

河川分科会・検討小委員会における審議資料

出典： 第25回社会資本整備審議会河川分科会 資料1－2 抜粋
第48回球磨川水系河川整備基本方針検討小委員会 参考資料2 抜粋
第48回球磨川水系河川整備基本方針検討小委員会 参考資料3 抜粋

森林の治水力(浸透能)の相対評価

浸透能は樹種と林齢で大きく異なります

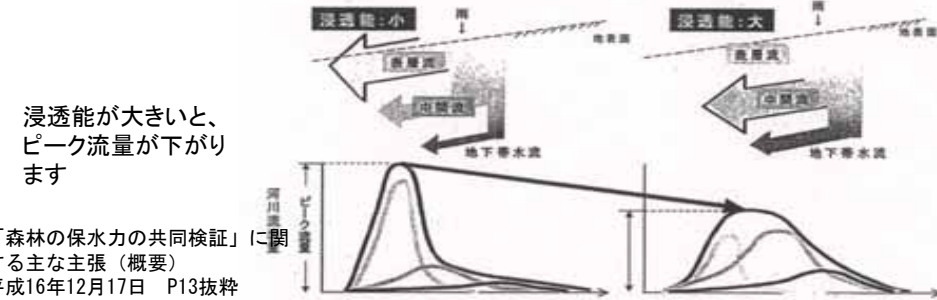
	林齢<10年	11~20	20<
針葉人工林	0.25 (1/4)	0.33 (1/3)	0.40 (1/2.5)
広葉樹林&自然林	0.33 (1/3)	0.66 (2/3)	1.0 (1/1)

第9回川辺川ダムを考える住民討論集会資料5 P19抜粋

森林斜面での浸透能と河川流出パターン

土壌表面の雨水を浸透させる力(浸透能)が低下すると、洪水時には表層流※が増え、河川に一時に雨水が流出。

※表層流: 地表流と地表面にごく近い表層土壌、最上層土壌(例えばA層またはA1層など)の流れ(側方流)をあわせたもの



基本高水のピーク流量の算出

森林の生長と人工林化による山の保水力の変化の把握

- ・現在を概ね1とした場合、洪水ピーク流量の出方は、1955年以前は0.8程度で山の保水力が大きかった。
- ・その後は森林の伐採とともに、保水力は低下して1970年前後の頃は1.2~1.4まで上昇しました。
- ・その後は森林の成長とともに保水力は向上し、1付近まで戻ってきました。

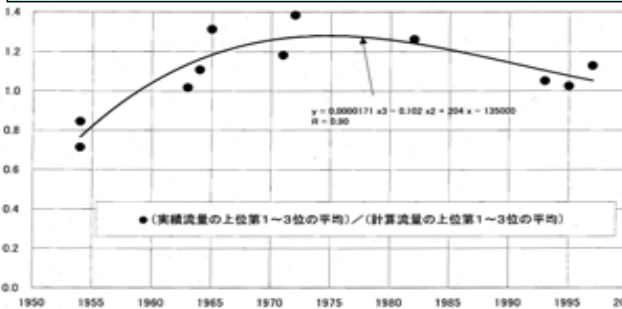


図4 実績洪水流量/計算洪水流量の経年変化(川辺川・柳瀬地点)
(計算洪水流量:1995年洪水適合モデルを用いた場合)
第9回川辺川ダムを考える住民討論集会資料5
P26抜粋

・現在の森林状態を反映している1995年7月洪水を取り上げて、この洪水について毎時の雨量データから計算した毎時の流量が実績流量とほぼ等しくなるタンクモデルの係数を定めました。

・次に1995年洪水に適合するタンクモデルを使って、1995年7月以外の過去の10洪水についても毎時の洪水流量を計算しました。

11洪水のそれぞれについて、洪水のピーク流量とその近傍の流量を取り出して次の値を求めました。

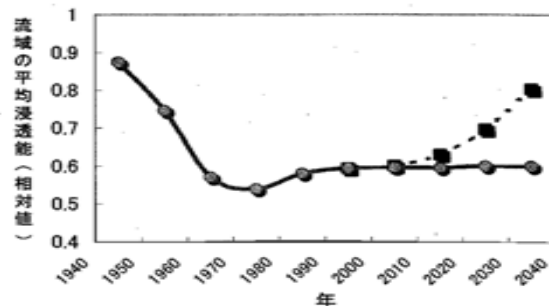
(実績流量の上位第1~3位の平均)
/(計算流量の上位第1~3位の平均)

第9回川辺川ダムを考える住民討論集会資料5
P10, 11抜粋

球磨川流域(人吉上流域)森林の治水機能の推移

- ・一斉拡大造林が押し進められた1950年代後半から1970年代にかけて平均浸透能は低下。
- ・その後造林(植林)された人工林の生長によって平均浸透能は回復していますが、人工林を放置した場合は平均浸透能の回復は進みません。
- ・しかし、適正な間伐(強間伐)によって広葉樹が侵入し、針葉樹(スギ・ヒノキ)と広葉樹の複層林または混交林になるにつれて平均浸透能は飛躍的に回復することを示しています。

球磨川流域(人吉上流域)
森林の治水機能の推移
(全流域が自然林とした時を1としている)



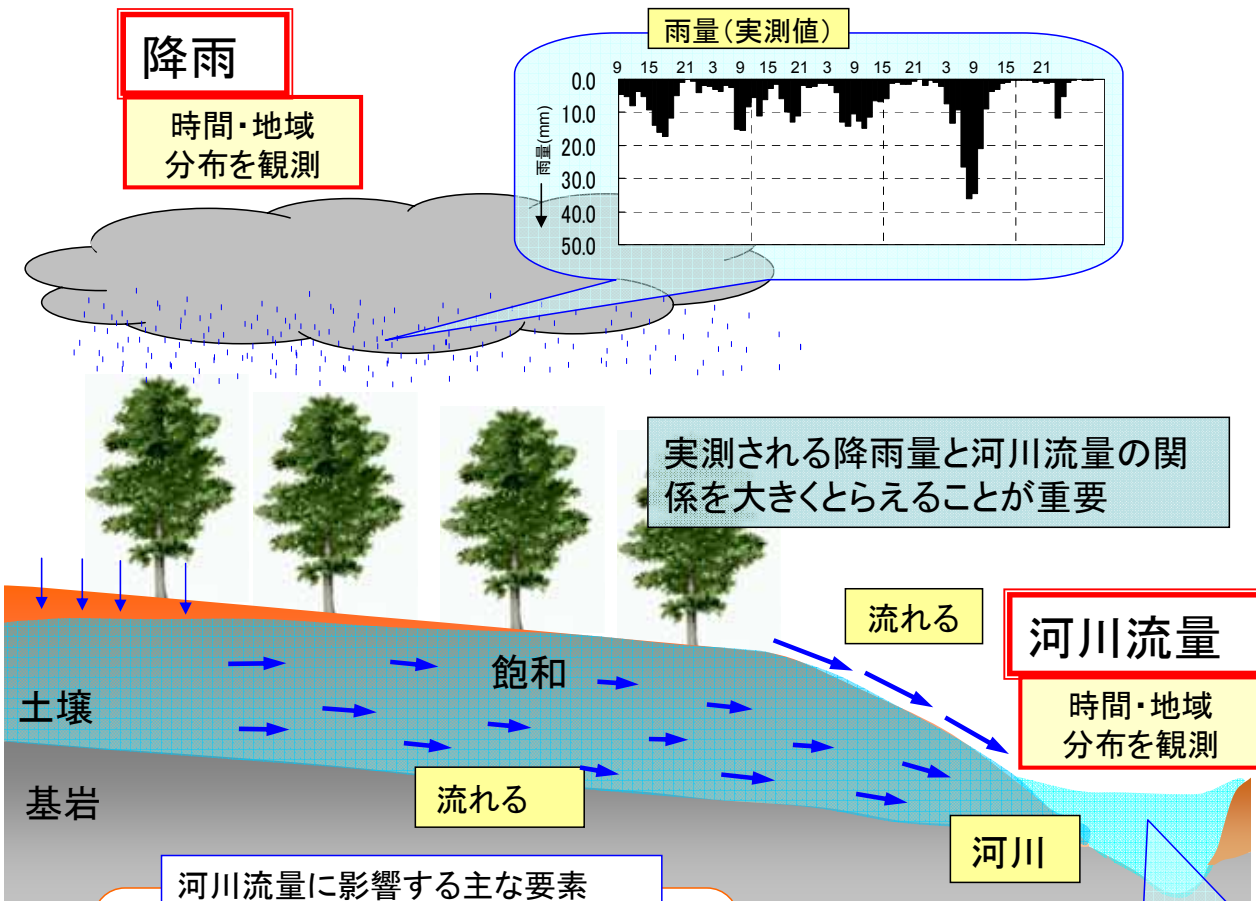
第9回川辺川ダムを考える住民討論集会
資料5 P17抜粋

- ・今後、人工林の間伐による針広混交林化を進めて1955年森林状態を再現すれば、洪水ピークの出方を現在よりさらに小さくすることができる。
- ・1955年以前の森林状態であったならば、過去の洪水、特に昭和40年代の洪水ピーク流量は実績よりかなり小さい値になります。

