

河川整備基本方針の変更について

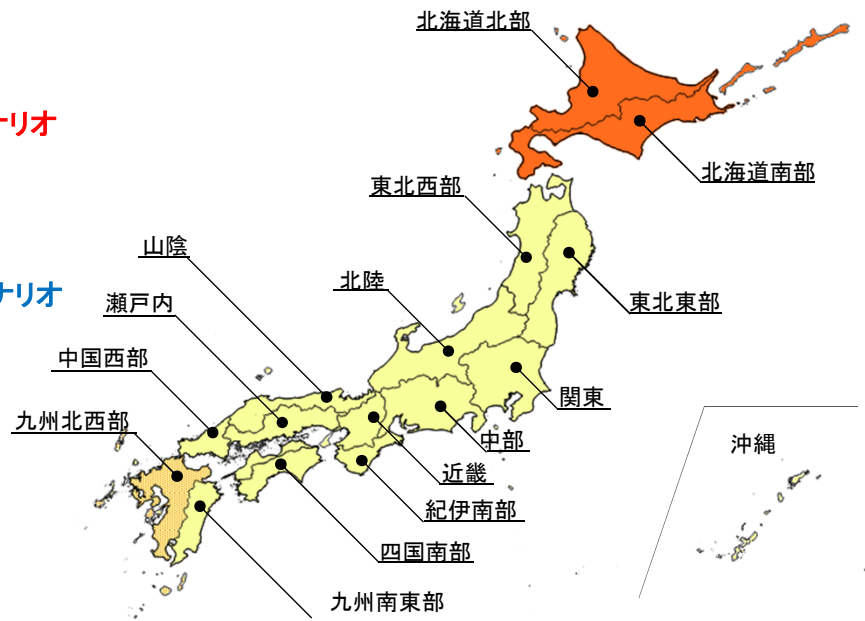
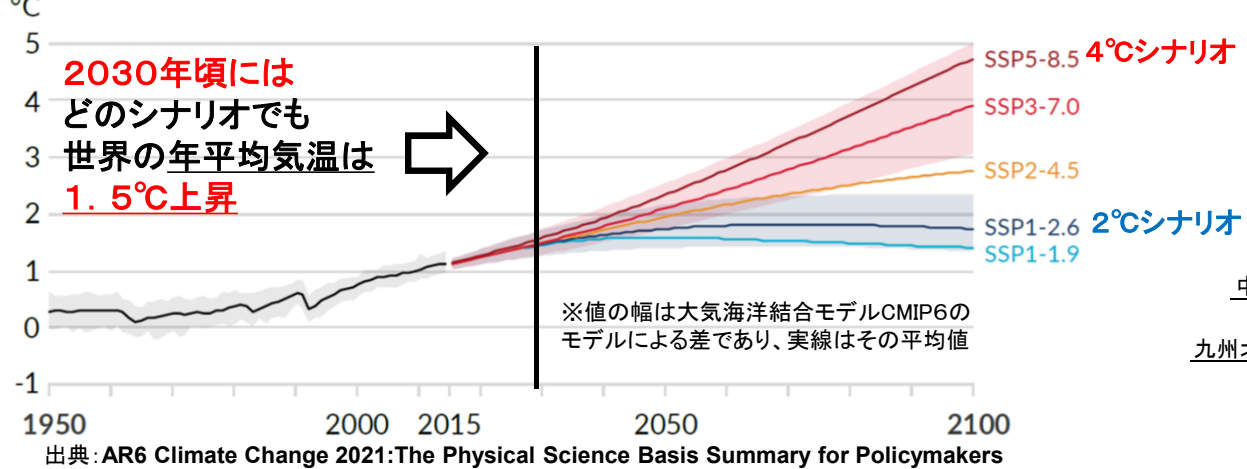
令和5年6月26日

国土交通省 水管理・国土保全局
河川計画課 河川計画調整室 石川 博基

気候変動の影響を踏まえた河川整備基本方針における外力設定

- 気候変動影響を踏まえた治水計画の見直しにあたっては、「パリ協定」で定められた目標に向け、温室効果ガスの排出抑制対策が進められていることを考慮して、2℃上昇シナリオにおける平均的な外力の値を用いる。
- ただし、4℃上昇相当のシナリオについても減災対策を行うためのリスク評価、施設の耐用年数を踏まえた設計外力の設定等に適用。

＜1850年～1900年に対する世界平均気温における各シナリオごとの予測＞



＜地域区分毎の降雨量変化倍率＞

気候変動を踏まえた治水計画のあり方 提言 改訂版(令和3年4月)より

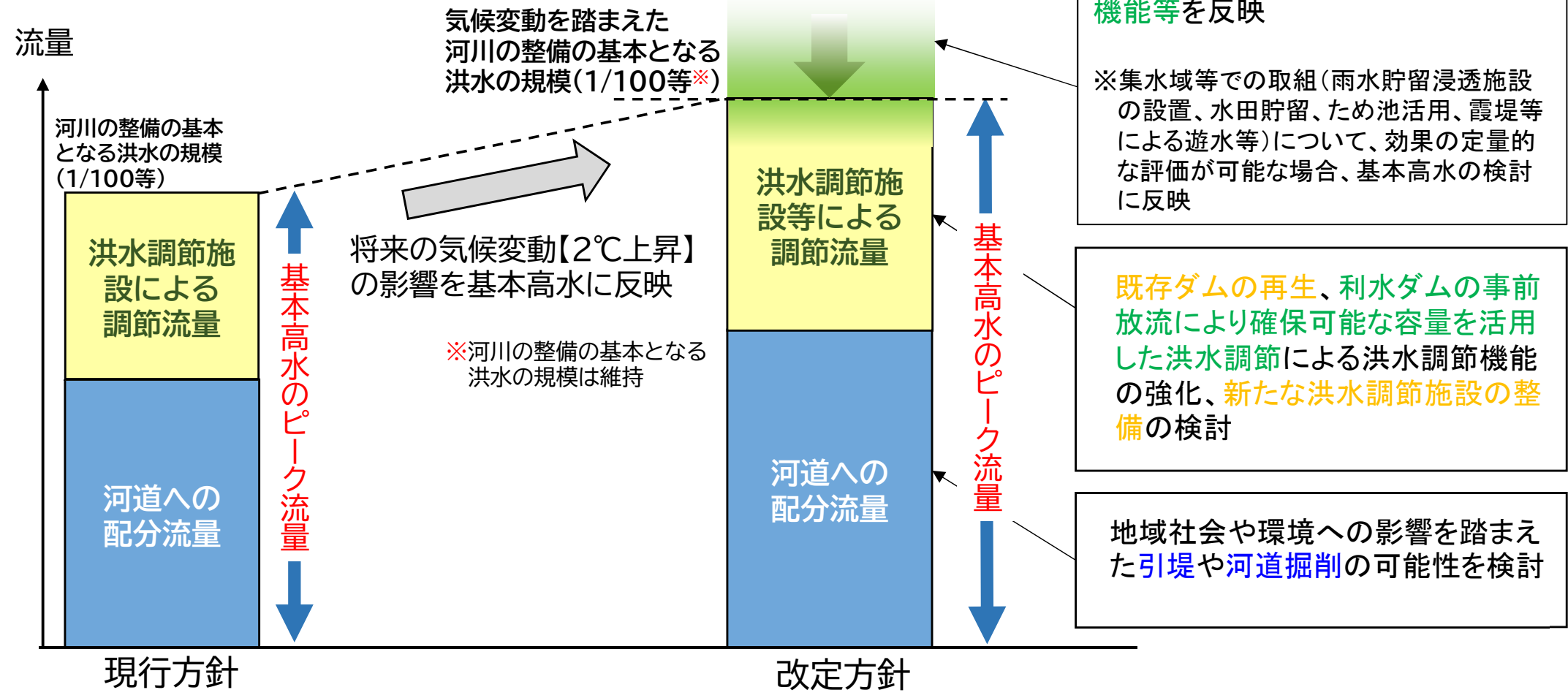
地域区分	2℃上昇	4℃上昇	
		短時間	
北海道北部、北海道南部	1.15	1.4	1.5
九州北西部	1.1	1.4	1.5
その他(沖縄含む)地域	1.1	1.2	1.3

- ※ 4℃上昇の降雨量変化倍率のうち、短時間とは、降雨継続時間が3時間以上12時間未満のこと3時間未満の降雨に対しては適用できない
 - ※ 雨域面積100km²以上について適用する。ただし、100km²未満の場合についても降雨量変化倍率が今回設定した値より大きくなる可能性があることに留意しつつ適用可能とする。
 - ※ 年超過確率1/200以上の規模(より高頻度)の計画に適用する。
 - ※ 降雨量変化倍率算定の基礎となったd2PDF・d4PDFにおいては、温室効果ガス濃度等の外部強制因子は、AR5*で用いられたRCP8.5シナリオの2040年時点、2090年時点の値を与えている。
- * AR5: Climate Change 2013: The Physical Science Basis

