

気候変動による降雨量の増加を考慮した  
基本高水の設定手法の検討

STUDY ON DESIGN FLOOD SETTING METHOD CONSIDERING THE  
INCREASE IN RAINFALL DUE TO CLIMATE CHANGE

令和5（2023）年8月10日（木）

国土交通省 川辺川ダム砂防事務所 齋藤正徳  
（前 水管理・国土保全局 河川計画課）

# 地球温暖化の定量的影響評価

- 20世紀末と比較して21世紀末の50mm/h以上の雨の発生頻度は約1.6倍に増加すると予測。
- 水害をもたらした近年の極端豪雨において、地球温暖化による気温上昇の影響で降雨量が増加していたことが、イベント・アトリビューションにより定量的に評価。例えば、地球温暖化による**降水量への影響の定量的評価**を気象庁**気象研究所**が実施**現時点**で地球温暖化の影響により、**総降水量が約6.5%～約11%増加**と算出。**将来**、現時点と比較して、総降水量が**さらに6.3%～22%増加**する可能性がある**と評価**

水災害 (豪雨イベント)	既に生じている温暖化	これから生じる温暖化
	現時点 1980年以降における温暖化による気温上昇と海面水温の上昇による影響	将来 現在気候に対する将来気候での状況 (2℃上昇シナリオ～4℃上昇シナリオ)
平成30年7月豪雨	総降水量が <b>約6.5%増加</b> (1)	—
令和元年東日本台風	総降水量が <b>約11%増加</b> (1)	将来さらに、総降水量が <b>6.3%～22%増加</b> (2)
令和2年7月豪雨	総降水量が <b>約15%増加</b> (1)	—

<注釈>

※それぞれの出典を元に、国土交通省水管理・国土保全局が作成。(1):気象庁気象研究所により公表、(2):環境省により公表)

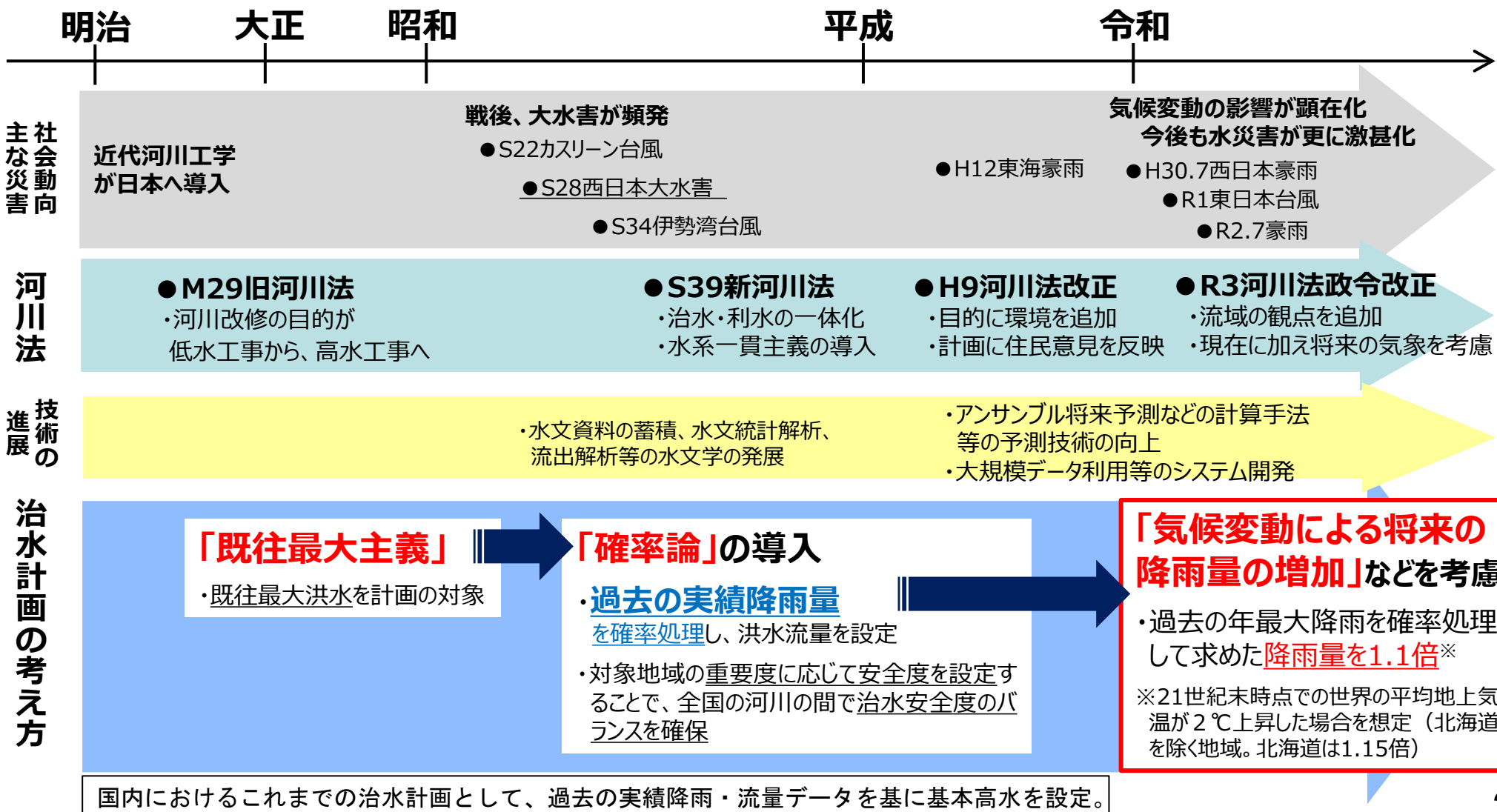
※大気の数値シミュレーションを用いて実際の豪雨現象を忠実に再現した上で、地球温暖化に伴う気温上昇分を除去、または、さらに温暖化のシナリオに基づき気温を上昇させ、再度、大気の数値シミュレーションを行うことで、温暖化の影響を定量的に評価。

