

気候変動を踏まえた治水計画の見直しについて

～アンサンブル予測降雨波形の治水計画への活用～

令和5年1月12日

国土交通省 水管理・国土保全局

河川計画調整室長 石川 博基

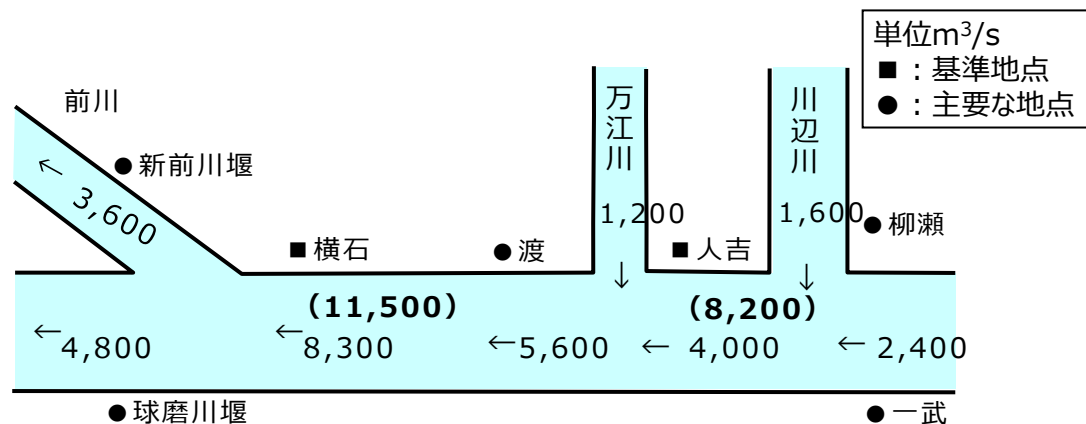
河川整備基本方針と河川整備計画

■河川整備基本方針

各水系について、将来的な河川整備の目標とする洪水の規模（**基本高水**）、基本高水をダムや遊水池等の洪水調節施設で調節する流量、河道で対応する流量等を設定

【球磨川の例】

	基本高水のピーク流量 (m ³ /s)	洪水調節施設等による調節流量 (m ³ /s)	河道への配分流量 (m ³ /s)
人吉	8,200	4,200	4,000
横石	11,500	3,200	8,300



■河川整備計画

各河川における当面20～30年における河川整備の目標や整備内容を定める

【球磨川の例】

	河川整備の目標流量 (m ³ /s)	河道への配分流量 (m ³ /s)
人吉	7,600	3,900
横石	11,200	8,200

※計画対象期間は概ね30年

治水計画の見直し

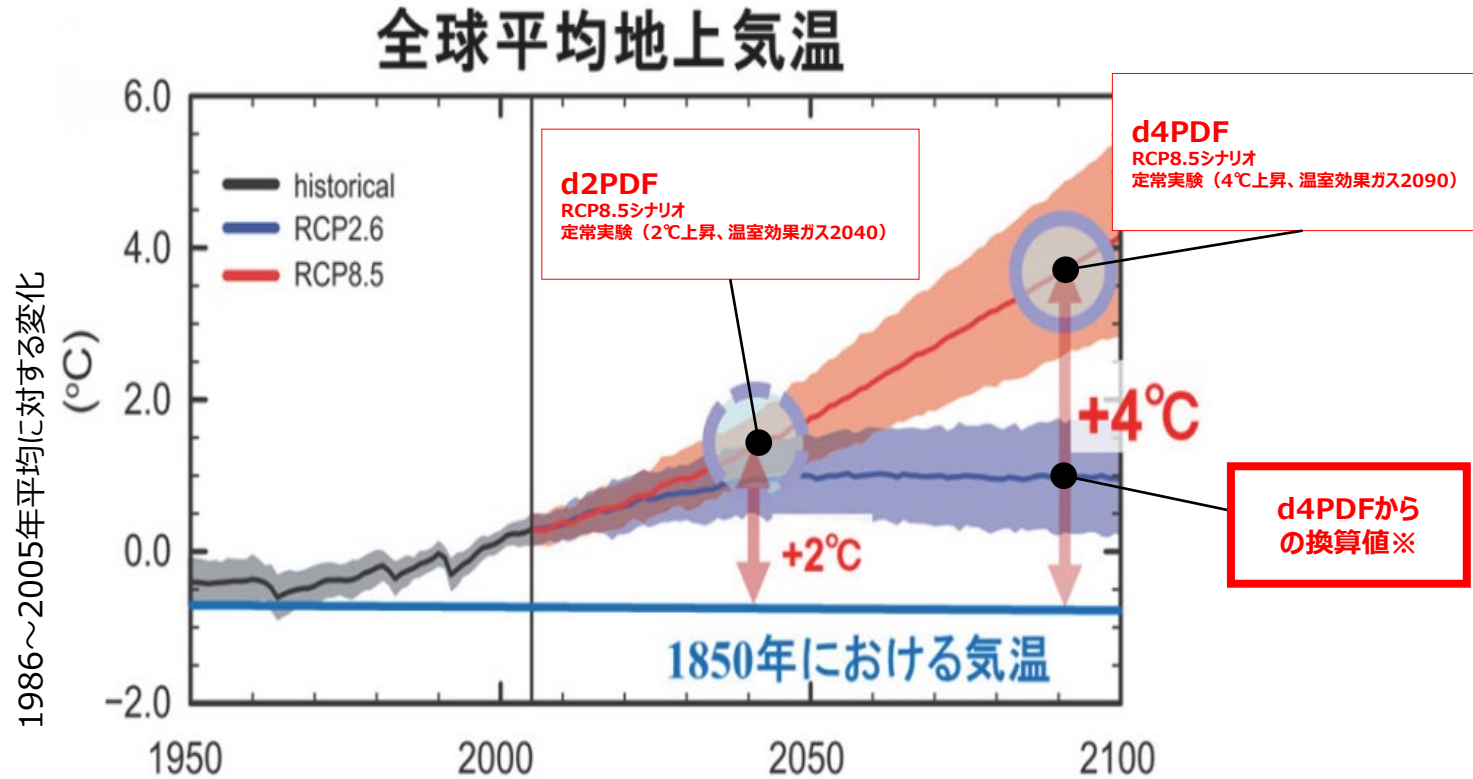
- 治水計画の見直しにあたっては、「パリ協定」で定められた目標に向け、温室効果ガスの排出抑制対策が進められていることを考慮して、

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。

2℃上昇時の降雨量変化倍率の算定

- 2℃上昇時の降雨量変化倍率について、令和元年時点ではd4PDFによる降雨量変化倍率の結果を換算して算定
- その後、d2PDFが整備されたことから、それを用いた降雨量変化倍率も加えて算定



※d4PDFにより求めたRCP8.5（4℃上昇相当）に基づく降雨量変化倍率を、RCP2.6（2℃上昇相当）に変換するため、「21世紀末における日本の気候（環境省・気象庁）」の年上位5%降水イベントの日降水量の変化率を用いて換算