気候変動の影響や流域の取組等の基本高水や流量配分への反映

- 科学技術の進展や現時点のデータの蓄積を踏まえ、将来の降雨量変化倍率、アンサンブル実験による予測降雨波形の活用など、気候変動の影響を考慮して基本高水のピーク流量を設定。
- 基本高水の設定においては、流域の土地利用、沿川の保水・遊水機能等について現況及び将来動向などを評価し、流域の降雨・流出特性や洪水の流下特性として反映。(集水域等での対策(水田貯留、ため池の活用等)については、取組が進み、効果の定量的評価が可能になった場合、基本高水の検討に反映)
- 河道と洪水調節施設等への配分については、改めて地域社会や環境への影響を踏まえた引堤や河道掘削の可能性の検討を行うとともに、既存ダムの洪水調節機能強化等の検討を行い決定。

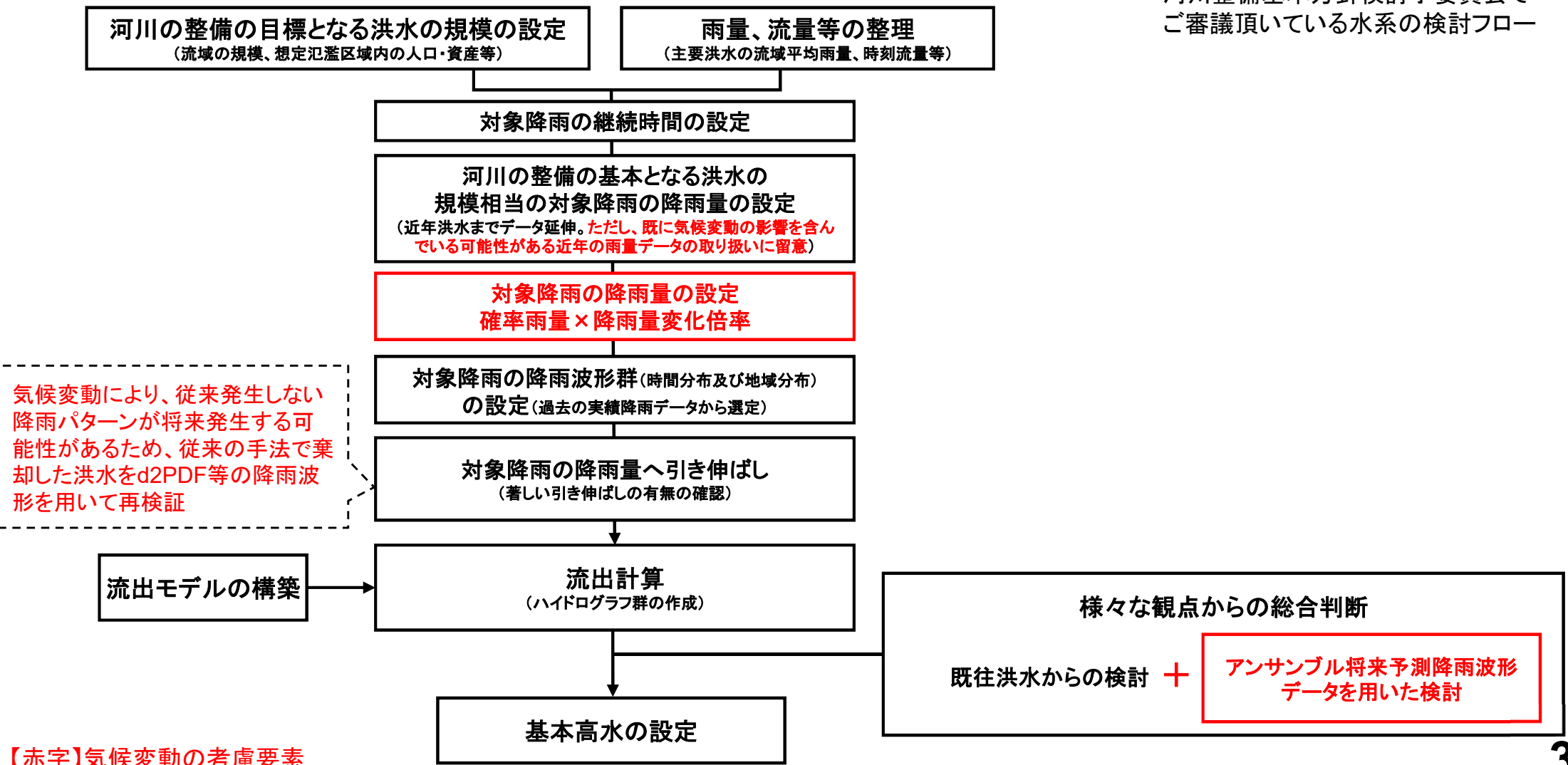
「気候変動」と「流域治水」の新たな視点を踏まえ改定



基本高水の設定の流れ

- 河川の整備の目標となる洪水の規模の設定、対象降雨の降雨波形の設定、対象降雨の降雨量へ引き伸ばし、流出解析、総合判断により基本高水を設定するという、これまで河川整備基本方針策定の過程で蓄積されてきた検討の流れを基本に、気候変動の影響を基本高水の設定プロセスに取り入れる。
- 対象降雨の降雨量には、実績降雨データから得られた確率雨量に過去の再現計算と将来の予測の比(降雨量変化倍率)を乗じて、基本高水を設定する。

河川整備基本方針検討小委員会で
ご審議頂いている水系の検討フロー

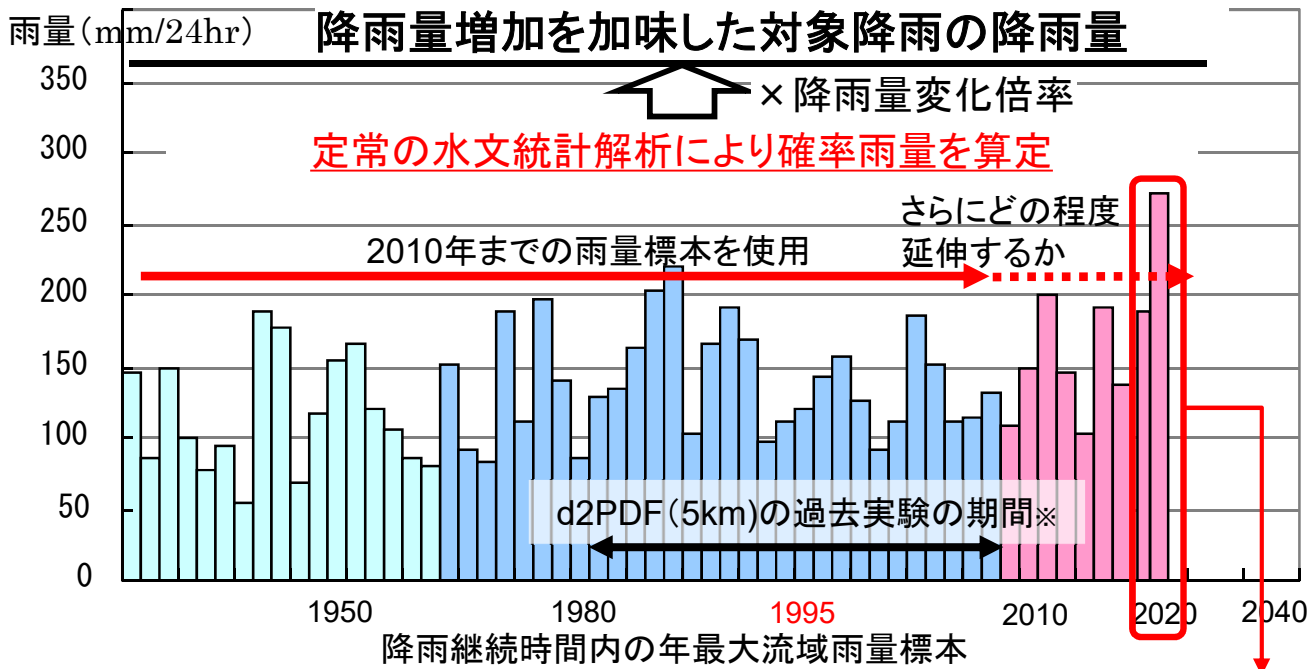


【赤字】気候変動の考慮要素

【参考】将来気候を踏まえた対象降雨の降雨量の設定手法

- 降雨量変化倍率(2°C上昇時)を乗じる対象となる、対象降雨の降雨量の算定に使用する雨量標本データの取り扱いにあたっては、
 - ・最新年まで延伸してデータ数を増やし信頼性を高める観点 と
 - ・既に気候変動の影響を含んでいる可能性がある雨量標本データをどう取り扱うかの観点
 について検討する必要がある。
- 実務上、当面の対応として、降雨量変化倍率の算定に用いている過去実験の期間が2010年までであることを踏まえ、**既定計画から雨量標本のデータ延伸を一律に2010年までにとどめ、2010年までの雨量標本を用い、定常の水文統計解析により確率雨量を算定し、これに降雨量変化倍率を乗じた値を対象降雨の降雨量とする。**
 - ・また、雨量標本に経年的変化の確認(非定常状態の検定: Mann-Kendall検定、AIC評価等)を行った上で、非定常性が確認されない場合は、最新年までデータ延伸し、非定常性が確認された場合は「非定常性が現れる前までのデータ延伸」にとどめ、定常の水文統計解析により確率雨量を算定等も併せて実施し、気候変動の影響を把握しておくことが重要。