※気象研究所が開発した非静力学大気モデル(NHRCM)を用い、日本周辺を1～5kmの解像度で数値計算した結果によるもの。

※令和2年7月豪雨の総降水量増加率は、球磨川流域付近に発生した線状降水帯のみを評価したもの。

# 治水計画の考え方の変遷とその時代背景

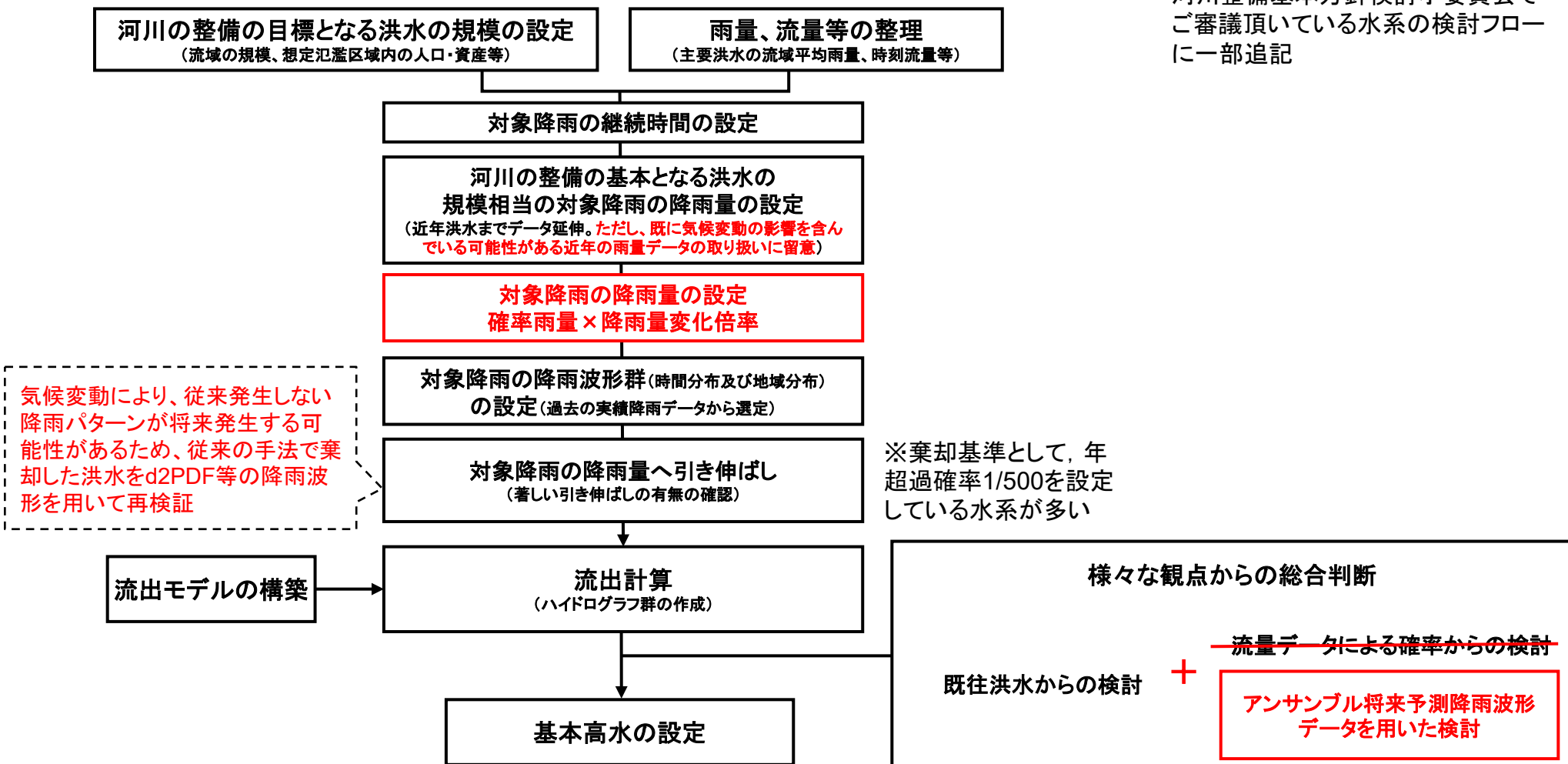
- 新宮川水系及び五ヶ瀬川水系では、気候変動を踏まえた河川整備基本方針へ2021年10月に全国で初めて変更された。
- この2水系では、実績降雨データに加え、気候変動予測モデルによる将来気候の降雨データ等も用いて基本高水を設定しており治水計画の歴史上大きな転換である。



# 本報告

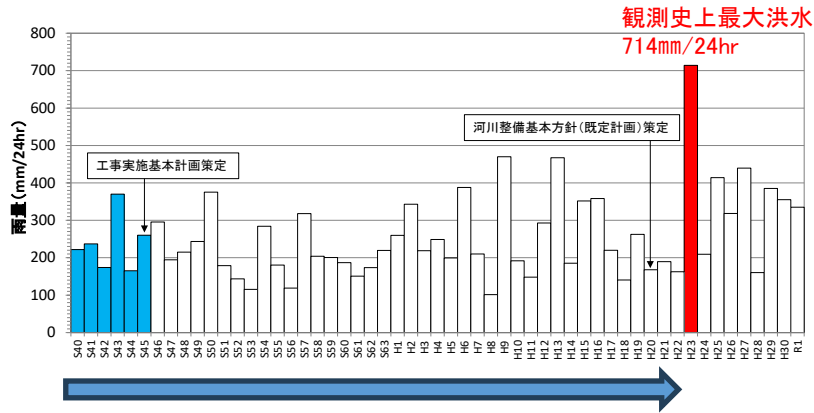
- これまで河川整備基本方針策定の過程で蓄積されてきた検討の流れを基本に、気候変動の影響を基本高水の設定プロセスに取り入れる。
- 本報告では、新宮川水系の事例を基に、対象降雨の設定、総合判断による基本高水の設定、基本高水の対象降雨波形群に不足する降雨波形について説明。

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に一部追記



# 基本高水に用いる対象降雨の降雨量の設定

- 将来にわたり河川整備で目標とする治水安全度を確保するために、対象降雨の降雨量を温暖化による将来の降雨量の増加を予め見込んだものにする必要がある。
- 対象降雨の降雨量は、新宮川水系の方針改定において、実績雨量データから定常の水文統計解析により算定した確率雨量に、降雨量変化倍率を乗じたものを用いることとした。



2010年までの実績雨量データを用いて、定常の水文統計解析により、確率雨量を算定

$$499\text{mm}/24\text{h} \times 1.1 = 549\text{mm}/24\text{h}$$

- d2PDF(5km, SI-CAT)による将来予測降雨波形群から、水系内における360年分の年最大流域平均雨量標本を作成し、定常の水文統計解析により将来の降雨量の増加を見込んだ確率雨量を算定する手法では、新宮川水系で参考として算定したところ1/100確率雨量は、568mm/24hとなった。
- この手法による1/100確率雨量は、適用する気候変動予測モデルによって値が変化する。また、水系単位での評価はデータ数の制約や、台風等の極端現象の偶然性が高く温暖化の影響の検出が難しい場合もあり、年超過確率1/100規模相当の降雨の生起頻度の再現性に課題がある。

