

利根川水系河川整備基本方針の変更について ＜説明資料＞

令和6年1月26日

国土交通省 水管理・国土保全局

前回の小委員会でもいただいたご意見の概要①

【流域の概要に関するご意見】

ご意見の概要

農地面積の比率が比較的高く、特に水田が流域治水に果たす役割が大きいと期待される。特に支川レベルでの対策として水田の役割が大きいと期待されるので、できれば支川ごとの土地利用割合も出してほしい。

【基本高水に関するご意見】

ご意見の概要

気候変動により雨の降り方が変化している。上流部と平野部で違う可能性もあり、丁寧に見ながら議論したい。

令和元年東日本台風やカスリーン台風の疑似温暖化なども検討してはどうか。

【計画高水流量に関するご意見】

ご意見の概要

河道配分流量に利根川の計画・改修の歴史が基軸として残っている。これまでやってきた対策がどう今後、上手く機能できるのか、さらに機能アップできるのか、全体を見た上で検討が必要。

カスリーン台風での中流域の埼玉県の右岸の破堤による首都圏洪水では、氾濫流が元々の利根川筋に沿って流れた。いくら人工改変しても、この本来の自然の力、リスクから首都圏は逃れられない面がある。気候変動による降雨外力の増大に対応していくためには、治水安全度を高める必要性は明白。基本方針の目標流量と整備計画の目標流量の間にはまだまだ差がある一方で、その差がさらに広がることになり、どう対応していくかが課題。

元々の歴史的経緯、成り立ちを振り返る必要がある。東遷による河道の付け替え、締切で、利根川はかなり無理のある河道となっている。また、上流と下流の安全度が非常にアンバランスであり、これまで以上にこれらの課題に向きあう必要がある。そのためには、河道や既存施設の機能強化や有効活用、新たな施設整備が必要。

利根川は、地形、地質、植生、土地利用が多種多様。治水方式も、中条堤や、狭い区間をそのまま残す関東流から紀州流への移行など様々に変遷してきた。それら多様な空間と時間軸を理解して上流から下流まで文脈を作るのが役目。繋がりをもって全体の治水を考える必要がある。

前回の小委員会でもいただいたご意見の概要②

【超過洪水対策・流域における治水対策に関するご意見】

ご意見の概要

計画高水位を超えた場合の危機管理も並行して検討しておく必要。

(再掲)

カスリーン台風での中流域の埼玉県右岸の破堤による首都圏洪水では、氾濫流が元々の利根川筋に沿って流れた。いくら人工改変しても、この本来の自然の力、リスクから首都圏は逃れられない面がある。気候変動による降雨外力の増大に対応していくためには、治水安全度を高める必要性は明白。基本方針の目標流量と整備計画の目標流量の間にはまだまだ差がある一方で、その差がさらに広がることになり、どう対応していくかが課題。

(再掲)

元々の歴史的経緯、成り立ちを振り返る必要がある。東遷による河道の付け替え、締切で、利根川はかなり無理のある河道となっている。また、上流と下流の安全度が非常にアンバランスであり、これまで以上にこれらの課題に向きあう必要がある。そのためには、河道や既存施設の機能強化や有効活用、新たな施設整備が必要。

前回の考え方にはなかった流域治水が入ってきた。利根川は支川それぞれ特徴違うが、どんな流域治水ができるか期待したい。

(再掲)

農地面積の比率が比較的高く、特に水田が流域治水に果たす役割が大きいと期待される。特に支川レベルでの対策として水田の役割が大きいと期待されるので、できれば支川ごとの土地利用割合も出してほしい。

土地改良区がリーダーシップをとっている好事例が出てきているので、そういった取組が反映されるとよい。

(再掲)

利根川は、地形、地質、植生、土地利用が多種多様。治水方式も、中条堤や、狭い区間をそのまま残す関東流から紀州流への移行など様々に変遷してきた。それら多様な空間と時間軸を理解して上流から下流まで文脈を作るのが役目。繋がりをもって全体の治水を考える必要がある。

令和元年東日本台風を超えるような洪水が来た時にも被害を抑え、かつすぐに復旧できるようにするというのも流域治水の目標。利根川という首都圏を抱える河川で皆さんと一緒に議論していきたい。

前回の小委員会でもいただいたご意見の概要③

【河川環境・水利用に関するご意見】

ご意見の概要

気候変動の雪への影響についても、渇水・環境などの面から検討してほしい。

遊水地を管理していく中で、湿地環境がさらに豊かになるよう助力をし続けてほしい。

渡良瀬遊水地は現状ではまだ水質が悪いが、利水の点で国交省にできることは多い。流路変更もして窒素やリンが多い河川は入れないという取組はしているが、渡良瀬遊水地に流入する前の上流にため池を作り、そこに沈砂地を作るなど水質改善のためにできることは多い。

河川の水質は、BODではなく、窒素、リンがどれくらい含まれているかをモニタリングしていくようにできないか。

利根川水系河川整備基本方針に、霞ヶ浦をどう位置づけるかは、水質悪化も含め、悩ましい問題が多いだろう。妙岐ノ鼻の管理でヨシ原が大事だが、水位を上げた運用を行っている。妙岐ノ鼻がどのような推移を示しているのか、データを出してもらって議論したい。

礫河原が環境面では大事。鬼怒川のカワラノギク、カワラハハコなど。全国でカワラと名のつくものがいなくなっている。これは樹林化が原因だが、鬼怒川、小貝川は礫床が形成されている貴重な河川なので是非配慮してほしい。

流域治水提言でも生態系ネットワークという文言があり、遊水地をつないでいくことが重要。利根川水系のウリになってくる。既にコウノトリが渡良瀬で繁殖しているが、コウノトリ以外も含めて様々なところでネットワークを結べるような議論ができると良い。

河道掘削も、今回紹介された鬼怒川のXの掘削など、全国で様々な工夫が行われている。どんな掘削をすると、どんな生物に対して生息場を提供できるかがキーとなる。

霞ヶ浦、印旛沼の水質悪化の原因に農業排水がある。そういった点も考慮してほしい。

【総合土砂管理に関するご意見】

ご意見の概要

240年前に浅間山の噴火があり、泥流被害が生じたと記憶している。利根川は流域に活火山がある水系であり、今は上流にダム群があり、影響が想定される。そういったダム群でどのように備えておくのか示していただきたい。

- 現行の河川整備基本方針(以降、「現行の基本方針」と表記)は平成18年に策定した。
- 今回、気候変動の影響も考慮した計画への見直しを行うためご審議いただく。

<河川整備基本方針の変更に関する審議の流れ>

①流域の概要.....

- ・流域及び氾濫域の概要、土地利用状況、近年の降雨量・流量状況
- ・主な洪水と治水対策の変遷 等

前回資料抜粋【P. 6～P. 32】
※一部資料追加

②基本高水のピーク流量の検討.....

- ・気候変動を踏まえた基本高水の設定 等

今回審議事項【P. 33～P. 68】

③計画高水流量の検討

- ・改修事業(引堤)と治水対策検討の経緯、現時点で考えられる治水対策案 等

④超過洪水・流域における治水対策

- ・超過洪水対策、集水域・氾濫域における治水対策 等

⑤河川環境・河川利用についての検討

- ・河川環境、河川空間利用、流水の正常な機能を維持するため必要な流量 等

⑥総合土砂管理

- ・河道、河口の土砂堆積状況 等

⑦流域治水の推進

⑧河川整備基本方針(変更案)本文の検討

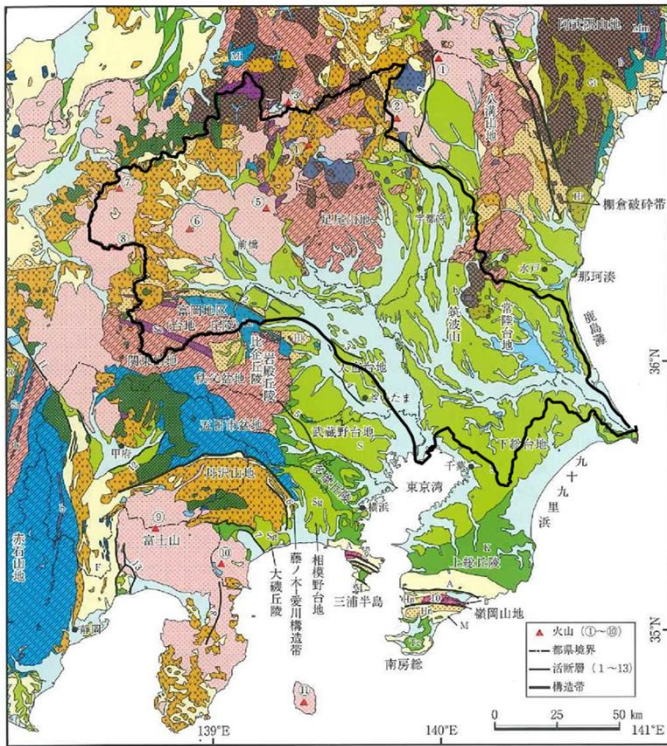
①流域の概要

土地利用状況

- 利根川は日本最大の広さを持つ関東平野を流れているため、他の河川と比較し、山地部より平地部の方が広いという特色を持っている河川である。
- 利根川流域の約半分を市街地及び農地が占め、年々市街地の割合が増えており、特に下流部・中流部の市街地化が顕著となっている。