将来気候を踏まえた対象降雨の降雨量の算定イメージ



基本高水の規模に相当するような洪水は基本高水の妥当性確認のため別途検討

※北海道は過去実験の期間が1950~

水文統計解析手法

- 【定常解析手法】
 - 統計的性質が時間的に変化していないことを仮定して解析を行うことを指す。
- 【非定常解析手法】
 - 水文時系列資料の統計特性の時間的変化がモデルの中に組み込まれた確率分布モデルの母数を推定し、確率評価を行うことを指す。
 - 現時点では、水文統計データを対象に非定常解析を実施した既往研究※があるが、引き続き、気温や時間を説明変数とした非定常解析の研究開発等が必要と考えられる。

※例えば、立川康人, 森信治, キムスミン, 萬和明(2015): 非定常水文頻度解析手法を用いた極値降水量の変化予測-地球温暖化予測情報への適用-

【参考】アンサンブル将来予測降雨波形の抽出方法

○引き伸ばし等により降雨波形を大きく歪めることがないよう、対象降雨の降雨量近傍のアンサンブル将来予測降雨波形を活用。

その際、主要降雨波形群に不足する将来発生頻度が増加するような降雨パターンを含むよう抽出。

○抽出した波形を対象降雨の降雨量に引き縮めor引き伸ばし、将来生じ得る時空間分布を有した降雨波形による流量として算出。

アンサンブル将来予測降雨波形の抽出方法の例

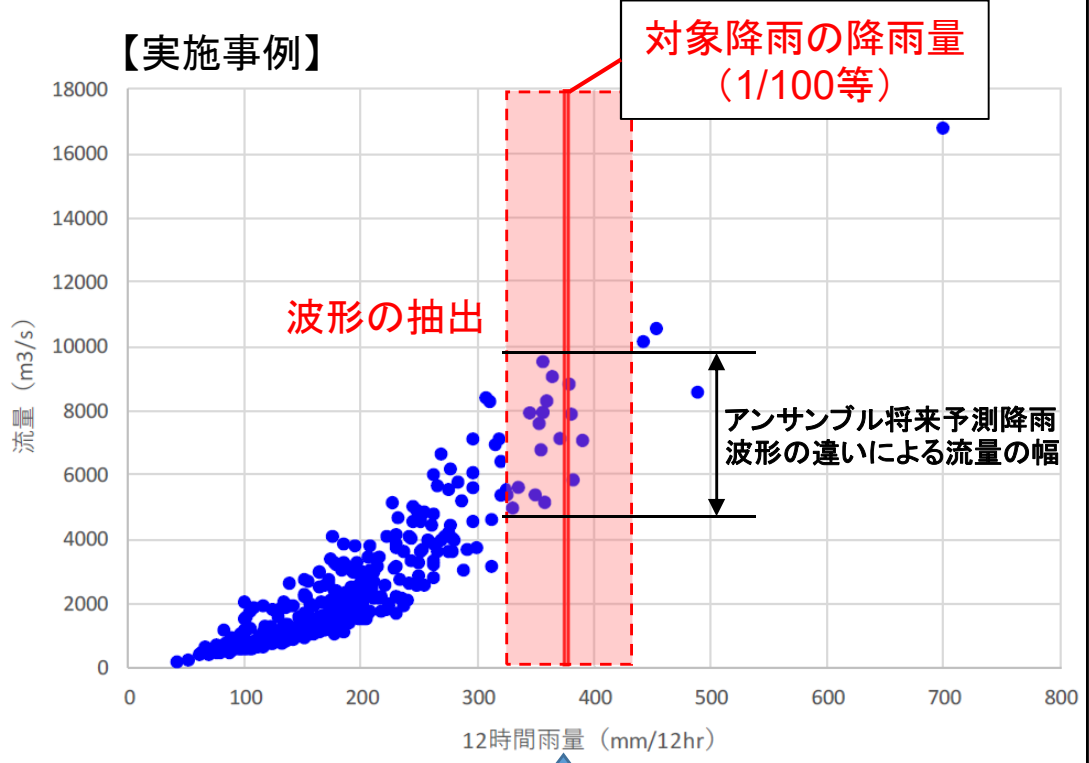
○d2PDF (将来実験：30年×6SST×2摂動)の年最大雨量標本(360年)を流出計算

○例えば、著しい引き伸ばし等によって降雨波形を歪めることがないよう、対象降雨の降雨量近傍の洪水を抽出

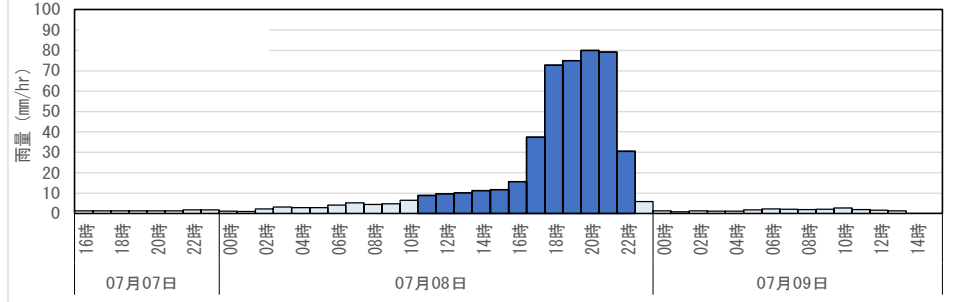
○降雨量が対象降雨の降雨量になるよう、抽出されたアンサンブル将来予測降雨波形の降雨量を調整する。(引き縮めor引き伸ばし)