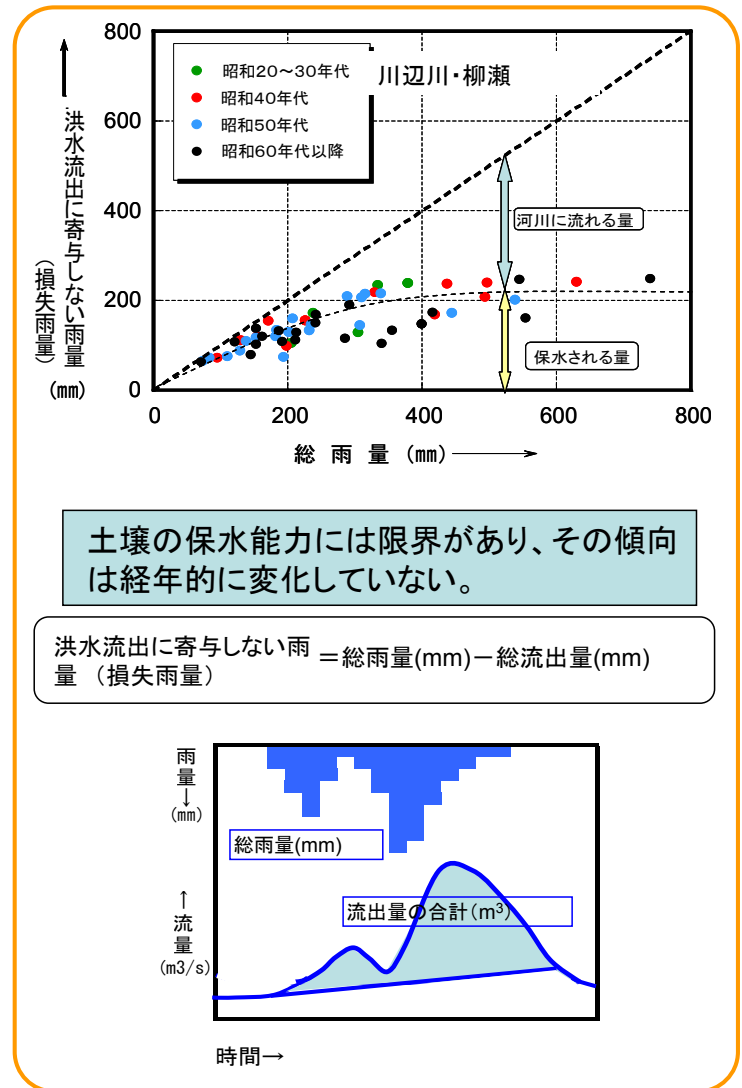
- ・過去の洪水流量それぞれについて1955年以前の森林状態を前提とした値に補正することとしました。
- ・各年の補正係数を人吉および横石の実績流量に乗じて補正し、その補正流量から流量確率法で「人工林の針広混交林化を進めて1955年以前の森林状態を再現した場合の80年に1回の洪水流量」を計算しました。

- ・その結果、人吉地点は約5,300m³/秒、横石地点は約7,500m³/秒になりました。
- ・安全側を見てそれに余裕を加えた数字が、人吉地点5,500m³/秒、横石地点7,800m³/秒です。

- ・治水計画を立案するためには、洪水の流量を様々な区間で算出・設定することが必要。
- ・降雨が河川に流出し洪水流量を形成する過程は複雑であり、これを評価、解明して算出するのは困難。
- ・このため、実測された降雨と実測された河川流量から、流域単位でその関係性をモデル化することが重要。



- 河川流量に影響する主要要素
- ・降雨量(時間分布・地域分布)
 - ・地形(流域の大きさ、勾配、斜面長)
 - ・森林(土壌の厚さ、土壌の状態)
 - ・基岩(風化度合い)
 - ・土地利用(被覆状態)
 - ・河川(長さ、勾配、河床の状態) 等



土壌の保水能力には限界があり、その傾向は経年的に変化していない。

森林の保水力の共同検証について

球磨川水系

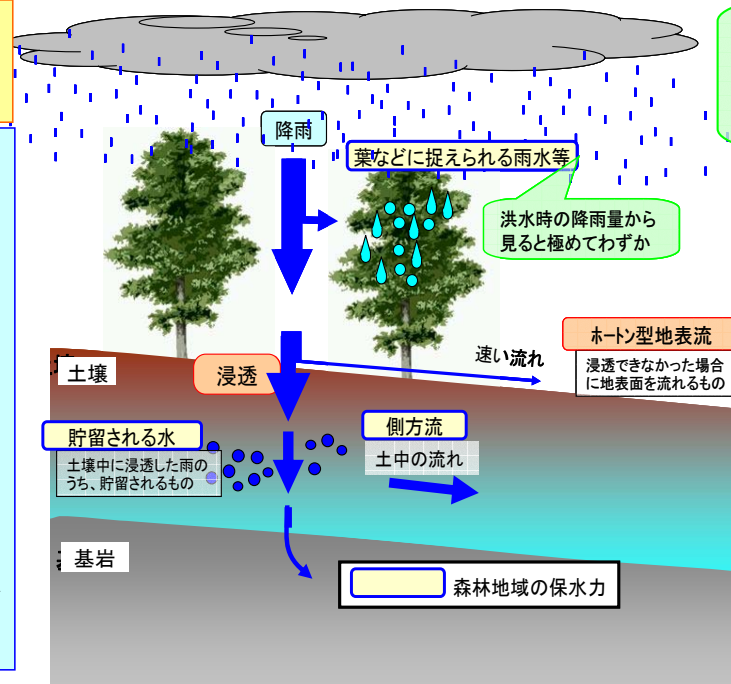
樹種や樹齢等の違いが「土壌に浸透できない降雨の量（ホートン型地表流）」に影響を与えるかどうかが主な論点。このため、実際の降雨による地表流観測試験を実施

浸透能の違いを調べるために、以下の3つの試験方法が提案された。

- ①冠水型円筒浸透能により、斜面の地点ごとに測定
- ②散水により人工的に降雨を再現し、広い範囲の斜面で地表流（浸透できない量）を測定
- ③自然降雨のもとで広い範囲の斜面で地表流（浸透できない量）を観測

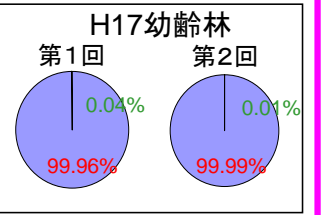
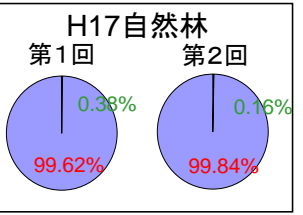
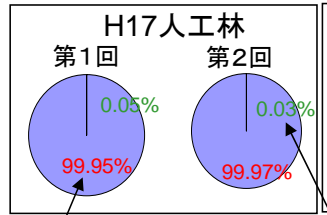
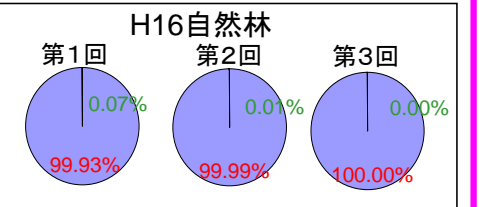
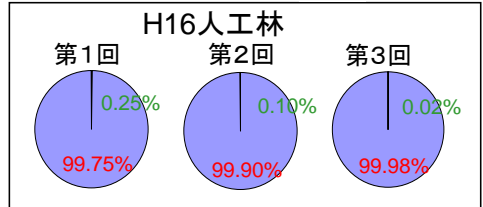
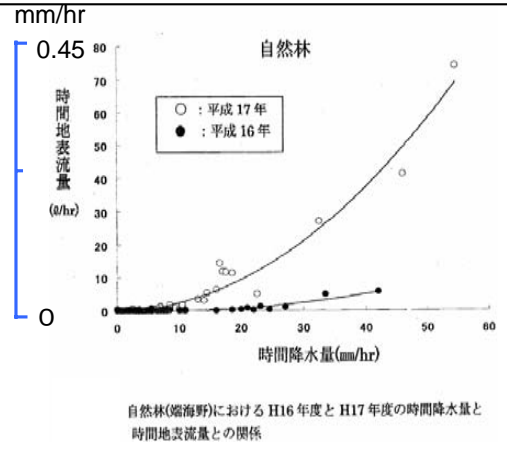
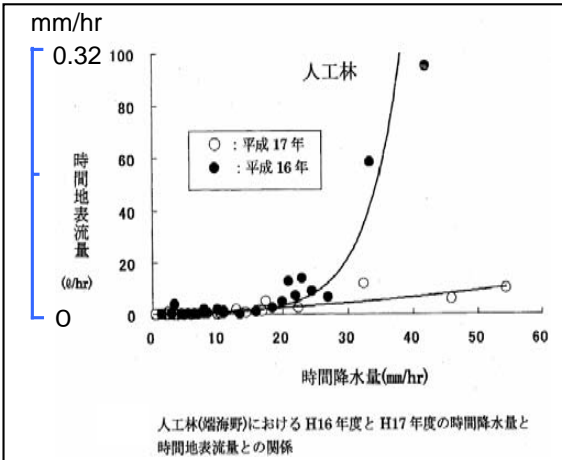
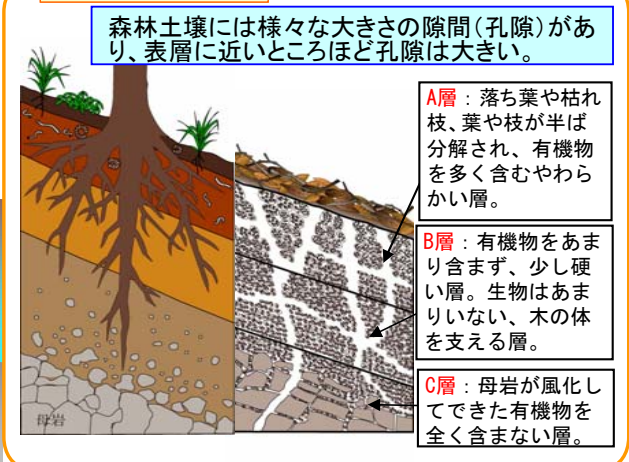
①は実際の浸透能を測定できないこと、②は実施の際に災害の危険を伴うことから、①②は継続協議とされていたが、③は合意に至り試験を実施。

