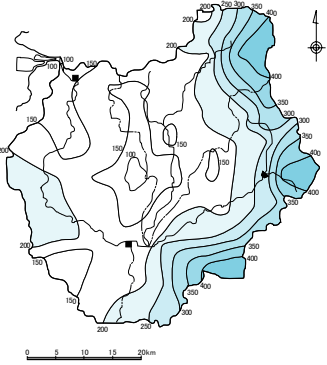
4時間雨量の発生確率



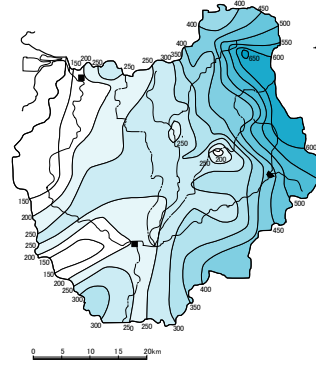
H7. 7洪水（梅雨性）



H9. 9洪水（台風性）



H16. 8洪水（台風性）



H17. 9洪水（台風性）