# 基本高水に用いる対象降雨波形の選定

- 相賀基準地点で平均年最大流量以上の洪水の中から，洪水のピーク流量の生起時刻前後の24時間流域平均雨量が現在気候の1/100確率雨量499mm/24hの1/2以上を示す22洪水を抽出した。
- これらを499mm/24hまで引き伸ばした際に短時間あるいは小流域の雨量が著しい引き伸ばし（年超過確率1/500規模の雨量以上）となっている13洪水の降雨波形は生起し難いとして棄却し，9洪水を将来気候の1/100確率雨量549mm/24hまで引き伸ばし，対象降雨波形群に設定した。

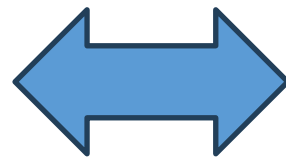
分類	洪水の発生年月	相賀上流流域平均雨量		相賀地点 ピーク流量 (m <sup>3</sup> /s)
		実績24時間雨量 (mm/24h)	引き伸ばし率※1	
基本高水に用いる 対象降雨波形	1968/7	370.1	1.483	19,600
	1971/8	295.5	1.858	23,400
	1982/8	317.8	1.728	23,000
	1997/7	469.8	1.169	18,900
	2001/8	467.2	1.175	17,900
	2004/8	358.0	1.534	18,600
	2007/7	262.6	2.091	22,600
	2011/7	479.9	1.144	16,200
	2015/7	439.6	1.249	19,800

※1 対象降雨の降雨量549mm/24hへの降雨の引き伸ばし

# 基本高水に用いる対象降雨波形の選定

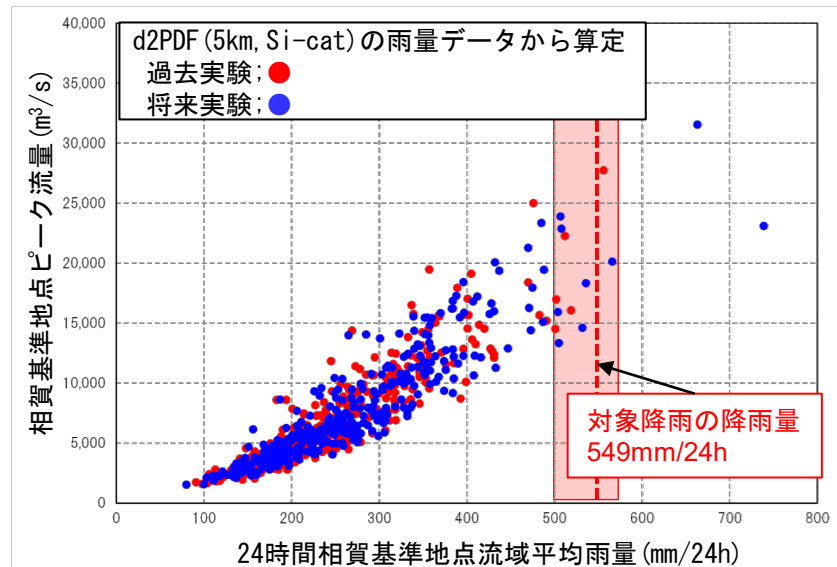
- 温暖化により小流域及び短時間集中度の変化等の降雨パターンの変化により、棄却した実績降雨の引き伸ばし降雨波形の発生が十分に予想される場合が考えられる。または、偶然、観測されていなかった可能性もある。
- d2PDF(5km, SI-CAT)及び過去実験から得られた720年分の降雨データから、24時間内の流域平均雨量が対象降雨の降雨量に最も近い10洪水を抽出し、棄却した13洪水の引き伸ばし降雨波形と降雨の時空間分布を比較検証。

生起し難いとして棄却した実績降雨の引き伸ばし降雨波形  
13波形



波形の  
チェック

気候変動予測モデルによるアンサンブル計算

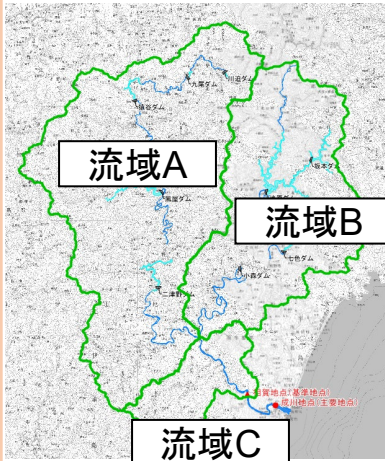


10波形

# 基本高水に用いる対象降雨波形の選定

- 1洪水（1979年10月波形）は、地域分布及び時間分布の両方において予測降雨波形から得られた最大比率の範囲内であることから、棄却せず参考波形として扱う。
- 小流域・短時間検証に用いるモデルの解像度や短時間の単位設定は、引き続き改善していく必要がある。

## 小流域のチェック



各波形について、継続時間内の各小流域の流域平均雨量を、全流域平均雨量549mmで除することで比率を求める

予測降雨波形	A流域平均雨量	B流域平均雨量	C流域平均雨量
洪水①	0.778	1.295	1.264
洪水②	0.843	1.196	1.240
洪水③	0.816	1.261	1.152
洪水④	0.727	1.330	1.446
洪水⑤	0.743	1.338	1.316
洪水⑥	0.841	1.265	0.982
洪水⑦	0.794	1.251	1.332
洪水⑧	0.844	1.411	0.398
洪水⑨	0.827	1.229	1.206
洪水⑩	0.845	1.239	1.054

■ : 各小流域の比率の最大値

実績引き伸ばし降雨波形の比率が予測降雨波形による最大比率の範囲内に収まっているかの検証

棄却実績洪水	A流域平均雨量	B流域平均雨量	C流域平均雨量
1970年7月	0.769	1.360	1.070
1975年8月	0.944	1.130	0.849
1979年10月	0.784	1.268	1.329
1990年9月	0.896	1.238	0.734
1994年9月	0.762	1.325	1.248
2003年8月	0.931	1.107	1.020
2004年10月	0.919	1.101	1.119
2011年9月	1.165	1.484	1.447
2011年9月	0.802	1.306	1.067
2013年9月	0.940	1.059	1.154
2014年8月	0.961	1.084	0.919
2017年10月	0.875	1.084	1.464
2018年8月	0.963	1.075	0.946
2019年10月	0.987	1.053	0.875

■ : 予測降雨波形による最大比率を超過しているため、降雨の地域分布として生起し難いと判断

## 短時間降雨のチェック

短時間（継続時間の1/2の12時間や洪水到達時間の6時間）の流域平均雨量を、継続時間内(24h)の流域平均雨量で除することで比率を求める

予測降雨波形	12時間雨量	6時間雨量
洪水①	0.746	0.553
洪水②	0.539	0.280
洪水③	0.660	0.395
洪水④	0.661	0.336
洪水⑤	0.775	0.514
洪水⑥	0.603	0.334
洪水⑦	0.709	0.410
洪水⑧	0.785	0.581
洪水⑨	0.763	0.504
洪水⑩	0.603	0.345

