

気候変動を踏まえた 新たな河川整備基本方針の策定

※ 本資料は「気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会」資料から再構成したもの

気候変動を踏まえた計画へ見直し

治水計画を、「過去の降雨実績に基づく計画」から
「気候変動による降雨量の増加などを考慮した計画」に見直し

これまで

洪水、内水氾濫、土砂災害、高潮・高波等を防御する計画は、
これまで、過去の降雨、潮位などに基づいて作成してきた。

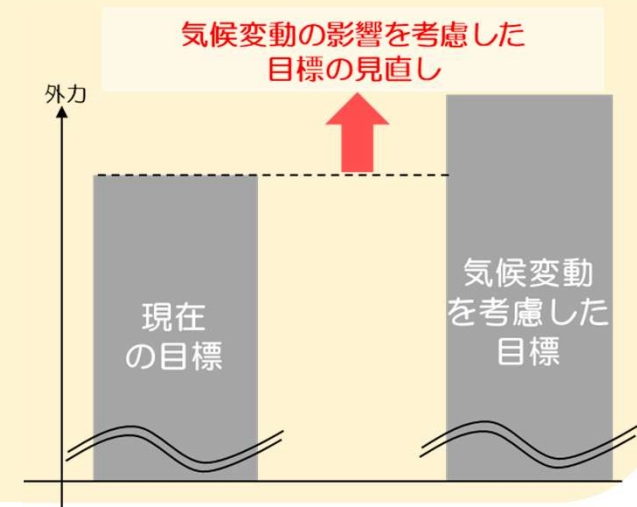
しかし、
気候変動の影響による降雨量の増大、海面水位の上昇などを考慮すると
現在の計画の整備完了時点では、実質的な安全度が確保できないおそれ

今後は

気候変動による降雨量の増加※、潮位の上昇などを考慮したものに計画を見直し

気候変動シナリオ	降雨量	流量	洪水発生頻度
2℃上昇相当	約1.1倍	約1.2倍	約2倍

※ 世界の平均気温の上昇を2度に抑えるシナリオ（パリ協定が目標としているもの）



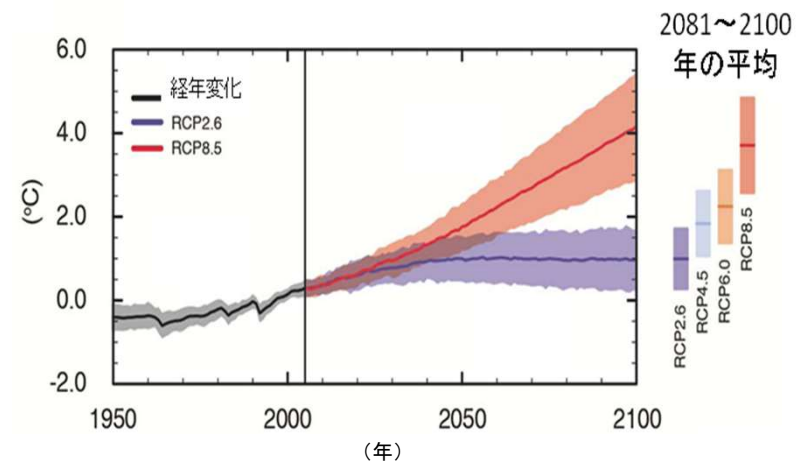
治水計画の外力の基準とするシナリオ

- IPCC第5次評価報告書では、温室効果ガス濃度の推移の違いによる4つのRCPシナリオ、具体的にはパリ協定における将来の気温上昇を 2°C 以下に抑えるという目標に相当する排出量の最も低いRCP2.6や最大排出量に相当するRCP8.5等が用意されている。
- 治水計画に反映させる外力の基準は、 2°C 上昇時における平均的な外力の値を基本とする。なお、 4°C 上昇時等は、治水計画における整備メニューの点検や減災対策を行うためのリスク評価、将来の改造を考慮した施設設計の工夫等の参考として活用するものとする。

< RCPシナリオの概要 >

略称	シナリオ (予測) のタイプ
 RCP 2.6	低位安定化シナリオ (世紀末の放射強制力 2.6W/m^2) 将来の気温上昇を 2°C 以下に抑えるという目標のもとに開発された排出量の最も低いシナリオ
 RCP 4.5	中位安定化シナリオ (世紀末の放射強制力 4.5W/m^2)
 RCP 6.0	高位安定化シナリオ (世紀末の放射強制力 6.0W/m^2)
 RCP 8.5	高位参照シナリオ (世紀末の放射強制力 8.5W/m^2) 2100 年における温室効果ガス排出量の最大排出量に相当するシナリオ

< 世界平均地上気温変化 >



※RCPシナリオ: 代表濃度経路シナリオ (Representative Concentration Pathways)

※放射強制力: 何らかの要因(例えば CO_2 濃度の変化、エアロゾル濃度の変化、雲分布の変化等)により地球気候系に変化が起こったときに、その要因が引き起こす放射エネルギーの収支(放射収支)の変化量(Wm^{-2})。正のときに温暖化の傾向となる。

※出典: JCCCA, IPCC第5次評価報告書特設ページ, 2014, <http://www.jccca.org/ipcc/ar5/rcp.html>

文部科学省・経済産業省・気象庁・環境省, IPCC第5次評価報告書 第1次作業部会報告書(自然科学的根拠)の公表について, 2015.3,

<http://www.env.go.jp/press/files/jp/23096.pdf>

気象庁・環境省, 日本国内における気象変動予測の不確実性を考慮した結果について(お知らせ), 2014.12,

<https://www.env.go.jp/press/19034.html>

d2PDF(20km)の特徴

【d2PDFの特徴】

○気象研究所全球大気モデルMRI-AGCMを用いた全球モデル実験と日本域をカバーする気象研究所領域気候モデルNHRCMを用いた領域モデル実験で構成されている。

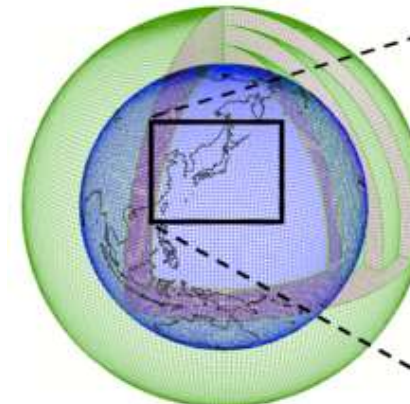
○領域モデル実験は、全球モデル実験の結果を用いて、水平格子間隔20kmにダウンスケーリングを行ったものである。

○産業革命(1850年)以前に比べて全球平均温度が2℃上昇した世界をシミュレーションした将来気候のデータと観測された海面水温等のデータを与えた現在気候のデータが存在する。

全球モデル実験

AGCM

(水平解像度約60km)

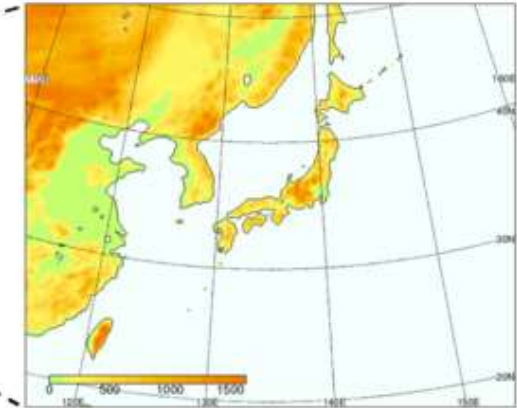


(画像:気象庁提供)

領域モデル実験

NHRCM

(水平格子間隔20km)



※「地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース」HPより抜粋

将来気候:3240パターン

60年間の
時間変動



6種類の海面水温の
将来変化パターン



観測不確実性を
表す9摂動

※CMIP5のRCP8.5実験に基づいている

現在気候:3000パターン

60年間の
時間変動



観測不確実性を
表す50摂動

※摂動の与え方について

○海面水温の年々変動の標準偏差の30%を摂動として与え、海面水温の摂動に整合するように、他の入力データを調節して計算を行っている。

○現在気候では50種類、将来気候では6種類の海面水温の将来変化パターンそれぞれについて9種類の摂動を与えている。

d2PDFの計算条件(海面水温パターンと摂動)

- 過去実験では、観測されたSST(海面水温)パターンに50の摂動を与えることにより、アンサンブル計算を実施。
- 将来実験では、6つのSST(海面水温)パターン及び15の摂動によりアンサンブル計算を実施。

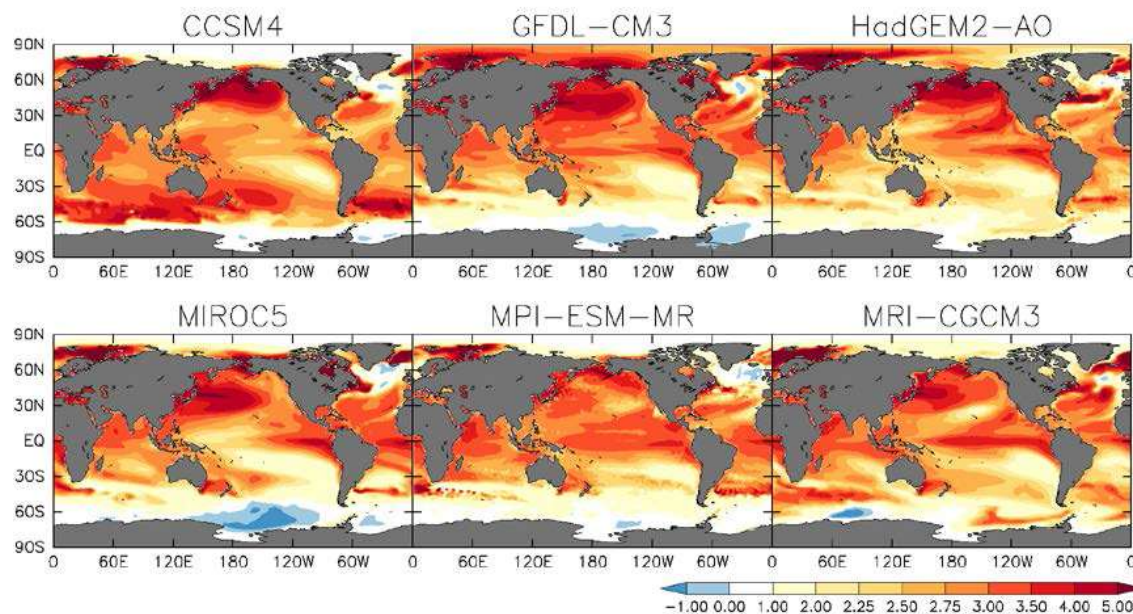
◆ 将来実験において使用しているSSTパターン

CMIP5	実験各略称	機関名
CCSM4	CC	米国 大気科学研究所
GFDL-CM3	GF	米国 地球物理流体学研究所
HadGEM2-AO	HA	英国 気象庁ハドレーセンター
MIROC5	MI	日本 海洋研究開発機構
MPI-ESM-MR	MP	独 マックスプランク研究所
MRI-CGCM3	MR	日本 気象庁気象研究所

◆ 摂動の作成について

- 過去実験において、海面水温解析の推定誤差と同等の振幅を持つ海面水温摂動※を作成した。
- 過去実験では、全球モデル(60kmメッシュ)において作成した海面水温摂動100個のうち、日本域モデル(20kmメッシュ)では50個を使用
- 将来実験には、その中から任意に選んだ15個を使用した。