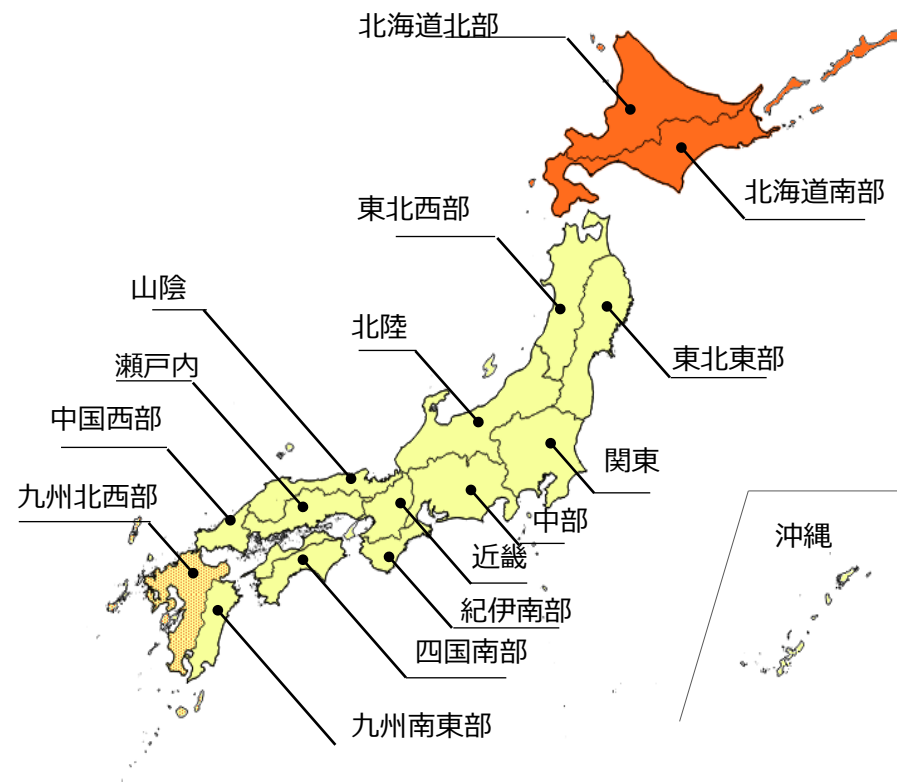
地域区分ごとの降雨量変化倍率（2℃上昇）の設定の考え方

2℃上昇	d4PDFからの換算値		d2PDFによる算定値		設定値	考え方
	平均値	6SST	平均値	6SST		
北海道北部	1.12	1.09~1.16	1.16	1.11~1.19	1.15	●試算結果は1.11~1.23の6 SSTの幅で平均値は1.16と、全国平均1.10と比べて高い傾向にあり、6 SSTの幅にも収まっていないため、両ブロックの平均的な値として1.15とした。
北海道南部	1.17	1.12~1.22	1.16	1.12~1.23	1.15	●これは、北海道地域は気温が低く、気候変動による気温上昇が大きいことから、飽和水蒸気量の増加率が高くなることが寄与していると考えられる。
東北西部	1.08	1.04~1.11	1.06	0.96~1.13	1.10	●2地域を除いた全国平均値1.09と比較すると、試算結果はやや低い傾向を示しているが、6 SSTの幅には収まっている。
東北東部	1.13	1.08~1.24	1.07	0.97~1.17	1.10	
関東	1.12	1.06~1.18	1.10	1.03~1.24	1.10	●2地域を除く全国平均値1.09と比較すると、各ブロックの試算結果はやや高い傾向を示しているが、6 SSTの幅には収まっている。
中部	1.12	1.05~1.23	1.09	1.00~1.19	1.10	
北陸	1.09	1.04~1.14	1.12	1.03~1.22	1.10	
紀伊南部	1.08	1.02~1.13	1.06	1.03~1.13	1.10	●2地域を除いた全国平均値1.09と比較すると、各ブロックの試算結果はやや低い傾向を示しているが、6 SSTの幅には収まっている。
山陰	1.03	1.00~1.07	1.03	0.94~1.13	1.10	
近畿	1.04	0.96~1.12	1.01	0.92~1.10	1.10	
瀬戸内	1.09	1.01~1.16	1.17	1.08~1.26	1.10	●2地域を除く全国平均値1.09と比較すると、試算結果はやや高い傾向を示しているが、6 SSTの幅には収まっている。
中国西部	1.05	1.01~1.11	1.06	0.98~1.19	1.10	●2地域を除いた全国平均値1.09と比較すると、試算結果はやや低い傾向を示しているが、6 SSTの幅には収まっている。
四国南部	1.13	1.04~1.22	1.17	1.09~1.30	1.10	●2地域を除いた全国平均値1.09と比較すると、各ブロックの試算結果はやや高い傾向を示しているが、6つのSSTの幅に収まっている。
九州北西部	1.12	1.09~1.15	1.13	1.02~1.19	1.10	●提案値が暫定値より低いのは、4℃上昇時に見られた九州北西部付近の海面水温が高くなる傾向が、2℃上昇時では明確には現れておらず、降雨量変化倍率も他地域並みであったためである。
九州南東部	1.06	1.02~1.10	1.15	1.06~1.22	1.10	

地域区分ごとの降雨量変化倍率

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

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



※ 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。

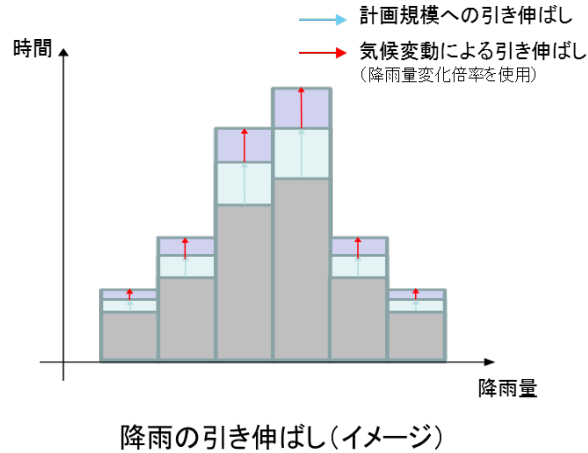
※ 降雨量変化倍率算定の基礎となったd2PDF・d4PDFにおいては、温室効果ガス濃度等の外部強制因子は、AR5*で用いられたRCP8.5シナリオの2040年時点、2090年時点の値を与えている。