○様々な気象要因による降雨波形が含まれているか確認

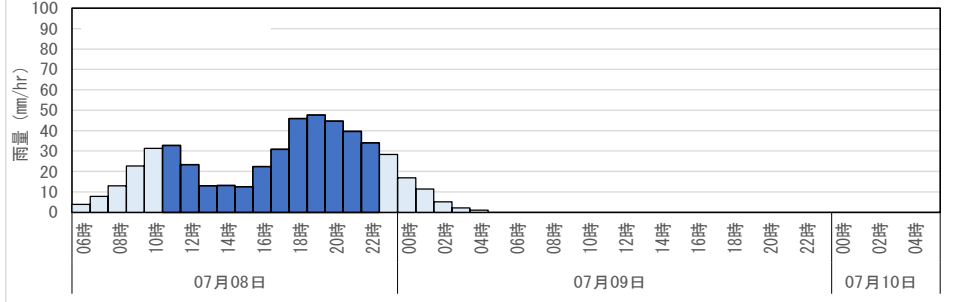
【実施事例】



【中央集中波形】



【複数波形】



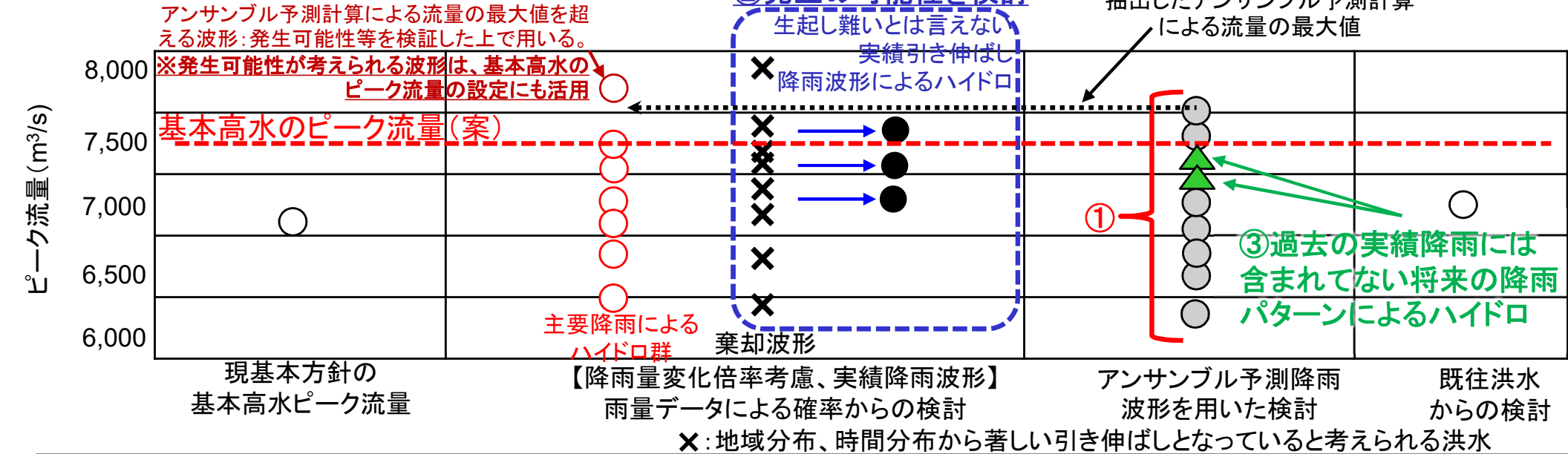
降雨波形が不足していれば過去実験やd4PDF等も活用

基本高水の設定の考え方

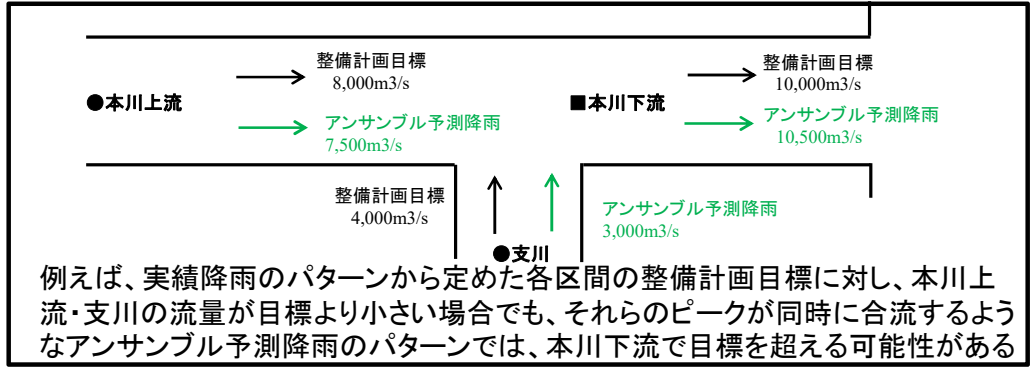
【アンサンブル予測降雨波形の活用】

- ①対象降雨の降雨量相当のアンサンブル予測降雨波形を用いたハイドログラフ群のピーク流量の最大値と最小値の範囲内に基本高水のピーク流量が収まっているかどうか等、決定する基本高水の妥当性の確認に活用。アンサンブル予測波形で得られた流量の範囲を超える実績引き伸ばし波形については、発生の可能性等の検証を加えた上で基本高水の設定、もしくは参考波形(整備途上の上下流本支川バランスチェック等)に用いる。
- ②時空間的に著しい引き伸ばしになっている等から、これまで棄却してきた実績降雨の引き伸ばし降雨波形について、アンサンブル予測降雨波形群(過去実験、将来予測)を踏まえて発生の可能性を検討。
- ③過去の実績降雨には含まれてない降雨パターンが気候変動の影響によって発生する可能性について、将来のアンサンブル予測降雨波形群を用いて検討。

(基本高水のピーク流量の設定)



○これらの検討の結果から発生の可能性を考慮する必要があると判断した洪水を用い、改修途上における本川・支川、上下流のバランスのチェックや氾濫の被害をできるだけ抑制する対策の区間検討等、河川整備計画策定時に、河川整備内容、手順などを検討する。



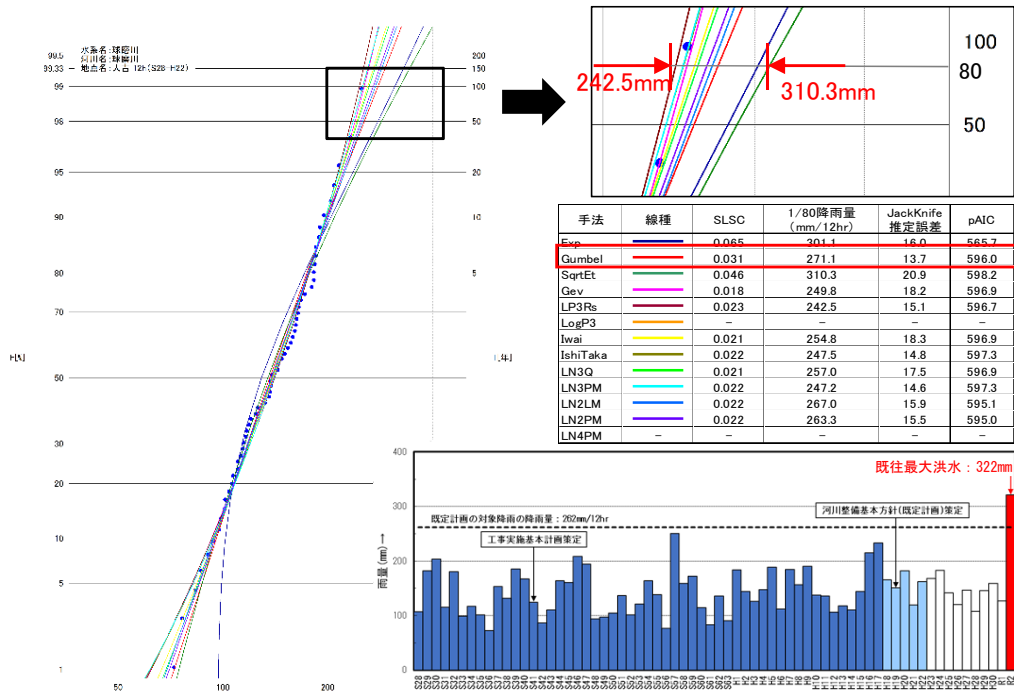
基本高水ピーク流量の検討(球磨川の例)

対象降雨の降雨量設定

- 現行の基本方針策定時から現在までの球磨川流域の状況に大きな変化がないことから、現行の基本方針の計画規模(人吉 1/80、横石1/100)を踏襲
- 過去の降雨を用いた降雨解析による年超過確率の降雨量に降雨量変化倍率1.1倍を乗じた値である、298mm/12h(人吉)、301mm/12h(横石)を対象降雨の降雨量と設定

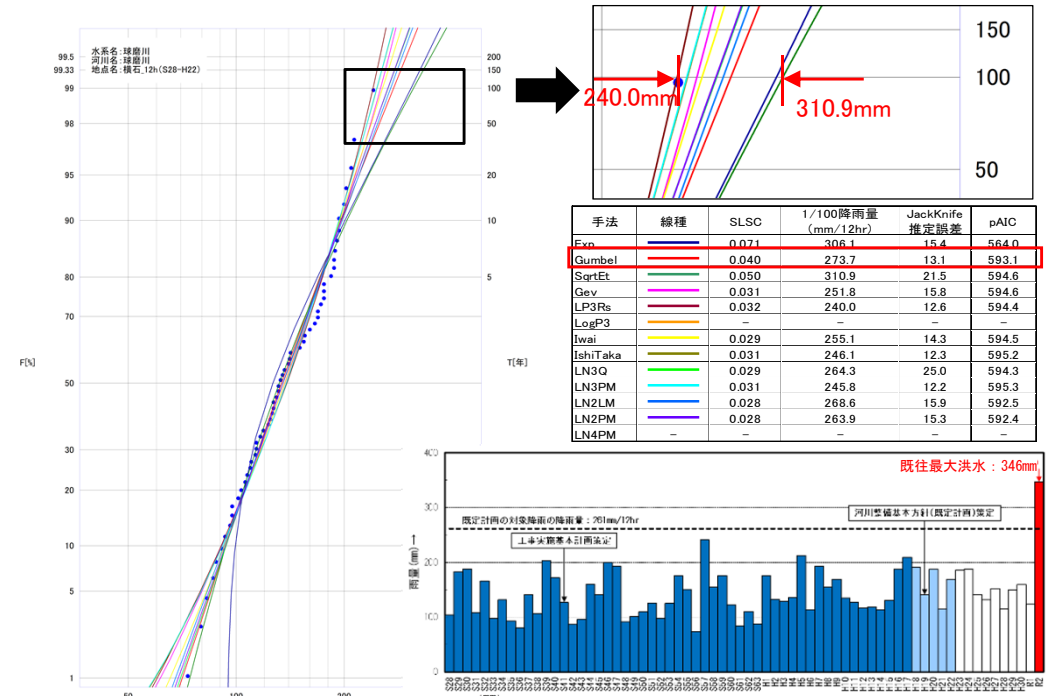
人吉地点

- 時間雨量データの存在する昭和28年～平成22年の年最大12時間雨量を対象に、グンベル分布による年超過確率1/80の雨量を算定



横石地点

- 時間雨量データの存在する昭和28年～平成22年の年最大12時間雨量を対象に、グンベル分布による年超過確率1/100の雨量を算定



【参考】近年降雨の気候変動の影響等の確認

【考え方】雨量標本に経年的変化の確認として「非定常状態の検定：Mann-Kendall検定等」を行った上で、非定常性が確認されない場合は、最新年までデータ延伸し、非定常性が確認された場合は「非定常性が現れる前までのデータ延伸」にとどめ、定常の水文統計解析による確率雨量の算定等も併せて実施