■ : 比率の最大値

実績引き伸ばし降雨波形の比率が予測降雨波形による最大比率の範囲内に収まっているかの検証

棄却実績洪水	12時間雨量	6時間雨量
1970年7月	0.796	0.531
1975年8月	0.617	0.365
1979年10月	0.668	0.514
1990年9月	0.789	0.565
1994年9月	0.790	0.537
2003年8月	0.723	0.405
2004年10月	0.867	0.706
2011年9月	0.751	0.412
2011年9月	0.801	0.561
2013年9月	0.748	0.415
2014年8月	0.662	0.441
2017年10月	0.816	0.541
2018年8月	0.798	0.590
2019年10月	0.590	0.317

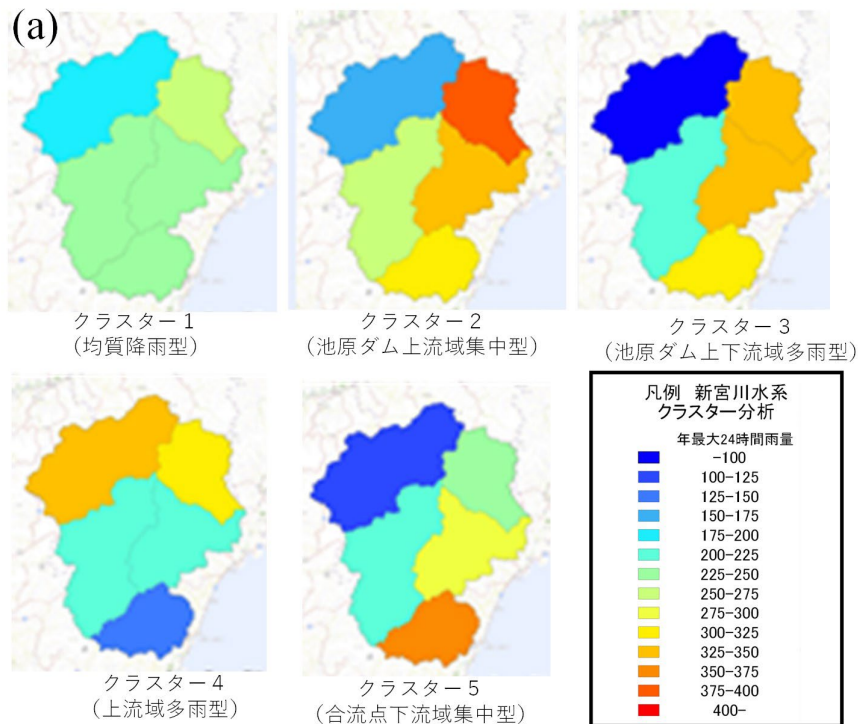
■ : 予測降雨波形による最大比率を超過しているため、降雨の時間分布として生起し難いと判断

棄却せず、参考波形として活用

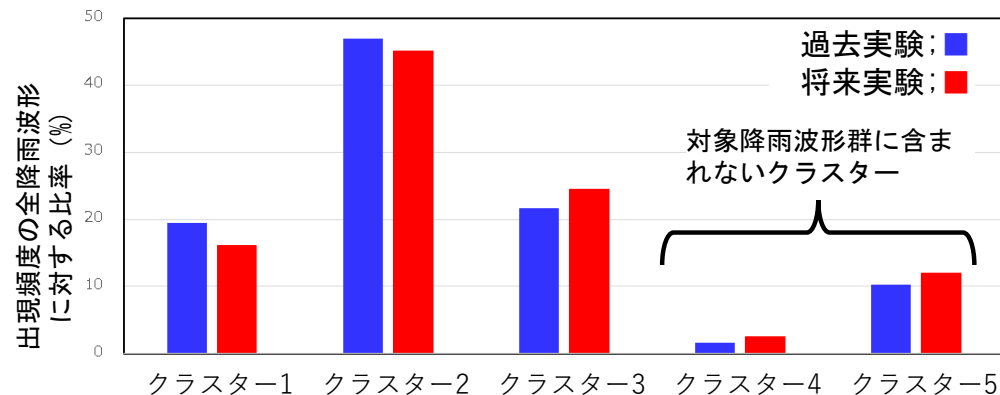


# 基本高水の対象降雨波形群に不足する降雨波形

- 基本高水の設定に用いる対象降雨波形群は、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考慮して設定しているが、気候変動による降雨特性の変化により発生しやすくなるような降雨パターンをカバーしていない可能性がある。
- アンサンブル計算による予測降雨波形を用いて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基本高水の設定に用いる対象降雨波形群に含まれていないクラスターの有無を把握。
- 基本高水の設定に用いる10波形にはクラスター4, 5に評価される波形はなく、クラスター5が将来気候で増加傾向となっている。



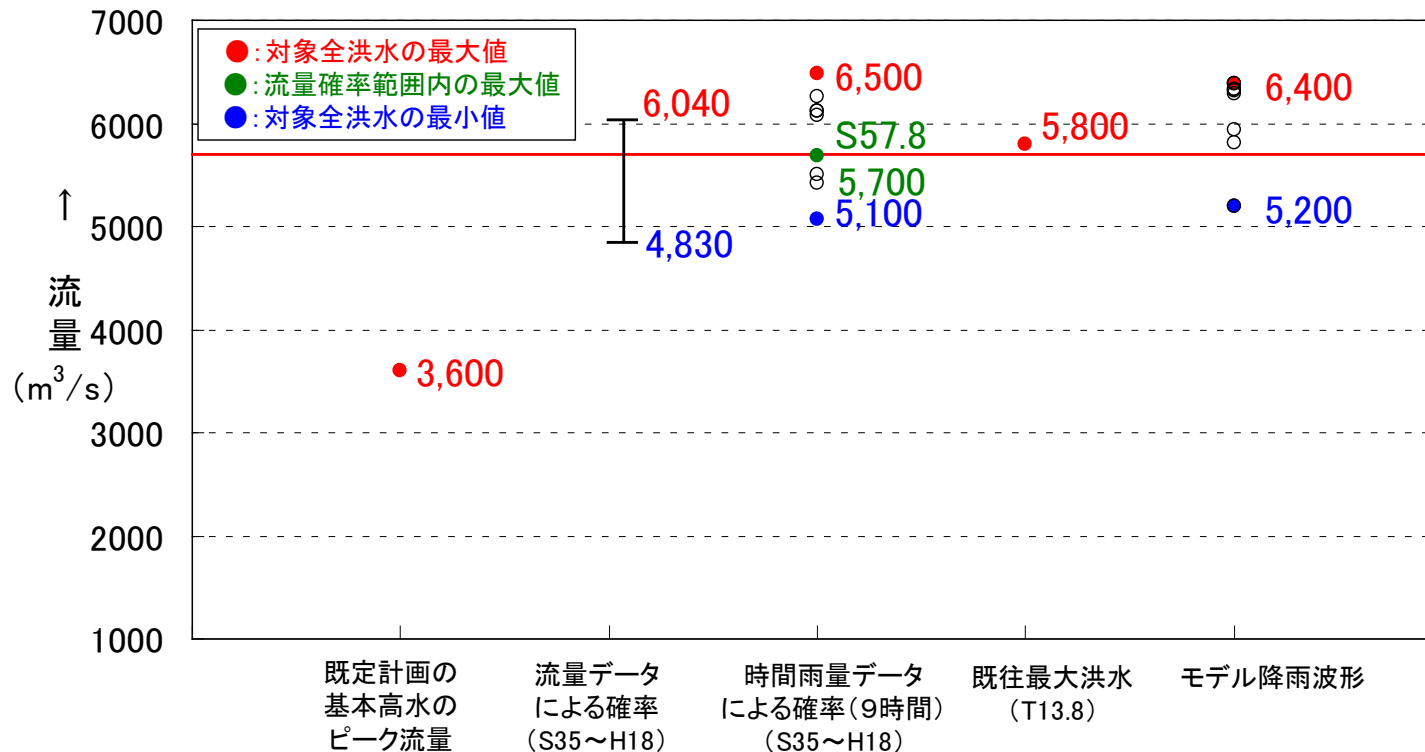
新宮川水系におけるd2PDF(5km, SI-CAT)の将来実験と過去実験それぞれ360年分の24時間年最大雨量の降雨分布を対象に、各小流域における雨量の流域平均雨量への寄与率を算出し、ユークリッド距離を指標としてウォード法によりクラスターに分類