* AR5 : Climate Change 2013: The Physical Science Basis

降雨量変化倍率の治水計画への反映

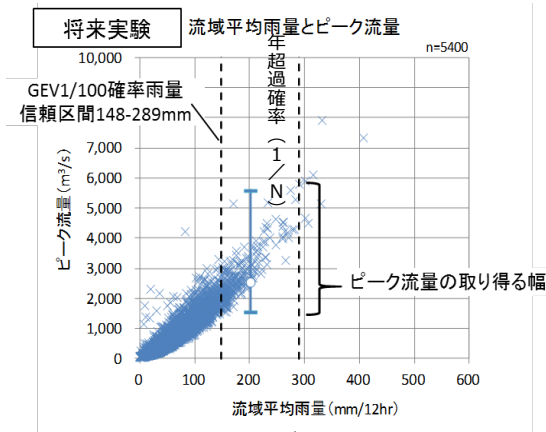
当面の手法①

過去降雨
(計画規模) × 気候変動倍率
【雨確率】



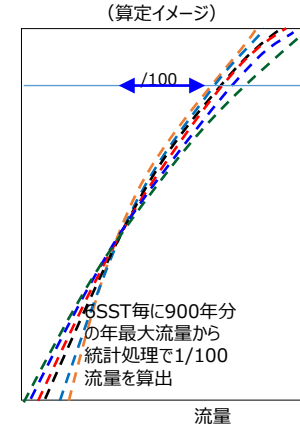
今後の手法②

将来予測降雨
(計画規模・中央値) (d4 P D F データ)
【降雨確率】



今後の手法③

将来予測降雨
(計画規模) (d4 P D F データ)
【流量確率】



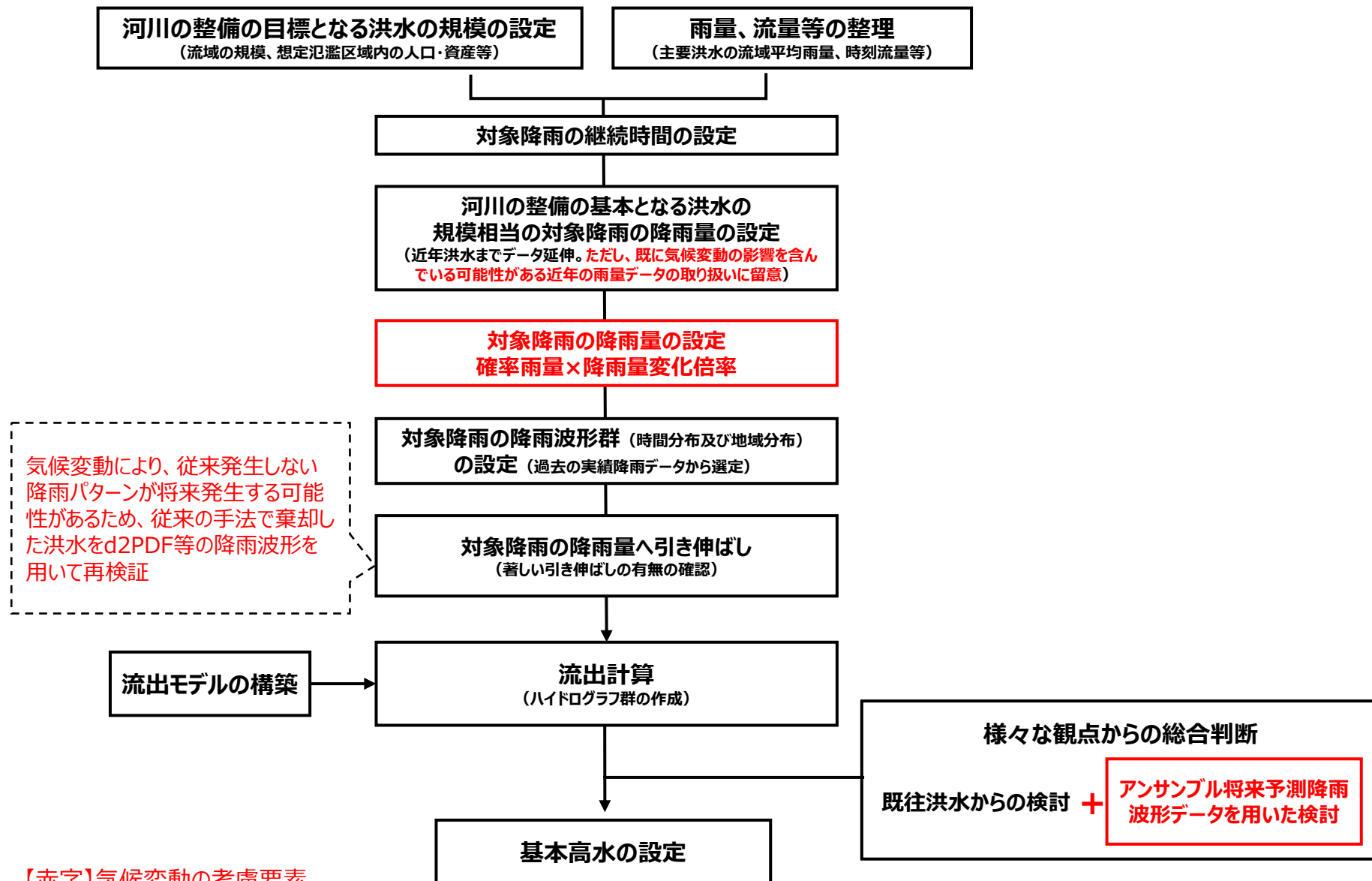
- 基本高水の設定にあたっては、過去の主要洪水時の降雨を計画の対象とする確率規模 (1/100, 1/200など) の降雨となるよう、降雨量の引き伸ばしを実施している
- 2℃上昇による降雨量増を踏まえ、計画の対象とする確率規模の降雨に降雨量変化倍率を乗じて降雨の引き伸ばしを実施、この降雨波形により流出計算を行い、河川の流量を算定、最大のものを基本高水として設定することとする

将来予測降雨データを用いた基本高水の設定方法として考えられる手法として、

- ・アンサンブル計算により算定された将来予測降雨データを確率処理し、計画の対象とする確率規模となる降雨により流出計算を行い算出した流量の中央値等で設定
- ・アンサンブル計算により算定された将来予測降雨データにより流出計算を行い、算出した流量を確率処理し、計画の対象とする確率規模となる流量を算定して設定