○Mann-Kendall検定(定常/非定常性を確認)
S28～H22および雨量データを一年ずつ追加し、R2までのデータを対象とした検定結果を確認

⇒非定常性は確認されなかったため、近年降雨までデータ延伸を実施

○データ延伸を実施
非定常性が確認されなかったことから、最新年(令和2年)まで雨量統計期間を延伸した場合のグンベル分布による確率雨量を算定

⇒令和2年までの雨量データを用いた場合の超過確率1/80確率雨量は278mm/12hとなり、データ延伸による確率雨量に大きな差は確認されない。

○Mann-Kendall検定(定常/非定常性を確認)
S28～H22および雨量データを一年ずつ追加し、R2までのデータを対象とした検定結果を確認

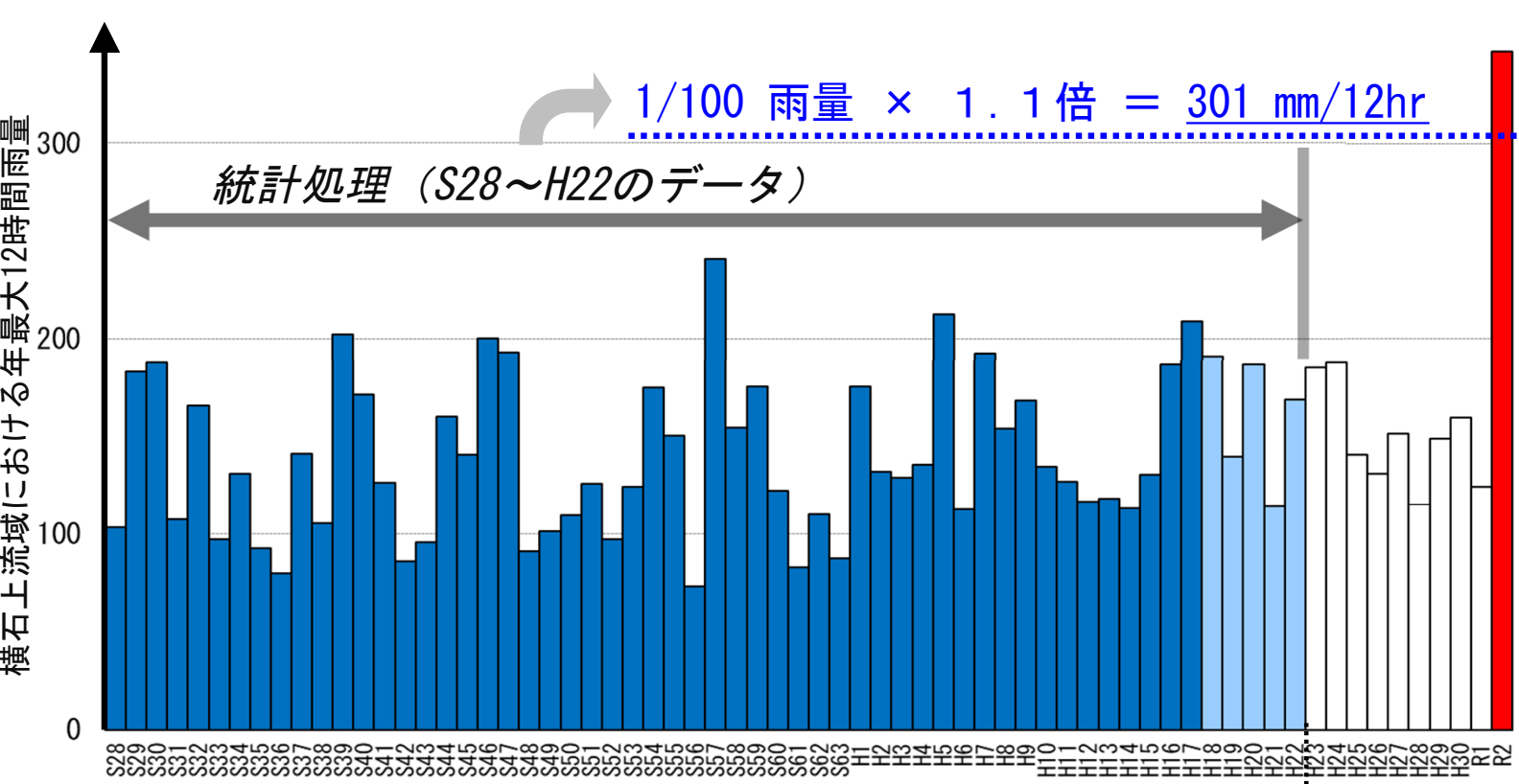
⇒非定常性が確認されたため、非定常性が現れる前(平成23年)までデータ延伸を実施

○データ延伸を実施
非定常性が確認されたことから、非定常性が現れる前までの平成23年まで雨量統計期間を延伸した場合のグンベル分布による確率雨量を算定

⇒平成23年までの雨量データを用いた場合の超過確率1/100確率雨量は275mm/12hとなり、データ延伸による確率雨量に大きな差は確認されない。

対象降雨の降雨量と令和2年7月豪雨の実績降雨量

- 過去の実績降雨により求めた降雨量に降雨量変化倍率(1.1)を乗じて算出した降雨量と比較し、令和2年7月豪雨における降雨量は大きく超過
- また、気候変動の影響が含まれている可能性がある近年降雨まで含めた統計処理の結果に対しても大きく超過



令和2年7月豪雨について統計処理には含めないが、実際に発生した洪水であることから、できるだけ被害を軽減するための対策を実施。

気候変動(地球温暖化)の影響が含まれている可能性があるため、統計処理には含めない。

気象庁気象研究所の発表によれば、令和2年7月豪雨では、地球温暖化の進行に伴う長期的な大気中の水蒸気の増加により、降水量が増加した可能性があると言及。

	現行計画 (S28~H17)	変更案 (S28~H22) ※下段は1.1倍前	参考値 (S28~R2) ※下段は1.1倍前	令和2年7月豪雨実績
人吉	262	298 (271)	306 (278)	322
横石	261	301 (274)	315 (286)	346