地形・地質

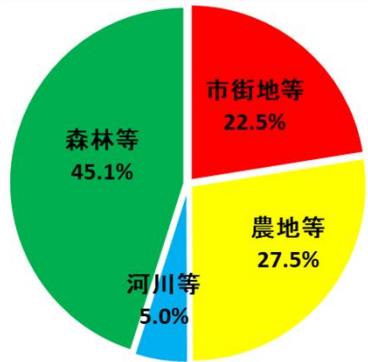
- 日本の河川は山地部が流域の大部分を占め、平野部が著しく小さい場合が多いが、利根川は日本最大の面積を誇る関東平野を貫流しているため、流域における平野部と山地部の面積割合は6対4となっており、平野部が流域を支配している河川である。
- 利根川流域の地形は、関東地方の地形を成している関東平野とそれを取り巻く山地に分けることができる。



※出典：木村ほか「関東地方の地質・地盤」地盤工学会編「新・関東の地盤(2014年版)」の図2-3
 :産総研の20万シームレス地質図
 (産総研(2022):20万分の1日本シームレス地質図V2. <https://gbank.gsj.jp/seamless/>)を基にした編纂図。
 ※出典の図に利根川流域を加筆

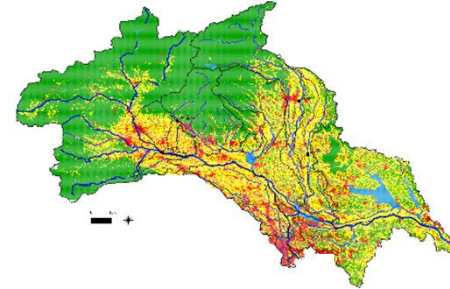
土地利用

- 利根川流域の約45%は山林であり、農地、市街地はそれぞれ20~30%を占めている。
- 上流部から下流部の平野部においては、市街地・農地として利用されており、特に江戸川や中川の河口部や中流部では市街化が進んでいる。

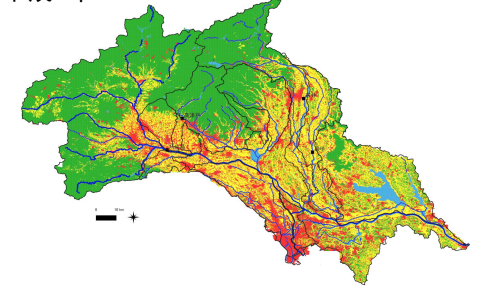


流域内の土地利用割合(令和3年)
 国土数値情報より作成

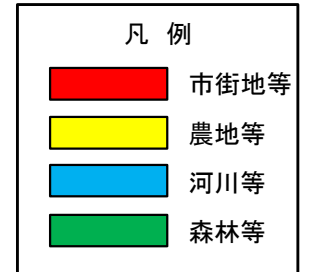
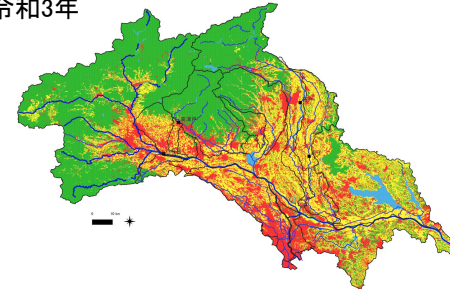
昭和51年



平成9年

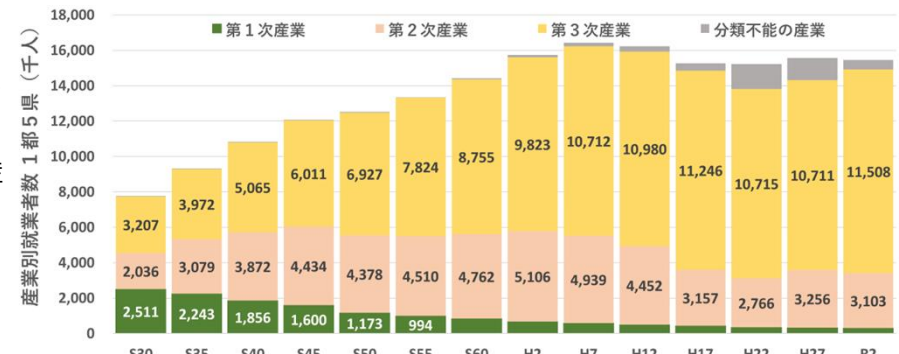


令和3年



主な産業

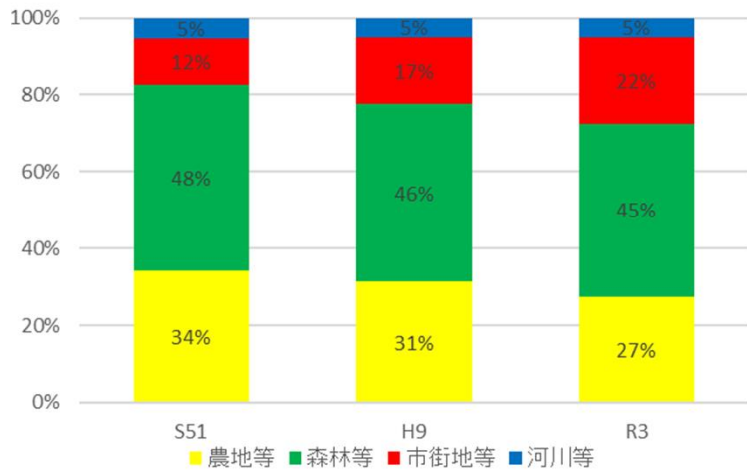
- 利根川流域に係る1都5県の人口は約3,000万人となっており、戦後の特に昭和30年以降、東京都を中心に人口が大幅に増加し、その後も緩やかな増加傾向であったが、令和2年ではどの都県においても減少となった。
- 1都5県の産業就業者数構成の推移は、第1次産業就業者数は減少、第2次産業就業者数は、平成2年をピークにし、減少傾向であったが、平成27年から微増し、全国の約2割を占めている。第3次産業就業者数は増加傾向であり、全国の約3割を占めている。



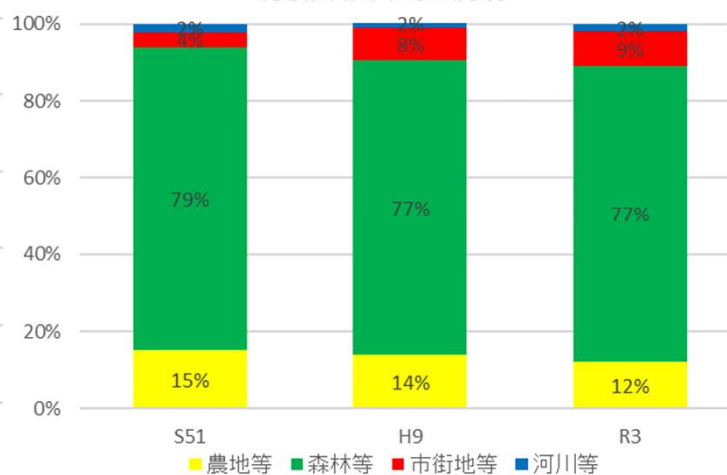
土地利用状況(本川及び支川)

○ 土地利用状況について、国土数値情報を基に本川及び支川の状況について整理した。

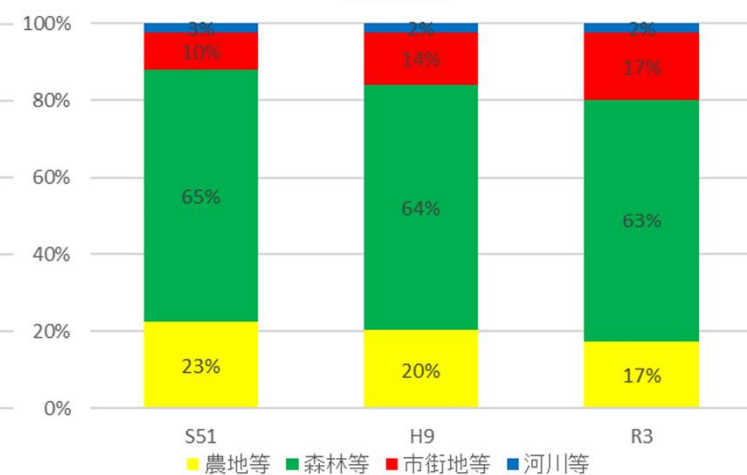
利根川流域



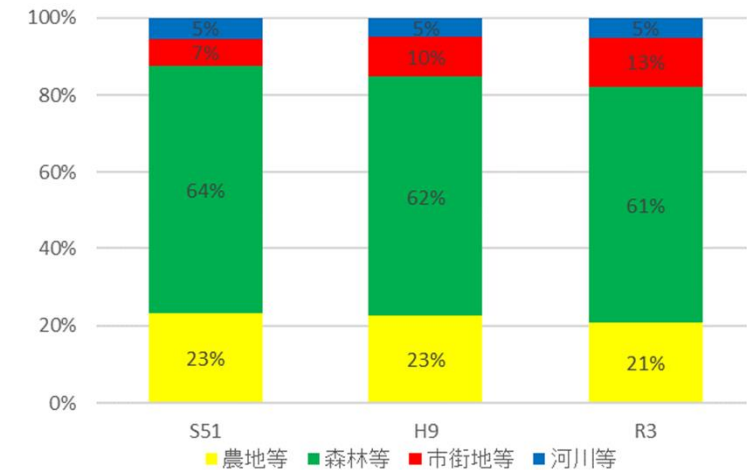
利根川(八斗島上流域)