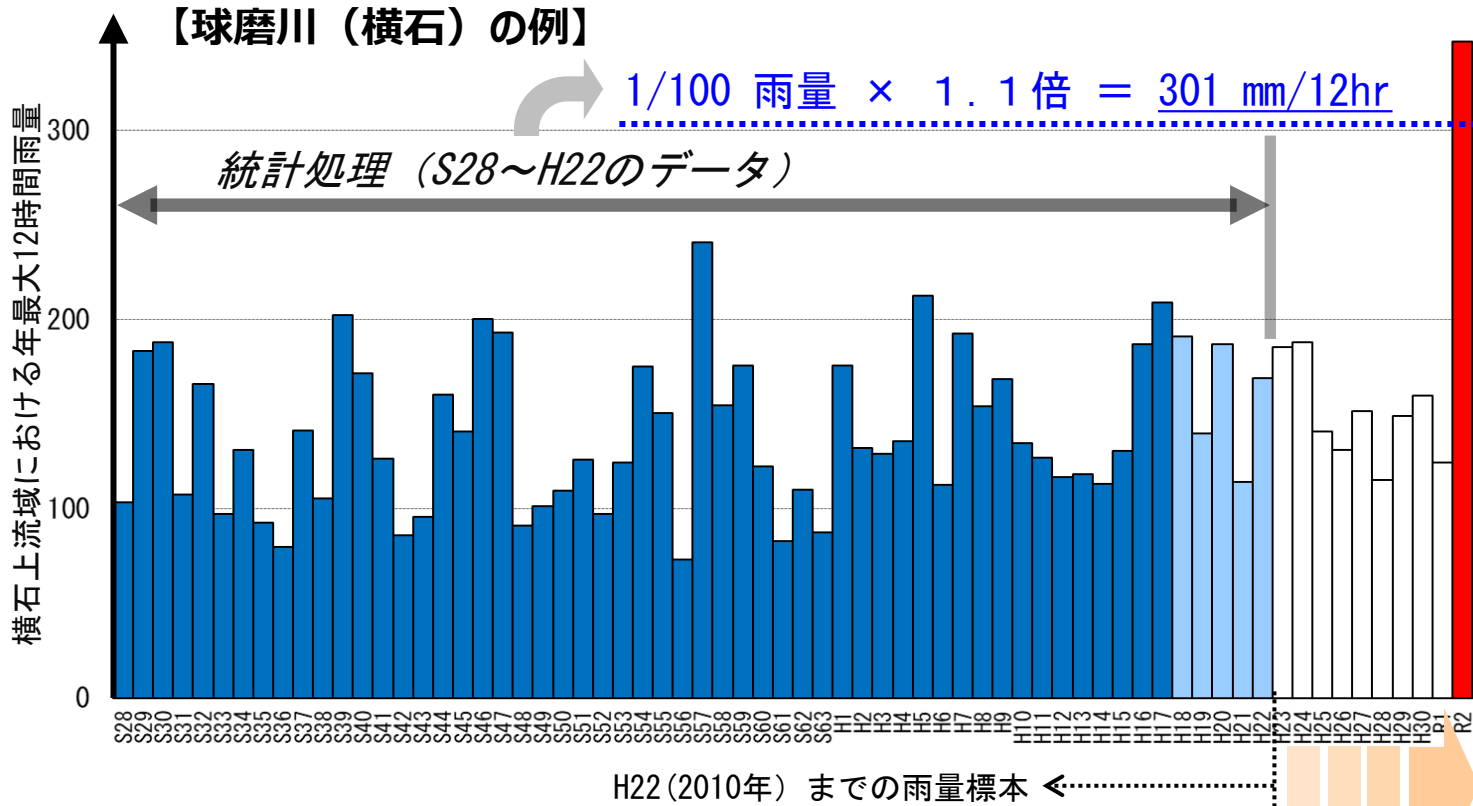
などが考えられるが、今後、予測降雨の技術の動向など把握しつつ、検討していく

基本高水の設定の流れ



計画対象降雨の降雨量の設定

計画対象降雨の降雨量は、実績降雨データから用いた水文統計確率により得られた確率雨量に降雨量変化倍率を乗じて算定



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。

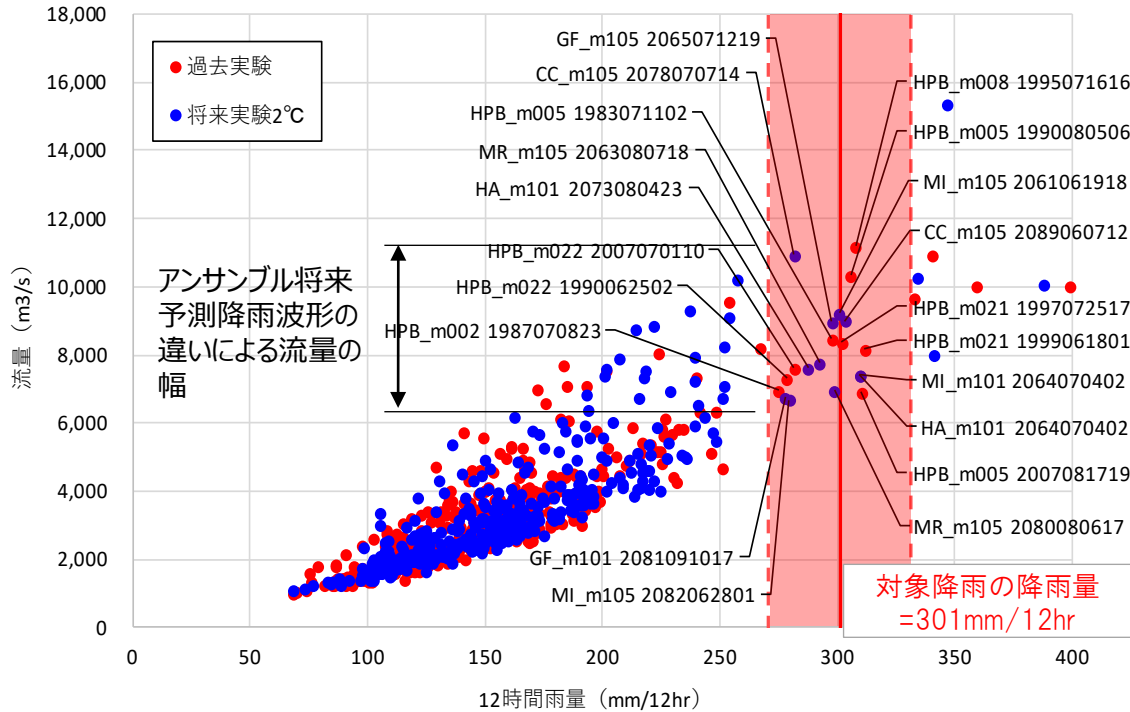
気候変動（地球温暖化）の影響が含まれている可能性があるため、統計処理には含めない。
 気象庁気象研究所の発表によれば、令和2年7月豪雨では、地球温暖化の進行に伴う長期的な大気中の水蒸気の増加により、降水量が増加した可能性があると及。

	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

アンサンブル予測降雨波形の抽出

アンサンブル将来予測降雨波形データを用いた検討（球磨川・横石地点の例）



■ 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	横石地点 12時間雨量 (mm)	気候変動後 1/100雨量 (mm)	拡大率	横石地点 ピーク流量 (m ³ /s)	
将来実験					
HFB_2K_CC_m105_2078070714	281.5	301	1.070	12,000	
HFB_2K_CC_m105_2089060712	303.2		0.993	9,000	
HFB_2K_GF_m101_2081091017	277.8		1.084	7,700	
HFB_2K_GF_m105_2065071219	297.7		1.011	9,200	
HFB_2K_HA_m101_2064070402	309.4		0.973	7,100	
HFB_2K_HA_m101_2073080423	287.5		1.047	7,700	
HFB_2K_MI_m101_2064070402	309.4		0.973	7,100	
HFB_2K_MI_m105_2061061918	300.7		1.001	9,300	
HFB_2K_MI_m105_2082062801	279.5		1.077	7,500	
HFB_2K_MR_m105_2063080718	292.4		1.030	8,200	
HFB_2K_MR_m105_2080080617	298.6		1.008	7,100	
過去実験					
HPB_m002_1987070823	275.0		301	1.095	7,900
HPB_m005_1983071102	297.6	1.012		8,600	
HPB_m005_1990080506	305.6	0.985		10,500	
HPB_m005_2007081719	310.1	0.971		6,700	
HPB_m008_1995071616	307.9	0.978		11,000	
HPB_m021_1997072517	302.0	0.997		8,400	
HPB_m021_1999061801	311.6	0.966		7,900	
HPB_m022_1990062502	278.5	1.081		8,200	
HPB_m022_2007070110	281.6	1.069		8,300	