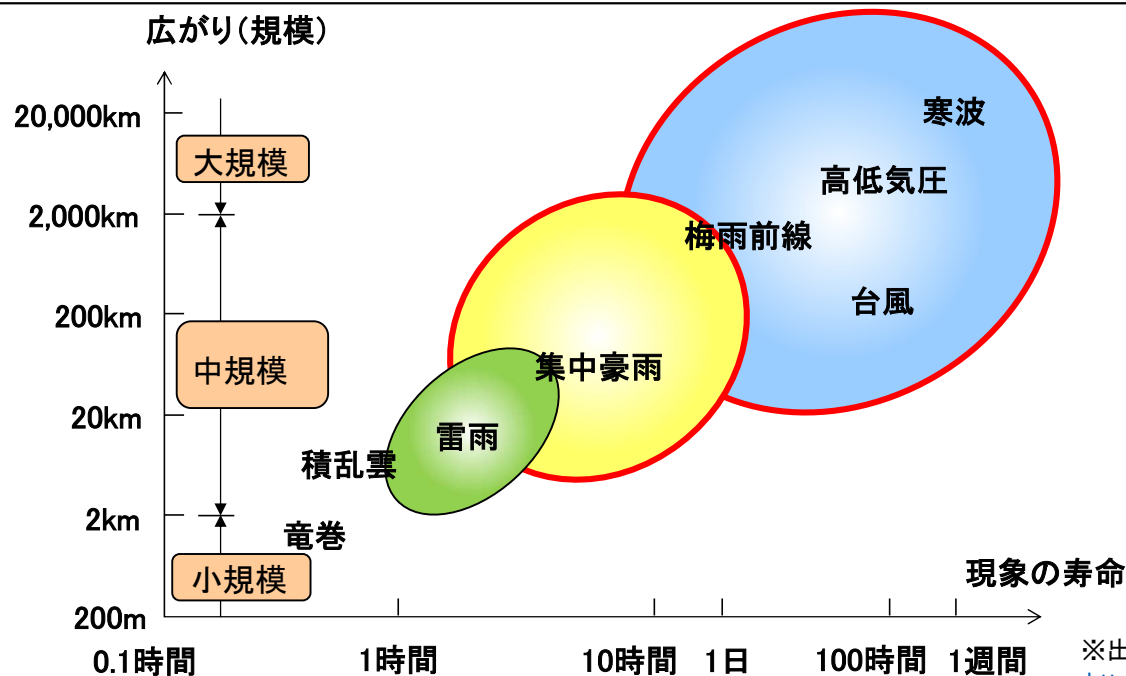
⇐使用したCMIP5結合モデル毎の、与えた海面水温変化パターン[K]。すべての月、すべての年、すべてのメンバーを平均したもの。



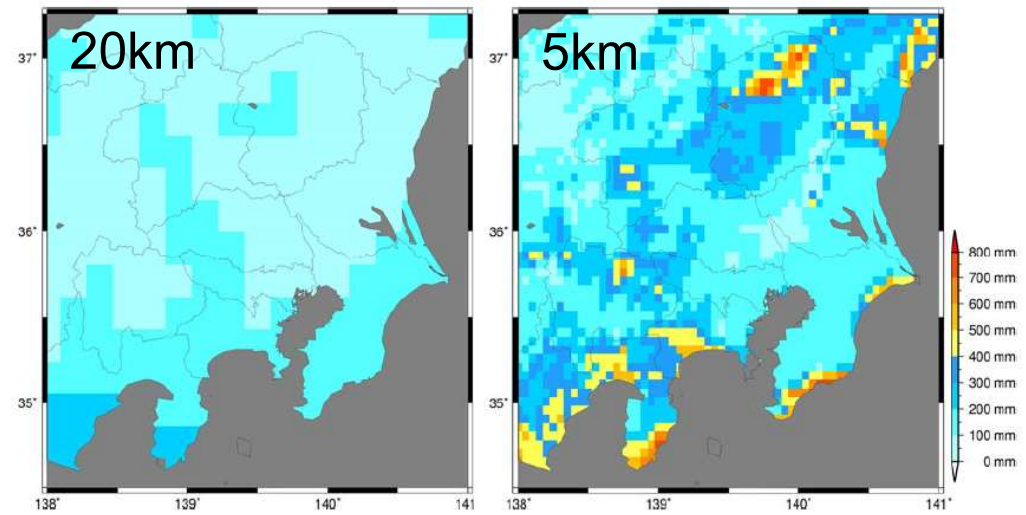
※出典: 地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベースd4PDF, <http://www.miroc-gcm.jp/~pub/d4PDF/index.html>
文部科学省ほか, d4PDF利用の手引き, 2015.12, <http://www.miroc-gcm.jp/~pub/d4PDF/design.html>

数値予測モデルの格子間隔による再現性の違い

- 日本において災害をもたらす、前線や台風、集中豪雨の規模にはその広がりや現象の寿命が異なる。
- 予測モデルによって評価できる現象が異なることから、予測モデルの活用範囲を考慮することが必要。
- 治水計画で対象とする台風や前線性の降雨、集中豪雨を評価するために、5kmの領域解像度を示すモデルを活用する。



○ 解像度20kmと5kmの違い



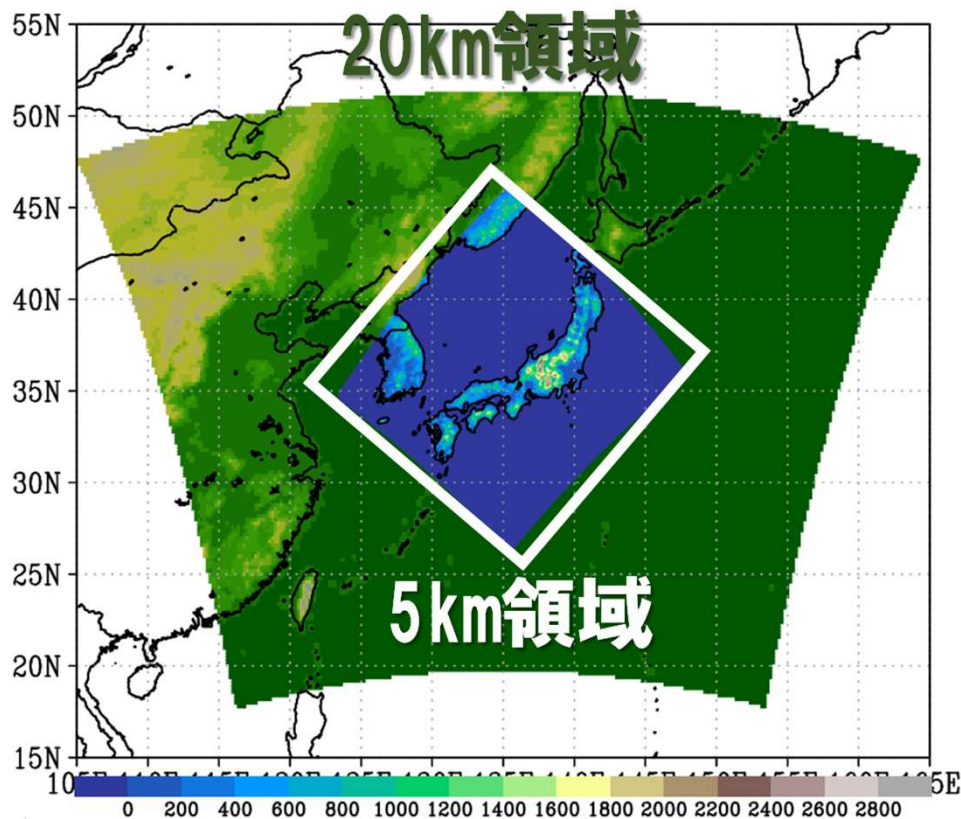
※出典: 気象庁, 数値予報モデルの種類,
<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/know/whitep/1-3-4.html>

領域解像度	2km	5km	20km
領域モデル	NHRCM02	NHRCM05	NHRCM20
再現性の高い 降雨時間	時間降水量～	時間降水量～	日降水量
再現性の高い 気象現象	局地的な降雨 集中豪雨 前線性の降雨 台風規模の降雨	集中豪雨 前線性の降雨 台風規模の降雨	台風規模の降雨

d2PDF (5km,SI-CAT) の特徴

- SI-CATにおいて、d2PDF (20km)を解像度5kmへ力学的ダウンスケーリング。
- ダウンスケーリングを行うことで、地域スケールの気候変動による影響を評価することが可能。

■ 解像度20kmを5kmへダウンスケーリング



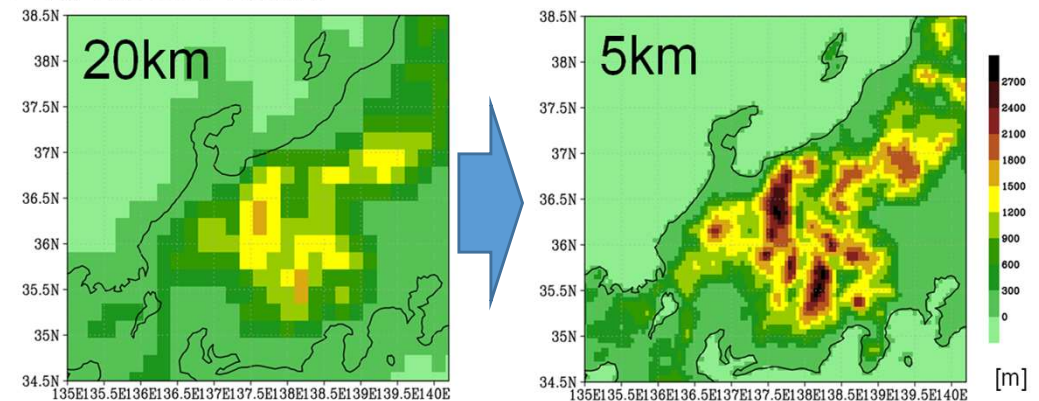
出典: 佐々井崇博(東北大学), 「SI-CATプロジェクトにおける力学DSデータセットの構築」をもとに作成

■ ダウンスケーリングの条件

モデル	非静力学地域気候モデル(JMA-NHRCM)
水平格子間隔	5km
初期値・側面境界値	d4PDF20kmRCM (2°C昇温実験)
初期時刻	7月24日～翌年8月30日
過去実験年数	372年分(31年×12パターン)
将来実験年数	372年分(31年×6SST×2摂動)

※今回の解析で使用的是、過去実験・将来実験ともに360年分

■ 地形の再現性



降雨特性の類似する地域分類

- 気候変動による影響を検討するにあたり、気候変動予測モデルの再現精度に限界があるため、計算結果をそのまま活用するのではなく、そのバイアスを打ち消すため現在気候と将来気候の計算結果の比較により、影響分析を行うことを基本として検討を行った。
- また、降雨量のデータ数を増加させることでその信頼度を高めることなどを目的として、降雨特性が類似している地域区分ごとに検討を行った。これにより、二級水系や支川の小流域においても適用が可能となる。
- 以上を踏まえ、降雨量の変化を検討するにあたり、地域区分ごとに現在気候と将来気候との降雨量の比(降雨量変化倍率)を算出し、過去の実績降雨から統計処理により算出した確率雨量に乗ずることによって気候変動を考慮した計画対象降雨の降雨量とすることを基本とする。

- ・平成27年水防法改正時に検討した想定最大規模降雨に用いる地域区分を採用
- ・日本の降雨特性の類似性から区分した15地域区分に分割



降雨量変化倍率

○地域区分単位でSST(海面水温の将来変化)パターン毎に降雨量変化倍率を算出し、その6SSTパターンの幅や平均値を求め、その全国的な分布状況から、全国の平均的な降雨量変化倍率を設定することとした。

○ただし、SSTパターンによる降雨量変化倍率の幅が明らかに全国的な傾向とは異なる地域区分については、そのメカニズムの解明や理解を平行して進めた上で、別途、値を設定した。

＜第7回 気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会 資料より＞

		降雨継続時間		
		12時間以上	3時間以上12時間未満	3時間未満
4℃上昇 (RCP8.5)		1.3	1.4	—
	北海道、九州北西部	1.4	1.5	—
	その他の地域(沖縄含む)	1.2	1.3	—
2℃上昇 (RCP2.6)		1.1		
	北海道	1.15		
	その他の地域(沖縄含む)	1.1		

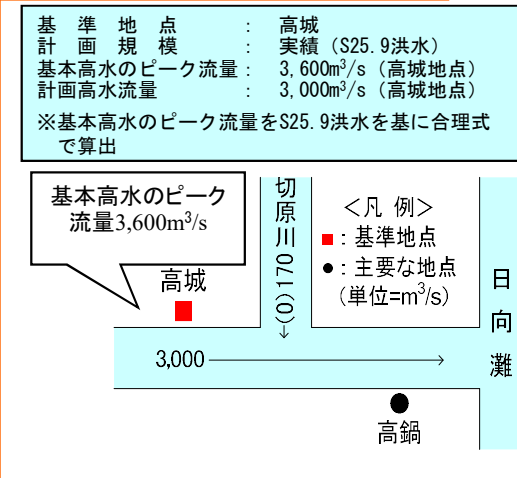
治水計画に
反映する値

※流域面積100km²以下の場合、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
 ※4℃上昇相当の降雨量変化倍率は、21世紀末時点の将来気候であり、2℃上昇相当の降雨量変化倍率については、RCP2.6の将来気候に近いRCP8.5の2℃上昇時点(2040年)の将来気候である
 ※年超過確率1/200以上の規模の計画へ適用