試験の結果、樹種・林例の違いにより、治水計画対象とする降雨強度でも洪水のピーク流量に大きな影響を与えるほどのホートン型地表流が発生せず、基本高水ピーク流量との関係という観点から浸透能試験等の必要性がなくなったため、国土交通省から共同検証の終了を提案し、ダム反対側もこれに同意した。



(委員意見要旨)
 ・土壌は100年単位で形成される
 ・2m程度ある森林の地下の状況はファクターが多く洪水緩和効果を把握するのは困難
 ・花崗岩のマサ地帯は一旦森林を伐採すると腐植土が流れハゲ山となりやすいが、日本の他の地域では伐採しても植生は回復する

森林土壌の構造



■ 土壌に浸透した量などの率 ■ 地表を流れた量の率

(結果の評価)

ダム反対側
 すべての観測でホートン型地表流が発生。手入れの悪い人工林では、地表流の発生が頻繁。(H16実験の地表流観測量)人工林 > 自然林
 H17人工林試験で、カメラの解像度の劣化、雨水樋による地表流捕捉システムの運用欠陥があり、得られた値は全く信憑性がない。

国土交通省
 樹種・樹齢にかかわらず地表流は1%未満。仮に、川辺川ダム流域の人工林の全てで一斉に地表の流れが発生しても、ピーク流量の増分は1%未満。
 H17第1回人工林の試験において、フィルターが目詰まりを確認したため、雨量と傾向が概ね一致する期間のデータのみを採用。

(委員意見要旨)
 ・地表を流れた量は雨量の1%以下で洪水に効くとは考えられない。
 ・小さい場所の実験結果等を流域全体に広げて考えた場合には、実験結果とは異なる結果となることがある。

○森林水文学専門家のコメント (ダム反対側、国土交通省合意のもと意見を伺った)

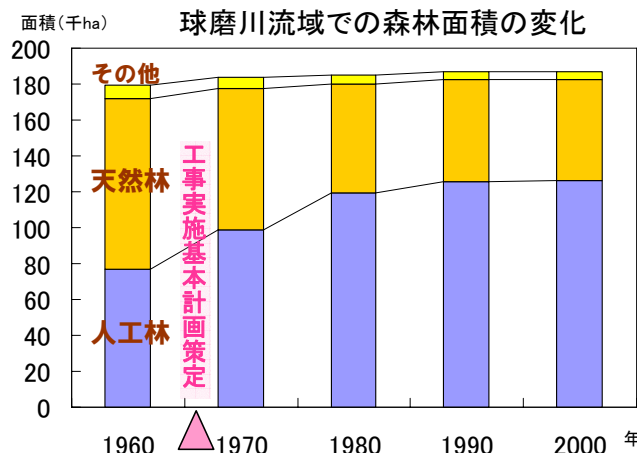
【森林水文学専門家のコメント抜粋】(小川滋・九州大学名誉教授)
 ・森林地では、ハゲ山裸地斜面のような場所を除いて、ホートン型地表流は起こらないと考えられている。

- 一般に森林は宅地や農地と比べ保水機能が高く、森林を保全していくことは治水上也重要。
- 球磨川では森林面積が流域面積の約8割を占めているが、これ以上の森林面積の増加は見込めない。
- 森林の効果については、様々な意見があるが、広く学会等で認知されているものを用いる。
- 日本学術会議の答申にもあるように、森林は中小洪水に対しては洪水緩和機能を発揮するが、治水計画で対象とするような大洪水に対しては顕著な効果は期待できない。
- なお、治水計画に用いている流出計算モデルでは、流域に降った実際の降雨と下流河道での観測流量により再現性を確認しており、森林を含む流域の流出特性を反映している。

球磨川における森林の保水機能について

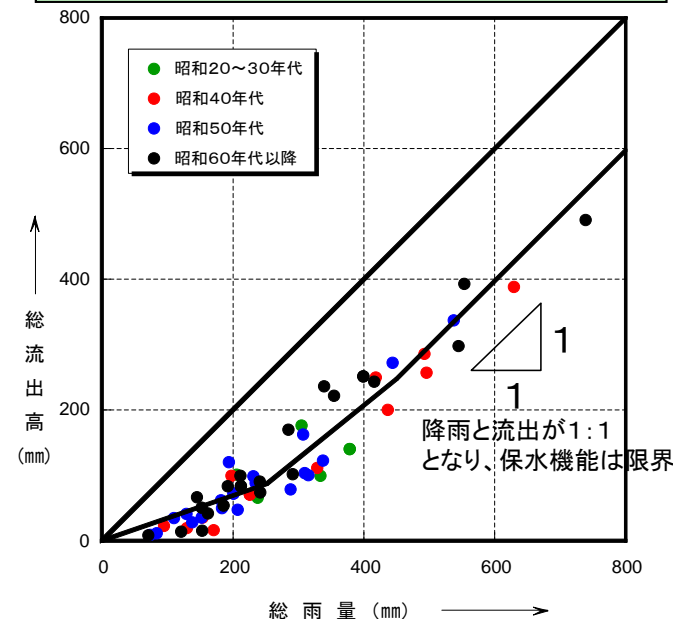


森林面積は流域の約8割を占め大きく変化していない



出典:世界農業センサス熊本県統計書(林業編)／「球磨川流域」は田浦町(熊本県)、大口市(鹿児島県)、えびの市(宮崎県)を除いた流域内市町村の合計とした。

球磨川における森林の保水機能について



球磨川流域の森林の保水機能(水を貯め込む能力)は200mm~400mmで限界

日本学術会議答申

・治水問題となる大雨のときには、洪水のピークを迎える以前に流域は流出に関して飽和状態となり、降った雨のほとんどが河川に流出するような状況となることから、降雨量が大きくなると、低減する効果は大きくは期待できない。このように、森林は中小洪水においては洪水緩和機能を発揮するが、大洪水においては顕著な効果は期待できない。

・あくまで森林の存在を前提にした上で治水・利水計画は策定されており、森林とダムの両方の機能が相まってはじめて目標とする治水・利水安全度が確保されることになる。
「地球環境・人間生活にかかわる農業及び森林の多面的な機能の評価について」(平成13年11月)より抜粋

モデルの適合性を確認するため、モデル定数の設定に用いていない2005年9月(H17)洪水により適合性を検証

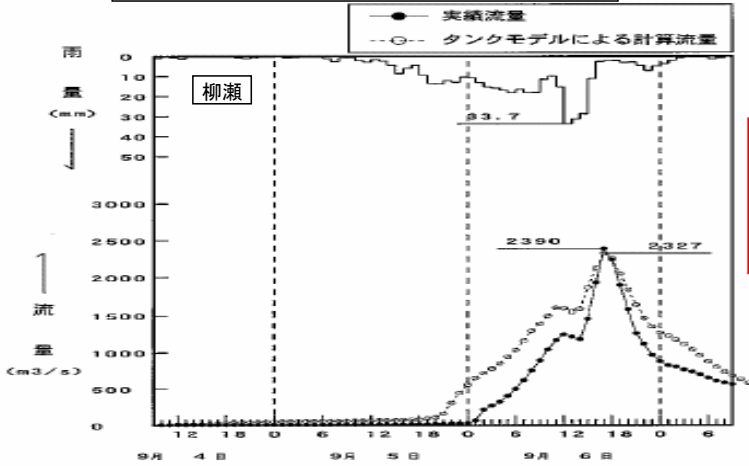
タンクモデル

(ダム反対側使用モデルにより、国土交通省で再現)

貯留関数法

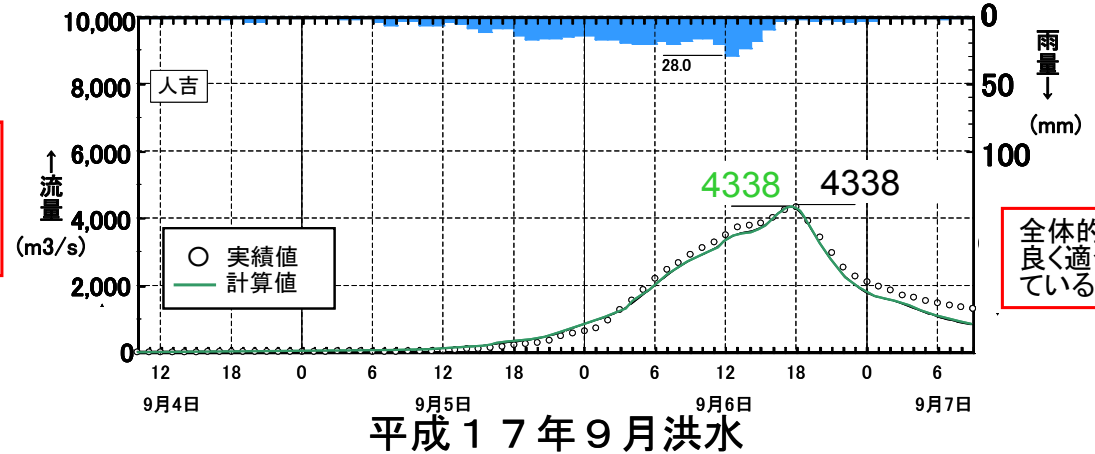
(国土交通省使用モデル)