※数値は12時間雨量

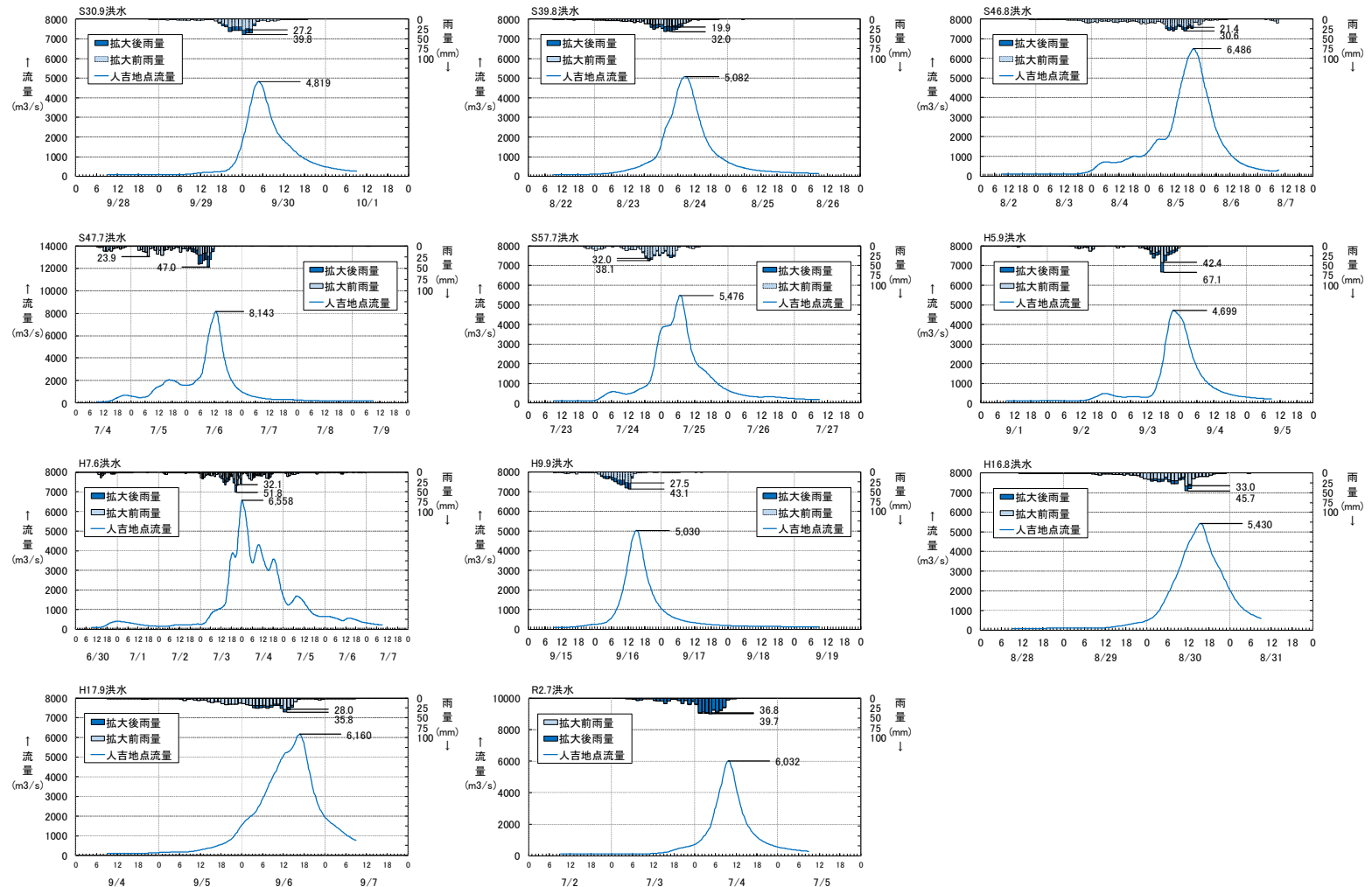
主要降雨波形群の設定【人吉】

- 人吉地点における主要洪水は、人吉地点で対象降雨の継続時間(12時間)内の雨量が大きい上位10洪水に加えて、ダム・氾濫戻し流量が現行の基本方針の計画高水流量4,000m³/s以上となる洪水を選定
- 選定した洪水の降雨波形を対象に、年超過確率1/80の12時間雨量298mmとなるような引き伸ばし(引き縮め)した降雨波形を作成し、流出計算により流量を算出
- このうち、小流域における12時間雨量又は短時間の降雨量が著しい引き伸ばし(年超過確率1/500または実績最大のうち大きい方の雨量を超過)となっている洪水については棄却

雨量データによる確率からの検討

No.	洪水年月日	基準地点人吉上流域		基準地点人吉ピーク流量(m ³ /s)
		実績雨量(mm/12h)	拡大率	
1	S30.9.30	203.5	1.465	4,900
2	S39.8.24	185.2	1.610	5,100
3	S40.7.3	167.1	1.785	12,500
4	S46.8.5	208.3	1.432	6,500
5	S47.6.12	194.6	1.532	4,700
6	S47.7.6	151.6	1.967	8,200
7	S57.7.25	250.4	1.191	5,500
8	H 5.9.3	188.5	1.582	4,700
9	H 7.7.4	184.7	1.615	6,600
10	H 9.9.16	190.4	1.566	5,100
11	H16.8.30	215.2	1.386	5,500
12	H17.9.4	232.9	1.280	6,200
13	R 2.7.4	321.8	0.927	6,100

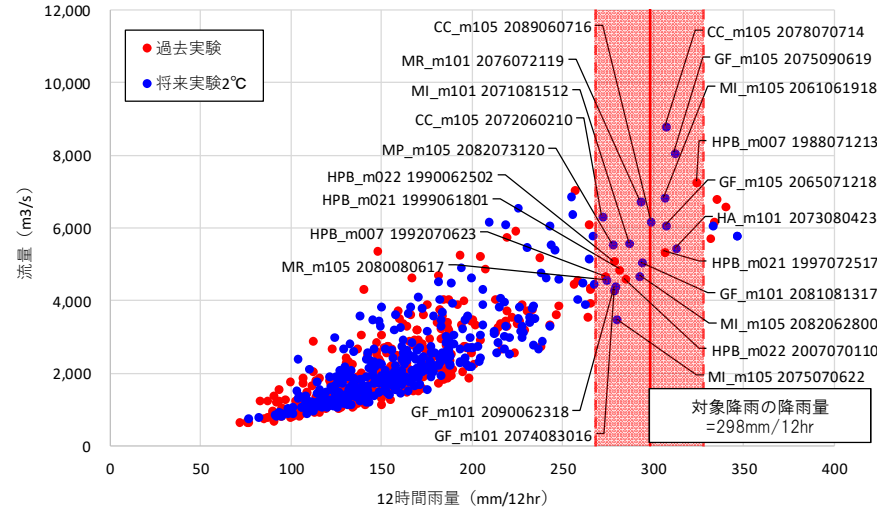
※100m³/sの端数については、切り上げて記載。
 ※グレー着色:著しい引き伸ばしとなっている洪水
 ※R2.7洪水は実績雨量が対象降雨の降雨量を超えているため引き縮め。



アンサンブル予測降雨波形の抽出(人吉地点)

- アンサンブル将来予測降雨波形から求めた現在気候及び将来気候の年最大流域平均雨量標本から、対象降雨の降雨量(298mm/12hr)に近い(±10%)降雨波形を抽出。抽出した22降雨波形は、中央集中や複数の降雨ピークがある波形等、様々なタイプの降雨波形を含んでいることを確認
- 抽出した降雨波形について気候変動を考慮した年超過確率1/80の12時間雨量298mmまで引き伸ばし(引き縮め)を行い、流出計算により流量を算出