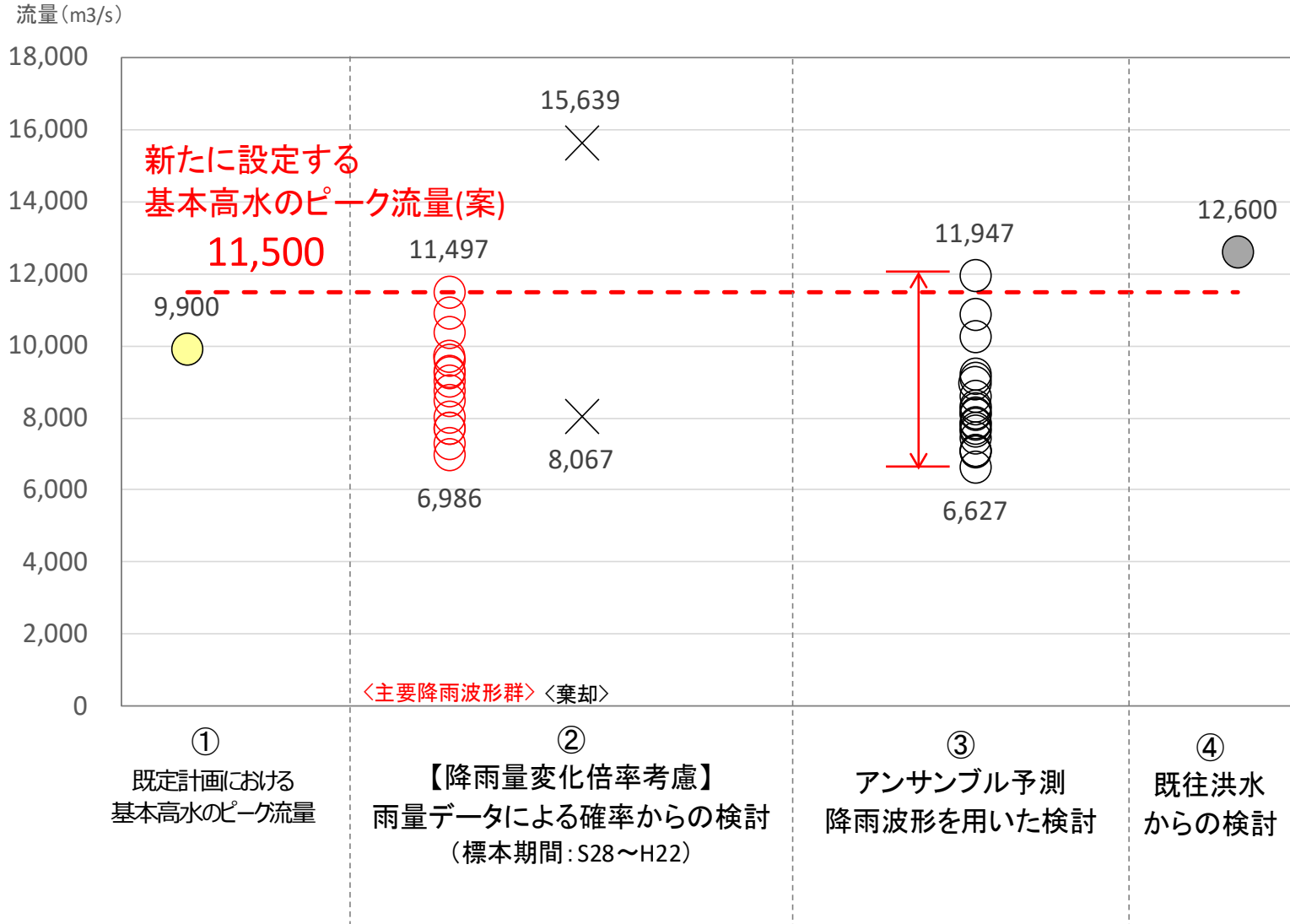
■ d2PDF(将来360年、現在360年)の年最大雨量標本（360年）を流出計算

■ 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、気候変動を考慮した1/100確率規模の12時間雨量（横石301mm）の降雨量近傍±10%の洪水を抽出

■ 抽出した洪水の降雨波形について、計画対象降雨（横石301mm）まで引き縮め/引き伸ばし、流出計算モデルにより流出量を算出し、その最大値、最小値の幅に、基本高水のピーク流量が収まっているか確認することで、基本高水のピーク流量の妥当性をチェック

基本高水の設定に係る総合的判断

<基本高水の設定に係る総合的判断：球磨川（横石）>

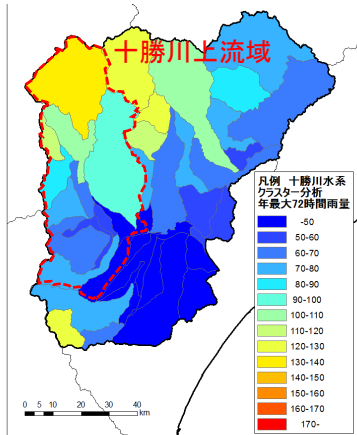


【凡例】

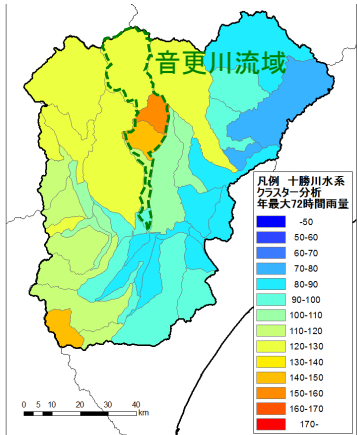
- ② 雨量データによる確率からの検討：
降雨量変化倍率（2℃上昇時の降雨量の変化 倍率1.1倍）を考慮した検討
×：短時間・小流域において著しい引き伸ばしとなっている洪水
- ③ アンサンブル予測降雨波形を用いた検討：
対象降雨の降雨量（301mm/12h）に近い20洪水を抽出
○：気候変動予測モデルによる現在気候（1980～2010年）及び将来気候（2℃上昇）のアンサンブル降雨波形

主要洪水群に不足する降雨パターンの確認

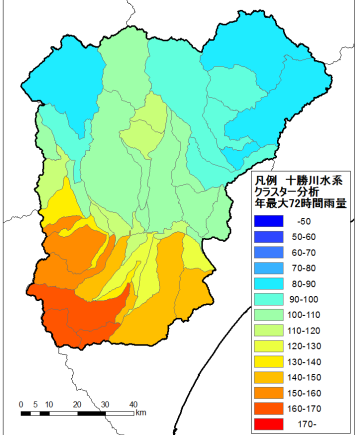
空間クラスター分析による主要洪水群に不足する地域分布の降雨パターンの確認（十勝川の例）



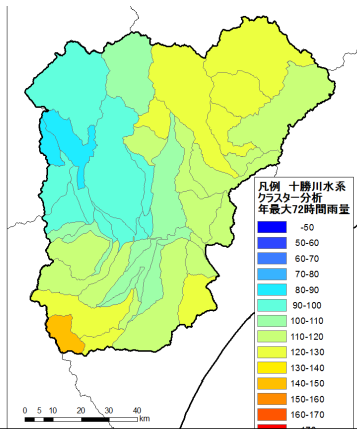
【クラスター1】
流域北西部の十勝ダム流域を中心に降雨量が多い



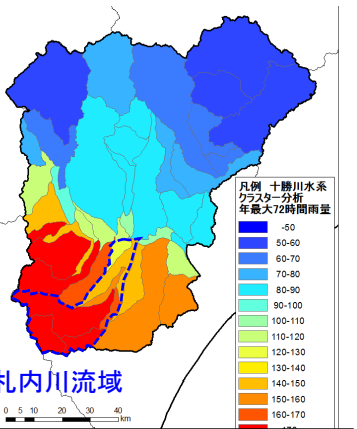
【クラスター2】
流域南西部と北部の糠平ダム流域及びその下流を中心に降雨量が多い