(1990年代(1995年)モデルを用いて、2005年9月洪水)



ピーク流量はあっているが洪水の立ち上がりと減衰部で適合性が良くない

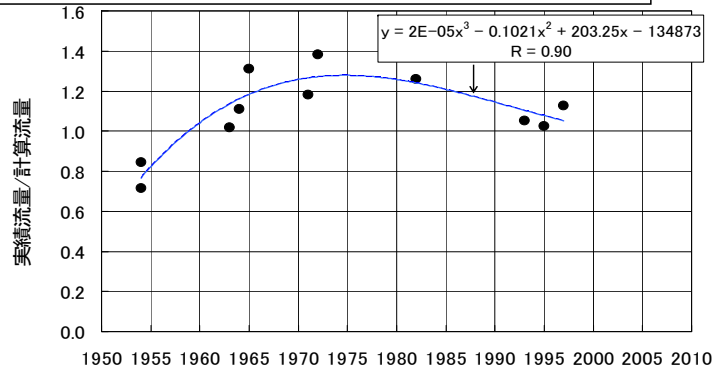
(8洪水により設定したモデルを用いて2005年9月(H17)洪水を再現)



全体的に良く適合している

タンクモデルの計算による洪水緩和機能の経年変化について、近年の洪水を追加して検証
(なお、よりの確な比較ができるよう1997年以前については、一定規模以上の洪水で計算することにより統一性を確保)

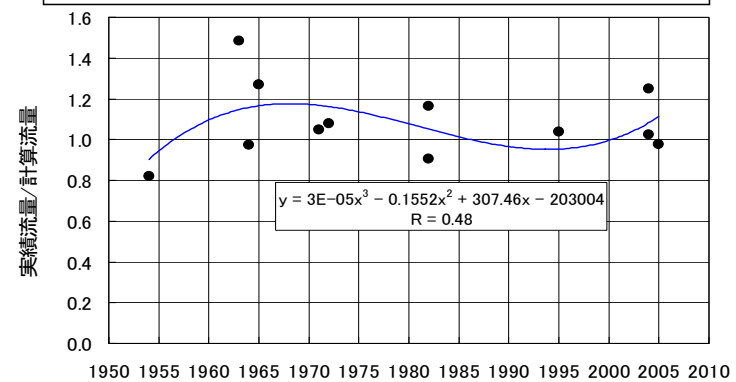
1995年(平成7年)適合モデルによる計算流量と実績流量の比



実績洪水流量/計算洪水流量の経年変化(川辺川・柳瀬地点)

同じタンクモデルを用いて、近年の洪水を考慮した上で一定規模以上の洪水について再計算(国土交通省)

1995年(平成7年)適合モデルによる計算流量と実績流量の比



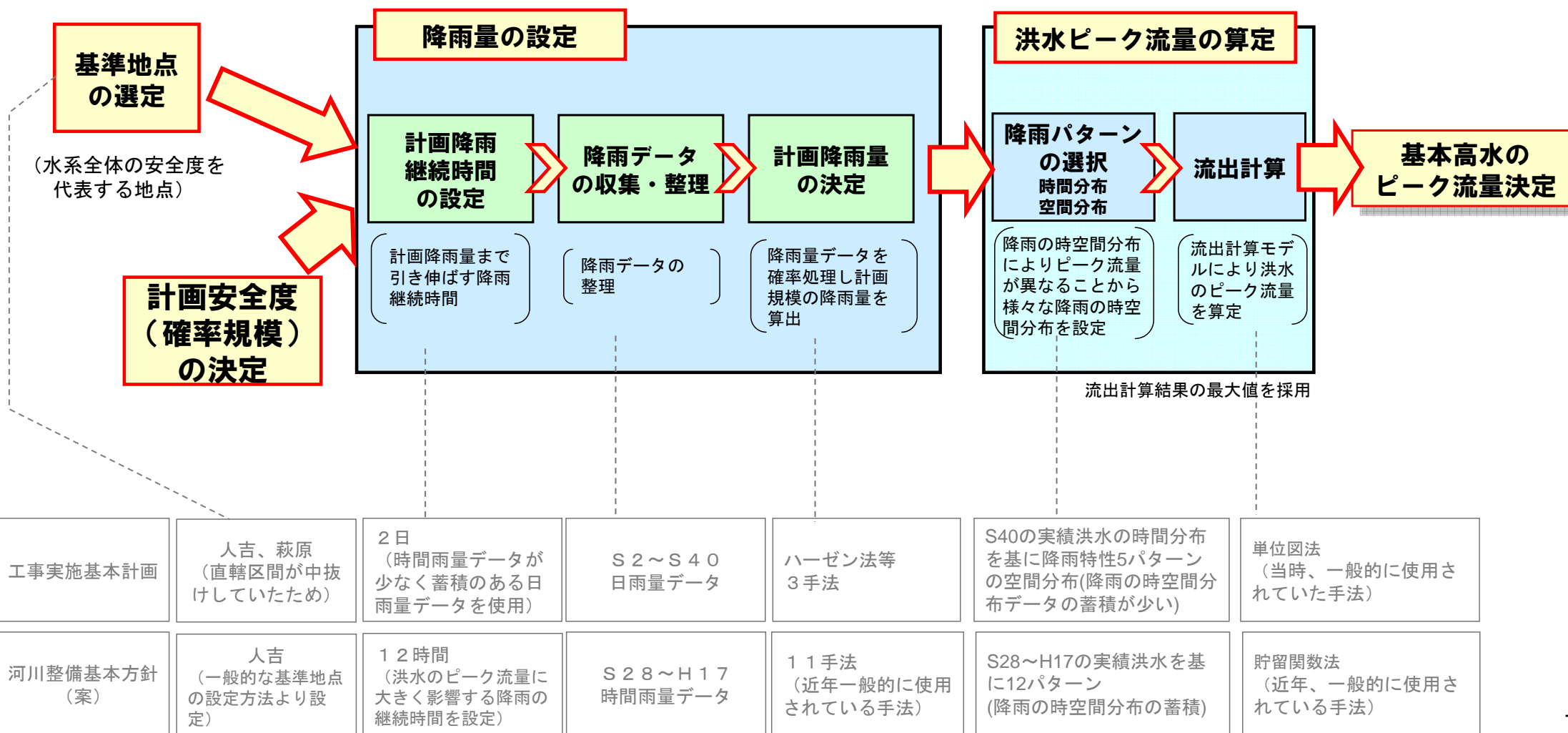
実績洪水流量/計算洪水流量の経年変化(川辺川・柳瀬地点)

1995年適合するモデルを用いて、1995年7月を含め、11洪水の毎時の洪水流量を計算し、時間流量の上位1~3位により実績流量と計算流量の比を計算
(実績流量の上位1~3位の平均) / (計算流量の上位1~3位の平均)

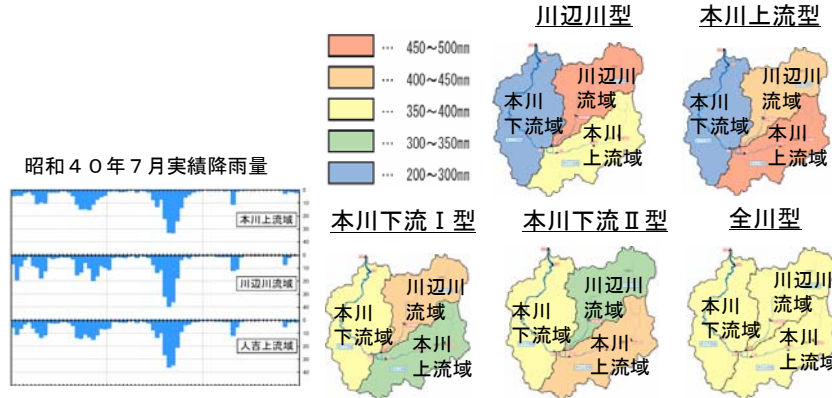
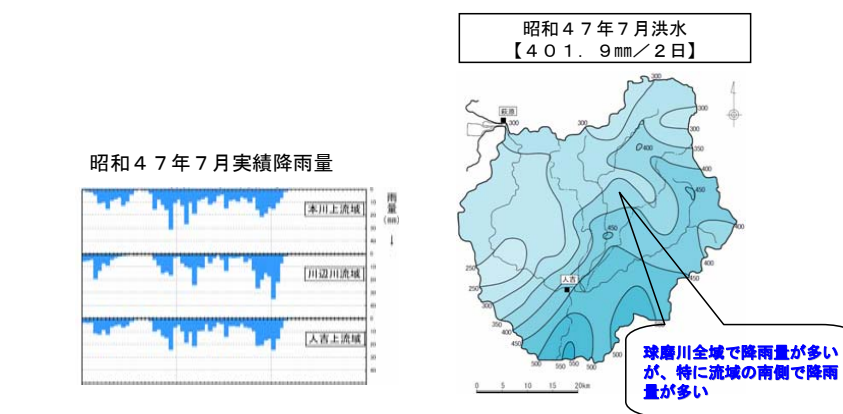
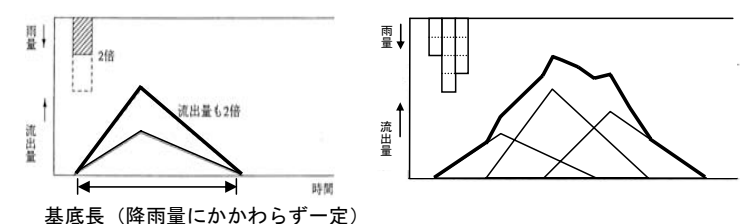
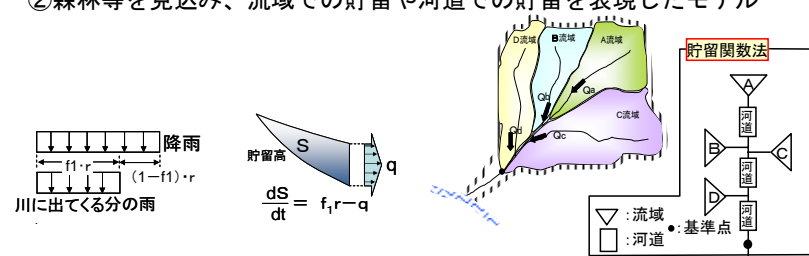
・1997年以前を含め、川辺川柳瀬地点1500m³/s(現在の警戒水位程度)以上の洪水で整理