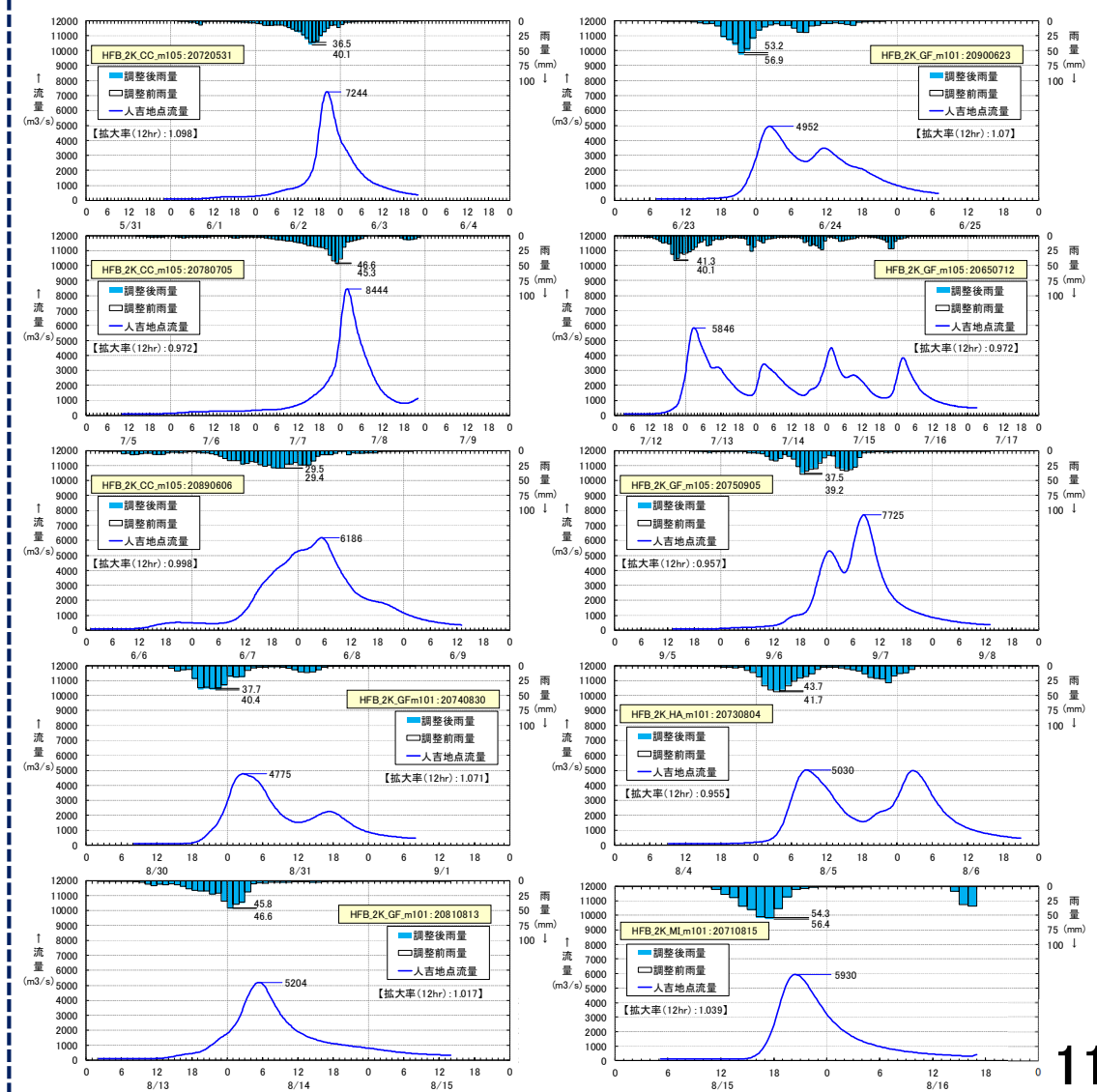
アンサンブル将来予測降雨波形データを用いた検討



■ d2PDF(将来360年、現在360年)の年最大雨量標本(360年)を流出計算

洪水名	人吉地点 12時間雨量 (mm)	気候変動後 1/80雨量 (mm)	拡大率	人吉地点 ピーク流量 (m³/s)	
将来実験					
HFB_2K_CC_m105_2072060210	271.6	298	1.098	7,300	
HFB_2K_CC_m105_2078070714	306.7		0.972	8,500	
HFB_2K_CC_m105_2089060716	298.8		0.998	6,200	
HFB_2K_GF_m101_2074083016	278.4		1.071	4,800	
HFB_2K_GF_m101_2081081317	293.3		1.017	5,300	
HFB_2K_GF_m101_2090062318	278.7		1.070	5,000	
HFB_2K_GF_m105_2065071218	306.8		0.972	5,900	
HFB_2K_GF_m105_2075090619	311.6		0.957	7,800	
HFB_2K_HA_m101_2073080423	312.2		0.955	5,100	
HFB_2K_ML_m101_2071081512	286.9		1.039	6,000	
HFB_2K_ML_m105_2061061918	306.0		0.975	6,600	
HFB_2K_ML_m105_2075070622	279.8		1.066	3,900	
HFB_2K_ML_m105_2082062800	292.4		1.020	4,900	
HFB_2K_MP_m105_2082073120	277.4		1.075	6,300	
HFB_2K_MR_m101_2076072119	292.8		1.018	7,000	
HFB_2K_MR_m105_2080080617	274.1		1.088	5,300	
過去実験					
HPB_m007_1988071213	323.9		298	0.921	6,500
HPB_m007_1992070623	273.3			1.091	5,000
HPB_m021_1997072517	305.9			0.975	5,200
HPB_m021_1999061801	281.0			1.061	5,300
HPB_m022_1990062502	278.1			1.072	5,700
HPB_m022_2007070110	284.2	1.049		5,000	

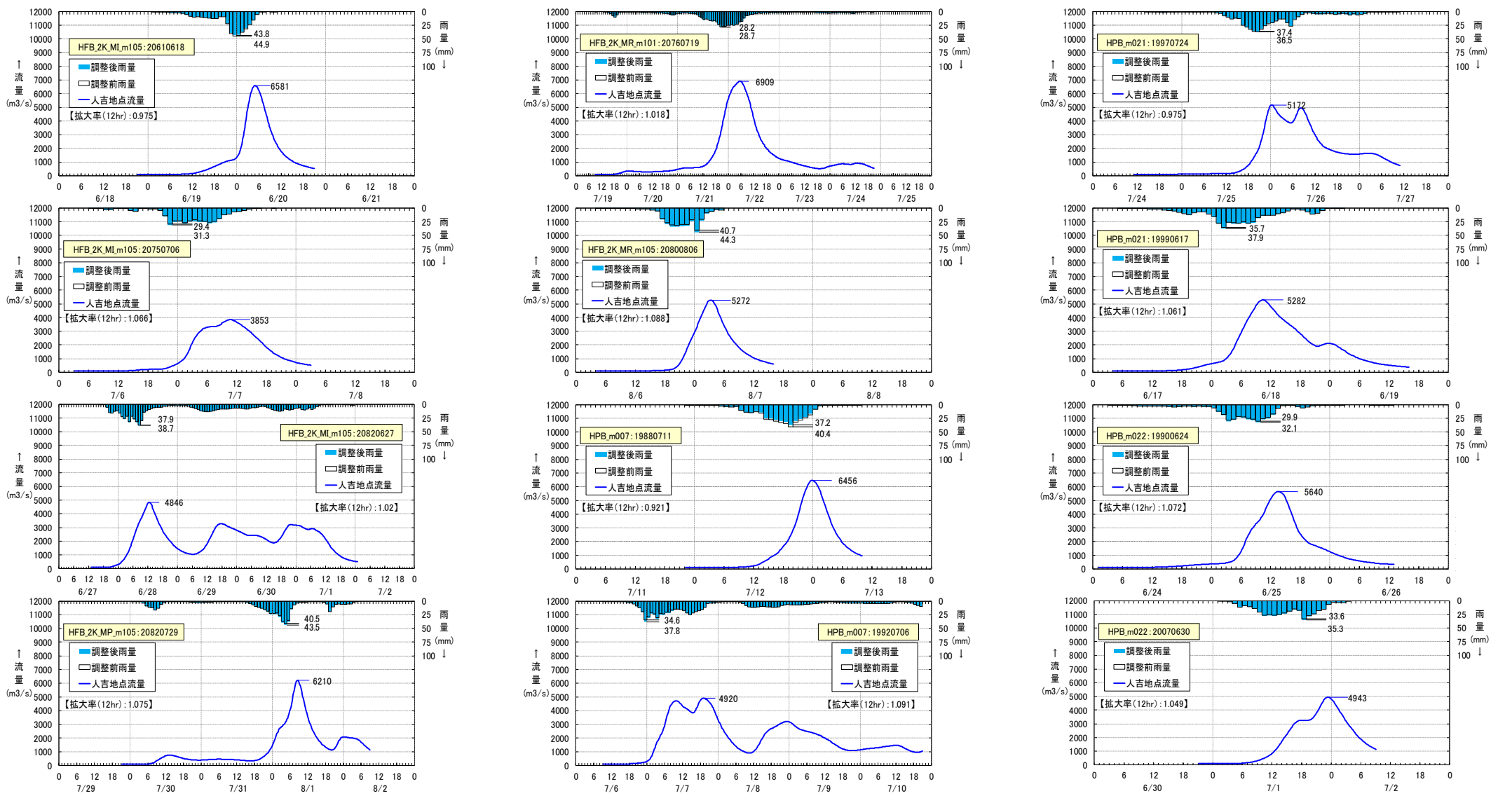
抽出した予測降雨波形群によるハイドログラフ



アンサンブル予測降雨波形の抽出(人吉地点)

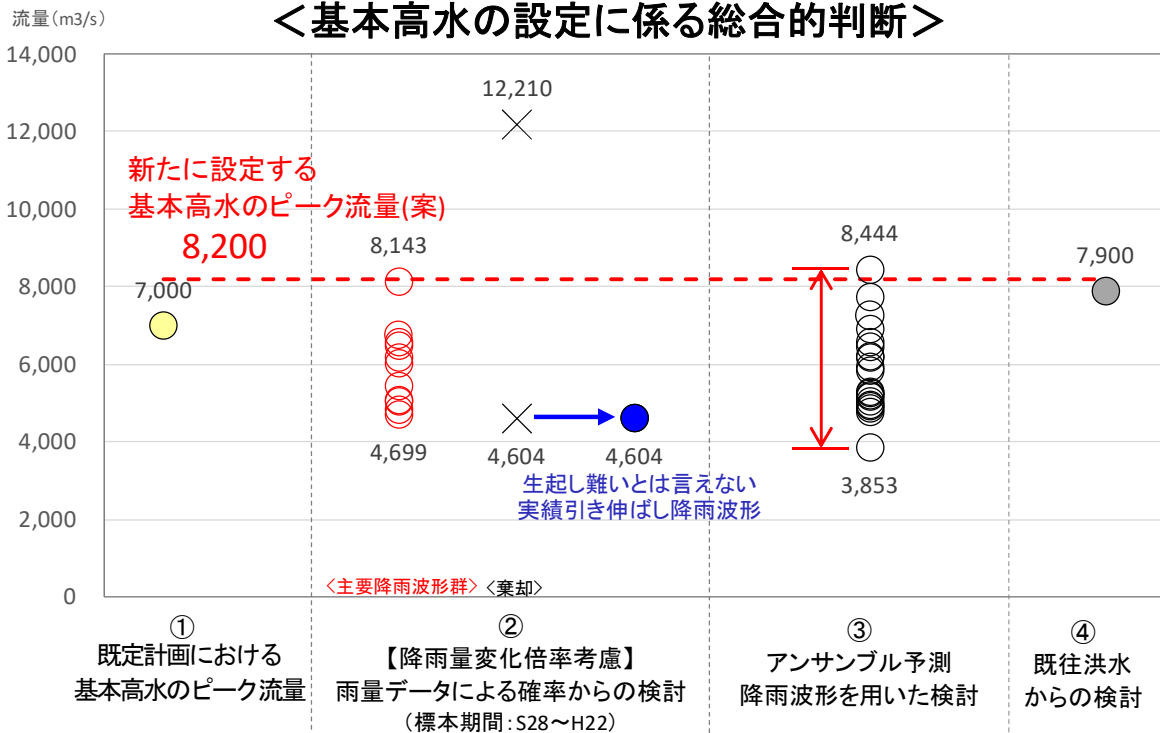
アンサンブル将来予測降雨波形データを用いた検討

<抽出した予測降雨波形群によるハイドログラフ>



○気候変動による外力の増加に対応するため、気候変動を考慮した雨量データによる確率からの検討、アンサンブル予測降雨波形を用いた検討、既往洪水からの検討から総合的に判断した結果、**球磨川水系における基本高水のピーク流量は、基準地点人吉において8,200m³/sと設定。**