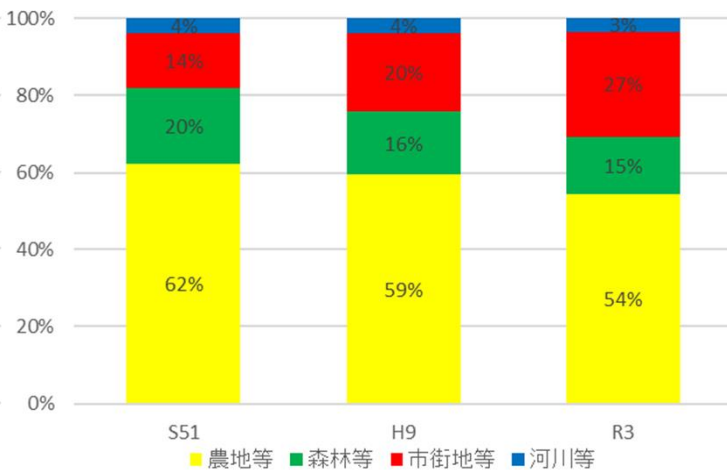
渡良瀬川



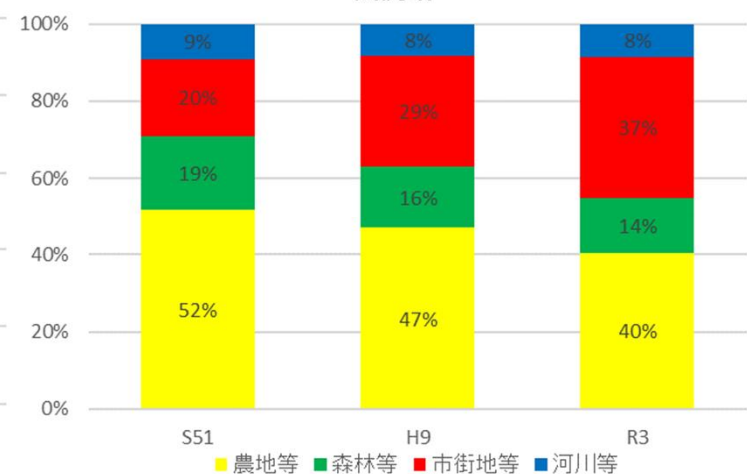
鬼怒川



小貝川



残流域

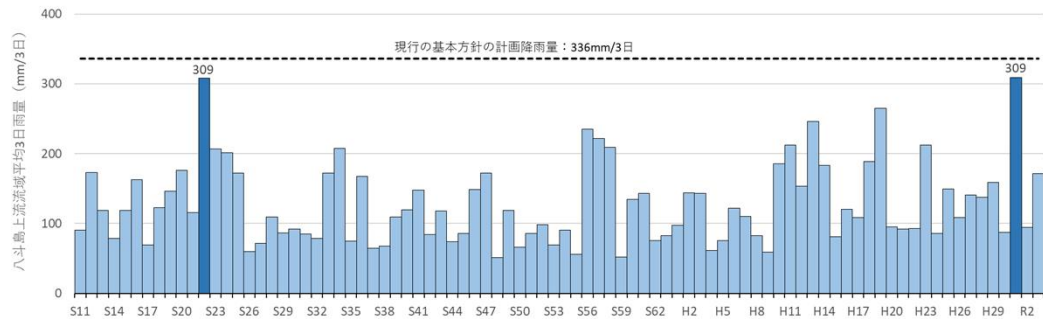


近年の降雨量・流量状況

- これまで、利根川の八斗島地点では計画降雨量及び基本高水のピーク流量を上回る洪水は発生していない。
- 令和元年東日本台風(台風第19号)では、基準地点八斗島において約17,500m³/s(氾濫・ダム戻し後)となり、現行の基本方針における基本高水のピーク流量は超えていないが、現行の河川整備計画の目標流量17,000m³/sを上回る流量を記録した。
- 利根川の流況については、豊水流量、平水流量、低水流量、渇水流量の経年的な大きな変化は見られない。

流域平均年最大雨量(3日) 基準地点 八斗島

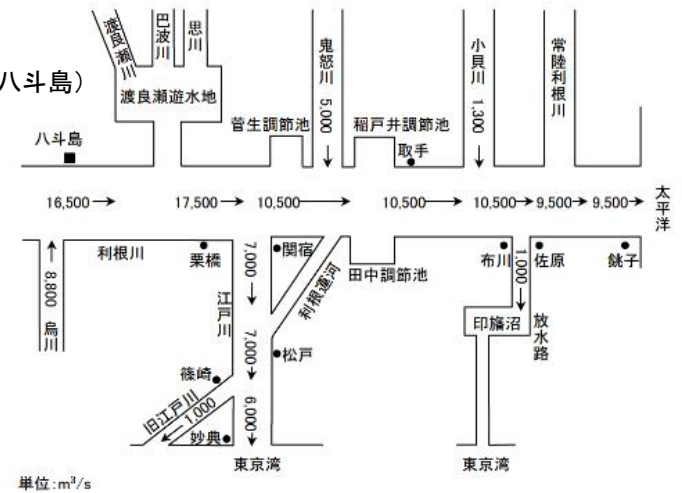
■ S22.9カスリーン台風、令和元年東日本台風(台風第19号)において観測史上最大雨量を記録



計画高水流量図

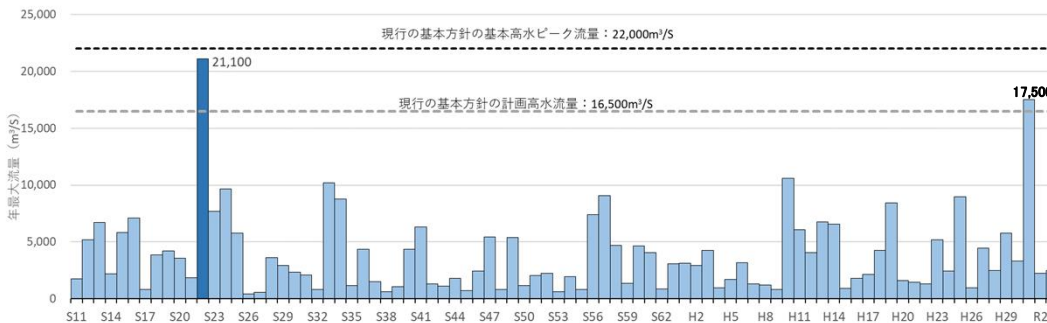
現行の基本方針の計画規模等

- 計画規模 1/200
- 計画降雨量 336mm/3日 (八斗島)

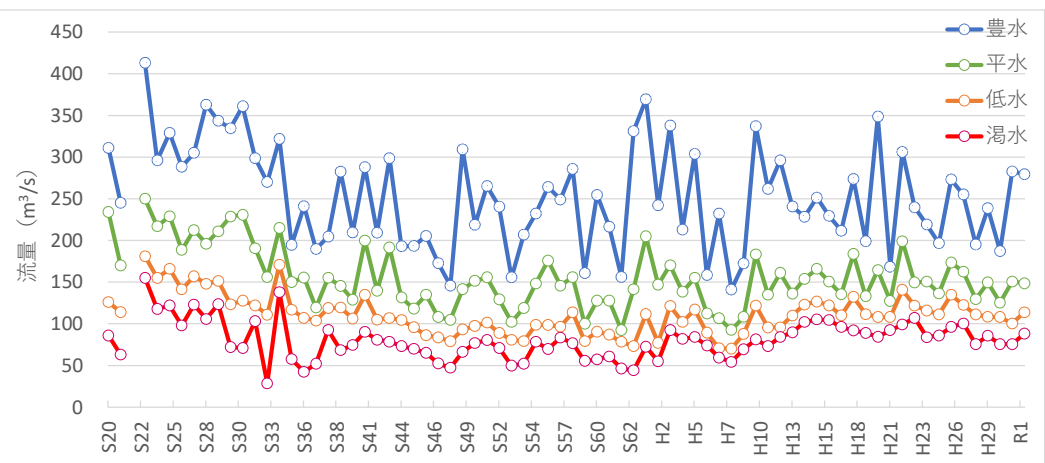


年最大流量(氾濫、ダム戻し後) 基準地点 八斗島

■ S22.9カスリーン台風は最大流量を記録し、基本高水のピーク流量に迫る洪水



流況の経年変化 基準地点 栗橋



豊水流量：1年を通じて95日はこれを下らない流量
 平水流量：1年を通じて185日はこれを下らない流量
 低水流量：1年を通じて275日はこれを下らない流量
 渇水流量：1年を通じて355日はこれを下らない流量