相関係数は低く、経年的な洪水流出特性の変化に定まった傾向は見られない

- 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
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)	2日 ・ 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	12時間 ・ 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)
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>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>雨量確率図(人吉)</p> <p>グンベル分布など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>昭和47年7月洪水【401.9mm/2日】</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>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>貯留関数法</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 1244 1254 1468"> <tr> <td></td> <td>川辺川型</td> <td>本川上流型</td> <td>本川下流I型</td> <td>本川下流II型</td> <td>全川型</td> </tr> <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> </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 1244 2150 1468"> <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> </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																																							

基準地点を1地点とした場合と2地点とした場合の比較

基本高水のピーク流量の算定根拠

【降雨データ統計期間S2~S40、昭和40年7月洪水の5パターン、単位図法】 (m³/s)

基準	安全度	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	1/80年 (440mm/2日)	人吉	7,040	7,060	5,840	5,950	5,940
		萩原	8,910	8,900	8,500	8,570	8,580

(降雨データ統計期間S28~H18、貯留関数法)

基準	安全度	地点	S30.9	S39.8	S46.8	S47.6	S47.7	S57.7.12	S57.7.25	H5.7	H5.9	H7.7	H9.9	H16.8	H17.9	H18.7
人吉	1/80年 (262mm/12h)	人吉	4,001	4,295	5,591	—	6,997	—	5,637	—	4,009	5,451	4,142	4,576	5,360	—
		横石	5,473	6,827	7,678	—	9,625	—	7,316	—	6,076	8,488	5,526	6,143	6,831	—
	1/100年 (268mm/12h)	人吉	4,138	4,435	5,736	—	7,201	—	5,791	—	4,142	5,604	4,288	4,712	5,520	—
		横石	5,658	7,029	7,890	—	9,886	—	7,509	—	6,277	8,711	5,714	6,317	7,032	—

基準	安全度	地点	S30.9	S39.8	S46.8	S47.6	S47.7	S57.7.12	S57.7.25	H5.7	H5.9	H7.7	H9.9	H16.8	H17.9	H18.7
横石	1/80年 (254mm/12h)	(人吉)	4,316	3,618	5,646	3,648	6,921	5,296	5,700	3,817	4,199	4,974	4,743	5,378	5,918	5,352
		横石	5,898	5,853	7,758	5,446	9,528	9,057	7,395	7,209	6,355	7,792	6,281	7,148	7,545	8,466
	1/100年 (261mm/12h)	(人吉)	4,496	3,760	5,822	3,793	7,161	5,478	5,888	3,937	4,372	5,143	4,940	5,588	6,132	5,518
		横石	6,135	6,054	8,014	5,660	9,834	9,349	7,630	7,438	6,612	8,038	6,534	7,413	7,824	8,712

※検討対象洪水の抽出 ※ () 書きは通過流量

- ◎人吉地点：人吉上流域の流域平均雨量の上位10洪水及び流量が4000m³/s以上の洪水を抽出。
- ◎横石地点：人吉地点の対象洪水に加え、下流域での流出量が多い洪水を抽出。

基準地点の比較

球磨川流量配分図 (基本高水のピーク流量)

	基準地点・安全度	基本高水のピーク流量 (m³/s)	
		人吉	横石
河川整備基本方針(案)	基準：1地点 人吉：1/80	7,000 (6,997)	9,700※ (9,625)
参考	基準：2地点 人吉：1/80 横石：1/80	7,000 (6,997)	9,600 (9,528)
	基準：2地点 人吉：1/80 横石：1/100	7,000 (6,997)	9,900 (9,834)

※人吉地点1/80の場合の横石流量は通過流量。安全度は約1/90

【委員からの意見】

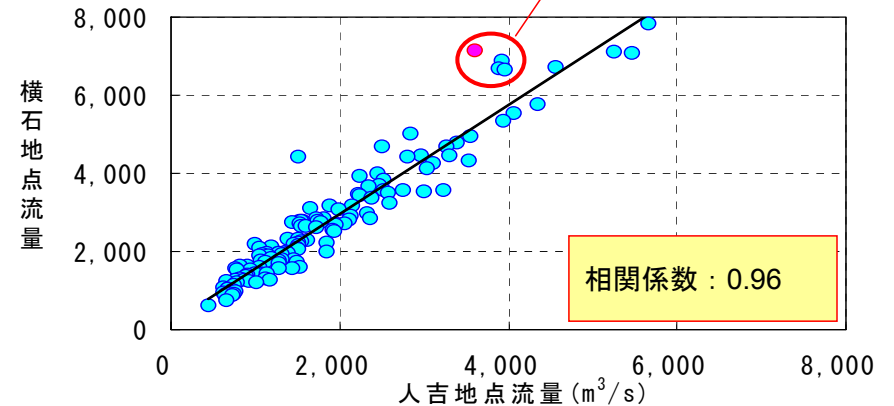
- 台風性は上流を中心に降ることが多く、このような場合には、人吉と横石の洪水のピーク流量の相関は高い。梅雨性は流域全体、中流、下流を中心に降ることがあり、下流に多く降る場合には、人吉と横石の洪水のピーク流量の相関が悪くなる。
- 例えば、平成18年7月洪水の様に下流に多く降った場合には、人吉と横石の洪水ピーク流量の相関からはずれており、このような場合もあることから下流の横石についても基準地点とし、2点で管理していくことが望ましい。

上流と下流の流量の関係について

○下流のピーク流量が大きくなる4つの洪水型の最大流量9,349m³/sをカバーする計画となっている。

- 昭和57年7月12日
- 平成5年7月
- 平成7年7月
- 平成18年7月

人吉及び横石地点における洪水生起の特性相関図



日雨量と時間雨量の違いについて

○日雨量と時間雨量

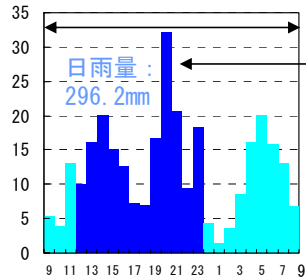
日雨量：9時から次の日の9時まで（日界：9時）に観測された雨量のこと。
降雨の時間分布は不明

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】

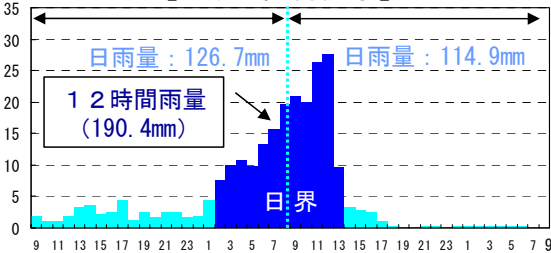


12時間雨量
(184.7mm)