基本高水のピーク流量の検討(従来手法) 小丸川水系

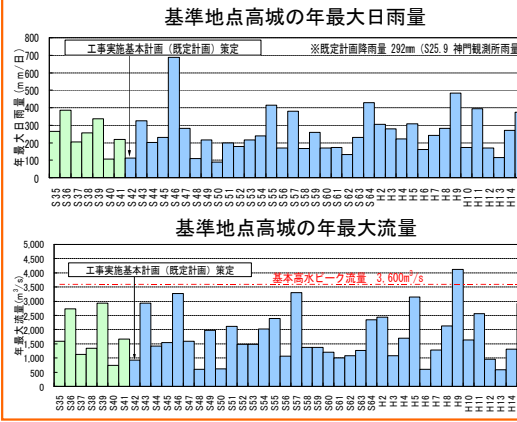
- 工事実施基本計画策定以降、既定計画の基本高水のピーク流量を超過する洪水が頻発。このため、既定計画を見直すこととし、全国バランス等を考慮しつつ、流域内の人口・資産等を踏まえ、計画規模を1/100とする。
- 流量データによる確率からの検討、時間雨量データによる確率からの検討、既往洪水による検討、1/100確率規模モデル降雨波形による検討等を総合的に判断して、基本高水のピーク流量を高城地点において5,700m³/sとする。

工事実施基本計画 (S42) の概要

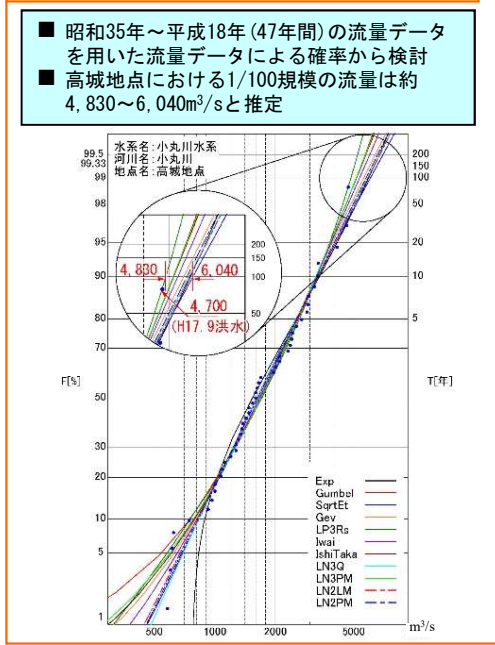


年最大日雨量及び年最大流量の経年変化

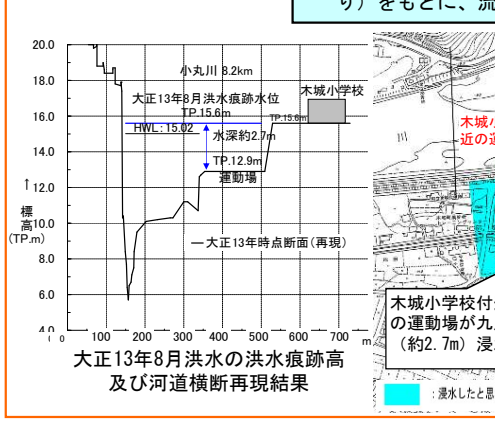
- 既定計画策定以降、既定計画の基本高水のピーク流量を超過する洪水が平成9年、16年、17年と頻発。
- 既定計画を見直すこととし、全国バランス等を考慮しつつ、流域内の人口・資産等を踏まえ、計画規模を1/100とする



流量データによる確率からの検討



既往洪水による検討



時間雨量データによる確率からの検討

- ① 降雨継続時間の設定
洪水の到達時間や洪水のピーク流量と短時間雨量との相関関係などから降雨継続時間を9時間と設定
- ② 降雨量の設定
9時間雨量 : 昭和35年から平成18年 (47ヶ年) を統計処理し、一般的に用いられている確率分布モデルで適合度の良いものの平均値447mmを採用
- ③ 基本高水ピーク流量の算出
主要な実績降雨群を1/100確率の降雨量まで引き伸ばし、貯留関数法により洪水のピーク流量を算出

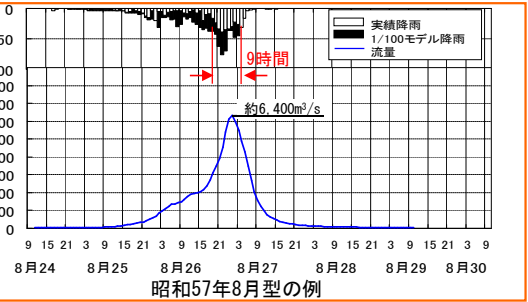
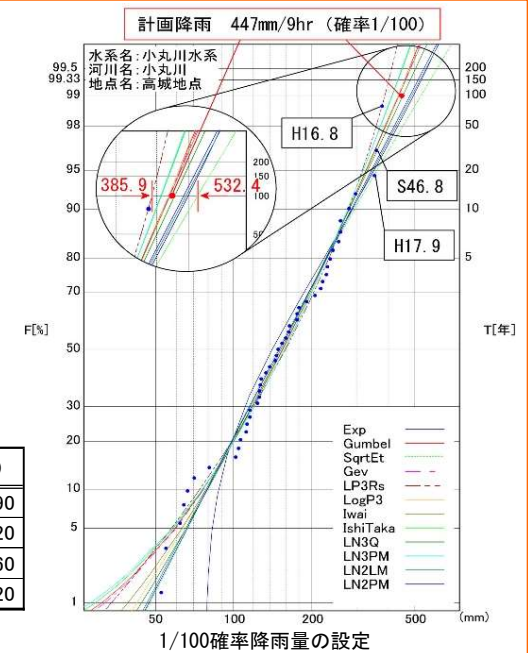
- 9時間雨量を1/100確率の降雨量まで引き伸ばし、流出計算を行った結果、基準地点高城における流量は約5,100～約6,500m³/s

流出計算結果

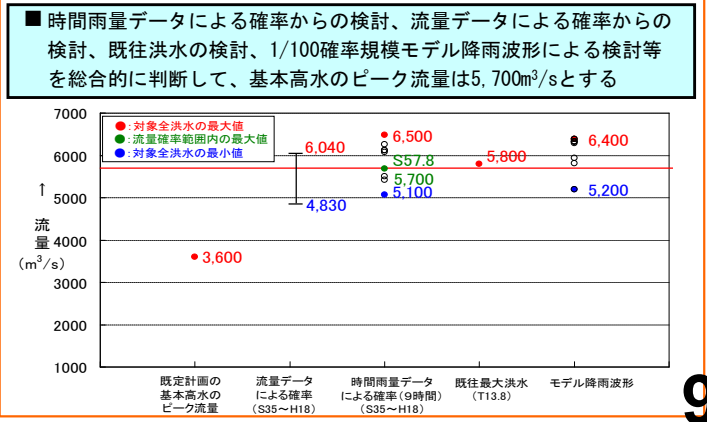
洪水名	計算流量 (m ³ /s)	洪水名	計算流量 (m ³ /s)
S43.9	5,600	H15.8	6,090
S46.8.2	5,510	H16.8	5,420
S46.8.27	5,070	H16.10	6,260
S57.8.24	5,690	H17.9	6,120
H9.9	6,480		

1/100確率規模モデル降雨波形による検討

- 1/100規模モデル降雨波形による流量を計算した結果、高城地点流量は約5,200～約6,400m³/sと推定
(1～33時間の全ての降雨継続時間において1/100年の降雨となるよう降雨波形を作成し流出計算を実施)



基本高水のピーク流量の設定



今後の気候変動を踏まえた治水計画の方向性と当面の対応(案)

- 気候変動を踏まえた治水計画を作成するため、実績降雨データに加え気候変動予測モデルによるデータを活用。一方、予測モデルによる計算結果には現象の再現性に課題があるため、計算結果を直接計画に全国レベルで活用することは困難。
- このため、当面の対応として、①降雨量には、実績降雨データから得られた計画対象降雨の降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)を乗じることを基本とし、さらに、②過去の実績降雨のみでは降雨パターンが限定的である可能性への対応として、アンサンブル予測降雨データの降雨波形(降雨量そのものではなく時空間分布)の活用していくことが考えられる。
- 引き続き、様々な影響分析と気候変動予測モデルの精度等に関する技術の進展状況を踏まえ、関係機関と連携し、治水計画への反映手法の改善を図る。

現 況

降雨:

- 雨量観測所、レーダ雨量(過去)

計画対象降雨:

- 降雨継続時間、年最大降雨量
- 降雨量(計画規模)

【例. ○○mm/24時間(1/100)】

基本高水の設定手順:

- 主要洪水(災害発生、流量大)を10数洪水程度抽出
- 計画対象降雨の降雨量に引き伸ばし(時間分布、空間分布による棄却)
- 引き伸ばした10数洪水を対象に下記の検討から総合的に判断して基本高水を決定
 - ・流量データによる検討
 - ・既往洪水による検討
 - ・モデル降雨波形による検討

当面の対応(案)

【基本的な考え方】

- 気候変動予測モデルによるアンサンブル予測降雨データ等(d2PDF等)、最新の知見を最大限活用していく。
- 今後の気候変動の進行状況、予測モデルによる予測値の幅がある状況下において、計画を検討していくこととなるため、柔軟な対応が必要

【計画対象降雨の降雨量】

計画対象降雨の降雨量に
地域区分毎の降雨量変化倍率を適用

【アンサンブル予測降雨データの降雨波形の活用】

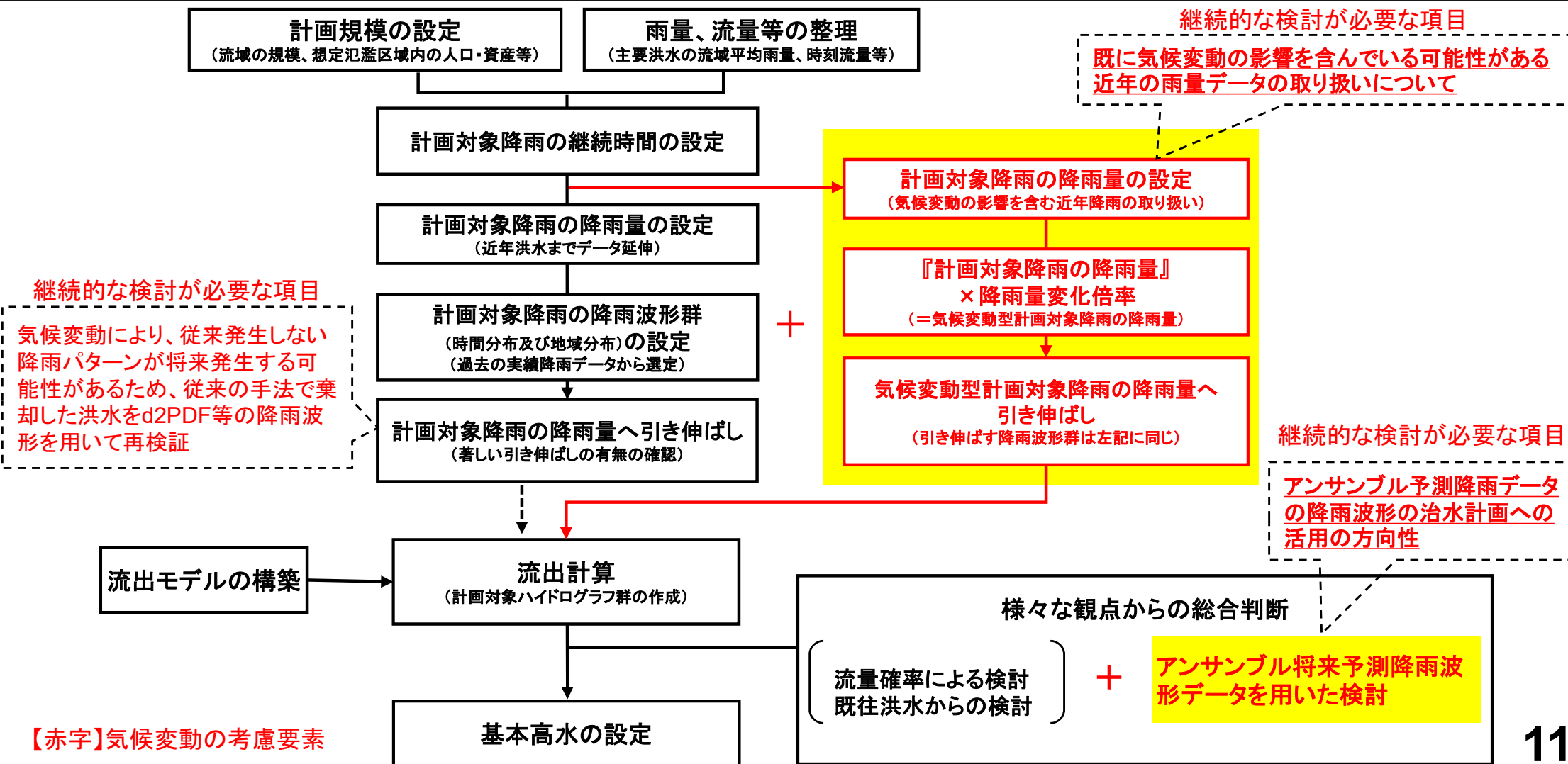
- ・基本高水等の計画に用いるハイドログラフ群の妥当性確認
- ・計画対象降雨の降雨波形にない様々な洪水への備えとしての減災対策などの目標 など