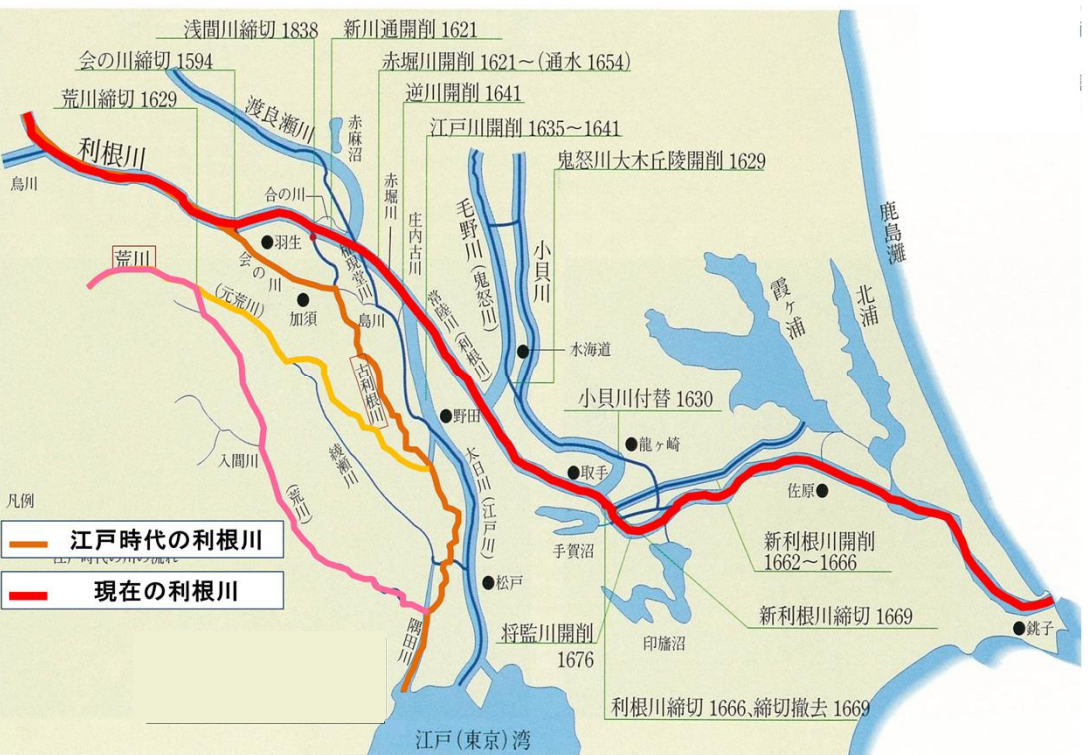
利根川の東遷・明治期～昭和前期の治水方式

- 徳川家康は江戸入府を契機に、東京湾へ流れていた利根川の流路を太平洋へ変更し、利根川の骨格が形成された。
- 明治43年に明治最大の洪水を受けて中条堤が決壊し、氾濫水は東京まで達した。
- 明治43年の洪水が契機となり、明治44年改修計画の改定によって、上下流一貫した連続築堤方式による治水対策を採用した。

利根川の東遷

東遷の目的は諸説あるが、以下のとおり考えられている

- 埼玉平野の新田開発
- 舟運の発達
- 江戸を水害から守る



明治から昭和の改修工事



名称	区間	着手～竣工	工事の主な内容
第Ⅰ期	銚子～佐原	M33年度～M42年度	<ul style="list-style-type: none"> 大規模な機械化施工の始まり 浚渫工事中心
第Ⅱ期	佐原～取手	M40年度～S5年度	<ul style="list-style-type: none"> 湾曲部を直線化するため、開削を実施 開削土を用いて築堤工事を実施 大幅な河道変化
第Ⅲ期	取手～芝根	M42年度～S5年度	<ul style="list-style-type: none"> 新川通・赤堀川の拡幅 江戸川流頭の棒出し撤去 「中条堤」を中心とした遊水機能廃止 渡良瀬遊水地の整備

利根川(本川)の主な洪水と治水対策

○ 明治33年の改修計画策定以降、大規模な洪水被害の発生や流域の社会経済の発展を踏まえて、治水計画の見直しを行い、様々な事業を実施してきた。

利根川水系の主な洪水と治水計画

1600年代		利根川の東遷
M18.7	洪水(台風)	流量 3,700m ³ /s(中田)、浸水面積 約28km ²
M23.8	洪水(台風)	流量 3,780m ³ /s(中田)
M27.8	洪水(台風)	流量 3,710m ³ /s(中田)、浸水面積 約276km ²
M29.9	洪水(台風)	流量 3,870m ³ /s(中田)、浸水面積 約817km ²
M33	利根川改修計画	計画高水流量 3,750m ³ /s(利根川上流)
M40.8	洪水(台風)	流量 不明、浸水面積 約780km ²
M43.8	洪水(台風)	流量 6,960m ³ /s(八斗島)、死者・行方不明者 847名
M44	利根川改修計画改定	計画高水流量 5,570m ³ /s(利根川上流)
S1	渡良瀬遊水地工事完成	
S10.9	洪水(前線)	流量 9,030m ³ /s(八斗島)、浸水面積 約126km ²
S13.6・7	洪水(台風)	流量 2,850m ³ /s(八斗島)、4,480(取手)、浸水面積 約2,145km ²
S14	利根川増補計画策定	計画高水流量 10,000m ³ /s(八斗島)
S22.9	カスリーン台風	流量 21,100m ³ /s(八斗島) 浸水家屋 約30万戸 ※1都5県の合計値
S24	利根川改修改訂計画	基本高水のピーク流量 17,000m ³ /s 計画高水流量 14,000m ³ /s(八斗島)
S35	菅生調節池化概成	
S40	田中調節池化概成	
S40	利根川工事実施基本計画	基本高水のピーク流量 17,000m ³ /s 計画高水流量 14,000m ³ /s(八斗島)
S44	利根川・江戸川大規模引堤完成	
S55	利根川工事実施基本計画改定	基本高水のピーク流量 22,000m ³ /s 計画高水流量 16,000m ³ /s(八斗島)
H9	渡良瀬遊水地調節池化工事概成	
H10.9	洪水(台風第5号)	流量 10,590m ³ /s(八斗島)
H18.2	利根川河川整備基本方針	基本高水のピーク流量 22,000m ³ /s 計画高水流量 16,500m ³ /s(八斗島)
H25.5	利根川整備計画	河川整備計画における目標流量 17,000m ³ /s 河道目標流量 14,000m ³ /s程度(八斗島)
H28.2	利根川整備計画変更	霞導水事業について記載を変更等
H29.9	利根川整備計画変更	思川開発事業について記載を変更等
R1.10	令和元年東日本台風(台風第19号)	流量 17,500m ³ /s(八斗島)
R2.3	利根川整備計画変更	藤原・奈良俣再編ダム再生事業について記載を変更等
R2	ハッ場ダム完成	* 洪水流量はダム・氾濫戻し流量

主な洪水被害

■カスリーン台風

洪水流量:八斗島 21,100m³/s



埼玉県栗橋町(現:久喜市)付近浸水状況



東京都葛飾区浸水状況

■令和元年東日本台風(台風第19号)