# 総合判断による基本高水の決定（従来）

- 従来手法では、過去の降雨・流量観測値に基づく生起頻度を踏まえ、既往の大規模出水の規模も勘案する等、実態に即して基本高水を設定。
- 具体的には、流量データによる確率、時間雨量データによる確率、既往最大洪水、モデル降雨波形の結果を基に総合的に判断して基本高水のピーク流量を決定。
- 確率流量は降雨の時空間分布や流出過程の結果が表された基準地点における流量の生起確率を評価した値であり、基本高水を決定する上で重要な判断基準。

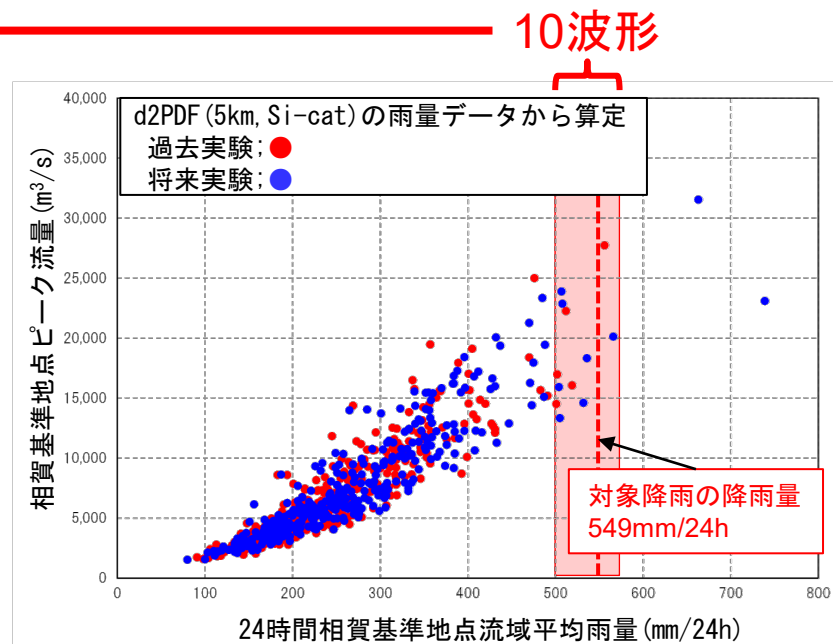
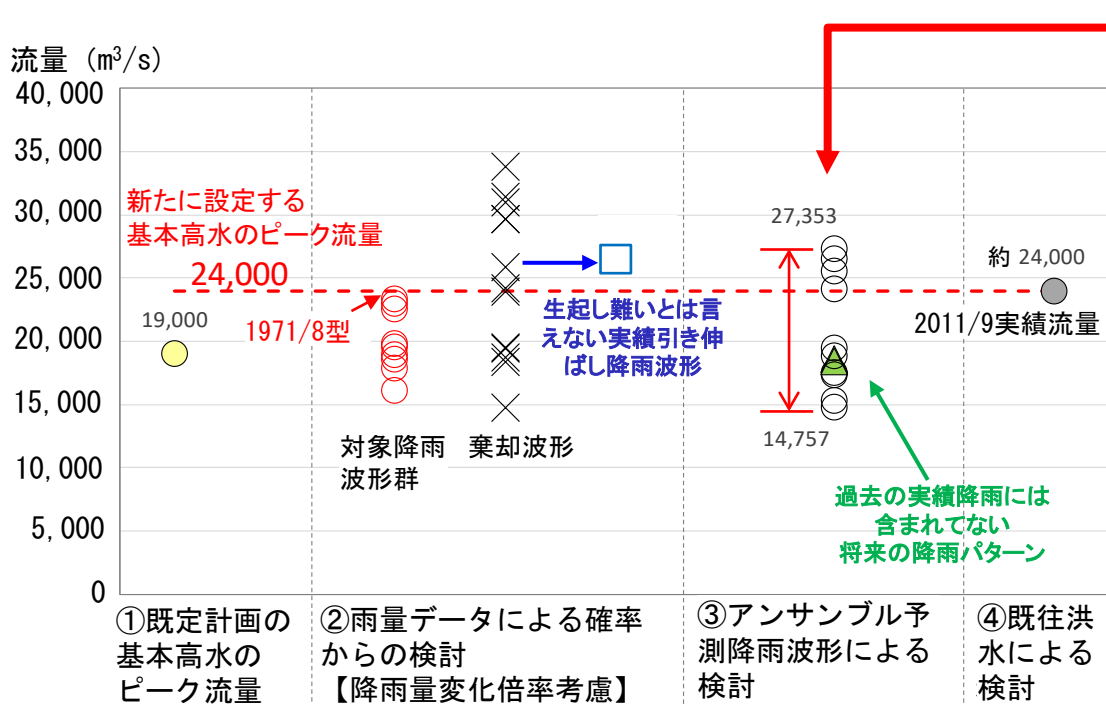
## 従来手法による総合判断の例（小丸川水系）