検討事項(継続)

- 科学技術の進展、将来気候の予測技術の向上、データの充実等を踏まえ、治水計画の立案手法の改善を図る
 - 様々なRCPシナリオに関する研究
 - 新たな気候変動予測技術の開発
 - 防災・減災対策手法の進展に伴う治水計画の立案手法の改善

(気候変動対応) 基本高水の設定の流れ(案)

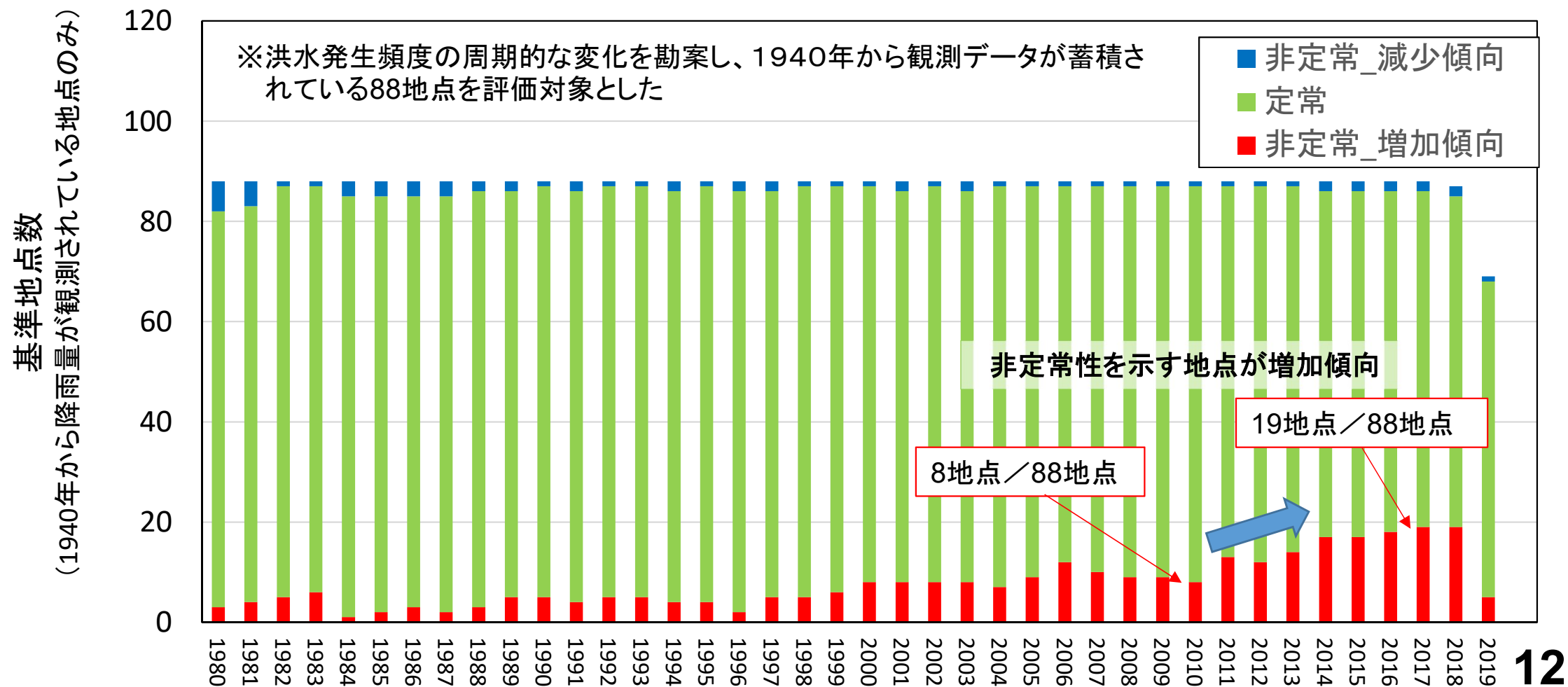
- 計画規模の設定、計画対象降雨の降雨波形の設定、計画対象降雨の降雨量へ引き伸ばし、流出解析、総合判断により基本高水を設定するという、これまで河川整備基本方針策定の過程で蓄積されてきた検討の流れを基本に、気候変動の影響を基本高水の設定プロセスに取り入れる。
- 近年の雨量データの取り扱いやアンサンブル降雨予測データの活用方法や計画に使用する波形の設定等、個別水系で具体的な検討を実施し、技術的知見等を積み上げ、設定手法を改善。



将来気候を踏まえた計画対象降雨の降雨量_Mann-Kendall検定結果

- これまでの河川整備基本方針の策定・改定においては、水系毎の年最大流域平均雨量標本に適した確率分布モデル(定常を仮定)を用いて計画対象降雨の降雨量(1/100雨量等)を設定してきた。その際、推定値の信頼性を高めるため、基本的に直近年までの標本を対象としていた。
- 一方、2010年以降、標本データに非定常性を有する水系が増加傾向にある状況を踏まえ、気候変動を踏まえた計画対象降雨の降雨量(気候変動型計画対象降雨の降雨量)の設定手法を検討する必要がある。

1940年から各年までの年最大流域平均雨量標本を用いたMann-Kendall検定結果



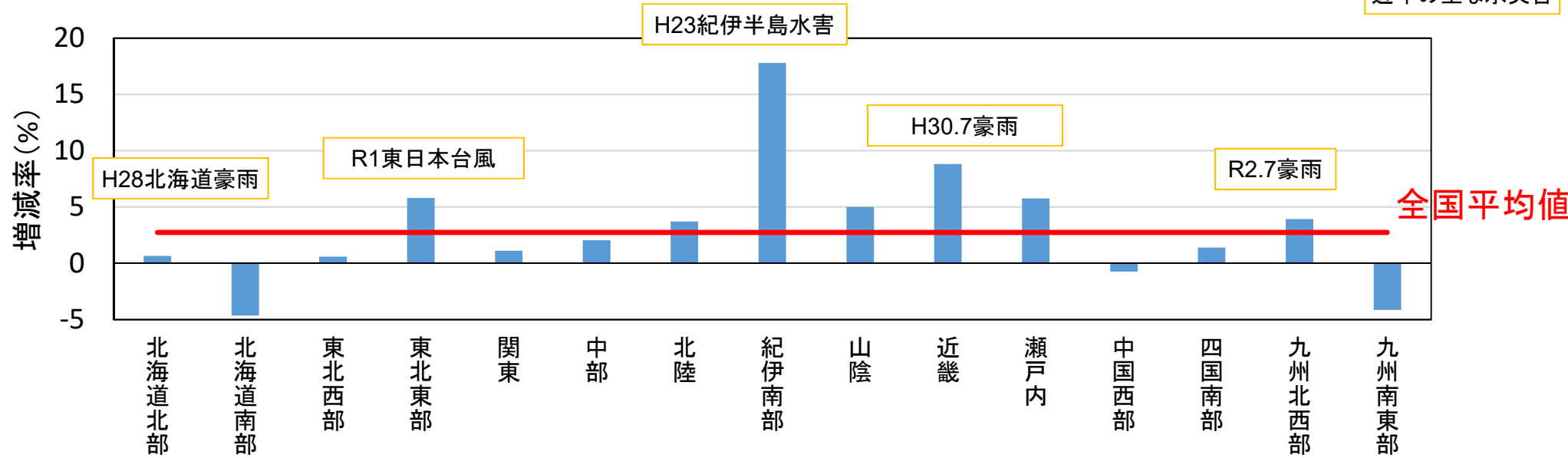
将来気候を踏まえた計画対象降雨の降雨量_近年の観測雨量データ

【2010年までと最新年までの1/100確率雨量の比較】

- 年最大流域平均雨量を用いた定常の水文統計解析から、2010年までの標本を用いた1/100確率雨量に対し、最新年まで用いると、109水系の単純平均で1/100確率雨量の値が約2.7%程度増加
- 地域区分ごとの平均値を引き上げている要因として、平成30年7月豪雨や令和元年東日本台風など、気候変動の影響が既に示されている水害も存在する。

地域区分ごとの平均値(各地域区分に属する水系の値を単純平均)

近年の主な水災害



地域区分番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
地域区分	北海道北部	北海道南部	東北西部	東北東部	関東	中部	北陸	紀伊南部	山陰	近畿	瀬戸内	中国西部	四国南部	九州北西部	九州南東部	合計
増減率平均値	0.64	-4.66	0.58	5.80	1.10	2.04	3.69	17.78	4.98	8.80	5.75	-0.75	1.39	3.92	-4.16	2.74
水系数	8	5	7	5	7	12	13	3	8	3	10	3	5	13	7	109

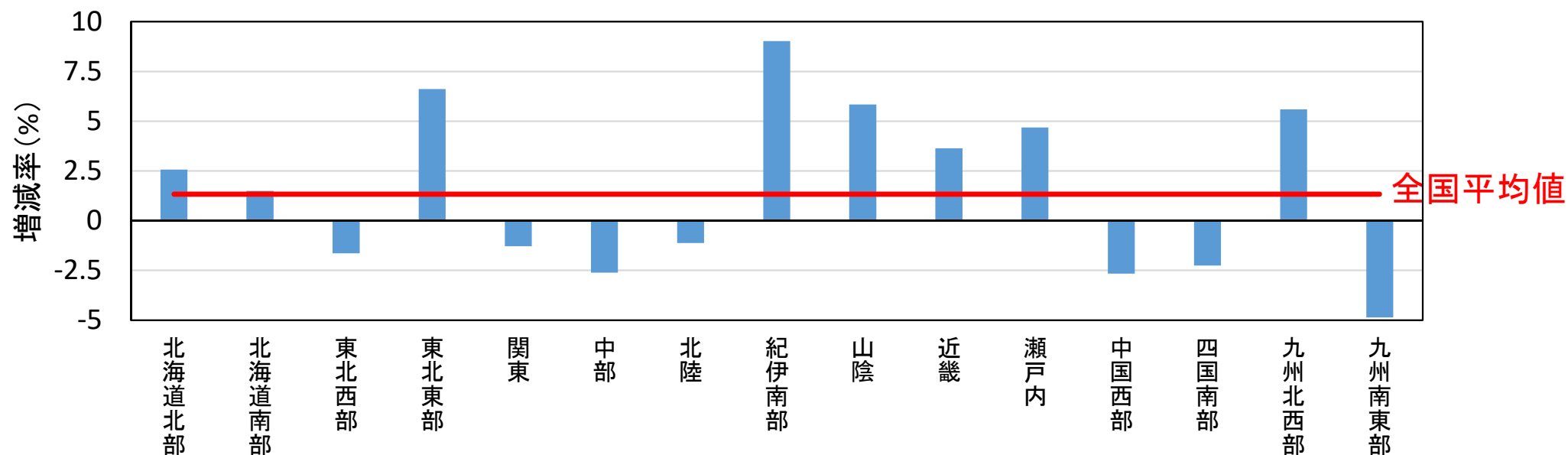
※・各代表基準点における河川整備基本方針で用いている降雨継続時間内の年最大流域平均雨量を対象に、定常過程のGEV分布を当てはめ最尤推定法により母数を推定した。
・標本期間は、最新のデータまでの標本を使用している(2018年まで:15水系、2019年まで:91水系、2020年まで:3水系)。
・年超過確率は、各水系において目標とする治水安全度に関わらず1/100の規模を算出した。
・増減率:2010時点までの標本を対象に求めた1/100ピーク流量に対し、最新の標本までを対象に求めた1/100ピーク流量の増減を百分率で表記
・各水系の継続時間は計画(河川整備基本方針)で使用している値を用いた