【クラスター3】
流域全体で降る中でも特に南西部で降雨量が多い



【クラスター4】
流域全体で概ね均一の降雨



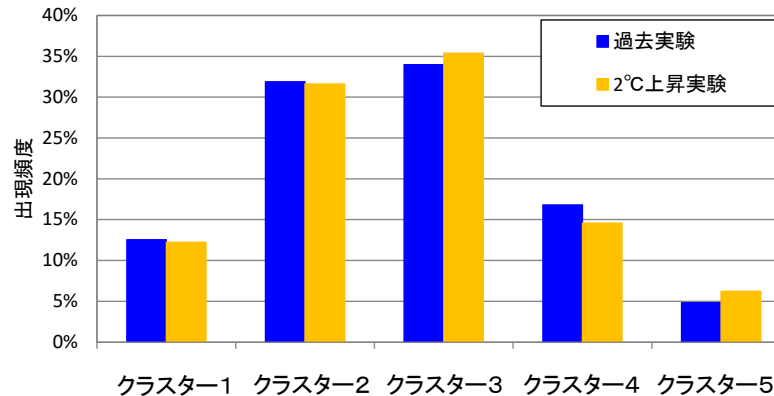
【クラスター5】
南西部、札内川流域に非常に強い降雨

洪水名	クラスター番号	茂岩地点	帯広地点
主要洪水群			
S36.7.27	1	-	○
S37.8.4	3	○	○
S47.9.18	3	×	●
S56.8.6	2	○	○
S63.11.25	3	×	-
H1.6.30	3	×	-
H10.8.29	4	●	-
H10.9.17	3	×	-
H13.9.12	4	×	○
H15.8.10	4	○	○
H18.8.19	1	-	○
H23.9.6	2	○	○
H28.8.18	1	×	-
H28.8.31	3	×	○

○：対象波形、●：参考波形
×：棄却波形、-：非選定

■ 茂岩地点対象波形（○）の4洪水についてクラスター分析を行った結果、**クラスター2、3、4に分類**。

■ 将来実験アンサンブル予測から、対象波形に含まれない**クラスター1、5に該当する2洪水**を計画降雨量近傍から抽出し、基本高水流量の検討に用いる。



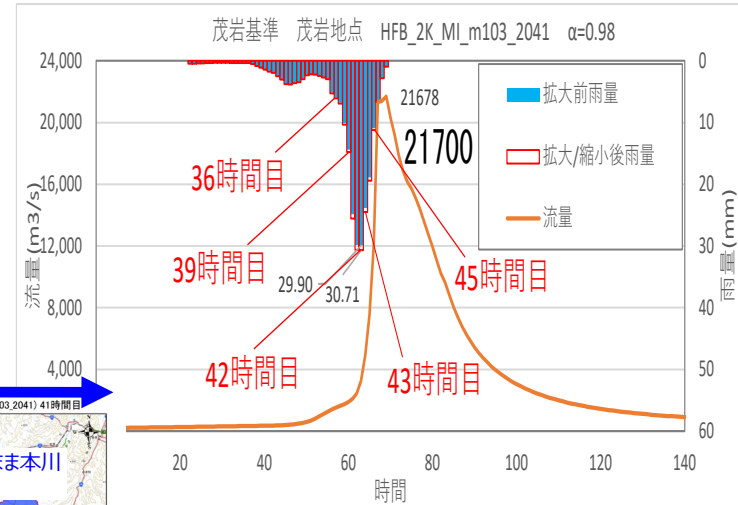
■ クラスター分析により主要洪水群に不足する降雨波形

【茂岩地点】

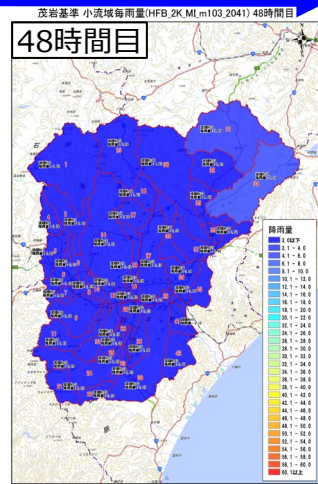
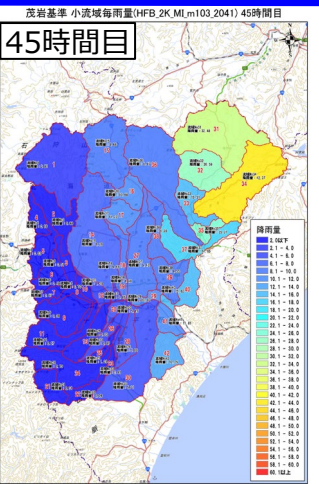
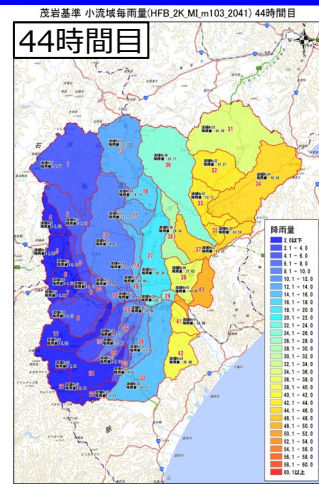
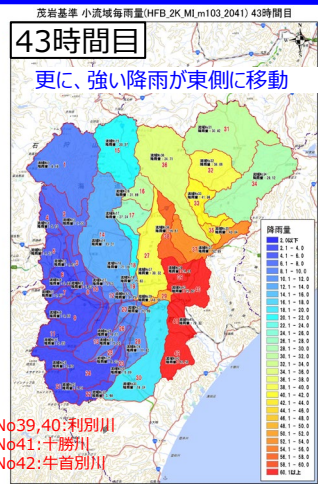
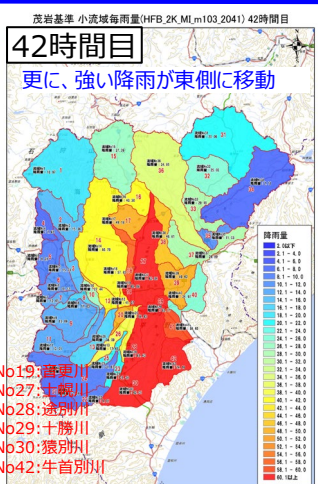
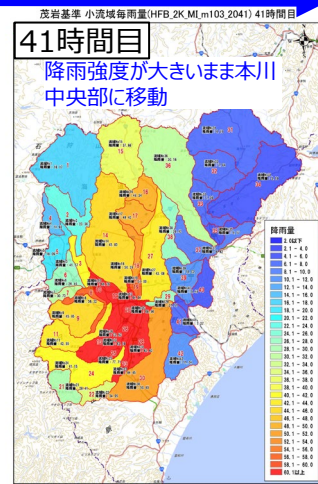
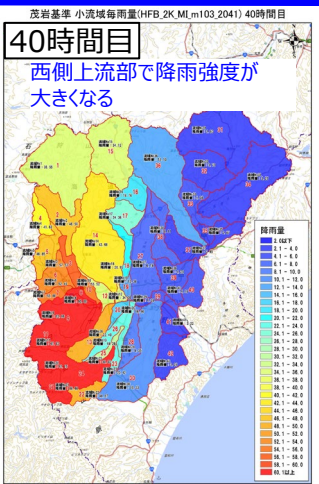
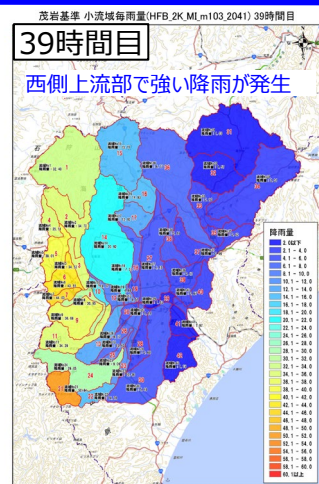
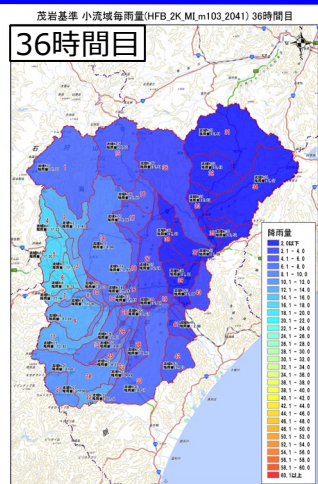
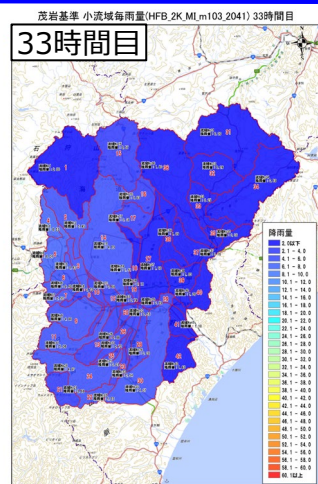
洪水名	クラスター	茂岩地点 48時間雨量 (mm)	計画降雨量 (mm)	拡大率	茂岩地点 ピーク流量 (m ³ /s)
HFB_2K_MI_m109	1	246.0	247	1.003	16,300
HFB_2K_CC_m106	5	262.6		0.939	12,500