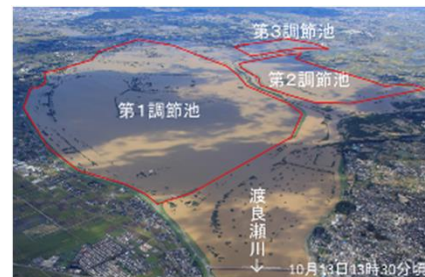
洪水流量:八斗島 17,500m³/s



河口部出水状況



茨城県神栖市浸水状況



渡良瀬遊水地貯留状況



江戸川出水状況

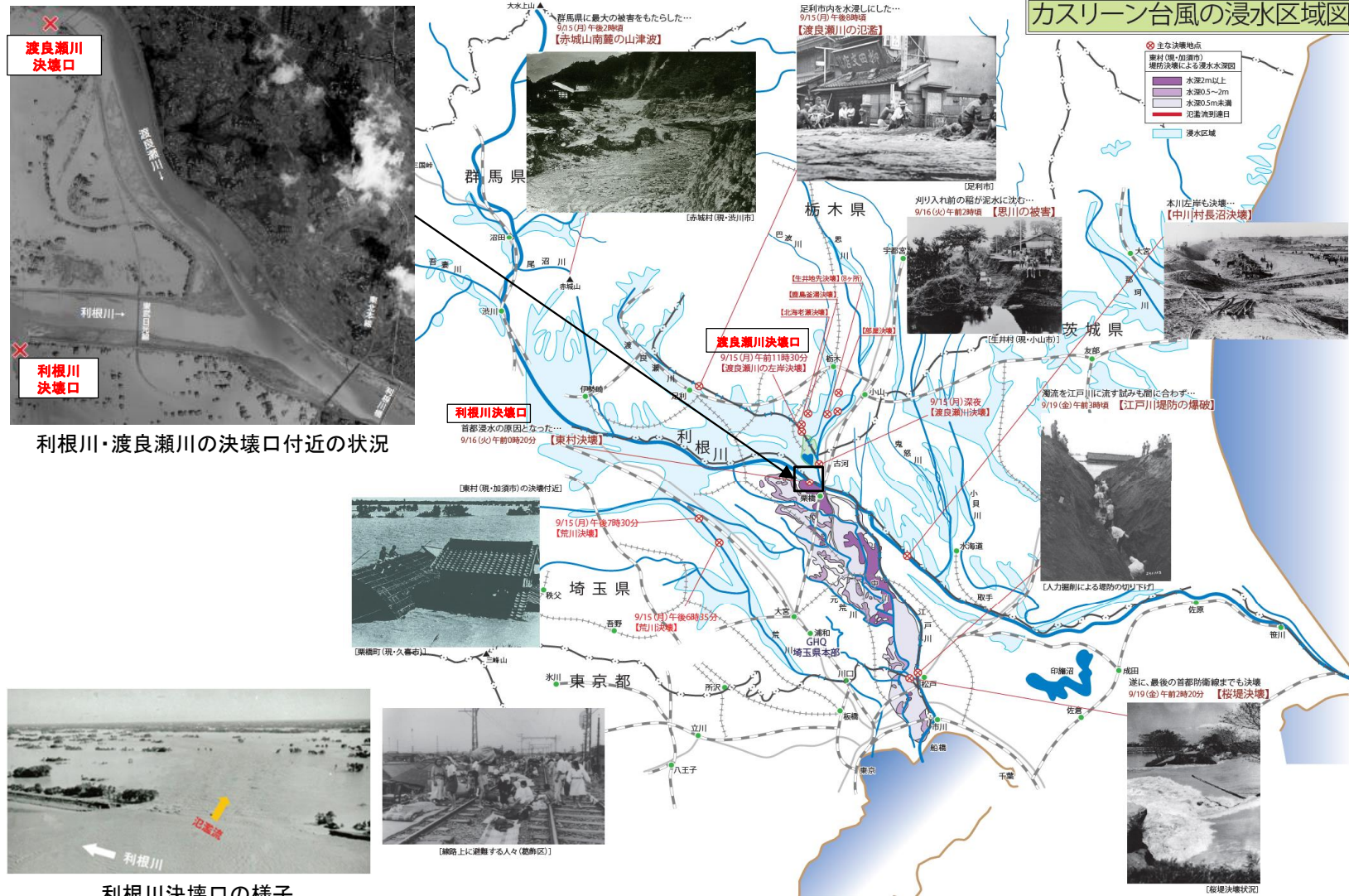
カスリーン台風の概要

- 昭和22年9月、房総半島沖を通過した「カスリーン台風」により、利根川や渡良瀬川では全川にわたり過去最高水位を記録した。
- 9月15日に渡良瀬川等、16日午前0時15分には利根川合流点に近い渡良瀬川の三国橋右岸、午前0時20分には北埼玉郡東村（現加須市）新川通地先の利根川右岸が決壊するなど、利根川流域全域にわたって洪水被害が発生した。
- 利根川右岸の決壊による氾濫流は、今の中川・綾瀬川流域を飲み込み、荒川の氾濫流とも併せ、東京都と埼玉県の間にある大場川の桜堤までも決壊させ、葛飾区・江戸川区・足立区の東京区部にまで達するなど、関東一円に大きな被害をもたらした。

カスリーン台風の経路



カスリーン台風による浸水状況



利根川・渡良瀬川の決壊口付近の状況

利根川決壊口の様子

カスリーン台風による被害

都県名	家屋浸水 (戸)		家屋流出・倒壊 (戸)	家屋半壊 (戸)	死者 (人)	田畑の浸水 (ha)
	床上	床下				
東京都	72,945	15,485	56		8	2,349
千葉県	263	654		6	4	2,010
埼玉県	44,610	34,334	1,118	2,116	86	66,524
群馬県	31,091	39,938	1,936	1,948	592	62,300
茨城県	10,482	7,716	209	75	58	19,204
栃木県		45,642	2,417	3,500	352	24,402
合計	303,160	5,736	7,645	1,100	176,789	

○ 支川においても、大規模な洪水被害の発生や流域の社会経済の発展を踏まえて、治水計画の見直しを行い、様々な事業を実施してきた。

渡良瀬川の主な洪水と治水計画

M43	渡良瀬川改修計画策定 (足利～合流点)	計画高水流量 2,500m ³ /s(藤岡)
S13.8・9	洪水(台風)	流量 2,800m ³ /s(高津戸) 死者9名、浸水面積 約2,200ha
S14	利根川増補計画策定	計画高水流量 2,800m ³ /s(岩井)
S15	渡良瀬川上流改修計画策定	計画高水流量 2,700m ³ /s(桐生)
S22.9	カスリーン台風	流量 4,500m ³ /s(高津戸) 浸水家屋 約30万戸 ※1都5県の合計値
S24.8	キティ台風	流量 2,500m ³ /s(高津戸) 死者128名 浸水面積約716ha
S24	利根川改修改訂計画	計画高水流量 3,500m ³ /s(高津戸)
S40	利根川工事実施基本計画	基本高水のピーク流量 4,300m ³ /s 計画高水流量 3,500m ³ /s(高津戸)
S41.9	洪水(台風第26号)	流量 1,400m ³ /s(高津戸) 床上浸水152戸 浸水面積約1,260ha
S42	岩井分水路完成	
S52	草木ダム完成	
S55	利根川工事実施基本計画改定	基本高水のピーク流量 4,600m ³ /s 計画高水流量 3,500m ³ /s(高津戸)
H18.2	利根川河川整備基本方針	基本高水のピーク流量 4,600m ³ /s 計画高水流量 3,500m ³ /s(高津戸)
H29.12	利根川水系渡良瀬川河川整備計画策定	河川整備計画における目標流量3,300m ³ /s 河道目標流量 3,000m ³ /s(高津戸)

* 洪水流量はダム・氾濫戻し流量

鬼怒川の主な洪水と治水計画

T15	鬼怒川改修計画	計画高水流量 3,600m ³ /s(石井)
S13.6	洪水(台風)	流量 4,600m ³ /s(石井) 浸水面積 約12,400ha
S14	利根川増補計画策定	計画高水流量 3,600 ³ /s(石井)
S22.9	カスリーン台風	流量 3,300m ³ /s(石井) 浸水家屋 約30万戸 ※1都5県の合計値
S23.9	アイオン台風	流量 2,800m ³ /s(石井) 浸水面積 約200ha
S24.8	キティ台風	流量 5,500m ³ /s(石井) 床上浸水230戸、浸水面積約4,500ha
S24	利根川改修改訂計画	基本高水のピーク流量 5,400m ³ /s 計画高水流量 4,000m ³ /s(石井)
S31	五十里ダム完成	
S40	利根川工事実施基本計画	基本高水のピーク流量 5,400m ³ /s 計画高水流量 4,000m ³ /s(石井)
S41	川俣ダム完成	
S48	利根川工事実施基本計画改定	基本高水のピーク流量 8,800m ³ /s 計画高水流量 6,200m ³ /s(石井)
S58	川治ダム完成	
H10.9	洪水(台風5号)	流量 5,300m ³ /s(石井) 床上浸水27戸、浸水面積約200ha
H18.2	利根川河川整備基本方針	基本高水のピーク流量 8,800m ³ /s 計画高水流量 5,400m ³ /s(石井)
H24	湯西川ダム完成	
H27	関東・東北豪雨(前線)	流量 6,600m ³ /s(石井) 家屋全壊等5,277件
H28.2	利根川水系鬼怒川河川整備計画策定	河川整備計画における目標流量6,600m ³ /s 河道目標流量 4,600m ³ /s(石井)

* 洪水流量はダム・氾濫戻し流量

小貝川の主な洪水と治水計画

S8	小貝川改修計画	計画高水流量 450m ³ /s(黒子)
S13.6	洪水(前線)	流量 1,400m ³ /s(黒子) 越水・決壊が多数
S16	一次改定計画	計画高水流量 750m ³ /s(黒子)
S16.7	洪水(台風)	流量 1,000m ³ /s(黒子) 浸水面積約10,000ha
S22.9	カスリーン台風	流量 600m ³ /s(黒子) 浸水家屋 約30万戸 ※1都5県の合計値
S25.8	洪水(低気圧)	流量 900m ³ /s(黒子) 浸水面積4,000ha
S40	利根川工事実施基本計画	基本高水のピーク流量 850m ³ /s 計画高水流量 850m ³ /s(黒子)
S55	利根川工事実施基本計画改定	基本高水のピーク流量 1,300m ³ /s 計画高水流量 1,300m ³ /s(黒子)
S56.8	洪水(台風第15号)	流量 500m ³ /s(黒子) 床上浸水700戸 浸水面積約3,300ha
S57.9	洪水(台風第18号)	流量 600m ³ /s(黒子) 床上浸水120戸
S61.8	洪水(台風第10号)	流量 1,750m ³ /s(黒子) 床上浸水4,500戸、浸水面積約4,300ha
S62	利根川工事実施基本計画改定	基本高水のピーク流量 1,950m ³ /s 計画高水流量 1,300m ³ /s(黒子)
H3	母子島遊水地完成	
H18.2	利根川河川整備基本方針	基本高水のピーク流量 1,950m ³ /s 計画高水流量 1,300m ³ /s(黒子)
R2.3	利根川水系小貝川河川整備計画策定	河川整備計画における目標流量 1,100m ³ /s 河道目標流量 1,050m ³ /s(黒子)

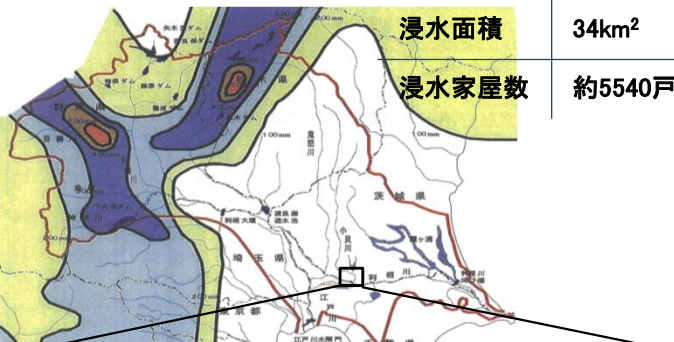
* 洪水流量はダム・氾濫戻し流量

昭和56年8月洪水 昭和61年8月洪水

- 昭和56年8月、台風の影響により、利根川と鬼怒川の上流山間部では総雨量が300～500mmに達して利根川本川で洪水が発生し、小貝川は利根川本川からの逆流により、24日午前2時頃、左岸3.7k付近（龍ヶ崎市高須地先）にて決壊した。
- また、昭和61年台風第10号の影響により、黒子上流域の雨量が流域平均で300mm/日以上に達し、無堤部からの溢水により、下館市（現 筑西市）母子島地区では、5集落が冠水し、明野町（現 筑西市）赤浜地先の左岸堤防と石下町（現 常総市）本豊田地先の右岸堤防の2箇所が決壊が発生した。