将来気候を踏まえた計画対象降雨の降雨量_近年の観測流量データ

【2010年までと最新年までの1/100確率流量の比較】

○年最大観測流量を用いた定常の水文統計解析から、**2010年までの標本を用いた1/100確率流量に対し、最新年まで用いると、109水系の単純平均で1/100確率流量の値が約1.3%程度増加**

地域区分ごとの平均値(各地域区分に属する水系の値を単純平均)



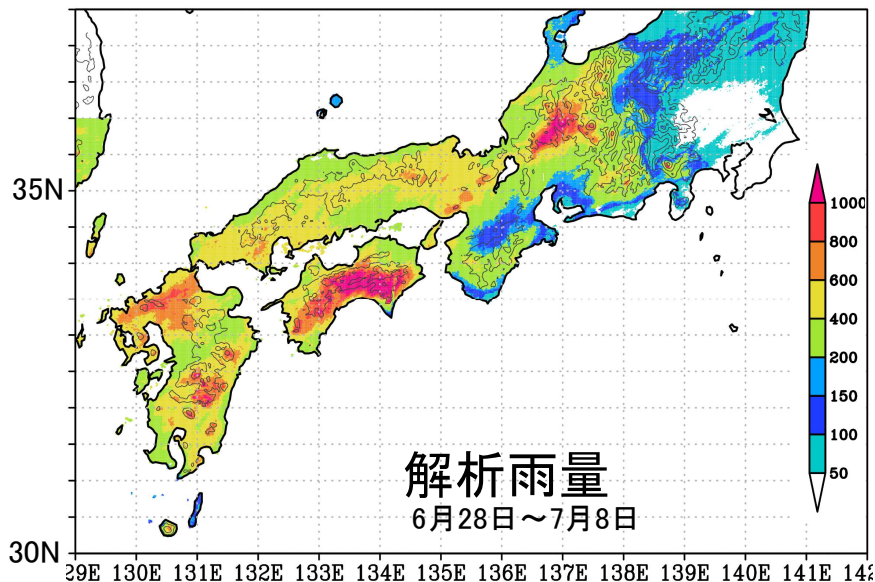
地域区分番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
地域区分	北海道北部	北海道南部	東北西部	東北東部	関東	中部	北陸	紀伊南部	山陰	近畿	瀬戸内	中国西部	四国南部	九州北西部	九州南東部	合計
増減率平均値	2.56	1.49	-1.64	6.61	-1.28	-2.61	-1.13	9.02	5.83	3.63	4.68	-2.66	-2.26	5.59	-4.86	1.33
水系数	8	5	7	5	7	12	13	3	8	3	10	3	5	13	7	109

- ※ ・各代表基準点におけるピーク流量を対象に、定常過程のGEV分布を当てはめ最尤推定法により母数を推定した。
 ・標本期間は、最新のデータまでの標本を使用している(2017年まで:4水系、2018年まで:26水系、2019年まで:77水系、2020年まで:2水系)。
 ・年超過確率は、各水系において目標とする治水安全度に関わらず1/100の規模を算出した。
 ・増減率:2010時点までの標本を対象に求めた1/100ピーク流量に対し、最新の標本までを対象に求めた1/100ピーク流量の増減を百分率で表記

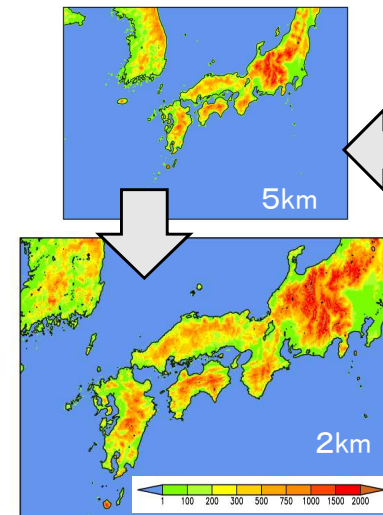
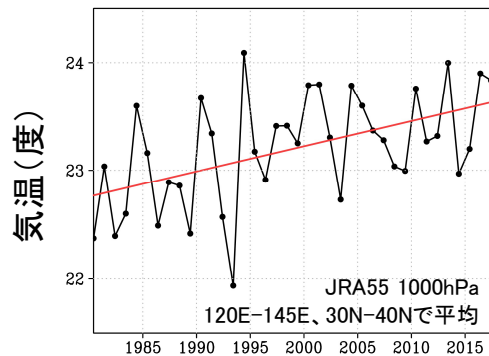
【参考】近年の気温上昇が平成30年7月豪雨に与えた影響

- 気象庁気象研究所では、地球温暖化と豪雨の関係について、温暖化による気温の長期的な上昇傾向とともに、大気中の水蒸気量も長期的に増加傾向にあることや気温が1度上昇すると水蒸気量が7%程度増加することから、気温の上昇が平成30年7月豪雨に与えた影響を定量的に評価した。
- 気象庁55年長期再解析(JRA-55)からの再現実験と近年の気温上昇を引いた感度実験との差により、**平成30年7月豪雨の陸域の総降水量は、約6.5%増**と試算された。

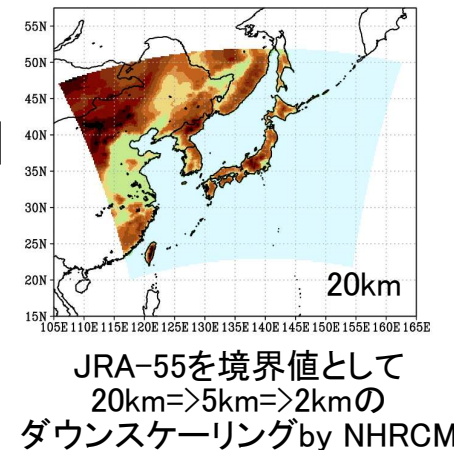
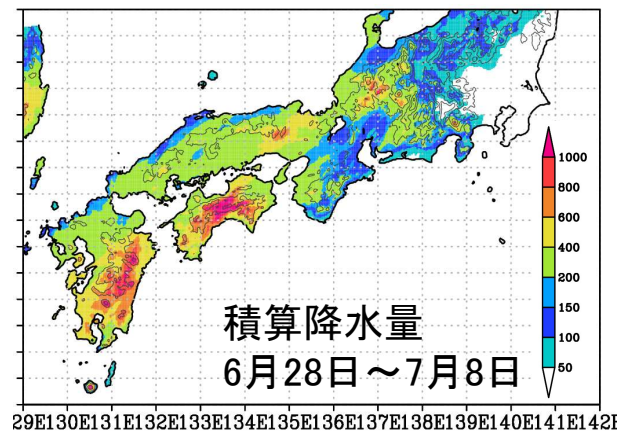
H30年7月豪雨の総降水量



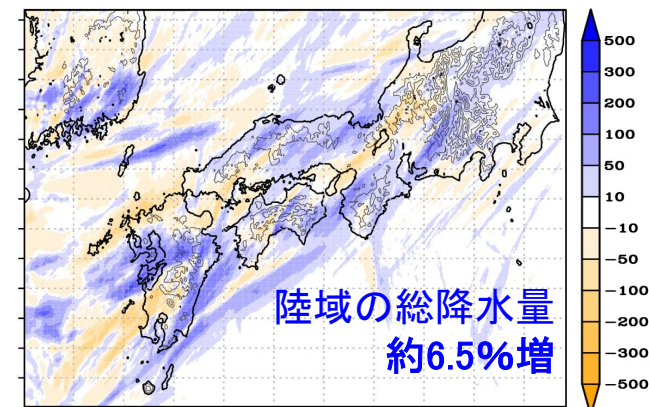
夏季(JJA)平均気温の時系列と線形トレンド 1980-2018年(西日本)



通常のJRA-55からの再現実験



再現実験と近年の気温上昇を引いた感度実験との差

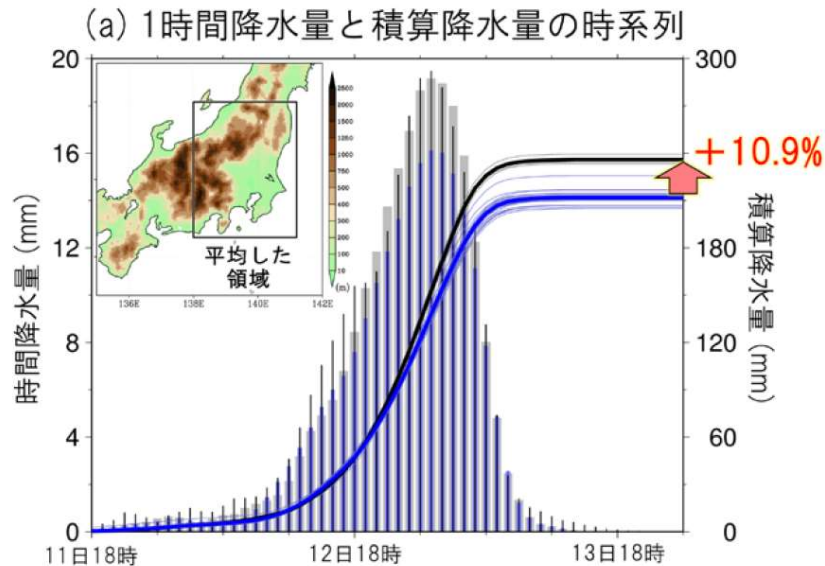


【参考】近年の気温上昇が令和元年東日本台風の大雨に与えた影響

- 人為起源の温室効果ガス排出の増加等に伴う気温及び海面水温の上昇が、令和元年東日本台風(台風第19号)に伴う関東甲信地方での大雨にどの程度影響を与えたのかについて評価されている(気象庁気象研究所より)。
- その結果、1980年以降、また、工業化以降(1850年)の気温及び海面水温の上昇が、総降水量のそれぞれ約11%、約14%の増加に寄与したと見積もり。

気温及び海面水温の上昇に伴う降水量の増加

気温上昇除去実験から得られた降水量の増加率(10.9%と13.6%)は、水蒸気の増加率(7%)よりは大きな値であったが、この理由の一つとしては、南海上から北上し上陸するまでの台風の中心付近の気圧が気温上昇除去実験よりも再現実験の方が低い、すなわち台風自体が強くなっていることが考えられる。



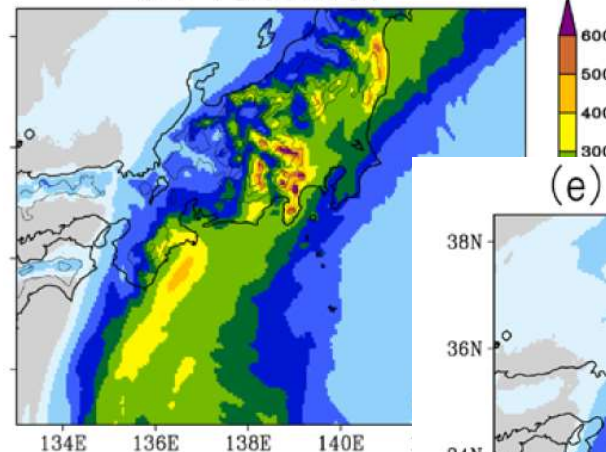
関東甲信及び周辺地域(左上の枠内)で平均した降水量の時系列。棒グラフは1時間降水量、曲線は積算降水量。灰色棒と黒線が再現実験の結果。青棒と青線が1980年以降の気温上昇除去実験の結果。細棒は解析雨量。再現実験と気温上昇除去実験は上陸時刻が、実際の上陸時刻より約5時間遅れているため、観測のピークをモデルのピークに合わせてずらしている。