アンサンブル予測降雨波形の地域分布、時間変化の分析

アンサンブル予測計算から抽出した結果のうち最大の流量となった降雨波形について、降雨強度の地域分布（流出計算の小流域ごとの平均値）の時間変化を分析。非常に強い雨域が上流域から下流域に移動し大きなピーク流量を発生させていることを確認。



降雨波形・ハイドログラフ（茂岩）



Nb19: 蓮見川
Nb27: 土鍋川
Nb28: 透別川
Nb29: 十勝川
Nb30: 猿別川
Nb42: 牛首別川

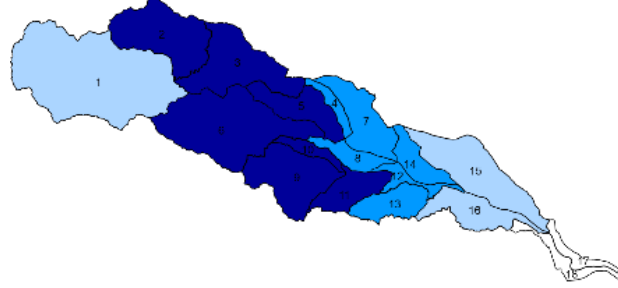
Nb39, 40: 利別川
Nb41: 十勝川
Nb42: 牛首別川

ピーク流量が発生する降雨パターンの分析（多摩川の例）

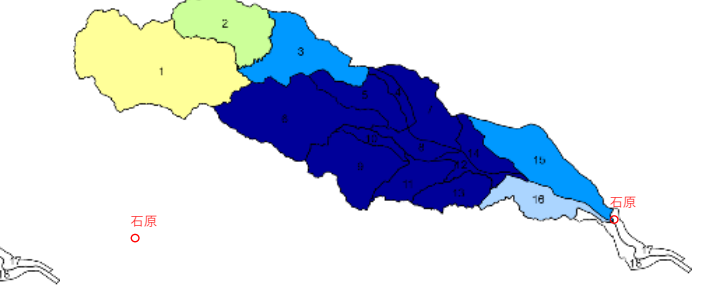
- 代表洪水及び計画対象降雨量付近から抽出したアンサンブル予測降雨波形の空間分布のクラスター分析の結果を確認。
- 代表洪水引き伸ばし、アンサンブル予測降雨波形ともに石原地点のピーク流量が基本高水のピーク流量 $10,100\text{m}^3/\text{s}$ を超える3洪水は全て上流域の降雨量が卓越するクラスター4に分類され、令和元年東日本台風（台風第19号・石原地点 $8,200\text{m}^3/\text{s}$ ）はクラスター1に分類。

洪水名	石原地点 24時間雨量 (mm)	拡大率	石原地点 ピーク流量(m^3/s)	クラスター 番号
S13.8洪水	313.3	1.534	10,100	4
S16.7洪水	283.0	1.698	8,500	3
S22.9洪水	373.2	1.287	7,000	4
S23.9洪水	275.3	1.745	9,600	4
S49.8洪水	295.6	1.625	8,700	4
H11.8洪水	303.7	1.582	8,000	1
H13.9洪水	236.7	2.030	6,500	1
R1.10洪水	467.3	1.028	8,200	1
将来実験				
2090.07.15	411.3	1.168	9,617	1
2073.09.03	489.6	0.981	9,558	1
2087.07.31	437.8	1.098	7,830	4
2090.07.18	407.6	1.179	10,322	4
2063.08.27	400.0	1.201	10,888	4
2072.09.08	418.0	1.149	9,433	1
過去実験				
1992.07.22	415.3	1.157	7,424	4
2008.09.10	411.1	1.169	6,742	1
2002.08.20	397.8	1.208	9,447	1
2008.08.30	526.3	0.913	6,635	1
追加洪水				
2001.08.01	323.4	1.486	8,257	2
1990.08.27	361.7	1.328	5,294	2

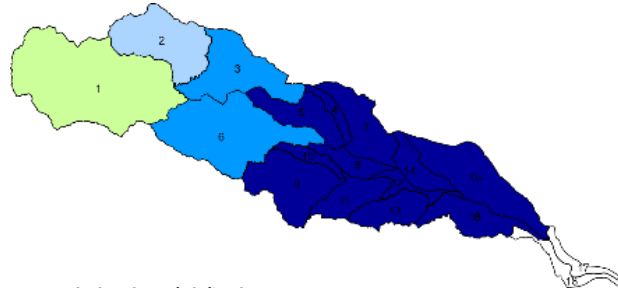
クラスター1



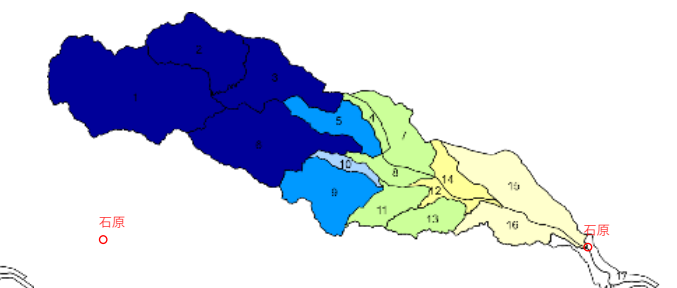
クラスター2



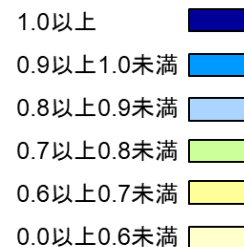
クラスター3



クラスター4



寄与率(流域別)