基本高水のピーク流量を5,700m³/sに決定

# 総合判断による基本高水の決定（新たな手法）

- 「アンサンブル予測降雨波形による検討」におけるヒドログラフ群は、年超過確率1/100における基本高水の設定の際に、実績降雨を相対的に大きく引き伸ばすことで設定した対象降雨波形群によるヒドログラフ群について、生起し難い尖鋭的な降雨波形及びヒドログラフを棄却するという側面において、「流量データによる確率からの検討」に替わる重要な判断基準であると考える。



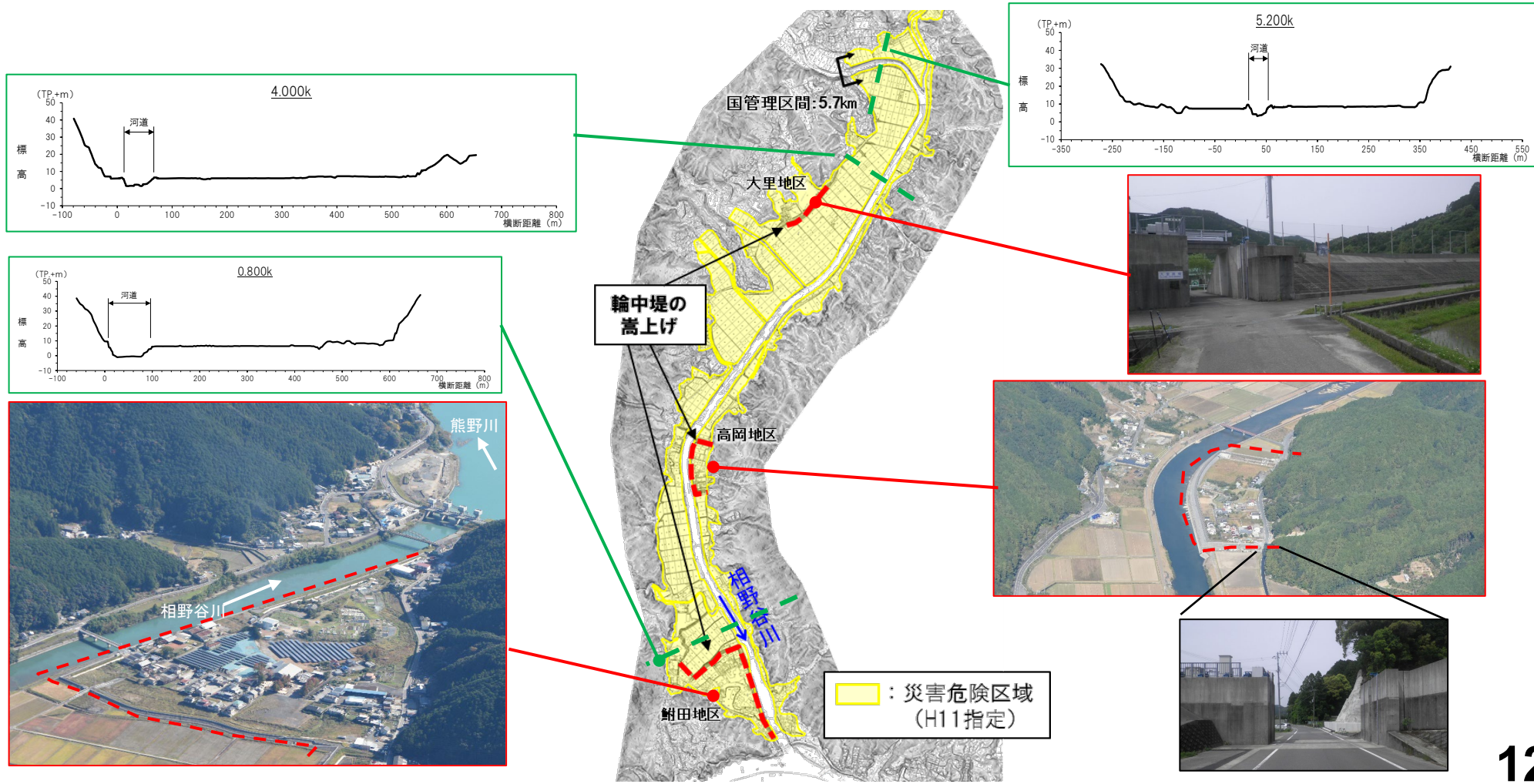
d2PDF (将来気候) による360年分の流量標本から求めた1/100確率流量は  
21,901m<sup>3</sup>/s ~~~~~ 25,358m<sup>3</sup>/s

## 本検討の成果・今後の方向性

- 全国的な治水安全度のバランスを踏まえ設定される洪水防御のための基本高水が、将来予測される降雨波形、及び、基本高水のピーク流量を超過する予測降雨波形すべてをカバーすることは現実的でない。
- こうした降雨波形の不確実性や、基本高水の降雨規模以上の洪水が発生することも踏まえ、流域全体で氾濫による被害を軽減するための対応が求められる。
- 基本高水を目標とした洪水防御のための河川整備と並行して、流域全体で水害リスクを低減させていくために、壊滅的な被害をもたらさないような堤防強化対策や、小流域単位の流出抑制対策、計画とは異なる降雨パターンによる洪水の氾濫に備えるための土地利用や住まい方の工夫が求められる。