○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

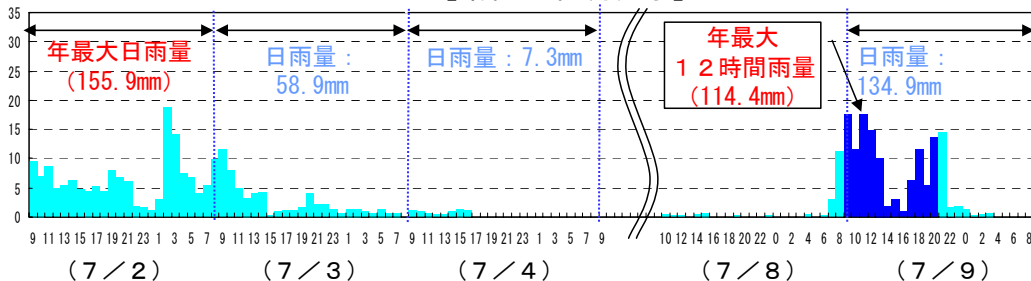
【平成9年9月洪水】



○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

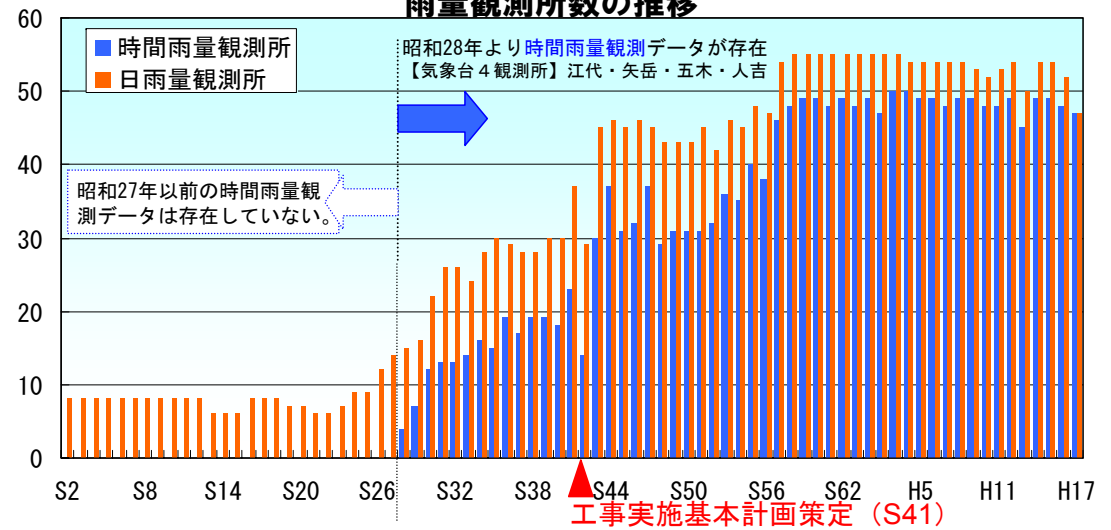
年最大12時間雨量と年最大日雨量の生起日が異なる降雨の例

【昭和60年7月洪水】

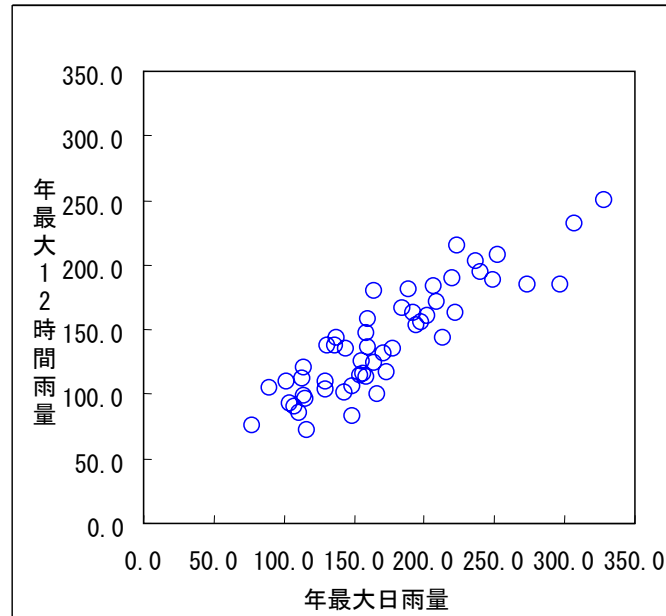


○日雨量と時間雨量データの蓄積状況

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。

※データはS28年～H17年の人吉上流域平均雨量。

計画降雨継続時間の設定の考え方

- 洪水のピーク流量はピーク流量発生時刻までの洪水到達時間 (A) 内の降雨に大きく影響される。
- このため、基本高水のピーク流量は洪水到達時間を重視し、計画降雨継続時間を設定する。
- また、流域の地形や河川の形状と降雨分布等により洪水のピーク流量は影響を受けるため流域での過去の洪水における降雨や流出特性 (洪水のピーク流量と強い降雨の継続時間との関係 (B)、短時間での降雨の集中状況 (C) 等) についても考慮することとしている。

【委員意見】

- ・計画降雨継続時間の設定には、洪水到達時間 (A) を基本と考え、洪水のピーク流量との相関等 (B, C) については、傍証として考えるべき。
- ・洪水到達時間 (A) を先に定義し、過去に非常に強い降雨が降っていた時間 (C) を確認して進めるべき。
- ・洪水到達時間 (A) 内の降雨の降り方について考えることは理論的に正しい。
- ・ピーク流量を対象とするなら、洪水到達時間を重視することでよいが、調節施設を考えた場合は実際の降雨の継続時間も考えに入れる必要がある。

球磨川水系での計画降雨継続時間の設定

以下の検討を行い、人吉地点及び横石地点の計画降雨継続時間を12時間と設定

○洪水到達時間の検討 (A)

流域の大きさ、土地利用状況等の流域の特性等から洪水到達時間を算出

→洪水の到達時間：8～11時間 (人吉)
：10～14時間 (横石)

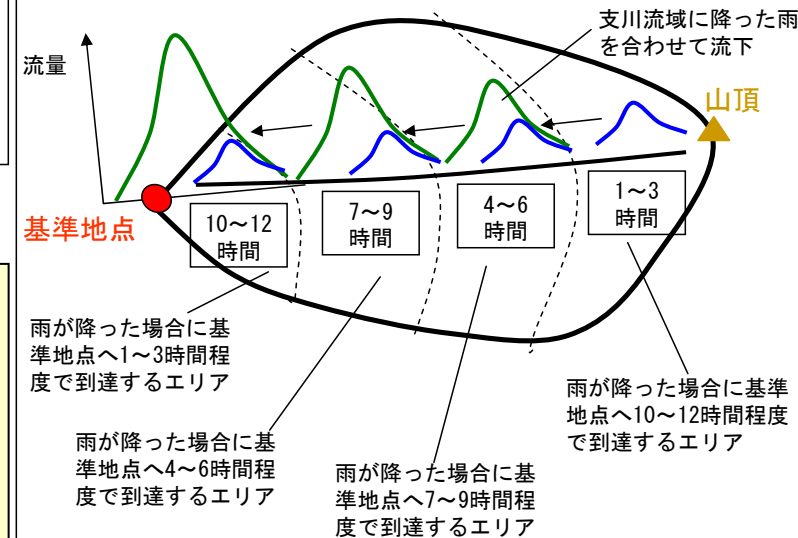
○なお、流域への雨の降り方により洪水到達時間にもある程度の幅があるため、以下の方法でも確認。

- ・洪水到達時間程度の短時間雨量の中で洪水のピーク流量との相関が最も高いのは12時間。(B)
- ・過去の大洪水では、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の多くは12時間以内 (C)

【洪水到達時間】

基準地点より上流域の最遠点から当該基準地点まで流れてくる流量は、途中に流域から流入してくる流出量によって徐々に増加し、洪水のピークを形成していく。このため、上流の最遠点から基準地点までの洪水の到達時間内に上流域に降った雨が重要。

山腹に降った雨は12時間で基準地点へ到達すれば (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。



(A) 主要10洪水における洪水到達時間設定結果

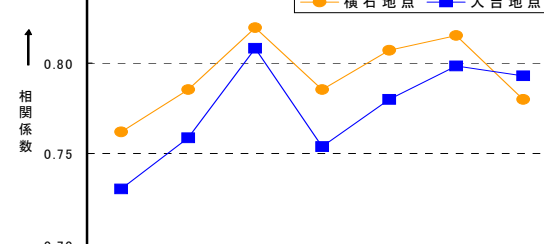
単位：時間

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
横石	8~20 【14】	9~11 【10】	10~14

※【数字】は平均値

(B) 洪水のピーク流量と各降雨継続時間の相関比較図

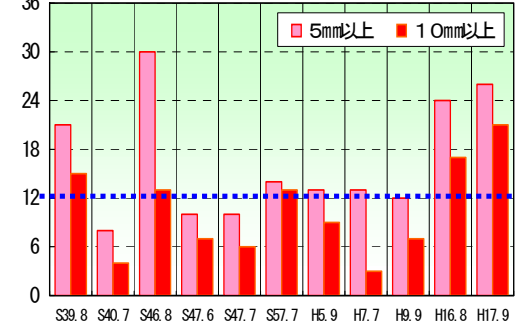
(年最大洪水を対象)



相関度	3時間雨量	6時間雨量	12時間雨量	18時間雨量	24時間雨量	36時間雨量	48時間雨量
人吉地点	0.731	0.759	0.808	0.754	0.780	0.798	0.793
横石地点	0.762	0.785	0.819	0.785	0.807	0.815	0.780

(C) 強い降雨強度の継続時間

継続時間 (h) (人吉流域平均雨量)