昭和56年8月洪水概要

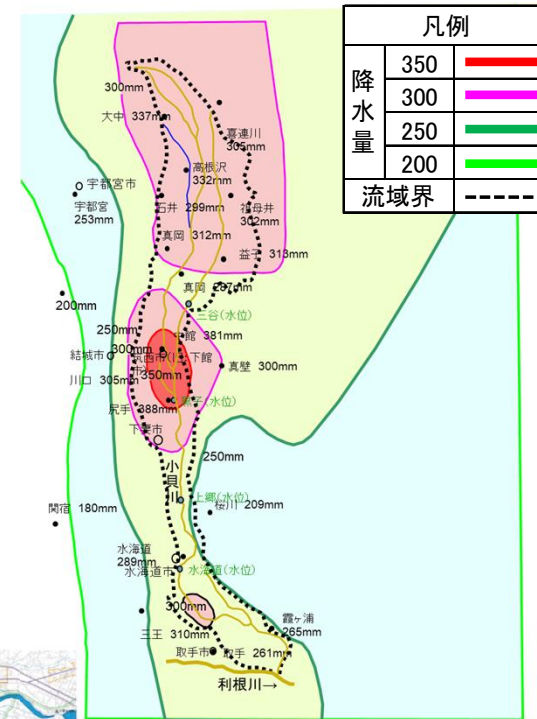
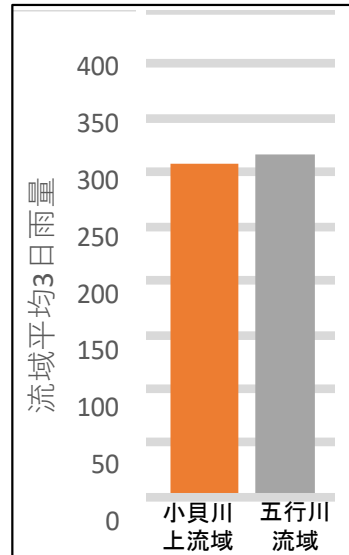
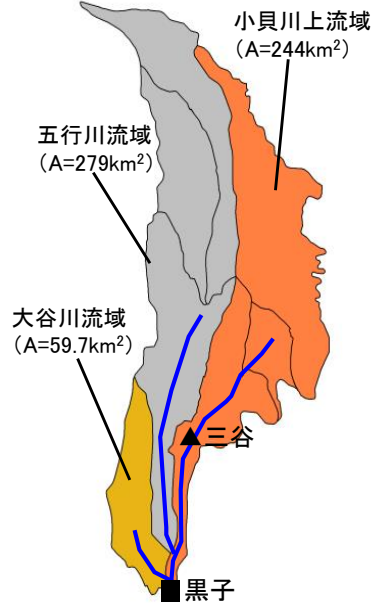
昭和56年8月21日～23日 3日間降雨分布図



浸水状況



昭和61年8月洪水概要



浸水面積 43km²

浸水家屋数 約4500戸

主な洪水と治水対策の変遷

- 利根川は明治33年に策定された「利根川改修計画」に基づき、明治33年から内務省の直轄事業として改修工事が着手された。
- その後、計画の見直しや支川の改修計画が策定され、昭和39年の河川法改正を踏まえ、昭和40年に既定計画が利根川水系工事実施基本計画として策定され、昭和55年に改定された。
- 平成9年の河川法改正を受け、平成18年に利根川水系河川整備基本方針、平成25年に利根川水系利根川・江戸川河川整備計画が策定された。

利根川水系の主な洪水と治水計画

M18.7 洪水	M23.8 洪水	M27.8 洪水	M29.9 洪水	M40.8 洪水	M43.8 洪水	S10.9 洪水	S13.6・7 洪水	S22.9 カスリーン 台風	S56.8 洪水	S57.9 洪水	S61.8 洪水	H3.9 洪水	H27.9 関東・東北 豪雨	R1.10 東日本 台風																
M33 利根川改修計画	M43 渡良瀬川改修計画	M44 利根川改修計画改定	T5 中川・綾瀬川内務省直轄 改修計画	T15 鬼怒川改修計画	S1 渡良瀬遊水地工事完成	S10 鎌庭捷水路完成	S14 利根川増補計画	S24 利根川改修改訂計画	S35 菅生調節池化概成	S40 田中調節池化概成	S40 利根川水系工事実施基本計画	S41 川俣ダム完成	S48 利根川工事実施基本計画 (鬼怒川)	S52 草木ダム完成	S55 利根川水系工事実施基本計画	S58 川治ダム完成	S62 利根川水系工事実施基本計画	H2 母子島遊水地完成	H9 渡良瀬遊水地化工事概成	H18 利根川水系河川整備基本方針	H18 首都圏外郭放水路概成	H21 稲戸井調節池完成	H24 湯西川ダム完成	H25 利根川・江戸川河川整備計画	H28 鬼怒川河川整備計画	H28 霞ヶ浦河川整備計画	H29 渡良瀬川河川整備計画	R2 八ッ場ダム完成	R2 小貝川河川整備計画	R5 中川・綾瀬川河川整備計画

■昭和22年9月カスリーン台風



利根川 栗橋町(現:久喜市) 浸水状況

■昭和56年8月洪水



小貝川 龍ヶ崎市高須地先 決壊状況

■平成3年9月洪水



中川 越谷市 浸水状況

■令和元年東日本台風(台風第19号)



八ッ場ダム貯留状況(試験湛水)

■昭和22年9月カスリーン台風



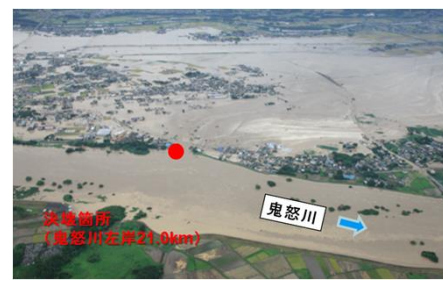
利根川 葛飾区 浸水状況

■昭和61年8月洪水



小貝川 石下町(現:常総市)本豊田地先 決壊状況

■平成27年関東・東北豪雨



鬼怒川 常総市上三坂地先 決壊状況

■令和元年東日本台風(台風第19号)



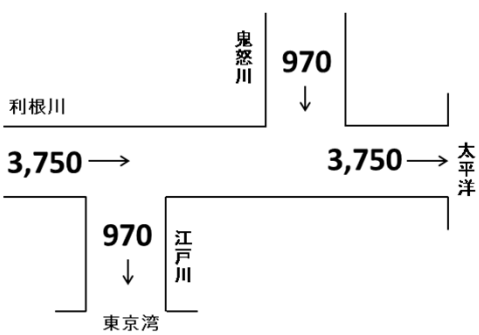
利根川 羽生市川俣地先 出水状況

利根川における治水計画の変遷

利根川水系

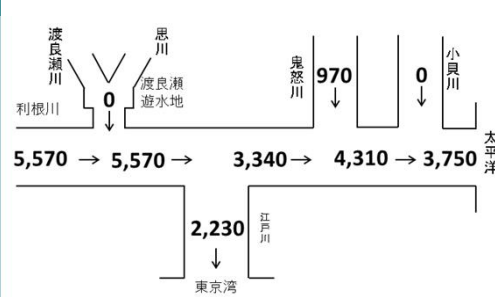
○ 明治33年の改修計画策定以降、大規模な洪水被害の発生や流域の社会経済の発展を踏まえて、治水計画の見直しを行い、様々な事業を実施してきた。

明治33年 利根川改修計画



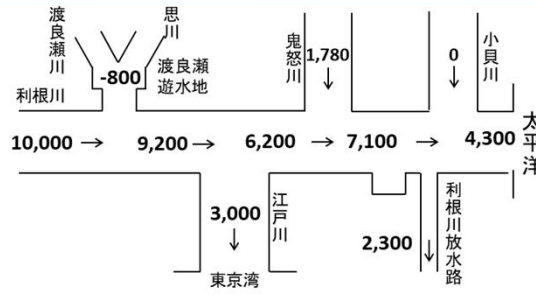
- 明治18、29年等の洪水が契機
- 明治18、23、27、29年の4洪水の平均により計画流量を決定
- 利根川河口部から上流へ改修に着手

明治44年 利根川改修計画



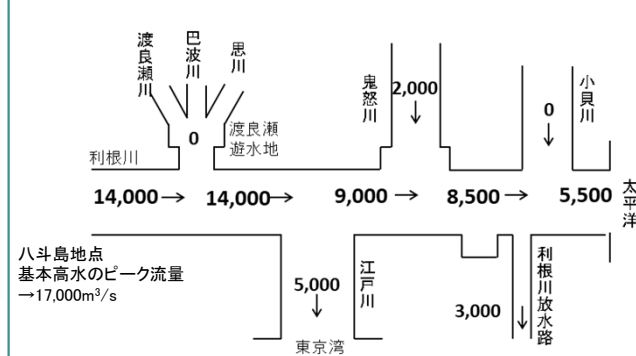
- 明治40、43年の洪水が契機
- 5～10年に1回程度発生する洪水を基本として計画流量を決定
- 小貝川合流点から下流は引堤の実施直後で、地域への影響から再度の引堤は困難
- 河道掘削でできるだけ対応、増分については渡良瀬遊水地による洪水調節と江戸川への流下で対応(江戸川の本格的築堤)