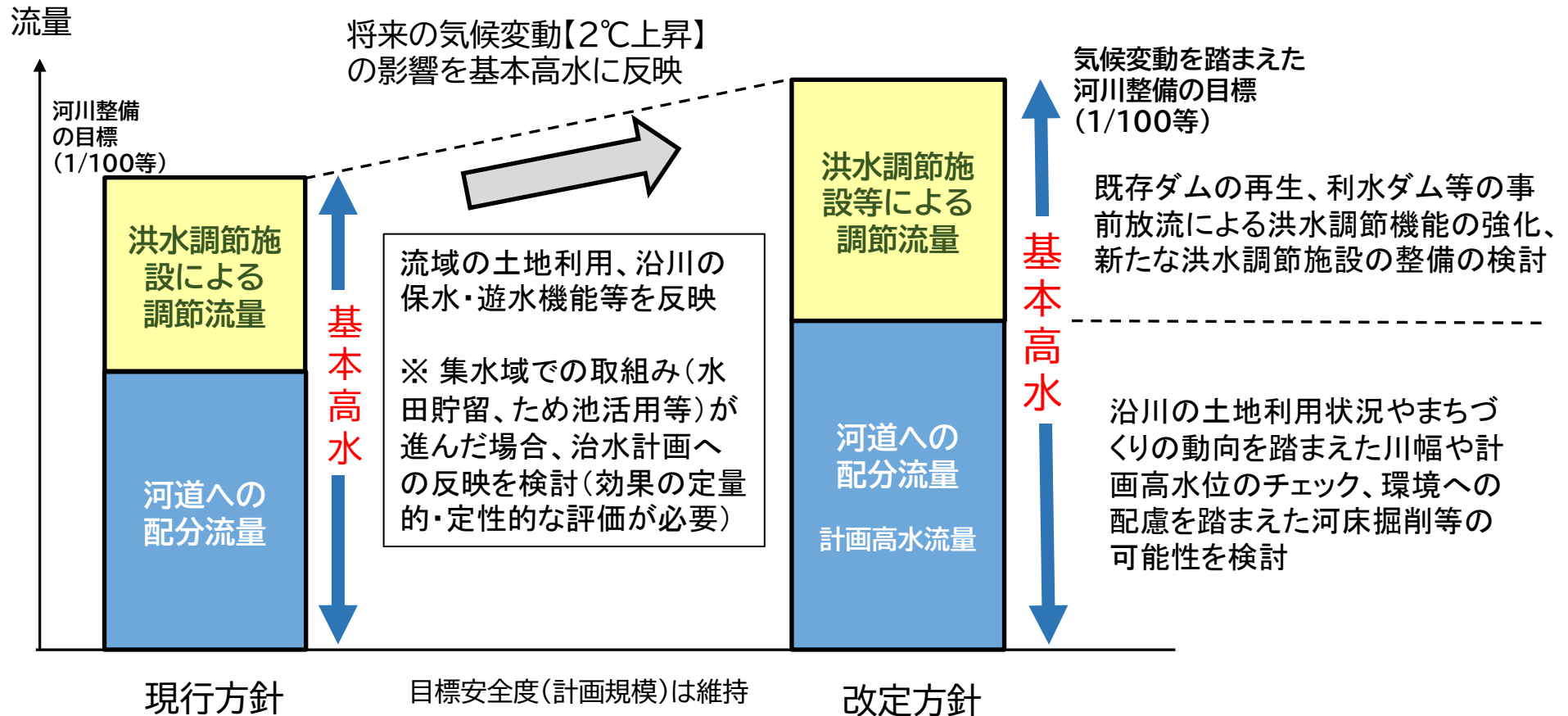
# 基本高水算定における流出計算モデルについて

- 沿川の氾濫域において、将来にわたり浸水することを前提として地域の合意の下、土地利用や居住誘導が進められており、計画高水流量が流下した際の水位が堤防天端を超える区間において、河道整備による洪水防御より河道と氾濫域一体となった洪水後防御の方が当該地域の治水対策として有効であることを踏まえ、当該区間の氾濫域も地形条件として河道モデルを構築



# 河道と洪水調節施設等への配分

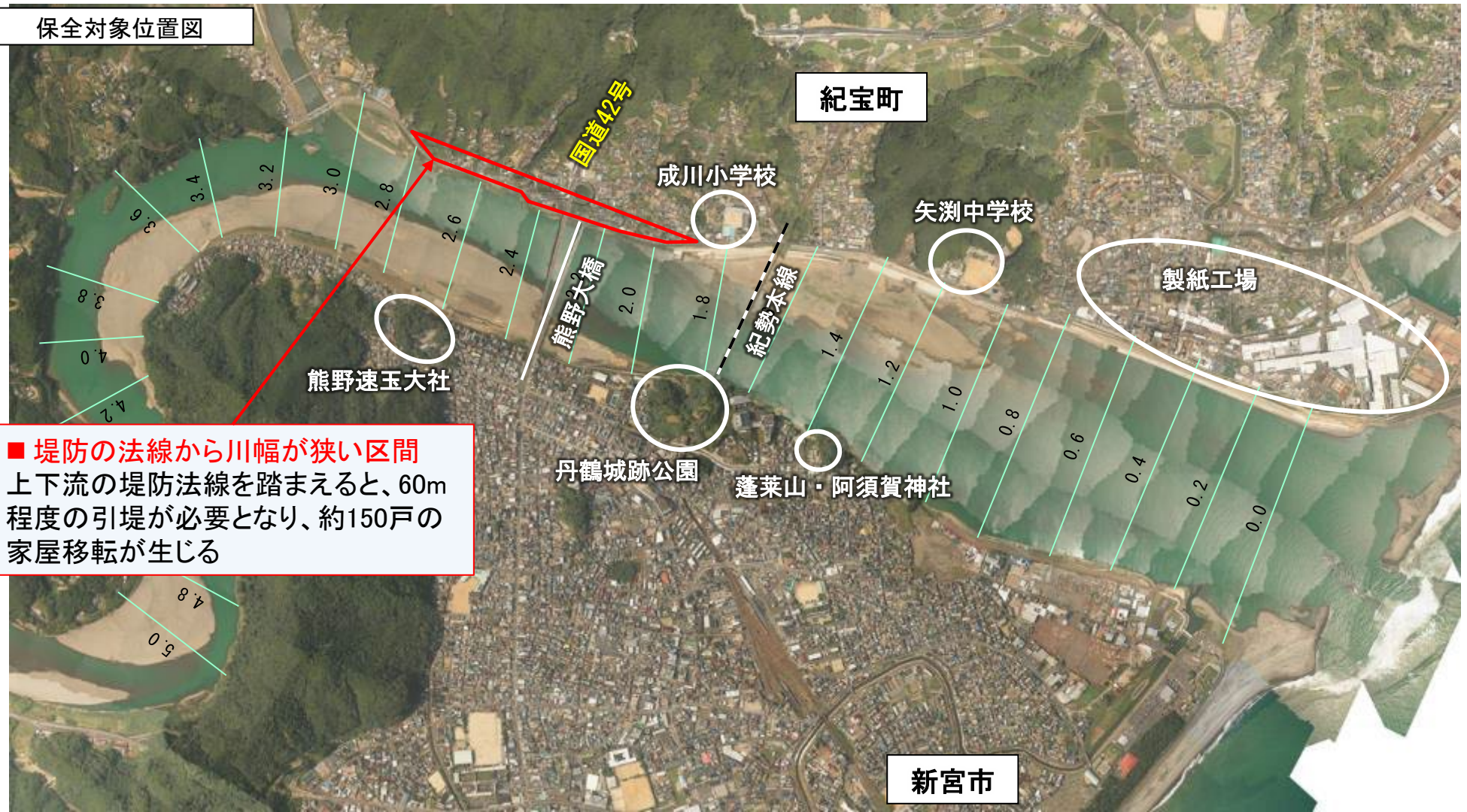
- 基本方針では、沿川のまちづくりなどに影響を与えるとの理由で、主要地点における川幅と計画高水位を規定してきている。方針改定時では、気候変動を考慮した基本高水に対し、改めて、現在の沿川の土地利用状況やまちづくりの動向を踏まえ、川幅や計画高水位のチェックや、河床掘削の可能性を検討
- 川幅については、例えば30年後には円滑に河道拡幅できるように、道路拡幅と同様に都市計画決定し、河川整備計画に反映させるなど、今からやるべきことを速やかに進める