降水量の変化の地域性と地形の影響

降水量の増加に対する地形の影響を調べるため、日本の地形を除去して計算を行った結果、地上の降水量が大幅に減少した。地形の存在が気温上昇に伴う降水量の増加を増幅させている可能性を示唆している。

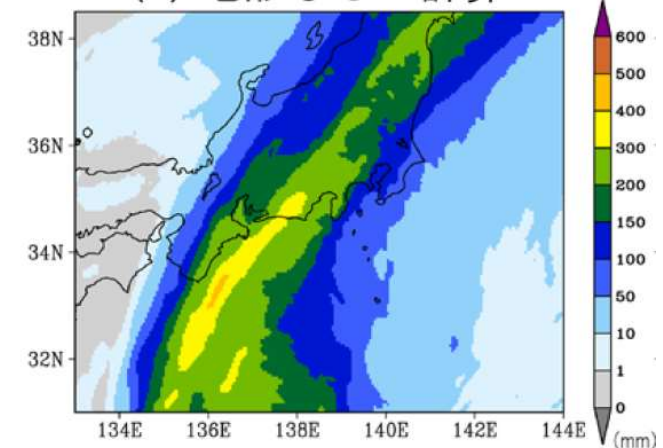
期間積算降水量の分布と気温上昇に伴う変化

(b) 再現計算



2019年10月10日午前9時から13日午前8時まで積算した降水量(mm)の分布。(b)再現実験。(e)(b)と同じ。ただし、地形を除去した実験。

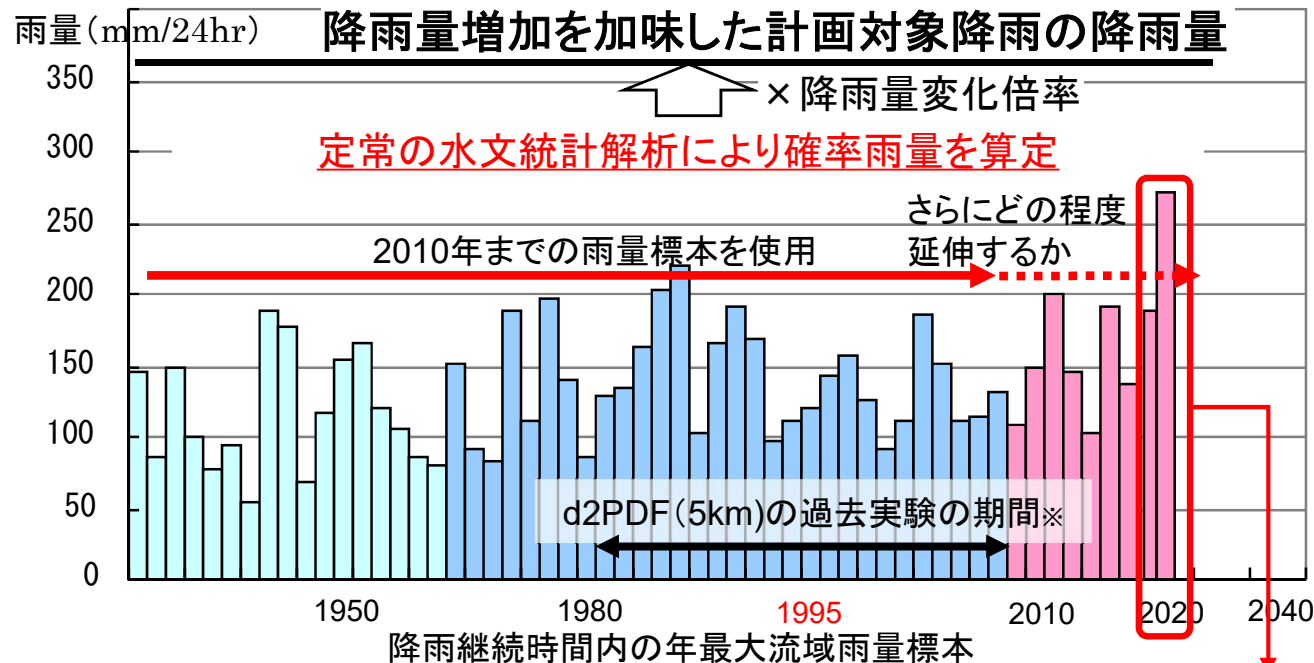
(e) 地形なしの計算



将来気候を踏まえた計画対象降雨の降雨量の設定手法(案)

- 降雨量変化倍率(2℃上昇時)を乗じる対象となる、計画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計画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」ととどめ、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計画対象降雨の降雨量の算定イメージ



※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】

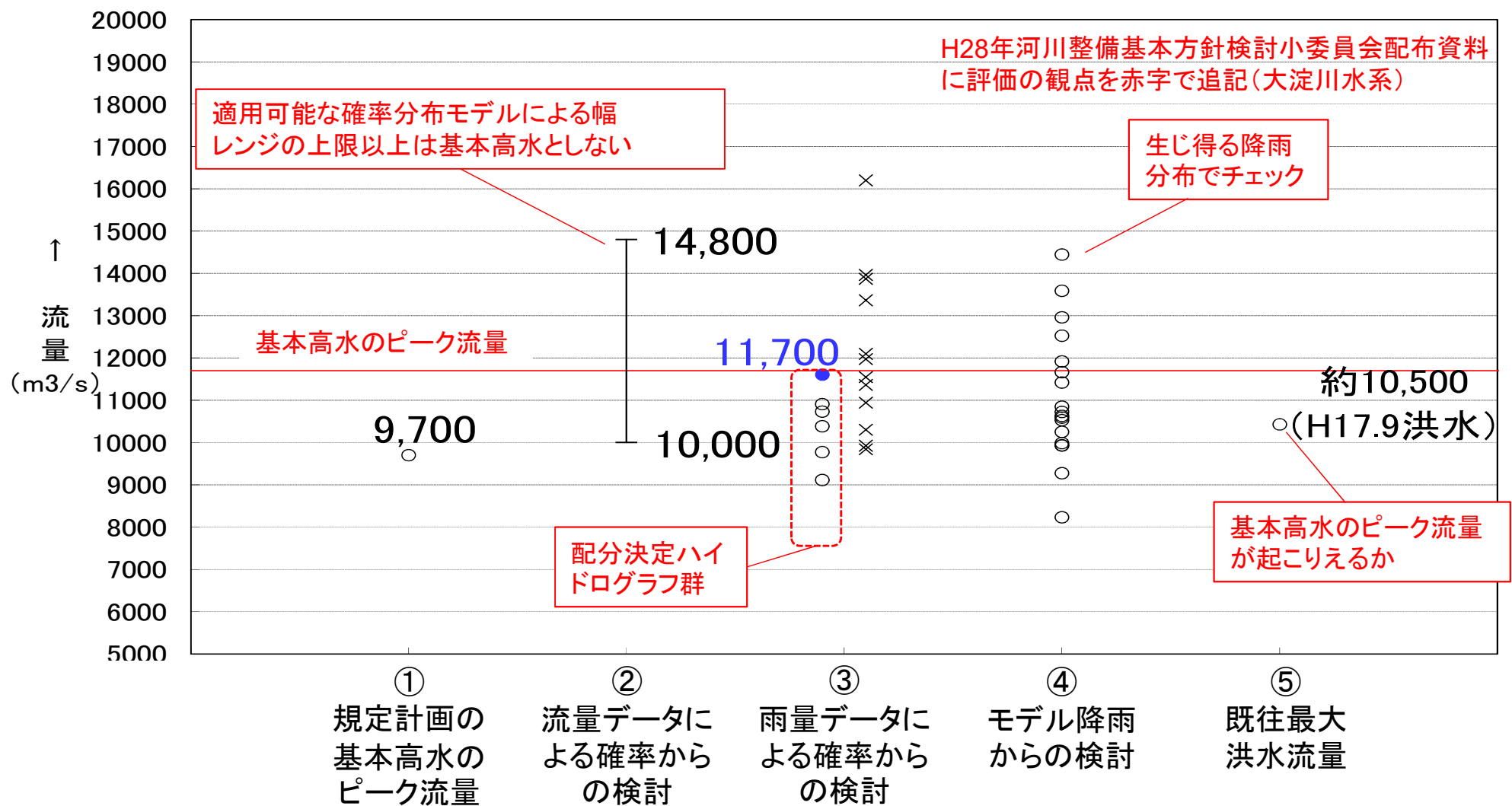
- 水文時系列資料の統計特性の時間的変化がモデルの中に組み込まれた確率分布モデルの母数を推定し、確率評価を行うことを指す。
- 現時点では、水文統計データを対象に非定常解析を実施した既往研究※があるが、引き続き、気温や時間を説明変数とした非定常解析の研究開発等が必要と考えられる。

※例えば、立川、森信治、キムスンミン、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-

(従来手法)基本高水の設定に係る総合的判断

○これまで、雨量データによる確率からの検討に加え、流量データによる確率からの検討、確率規模モデル降雨波形による検討を実施し、総合的な判断により基本高水を設定。

従来の総合的判断



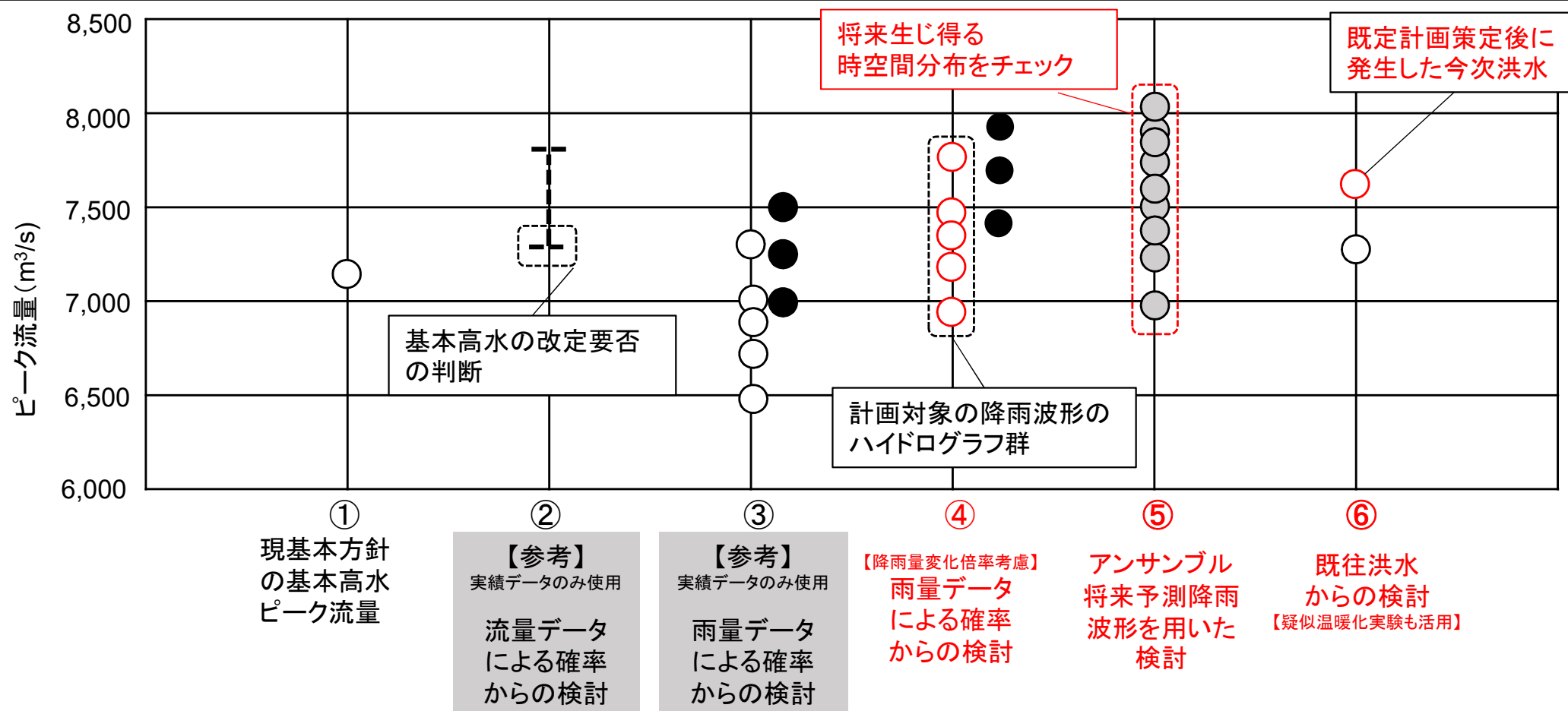
(気候変動対応)基本高水の設定に係る総合的判断(案)