昭和14年 利根川増補計画



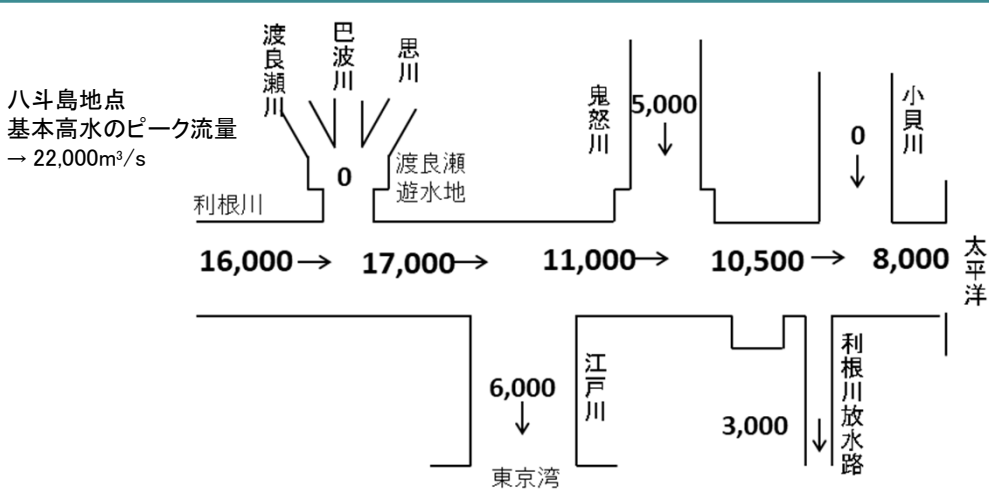
- 昭和10、13年洪水が契機
- 上流部は昭和10年の実績流量を基本として計画流量を決定
- 下流部及び布川狭窄部の引堤が困難であるため、全川にわたり河道掘削で対応
- 増分は利根川放水路で対応

昭和24年 利根川改修改訂計画



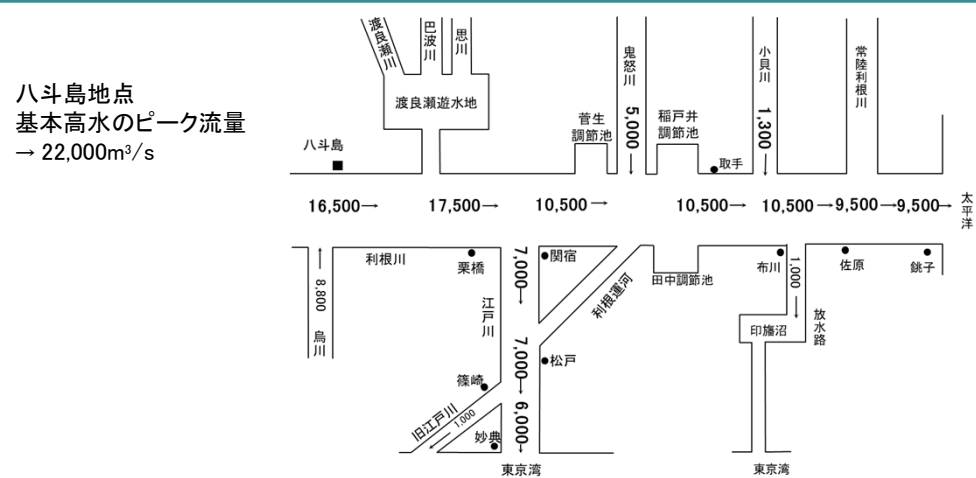
- 昭和22年カスリーン台風について、上流部で氾濫が生じていた状態での実績流量から基本高水のピーク流量を設定
- 流量増分は上下流及び本支川で均等のとれた分担とし、上流ダム群による洪水調節と利根川上流、江戸川(野田地点上流)での大規模な引堤で対応
- 下流部の布川狭窄部での大幅な流量増が困難なため、田中・稲戸井・菅生調節池と利根川放水路の機能を拡大

昭和55年 利根川工事実施基本計画



- 昭和22年カスリーン台風について、八斗島地点上流の河川整備等による氾濫量の減少を考慮し、基本高水のピーク流量を変更
- 土地利用状況、沿川地域への影響から、利根川上流・江戸川での再引堤は困難であるため、できるだけ河道掘削で対応
- それ以上の増分は上下流バランスに配慮し、上流ダム群の分担量を増加

平成18年 利根川河川整備基本方針



- 八斗島地点下流や利根川下流部などにおいて河床が低下後に近年では概ね安定しており、これを踏まえ河道配分流量を増加
- 中川から江戸川への排水量について、実績データ等から洪水時差を考慮し、洪水ピーク時の排水量を0m³/s
- 八斗島下流で増加する500m³/sは上記の減分で相殺できることから利根川と江戸川の分派バランスは変更しない
- 利根川放水路周辺は市街化が進行し整備が困難であることから、印旛沼の活用を図りながら規模を縮小
- 八斗島上流での洪水調節量を500m³/s減ととも、徹底した既存施設の有効活用を図りながら洪水調節施設を整備

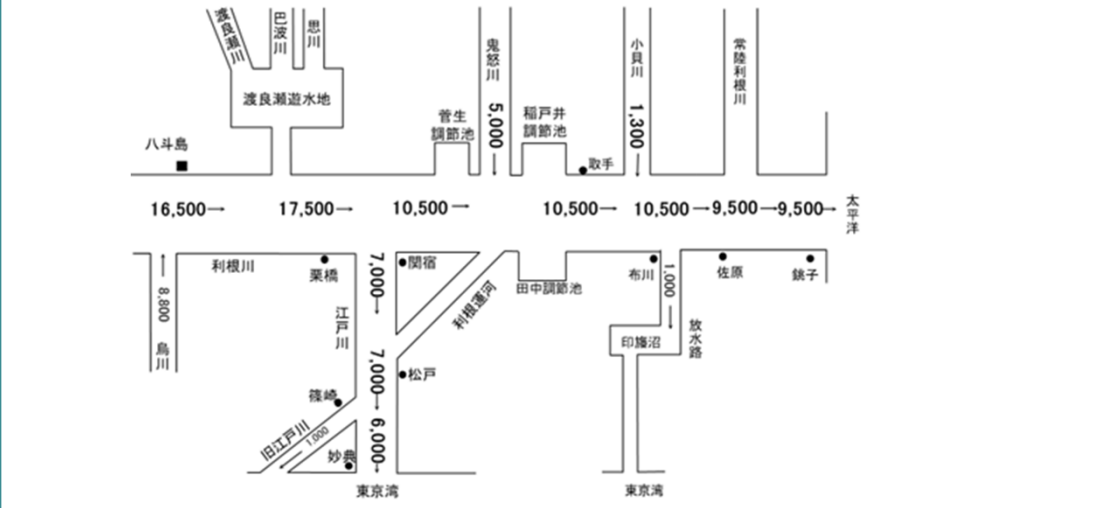
現行の基本方針(H18)の概要

- 平成18年2月に策定した現行の基本方針では、基本高水のピーク流量を22,000m³/sとし、これを洪水調節施設により洪水調節を行い、八斗島地点の計画高水流量を16,500m³/sと設定した。

計画の概要

河川名	基準地点	計画規模	計画降雨量 (mm/3日)	基本高水のピーク流量 (m ³ /s)	洪水調節施設による調節流量 (m ³ /s)	河道への配分流量 (m ³ /s)
利根川	八斗島	1/200	319	22,000	5,500	16,500
渡良瀬川	高津戸	1/100	419	4,600	1,100	3,500
鬼怒川	石井	1/100	362	8,800	3,400	5,400
小貝川	黒子	1/100	301	1,950	650	1,300

計画高水流量図



河川の総合的な保全と利用に関する基本方針

■ 災害の発生の防止または軽減

- 利根川は流域面積が大きく支川も多いため防御すべき地域も多いことから、それぞれの地域で特性にあった治水対策を講ずることにより水系全体としてバランスよく治水安全度を向上させることが利根川水系の治水の基本である。
- 現況の河川の安定状況も踏まえ、洪水をできるだけ河道で分担して処理する。
- 河道で処理できない流量について、上下流や本支川のバランスに配慮しながら河道が有する遊水機能を一層増強し洪水を貯留するとともに、既設洪水調節施設の徹底した有効活用を図った上で、洪水調節施設を新たに整備する。
- 支川からの本川への合流量は遊水地等の洪水調節施設により調節し、本川の計画高水流量に影響を与えないようにする。

■ 河川水の利用

- 渇水時における地盤沈下の防止、河川環境の保全や近年の少雨傾向にも対応した利水安全度の確保のため、流水の正常な機能の維持のため必要な流量を計画的に確保する。
- このため、既存施設の有効活用を含む種々の手法による水資源開発施設の整備とともに、広域的かつ合理的な水利用の促進を図る。
- 上流から下流までの地形特性を踏まえた水資源開発施設の整備等により流域内及び他流域との広域水融通ネットワークを構築し、水資源の有効活用による効率的な水運用を図る。

■ 河川環境の整備と保全

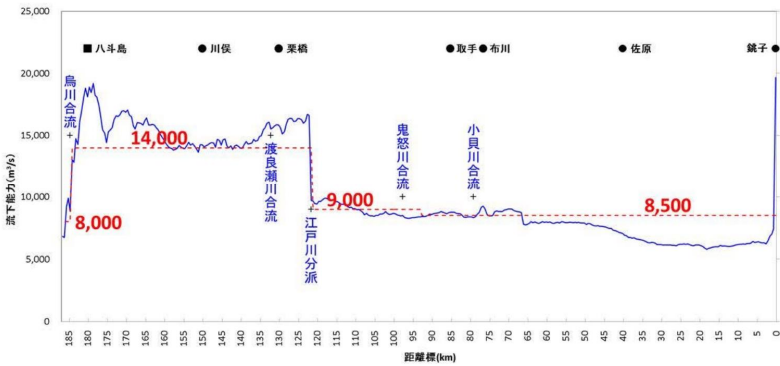
- 流域の自然的、社会的状況を踏まえ、河川環境の整備と保全が適切に行われるよう、地域住民や関係機関と連携し地域づくりに資する川づくりを推進する。