基本高水のピーク流量の検討について

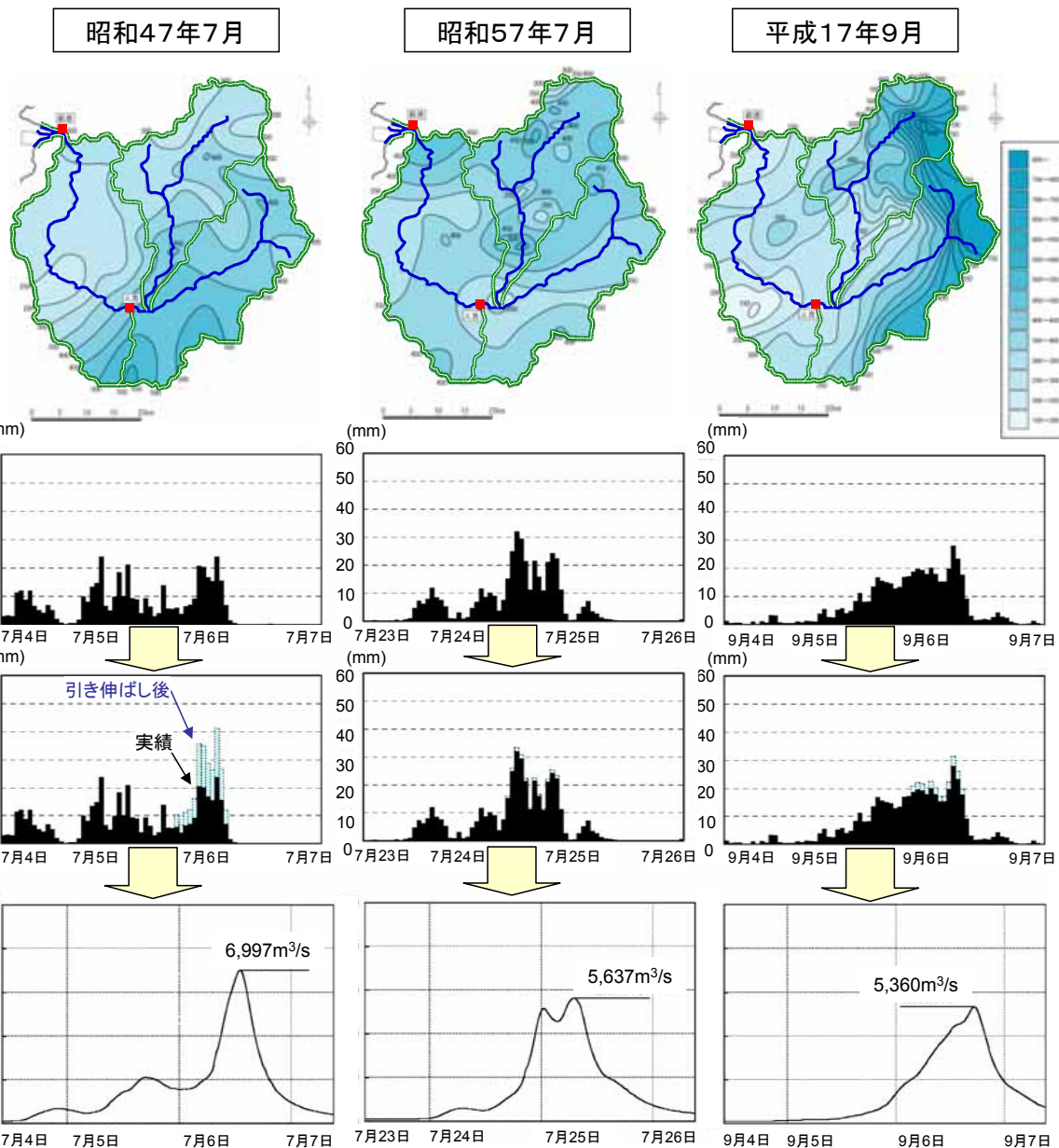
流量算定までの流れの概要

実績の降雨
の地域分布

実績の降雨
の時間分布

実績降雨の
計画降雨量
への引き伸ばし

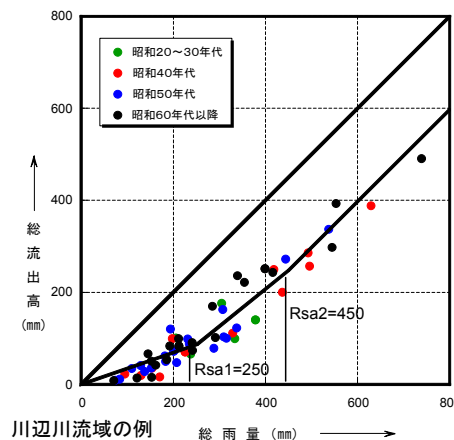
流出計算結果



計画の降雨設定に関する定数

有効雨量推算条件の設定結果

対象流域	流出率		飽和雨量(mm)		備考
	f ₁	f ₂	Rsa1	Rsa2	
市房ダム上流域	0.35	0.70	250	550	
本川上流域	0.35	0.80	150	450	
川辺川流域	0.35	0.80	250	450	
本川下流域	0.50	0.80	200	—	人吉～横石



(4) 流出計算結果(1/80, 1/100)

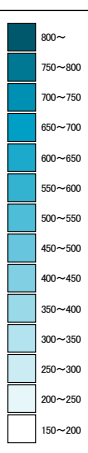
降雨パターン	1/80 ピーク流量	1/100 ピーク流量
S30.9	4,001	4,138
S39.8	4,295	4,435
S40.7※	10,230	10,529
S46.8	5,591	5,736
S47.6※	3,768	3,897
S47.7	6,997	7,201
S57.7	5,637	5,791
H5.9	4,009	4,142
H7.7	5,451	5,604
H9.9	4,142	4,288
H16.8	4,576	4,712
H17.9	5,360	5,520

※については引き伸ばした降雨が短時間に極端に集中しているため対象外

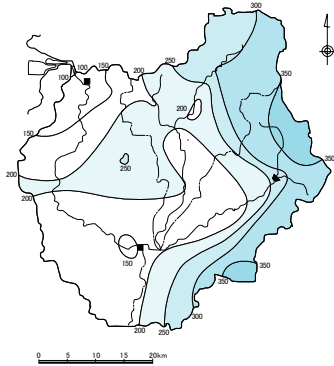
1/80年 最大約7,000m³/s
1/100年 最大約7,200m³/s

降雨の時間分布、空間分布のパターン（2）

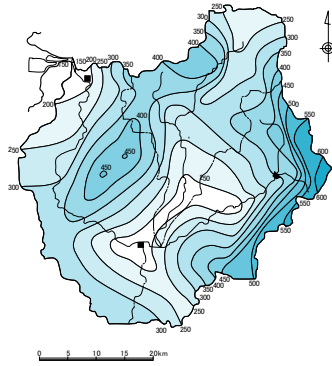
降雨の空間分布（引き伸ばし前）



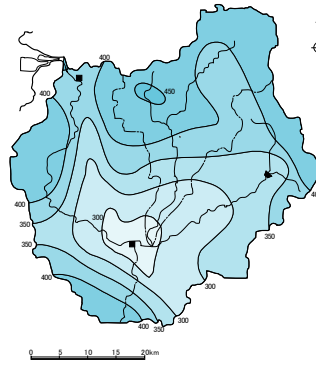
S30. 9洪水（台風性）



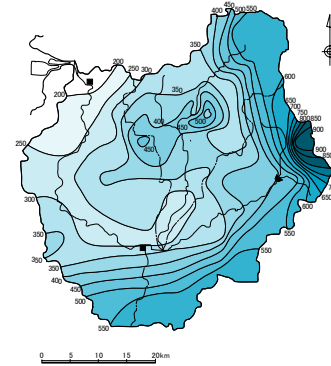
S39. 8洪水（台風性）



S40. 7洪水（梅雨性）



S46. 8洪水（台風性）

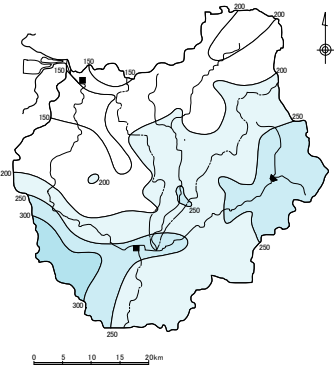


降雨の引き伸ばしにあたっての 短時間雨量からの検証

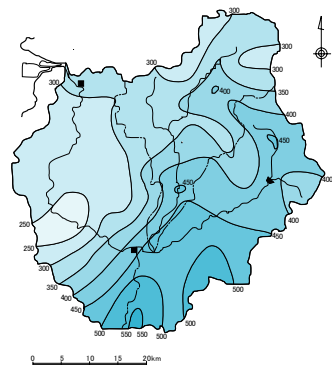
○一般に、洪水のピーク流量に寄与する等により設定した計画降雨継続時間12時間について実績降雨を計画降雨量まで引き伸ばしているが、これより短い降雨継続時間の降雨量が非現実的になっているものについては棄却