○従来の手法を踏襲しつつ、過去の実績降雨のみでは降雨パターンが限定的である可能性を踏まえ、アンサンブル将来予測降雨波形による相対的な時空間分布(絶対値でなくパターンを活用)の活用した新たな観点を追加。

○基本高水の設定のための総合判断にあたり、従前の検討では「流量データによる確率からの検討」、「モデル降雨波形による検討」等の観点をを用いてきたが、今後は、

・降雨変化倍率を乗じた計画対象降雨の降雨量(R+)に調整したアンサンブル将来予測降雨波形を用いて
流出計算した結果

・近年発生した実績洪水(将来気候における疑似温暖化実験結果も活用)を用いてはどうか。



※●は地域分布、時間分布から著しい引き伸ばしとなっていると考えられる洪水であり、③の検討で著しい引き伸ばしと判定された波形は④においても●と表記

「⑤アンサンブル将来予測降雨波形を用いた検討」について【波形の抽出方法】(案)

Od2PDF等から計画対象降雨の降雨量($R+$)近傍のアンサンブル将来予測降雨波形※を抽出。

※ 5km以下に力学的ダウンスケールしたものを使用

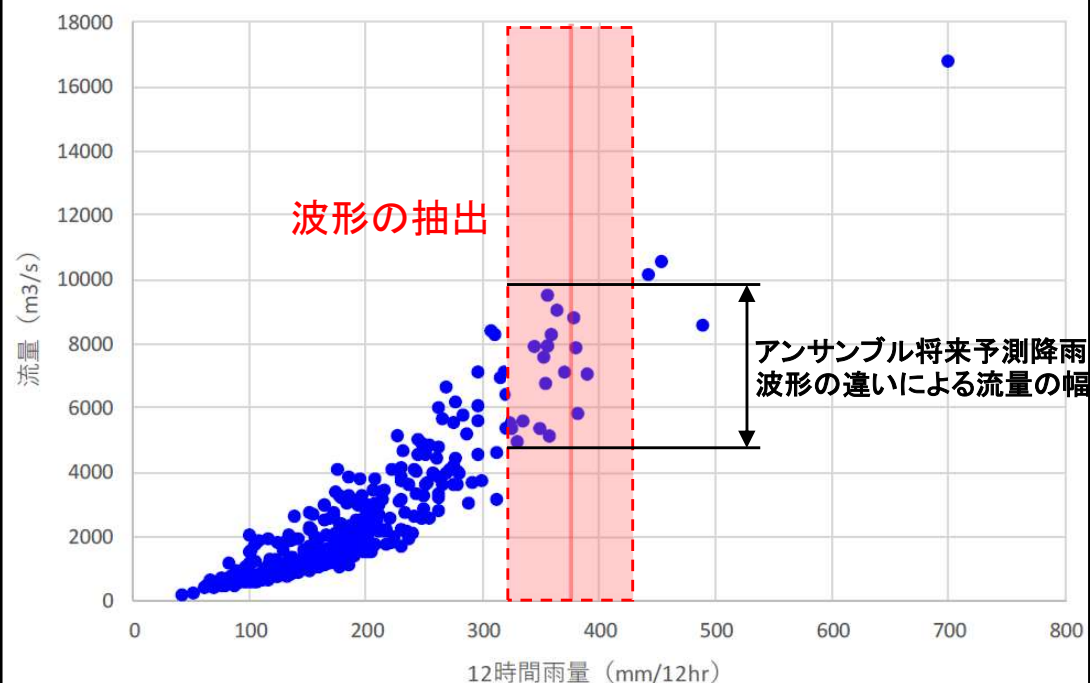
○抽出した波形を計画対象降雨の降雨量($R+$)に引き縮めor引き伸ばし、将来生じ得る時空間分布を有した降雨波形による流量として算出。

アンサンブル将来予測降雨波形の抽出方法の例

Od2PDF(将来実験: 30年 $\times$ 6SST $\times$ 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、計画対象降雨の降雨量近傍の洪水を抽出

【A川水系での実施事例】

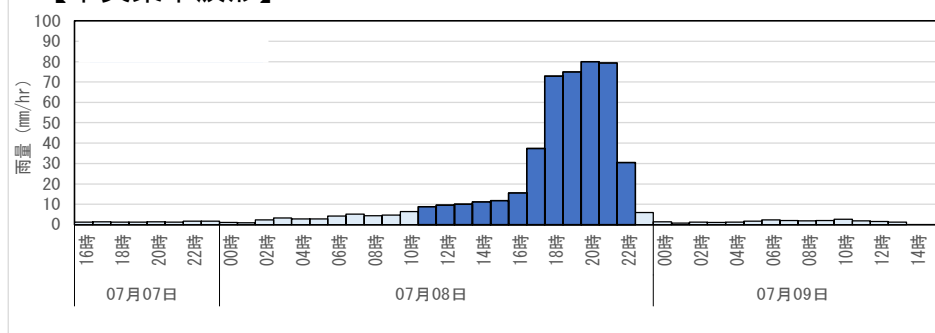


○降雨量が計画対象降雨の降雨量($R+$)になるよう、抽出されたアンサンブル将来予測降雨波形の降雨量を調整する。

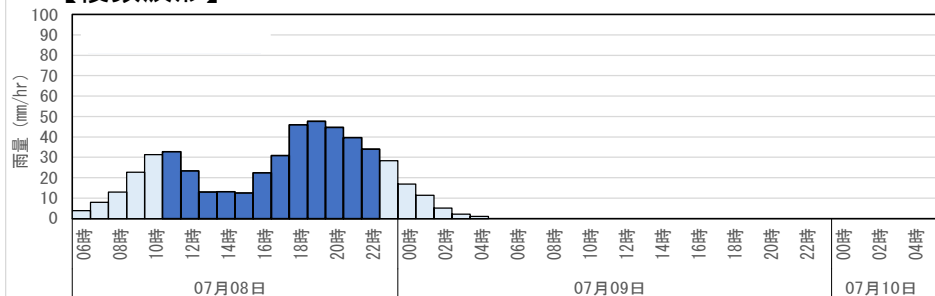
(引き縮めor引き伸ばし)

○様々な気象要因による降雨波形が含まれているか確認

【中央集中波形】



【複数波形】

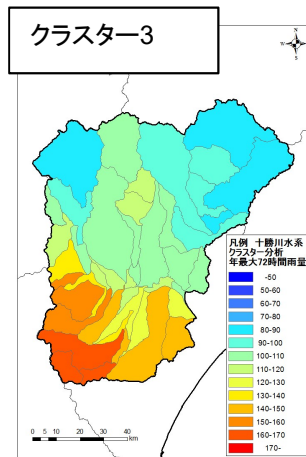
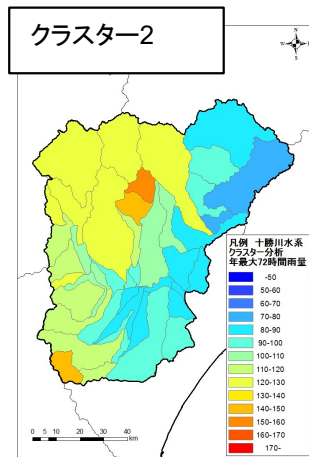
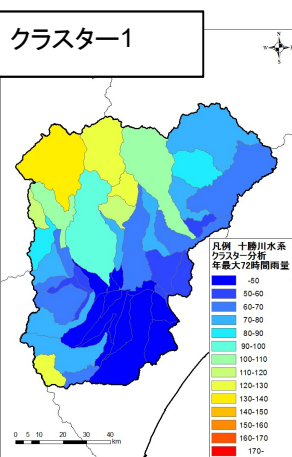


降雨波形が不足していればd4PDF等も活用

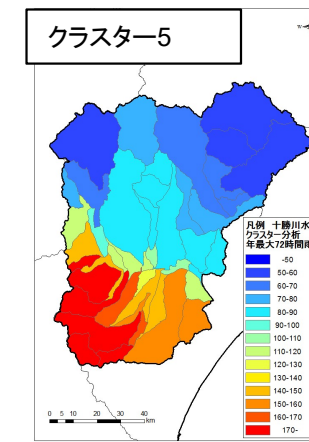
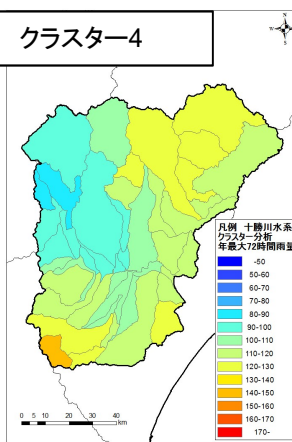
「⑤アンサンブル将来予測降雨波形を用いた検討」について【波形の抽出方法】(案)

- 基本高水の設定に用いる計画対象の降雨波形群は、対象流域において大規模洪水を生起し得る様々なパターンの降雨波形等を含んでいる必要。
- これまでは実際に生じた降雨波形のみを計画対象の降雨波形としてきたが、気候変動等による降雨特性の変化によって、追加すべき降雨波形がないかを確認する必要がある。
- 例えば、アンサンブル将来予測降雨波形を用いて時空間分布のクラスター分析を行い、将来発生頻度が高まるものの計画対象の実績降雨波形が含まれていないクラスターがある場合には、そのクラスターに分類されるアンサンブル将来予測降雨波形を抽出する。

①アンサンブル予測降雨データの結果を用いたクラスター分析の例



北海道地方における気候変動を踏まえた治水対策技術検討会より引用
過去実験・将来実験のアンサンブル予測降雨データを対象に、降雨波形の空間分布について評価。クラスターの数は、5つ以外にも複数設定し、最も類似度が高かったクラスター数に設定。



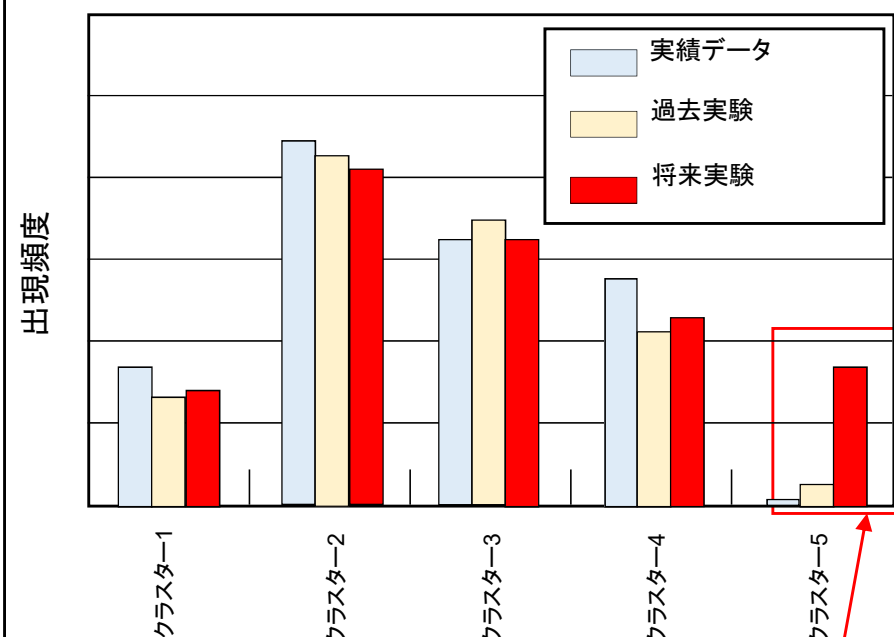
分類方法の概要

- ・分析手法：ウォード法
- ・類似度判定：ユークリッド距離
- ・次式の各単流域の総雨量に対する寄与率を用いて、類似度を判定

$$x_i = \frac{R_i A_i}{\sum_{i=1}^n R_i A_i}$$

ここに、x: 流域総雨量に対する寄与率、R: 流域平均3日雨量(mm)、A: 流域面積(km²)、添字i: 流域番号、n: 小流域数(42流域)