＜基本高水の設定に係る総合的判断＞

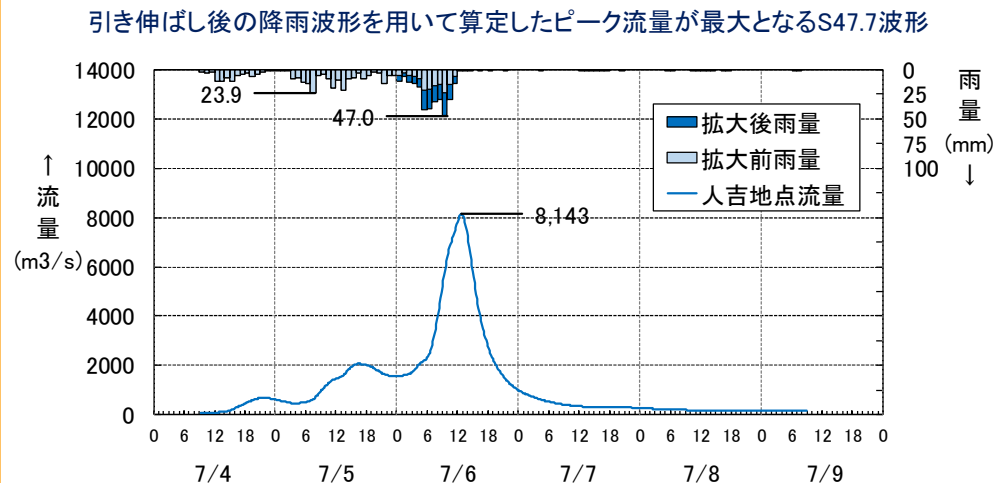


※ ● は整備途上の上下流、本支川のバランスのチェック等に活用

【凡例】

- ② 雨量データによる確率からの検討：降雨量変化倍率（2℃上昇時の降雨量の変化倍率1.1倍）を考慮した検討
 - ×：短時間・小流域において著しい引き伸ばしとなっている洪水
 - ：棄却された洪水（×）のうち、アンサンブル予測降雨波形（過去実験、将来予測）の時空間分布から見て生起し難いとは言えない実績引き伸ばし降雨波形
- ③ アンサンブル予測降雨波形を用いた検討：対象降雨の降雨量（298mm/12h）に近い22洪水を抽出
 - ：気候変動予測モデルによる現在気候（1980～2010年）及び将来気候（2℃上昇）のアンサンブル降雨波形

新たに設定した基本高水



河道と洪水調節施設等への配分の検討に用いた主要降雨波形群

洪水年月日	基準地点人吉上流域		基準地点人吉ピーク流量 (m ³ /s)
	実績雨量 (mm/12h)	拡大率	
S30.9.30	203.5	1.465	4,819
S39.8.24	185.2	1.610	5,082
S46.8.5	208.3	1.432	6,486
S47.6.12	194.6	1.532	4,604
S47.7.6	151.6	1.967	8,143
S57.7.25	250.4	1.191	5,476
H 5.9.3	188.5	1.582	4,699
H 7.7.4	184.7	1.615	6,558
H 9.9.16	190.4	1.566	5,030
H16.8.30	215.2	1.386	5,430
H17.9.4	232.9	1.280	6,160
R 2.7.4	321.8	0.927	6,032

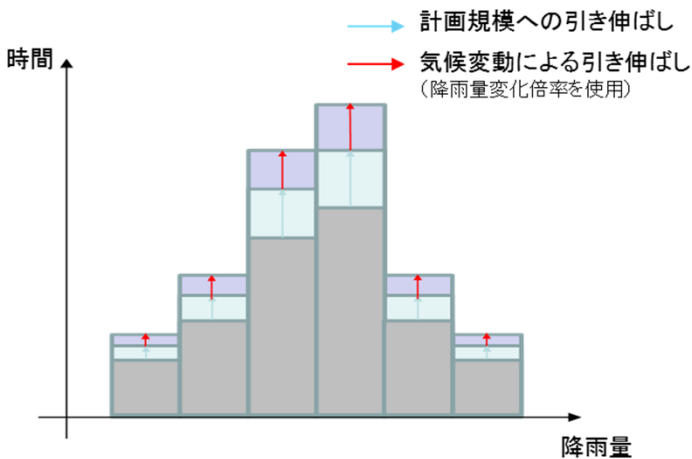
将来的な検討課題として

流量算定手法の方向性と当面の対応

- 現在の治水計画は、実績降雨を統計処理し、雨量により計画規模を設定し、基本高水を設定。
- 当面は、これまでの手法に気候変動による降雨量倍率を用いるものの、将来的には、大量の将来予測降雨(d4 PDFデータ)から流量算定を行い、計画規模相当の流量を設定することも考えられる。

当面の手法①

過去降雨
(計画規模) × 気候変動倍率
【雨確率】

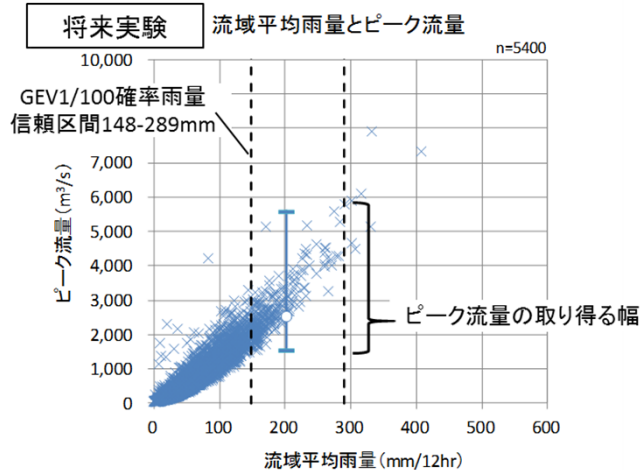


降雨の引き伸ばし(イメージ)

試算結果
(イメージ)

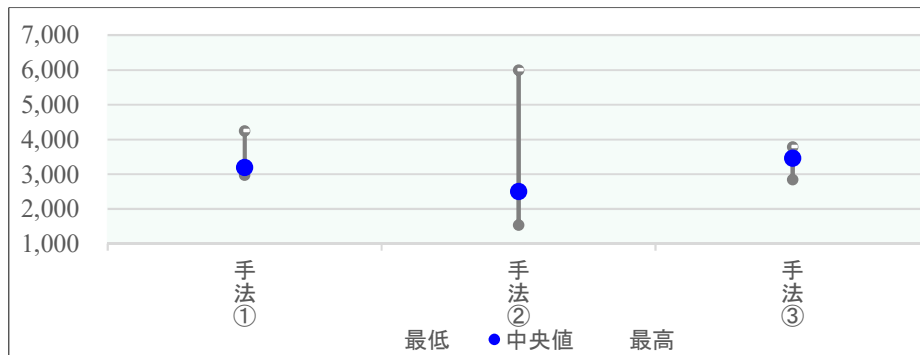
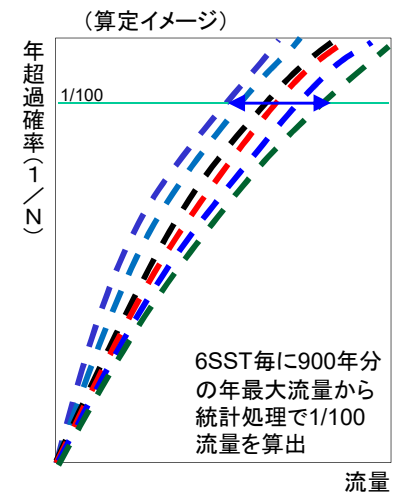
今後の手法②

将来予測降雨
(計画規模・中央値)(d4PDFデータ)
【降雨確率】



今後の手法③

将来予測降雨
(計画規模)(d4PDFデータ)
【流量確率】



※「北海道地方における気候変動予測(水分野)技術検討委員会」で検討した流出モデルによる試算結果<手法②、③>