○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

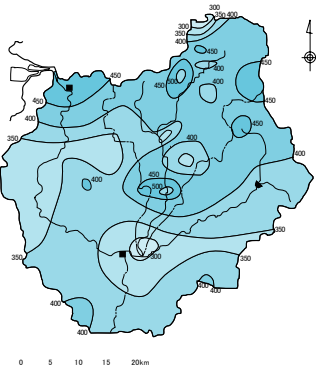
S47. 6洪水（梅雨性）



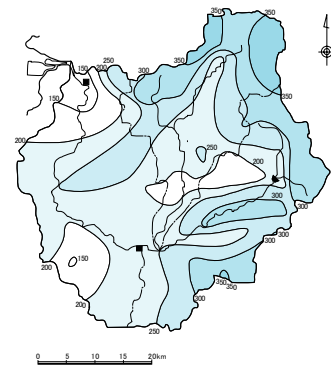
S47. 7洪水（梅雨性）



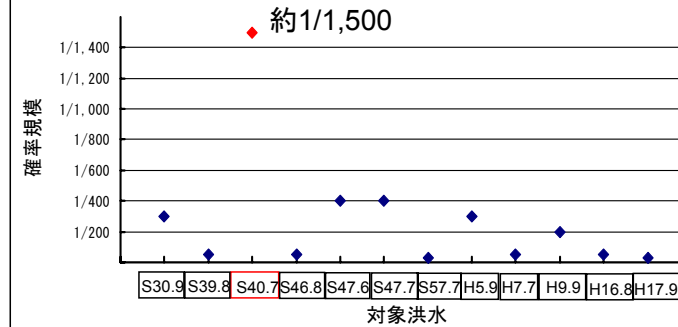
S57. 7洪水（梅雨性）



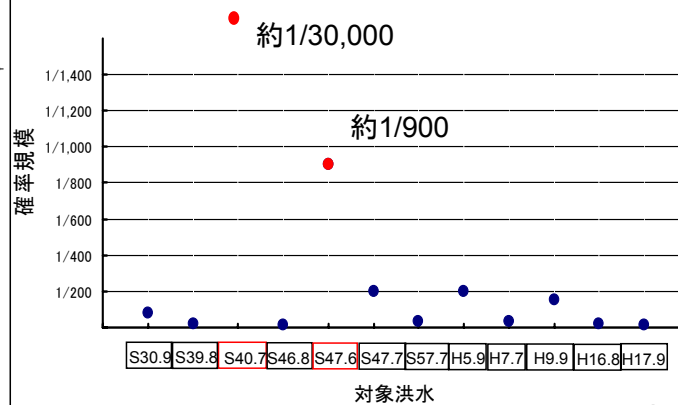
H5. 9洪水（台風性）



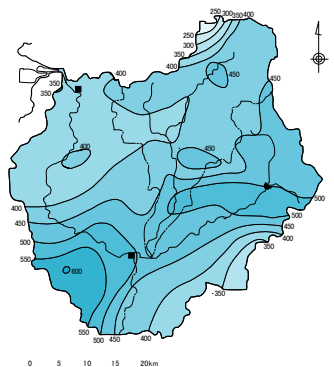
8時間雨量の発生確率



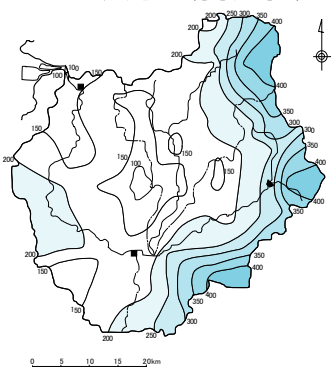
4時間雨量の発生確率



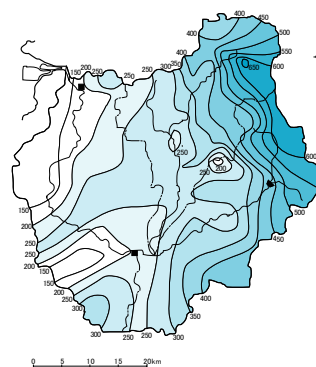
H7. 7洪水（梅雨性）



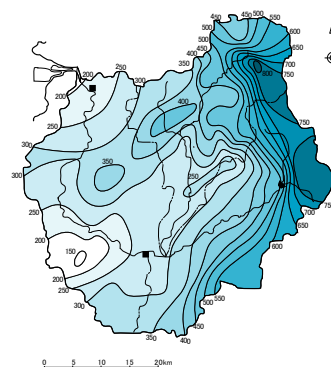
H9. 9洪水（台風性）



H16. 8洪水（台風性）



H17. 9洪水（台風性）



基本高水のピーク流量について

第48回河川整備基本方針小委員会
(球磨川6回目)資料3 抜粋

基準地点	工事实施基本計画 (1/80年) (統計期間：昭和2年～昭和40年)	河川整備基本方針 (案) (統計期間：昭和28年～平成17年)	
		1 / 80年	1 / 100年
人吉地点	7,000m ³ /s	7,000m ³ /s	7,200m ³ /s
萩原地点	9,000m ³ /s	—	—

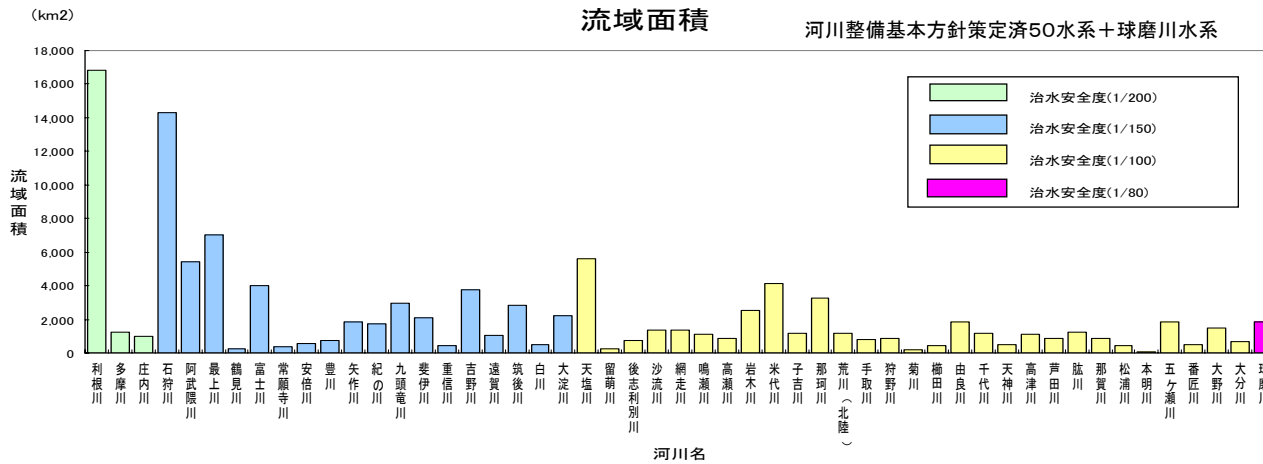
様々な検証の結果

検証手法	人吉地点流量	横石 (萩原) 地点流量	内容
工事实施基本計画の算定方法で最近のデータを含めた場合の洪水流量の検討	人吉 (1/80) : 約 8,600m ³ /s 人吉 (1/100) : 約 8,900m ³ /s	萩原 (1/80) : 約 11,300m ³ /s 萩原 (1/100) : 約 11,700m ³ /s	<ul style="list-style-type: none"> 降雨統計期間：S2～S40 (39年) → S2～H17 (79年) 計画降雨継続時間 (2日) 昭和40年降雨型 (5パターン) 流出モデル (単位図法) は変更せず
工事实施基本計画の算定方法で最近のデータを含め、近年一般的に使用される流出モデルにした場合の洪水の検討	人吉 (1/80) : 約 9,900m ³ /s 人吉 (1/100) : 約 10,200m ³ /s	萩原 (1/80) : 約 12,400m ³ /s 萩原 (1/100) : 約 12,800m ³ /s	<ul style="list-style-type: none"> 降雨統計期間：S2～S40 (39年) → S2～H17 (79年) 計画降雨継続時間 (2日) 昭和40年降雨型 (5パターン) は変更せず 流出モデル：単位図法→貯留関数法
九州他河川の実績降雨による試算	菊池川流域の降雨を移動：約 7,400m ³ /s 川内川流域の降雨を移動：約 7,800m ³ /s	菊池川流域の降雨を移動：約 9,300m ³ /s 川内川流域の降雨を移動：約 12,200m ³ /s	<ul style="list-style-type: none"> 菊池川：H 2.2洪水 梅雨前線 総雨量：584mm 川内川：H18.7洪水 梅雨前線 総雨量：919mm
歴史的洪水の痕跡水位を基にした洪水流量の推定	寛文9年 (1669年) : 約 8,200m ³ /s 正徳2年 (1712年) : 約 8,900m ³ /s	—	<ul style="list-style-type: none"> 寛文9年：氾濫シミュレーション、水位と流量の関係からの推定 正徳2年：水位と流量の関係からの推定
流量確率手法による洪水流量の推定	1/80 : 6,001m ³ /s～7,159m ³ /s 1/100 : 6,211m ³ /s～7,521m ³ /s	1/80 : 8,387m ³ /s～10,170m ³ /s 1/100 : 8,659m ³ /s～10,674m ³ /s	<ul style="list-style-type: none"> 人吉地点流量データ (S28～H17：53年) 横石地点流量データ (S28～H17：53年)
モンテカルロ法を用いた洪水シミュレーションによる洪水流量の推定	1/80 : 7,119m ³ /s～7,466m ³ /s 1/100 : 7,471m ³ /s～7,826m ³ /s	1/80 : 10,058m ³ /s～10,559m ³ /s 1/100 : 10,480m ³ /s～11,049m ³ /s	<ul style="list-style-type: none"> 確率論を用い、コンピュータ上で仮想洪水を発生させ、非超過確率1/80年、1/100年 (横石地点のみ) となる流量を推定
モデル降雨波形による洪水流量の推定	人吉 (1/80) : 約 8,000m ³ /s 人吉 (1/100) : 約 8,300m ³ /s	横石 (1/80) : 約 11,400m ³ /s 横石 (1/100) : 約 11,700m ³ /s	<ul style="list-style-type: none"> 1～120時間の各継続時間を1/80年、1/100年となる降雨に設定

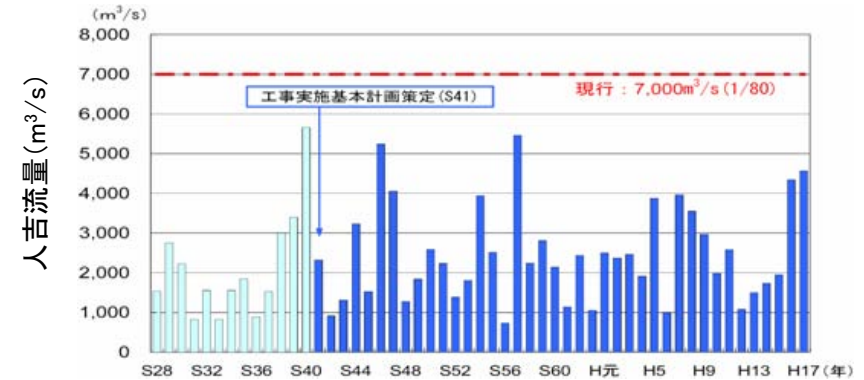
計画規模及び基本高水ピーク流量の設定

- これまで策定してきた河川整備基本方針の計画規模は、1/100年より小さい規模のものはない
- 現行の工事実施基本計画における計画規模1/80年は、想定氾濫区域内人口、同資産及び流域面積において、これまで河川整備基本方針を策定した他の水系と比較しても、著しくバランスを崩すものではない
- これまでの基本方針策定における基本高水については、計画を超える洪水や計画に相当するような洪水の頻発等があった場合に計画規模も含め変更しているが、球磨川水系では、計画規模を超えるような洪水は発生していない
- このため、1/80年(7,000m³/s)は妥当と考えられる

一級水系の流域面積(計画規模別)



年最大流量及び年最大2日雨量の経年変化



一級水系の氾濫区域内における人口(計画規模別)