②クラスター分析結果と過去の対象降雨の比較

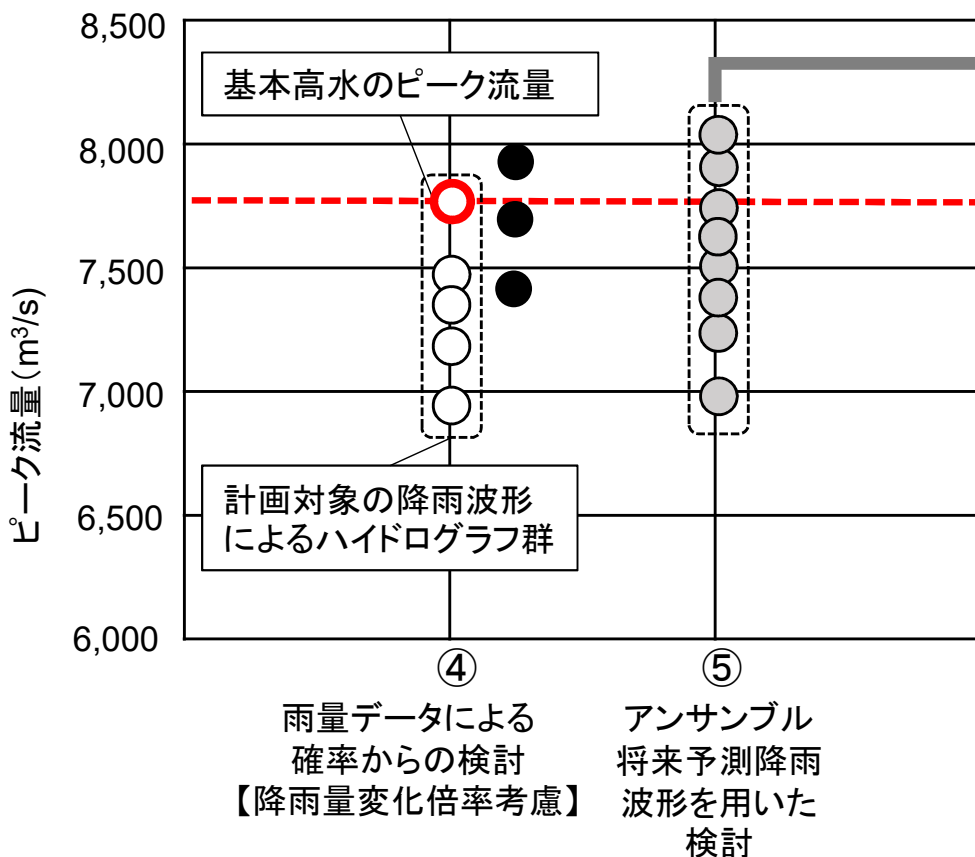


将来増加すると予測される降雨パターン

降雨波形群と、過去実験と将来実験の降雨についてクラスター分析を行い降雨パターンについて解析を行う。実績の降雨波形群と過去実験において観測されていなかった降雨パターンが将来実験において増加していないかを確認する。

(気候変動対応型) アンサンブル将来予測降雨波形を用いた検討(案)

- 抽出されたアンサンブル将来予測降雨波形による流出計算で得られたハイドログラフ群について、決定する基本高水のピーク流量の妥当性の確認（例えば、基本高水のピーク流量が⑤アンサンブル将来予測降雨波形によるハイドログラフ群の最大と最小の幅に入っているかどうか等）に活用できないか。
- さらに、全国的な治水安全度のバランスを踏まえ設定される基本高水が、将来予測されるすべての降雨波形をカバーできない場合において、こうした洪水にも備えるための具体の減災対策を検討するための外力として、抽出されたアンサンブル将来予測降雨波形を活用できないか。



アンサンブル予測降雨データの降雨波形の活用手法として 減災対策の目標等としての活用

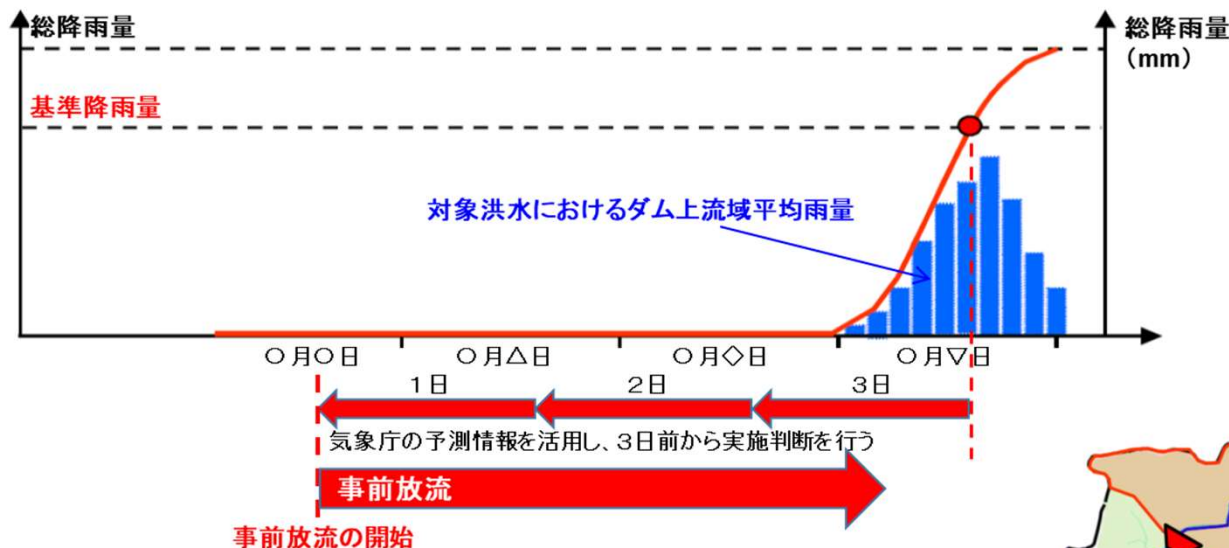
過去の実績降雨からなる計画対象のハイドログラフ群は、その降雨パターンが限定的である可能性を踏まえ、アンサンブル将来予測降雨波形を、例えば、基本高水のピーク流量を超える洪水や本川・支川のバランスが計画と異なる洪水へ備えるために、減災対策の目標等として活用できないか。

今後の河川整備基本方針の変更にあたって検討すべき事項(案)

検討すべき事項	今後の検討の方向性
気候変動を踏まえた目標設定	○将来にわたり目標とする計画規模の治水安全度を確保するためには、気候変動による降雨量の増加や流域の土地利用状況等を考慮して流量等を検討。 ○計画と異なる降雨パターン(時空間分布)が出現する可能性を考慮して、目標を上回る洪水に対しても、氾濫をできるだけ減らすための対策を検討。
流域治水の視点	○河川整備基本方針の作成にあたり下記の事項を考慮する。 ・流域における現在と将来の土地利用や保水・遊水機能の状況 ・既存ダムの事前放流等の洪水調節機能の評価 ・流域におけるまちづくりや住まい方の工夫などの取り組み状況と今後の動向 など
気候変動の河川生態等への影響	○流量、土砂移動、河口部の塩分濃度などの水質、動植物の生息地又は生育地の状況等に係る観測データから、現時点における影響の把握。

【参考】 既存ダムの洪水調節機能強化(事前放流)について

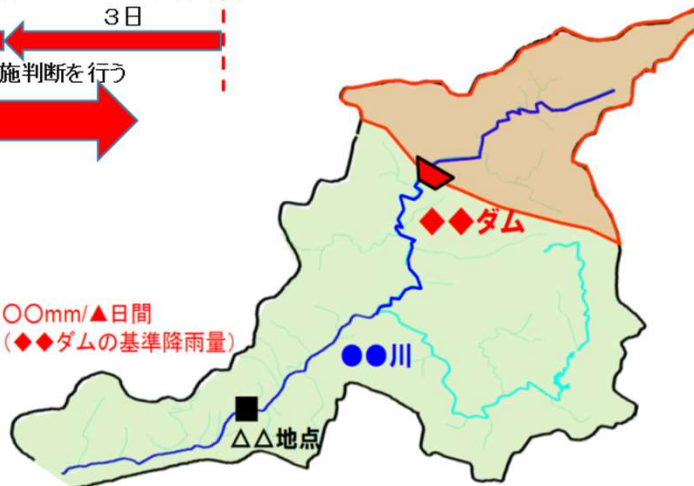
- ダムによる洪水調節機能の早期の強化に向け、関係行政機関の緊密な連携の下、総合的な検討を行うため、「既存ダムの洪水調節機能の強化に向けた基本方針」に基づき、関係省庁が連携して取り組みを進めてきたところ。
- 令和2年度の出水期から新たな運用（治水協定に基づくダムの事前放流）を開始したところであり、今年度の出水期においては全国の122ダムで事前放流を実施（うち63ダムは利水ダム）
- 事前放流で確保した空き容量を最大限有効に活用するためには、ダムの操作方法を変更することで更なる効果が期待できる。
- 今後具体的な事例の積み上げに基づき検証をした上で、操作方法の見直しや必要に応じて放流設備の改造を行うことなどを整理し、関係者と調整が整ったところから河川整備計画に位置付けていく。



【基準降雨量】

ダム上流域で基準降雨量(○○mm/▲日間)を上回るとき、下流河川において、氾濫するおそれがある危険な状態となる。

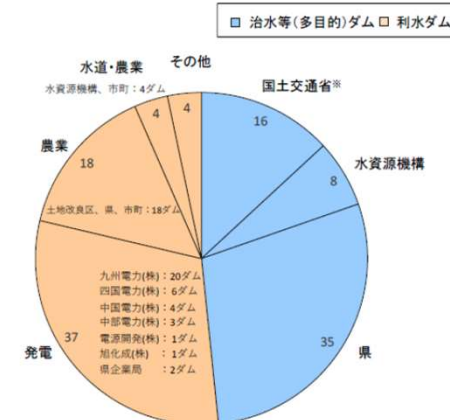
○○mm/▲日間
(◆◆ダムの基準降雨量)



<令和2年度の事前放流実施ダム数>

治水等（多目的）ダム （国土交通省※）	16ダム
治水等（多目的）ダム （水資源機構）	8ダム
治水等（多目的）ダム （県）	35ダム
利水ダム	63ダム

<令和2年度に事前放流を実施した122ダムの管理者> 計：122ダム



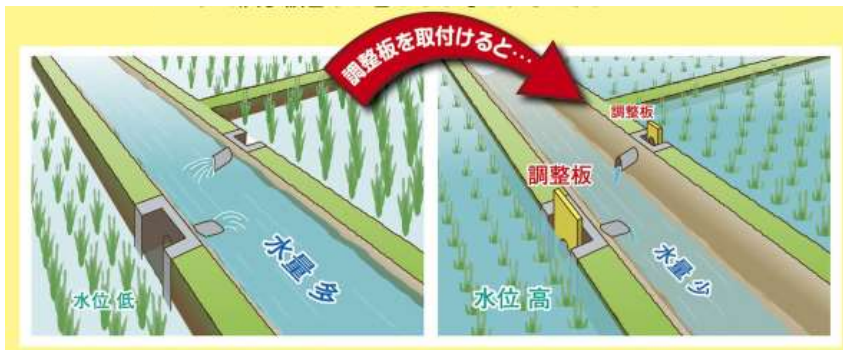
【参考】流域対策等の効果の評価について

- 流域における様々な流出抑制対策や、沿川の保水、遊水機能を有する土地が河川内にどのような効果をもたらしているかについて、定量的、定性的な評価を進めていく必要。
- 効果がある場合は、流域での対策を組み込んだ流出計算モデルを構築し、治水計画を検討。
- さらに、各関係者の行う対策の効果についてを関係者間で共有し、対策の普及や定着に取り組むとともに、効果的な運用や追加的な対策を検討していくことが重要。

「田んぼダム」の概要（水田貯留機能強化）



水田の排水口に流出量を抑制するための落水量調整装置を設置する等して、雨水貯留能力を人為的に高める



田んぼダムを実施していない

田んぼダムを実施している

イラスト:新潟県

沿川の保水・遊水機能を有する土地