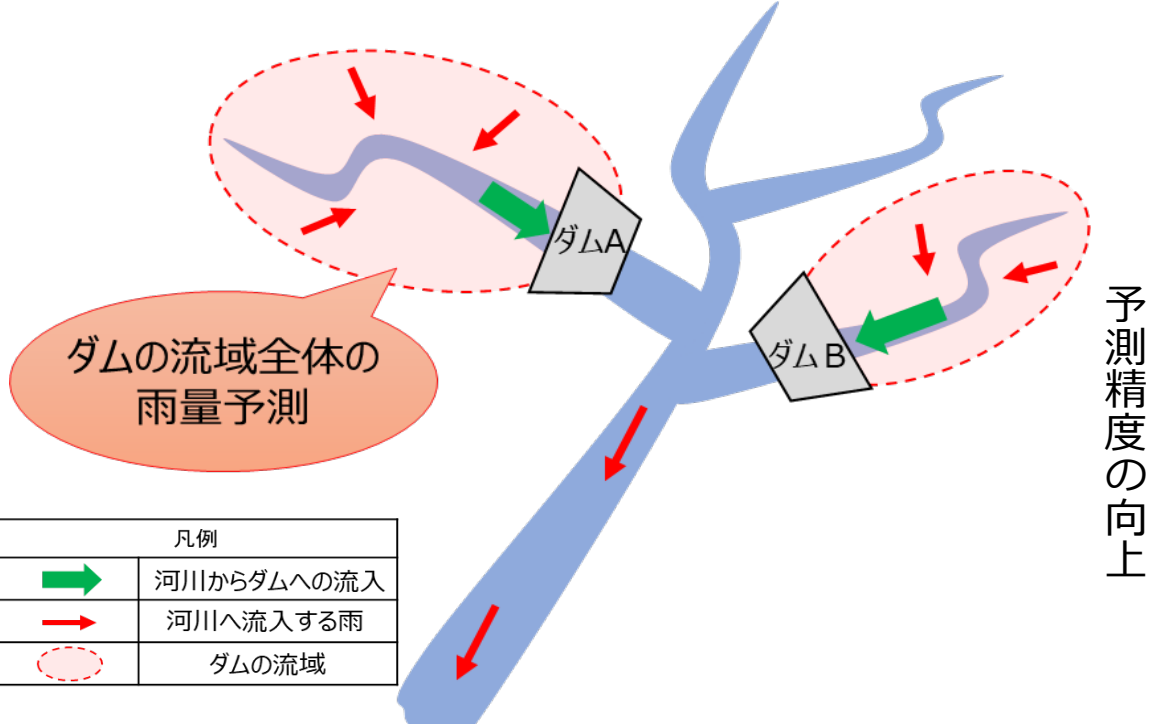
*寄与率=小流域24時間雨量/石原24時間雨量

雨量・流入量の予測を最大限活用したダム運用の柔軟化

雨量・流入量予測技術の開発（気象庁と連携）

雨量予測技術の開発

○流域に着目した雨量予測をダム運用の高度化に活用。



ダムの流域全体の雨量予測

凡例	
	河川からダムへの流入
	河川へ流入する雨
	ダムの流域

ダム流入量予測技術等の開発（AIの活用）

- 雨量予測の精度向上の取組と併せて、ダムの操作に必要な流入量を雨量予測結果からAIを活用して予測する取組を実施。
- 加えて、令和7年度までに、AIを活用し、ダム操作を効果的かつ確実に行うための操作支援ツールを開発する。

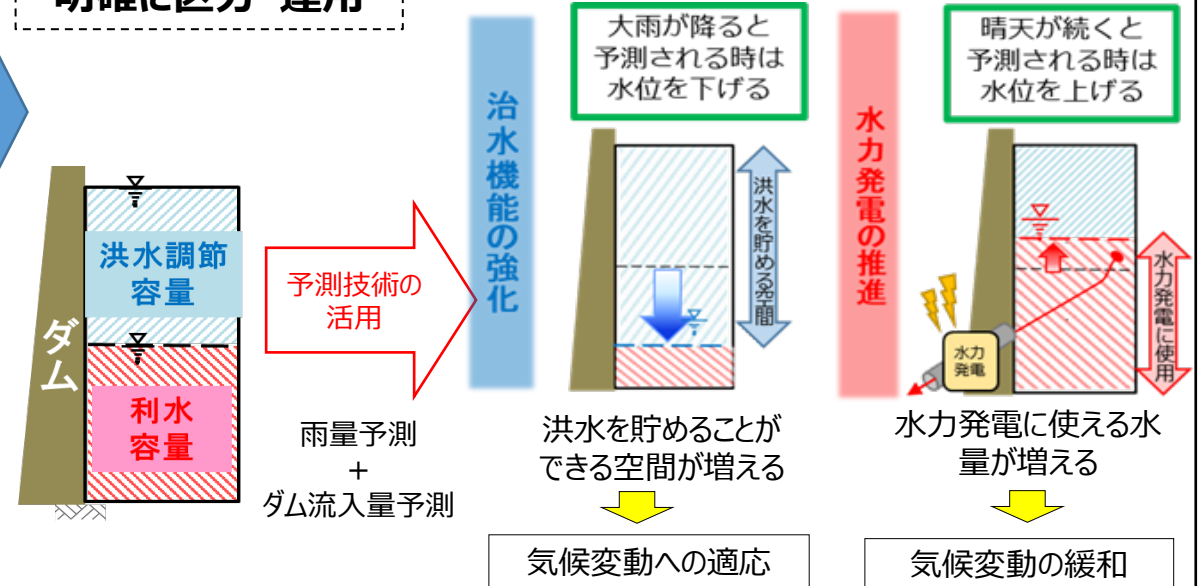
ダム運用の高度化によるハイブリッドダムの取組

- 高精度の雨量・ダム流入量の予測を基にしたダム運用の高度化により、治水機能の強化と水力発電の促進を両立させるハイブリッドダムの取組を推進。

ダム運用高度化のイメージ

治水・利水容量を明確に区分・運用

予測を活用した柔軟な運用



今後の展開について

- 気候変動の影響を考慮した河川整備基本方針の見直しを行ったのは、1級水系109のうち、5水系（新宮川、五ヶ瀬川、球磨川、十勝川、阿武隈川）。他の水系についても早期に見直しを進めていく。（現在、多摩川と関川を審議中）
- 気候変動の影響の踏まえた治水計画の策定手法については、最新の技術・研究の動向も踏まえながら、さらに改良できないか検討を継続していく。