# 計画高水流量について

- 気候変動による降雨量の増加を考慮した新たな基本高水流量(24,000m<sup>3</sup>/s)に対して、仮に、川幅の拡大や計画高水位の引き上げの実施により河積を拡大させた場合、引堤は河川沿いの多数の家屋移転が必要  
⇒ 掘削可能性の検討と既存ダムの有効活用を想定し、計画高水流量を23,000m<sup>3</sup>/s

保全対象位置図



■ 堤防の法線から川幅が狭い区間  
上下流の堤防法線を踏まえると、60m  
程度の引堤が必要となり、約150戸の  
家屋移転が生じる

## 計画高水流量設定の考え方

- 上下流・本支川の背後地の人口・資産の集積状況や土地利用状況等の現況及びその将来動向、並びに河川環境との調和や維持管理の観点を踏まえ、河道の洪水の貯留機能の向上と相まって流下能力の向上を図るよう、改めて、河道の平面形や縦断形、川幅等を設定することが重要である。
- また、上流区間と下流区間で河川管理者が異なる場合は相互調整及び連携を図り、本川のみならず上流区間や支川も含め、地形特性による遊水機能を有する沿川背後地における遊水地の整備が流域全体及び当該地域の治水安全度向上に資する場合は、これらによる洪水調節機能等も考慮して計画高水流量を設定

(以上、河川砂防技術基準計画編より)

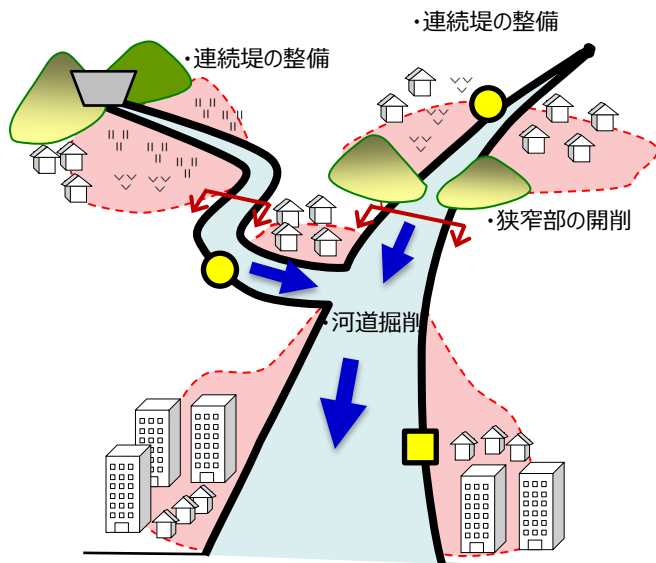


# 流域全体の治水安全度を早期向上

- 気候変動を踏まえた河川整備基本方針の見直しと連動し、国と都道府県が一体で議論・検討し、水系一体の河川整備計画の策定を進める。
- 河川整備は、超過洪水発生時のリスク分散を念頭に、上流・下流、本川・支川の各地域の特性や流域の土地利用を踏まえ、貯留・遊水も重視した治水対策を展開。

## 従来型の河川整備後

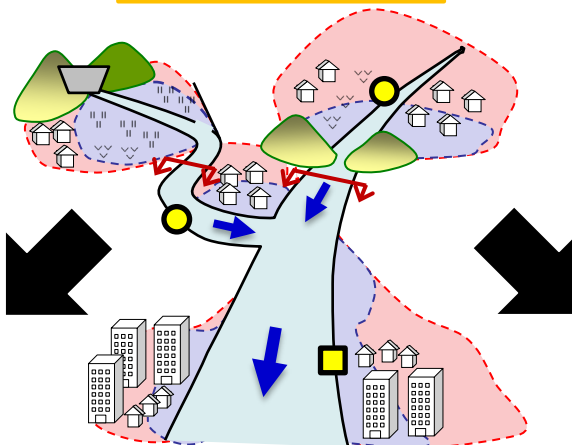
- 上下流バランスに配慮しながら、下流から順次河川整備を実施 ※河道掘削+連続堤重視の河川整備  
⇒上流の治水対策に時間を要す（洪水調節施設を除く）



超過洪水発生時に、下流域の人口・資産が  
集積する箇所での**氾濫リスクが増加**

- 下流の河川整備を待つため、上流域の河川整備に遅れ
- 超過洪水の発生時に、下流域の氾濫リスクが増大

## 現況の整備状況

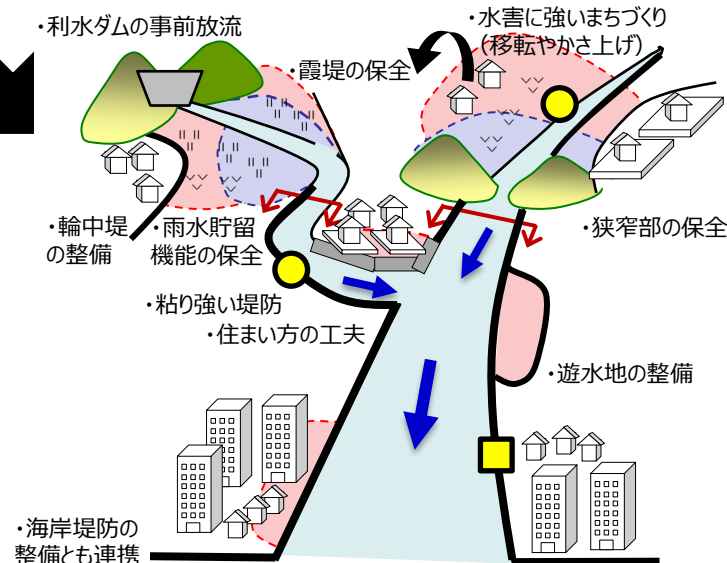


目標規模洪水による浸水：    
超過洪水による浸水：  

水害リスクマップの活用により、  
防災・減災のための土地利用等  
を促進

## 流域治水型の治水対策後

- 各地域の特性を踏まえた治水対策の充実により、水系一体で最適な治水対策案を検討  
※貯留・遊水を重視した治水対策  
⇒ **各区間の最適解** ⇒ **流域全体の最適解**



超過洪水発生時に、上流域での**貯留・遊水**により、  
**下流域での氾濫リスクが減少**

- 上流域も含め、**流域全体の早期の安全度向上**  
(下流に負荷をかけない流域治水対策)
- 超過洪水発生時に、**流域全体でリスクを分担**