現行の利根川・江戸川河川整備計画(H25)の概要

- 平成25年5月に策定(令和2年3月変更)した河川整備計画においては目標流量17,000m³/sとし、これを洪水調節施設により洪水調節を行い、八斗島地点の河道配分流量を14,000m³/sと設定した。

河川整備計画の目標(治水)

- 洪水、津波、高潮等による災害の発生防止または軽減に関する目標
 - ・ 我が国の社会経済活動の中枢を担う首都圏を流れる利根川、江戸川の氾濫域には、人口・資産が高度に集積していることから、利根川、江戸川の重要性を考慮して、目指す安全度は1/70～1/80とし、基準地点八斗島において17,000m³/sとし、このうち河道で14,000m³/s程度を安全に流下させる。



河川整備計画の目標(利水・環境)

- 河川の適正な利用及び流水の正常な機能の維持に関する目標
 - ・ 利水の現況、動植物の保護・漁業、水質、景観、舟運、塩害の防止等を考慮し、栗橋地点においてはかんがい期に概ね120m³/s、非かんがい期に概ね80m³/s野田地点においてはかんがい期に概ね35 m³/s、非かんがい期に概ね30m³/sとし、これらの流量を安定的に確保するよう努める。

河川名	地点名	単位: m ³ /s	
		かんがい期最大	非かんがい期最大
利根川	栗橋	120	80
	利根川河口堰下流	30	30
江戸川	野田	35	30
旧江戸川	江戸川水開門下流	9	9
吾妻川	八ッ場ダム下流	2.4	2.4

※なお、流水の正常な機能を維持するため必要な流量には、水利流量が含まれているため、水利使用等の変更に伴い、当該流量は増減することがある。

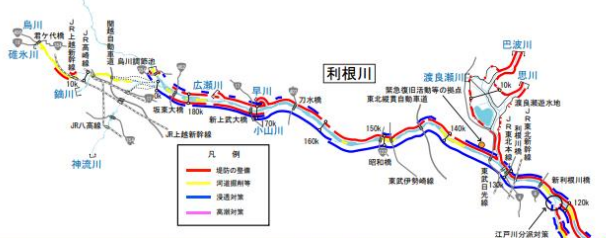
河川環境の整備と保全に関する目標

- ・ 治水、利水及び流域の自然環境、社会環境との調和を図りながら、河川空間における自然環境の保全と秩序ある利用の促進に努める。
- ・ 水質については、水質悪化が著しい区間において、地域住民や関係機関と連携を図り改善に努める。

実施に関する事項

5.1 河川工事の目的、種類及び施行の場所並びに当該河川工事の施行により設置される河川管理施設の機能の概要

5.1.1 洪水、津波、高潮等による災害の発生防止又は軽減に関する事項

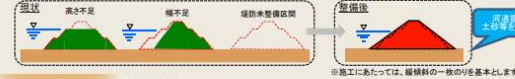


◆河川の整備に当たっては、氾濫域の資産の集積状況、土地利用の状況等を総合的に勘案し、適正な本支川、上下流及び左右岸の治水安全度のバランスを確保しつつ、段階的かつ着実に整備を進め、洪水、津波、高潮等による災害に対する安全性の向上を図ります。その際、水質、動植物の生息・生育・繁殖環境、景観、親水に配慮する等、総合的な視点で推進します。なお、整備に当たっては、新技術の開発や活用の可能性を検討するとともに、河道掘削等により発生する土砂や他機関からの雑草発生土を受け入れ、養護等への有効活用を図る等、コストの縮減に努めます。また、築堤、河道掘削等に伴い必要となる水門、樋門等については、関係機関と調整の上、必要に応じ生物の移動可能範囲の拡大に配慮しつつ、整備を実施します。

洪水を安全に流下させるための対策

堤防の整備

◆堤防が整備されていない区間や、標準的な堤防の断面形状に対して高さ又は幅が不足している区間について、築堤・かさ上げ・拡張を行います。なお、堤防のり面は、堤体内の浸透への安全性の面で有利なこと、また除草等の維持管理面やのり面の利用面からも緩やかな勾配が望まれていること等を考慮し、緩傾斜の一枚のりを基本とします。



河道掘削 (P11参照)

◆河道掘削等の実施に当たっては、河床変動、動植物の生息・生育・繁殖環境、水質等に配慮するとともに、継続的な観測を実施しつつ、その結果を踏まえて適切に行います。

江戸川の流頭部における分派対策

◆利根川の洪水を適切に江戸川へ分派させるため、江戸川の流頭部において河道掘削等を実施します。

洪水調節容量の確保 (P11参照)

◆現存する施設や河川空間等の既存ストックを有効に活用するとともに、八ッ場ダム及び南摩ダムの整備を行い、洪水調節容量を確保します。

洪水調節容量の確保

◆田中調節池、稲戸井調節池は、洪水を一時的貯留し、利根川下流部への洪水流量を低減させていますが、稲戸井調節池において池内掘削を推進し、洪水調節容量の増大を図るとともに、田中調節池の洪水調節機能の向上を図るため、調査及び検討を行い、越流堤の移設を行います。

◆既存施設の機能増強を目的として、貯水規模を増加させることなく、奈良俣ダムの治水容量の一部と、藤原ダムの治水容量の一部の振替を藤原・奈良俣再編ダム再生として以下の諸元のとおり行います。この容量振替に伴い、両ダムの放流設備改築及び洪水調節方式の見直しを行います。今後、更なる洪水調節機能の向上を目的として、詳細な調査及び検討を行い、関係機関との調整を行います。

◆烏川は、利根川本川との合流直前に広大な河川空間を有しています。この河川空間は、現在でも洪水時に一定程度の流量低減効果を有していますが、より効果的に洪水のピーク流量を低減させるため、詳細な調査及び検討を行い、関係機関との調整の上、囲ぎょう堤等の整備を行います。

◆八ッ場ダム及び南摩ダムを建設し、洪水調節容量を確保します。

浸透・侵食対策 (P12参照)

◆堤防の浸透対策としては、これまで実施してきた点検結果を踏まえ、背後地の資産状況等を勘案し、堤防強化対策を実施します。
◆堤防の侵食対策としては、必要な高水幅が確保されていない箇所、水衝部における河岸の局所洗掘が発生する箇所及び堤防付近で高流速が発生する箇所において、堤防の安全性が脅かされるおそれがあることから、状況を監視し、必要に応じて高水敷造成や護岸整備等の対策を実施します。特に、小貝川合流点下流の布川地区については、局所洗掘が生じていることから必要な対策を実施するとともに、長期的な河床安定や河岸侵食に関してモニタリングを行い、河道の維持管理に努めます。

高潮対策

◆江戸川の河口から行徳可動堰までの区間において、高潮対策として堤防を整備します。

超過洪水対策

◆江戸川下流部においては、堤防が決壊すると甚大な人的被害が発生する可能性が高い区間について高規格堤防の整備を行います。なお、高規格堤防の整備に当たっては、まちづくり構想や都市計画との調整を行うことが必要であり、関係者との調整状況を踏まえて順次事業を実施します。

地震・津波高潮上対策 (P13参照)

◆津波が過する区間では、操作員の安全を確保し、津波による堤内への浸水を防止するため、水門、樋門、樋管、堰等の遠隔操作化や自動化を進めます。さらに、平成23年に制定された「津波防災地域づくりに関する法律」に基づき関係県が設定する津波浸水想定に対して、必要に応じて情報提供、技術的な支援等に努めます。



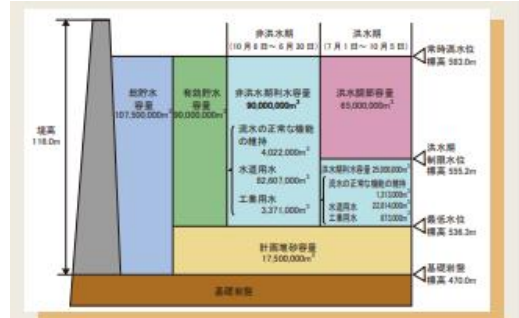
内水対策

◆内水による浸水が発生する地区の河川は、ダムや調節池等の本川の水水位低下対策と並行して、内水被害の発生要因等について調査を行い、関係機関と調整した上で、必要に応じて、排水機場の整備等、内水被害の軽減対策を実施します。

危機管理対策

◆被害の最小化を図る観点から、災害時において河川管理施設保全活動、緊急復旧活動、水防活動等を円滑に行う拠点及びこれにアクセスする管理用通路等について、関係機関との調整の上、洪水時等に周辺地域が浸水した場合にもこれらの活動が円滑かつ効果的に実施できるよう整備を行います。
◆危機管理型ハード対策として越水等が発生した場合でも決壊までの時間を少しでも引き延ばすよう堤防構造を工夫する対策を、水害リスクや逃げ遅れの危険性が高い区間等において実施します。安全な避難場所への避難が困難な地域等においては、地域の意向を踏まえて、工事残土の活用等による仮設的な避難場所となる高台等を確保するよう努めます。
◆雨量、水位等の観測データ、レーダ雨量計を活用した面的な雨量情報や河川監視用CCTVカメラによる映像情報を収集・把握し、適切な河川管理を行うとともに、その情報を光ファイバー網等を通じて関係機関へ伝達し、円滑な水防活動や避難誘導等を支援するため、これらの施設を整備するとともに、観測機器、電源、通信経路等の二重化を図ります。
◆大規模地震等の発生時において、緊急用物資の輸送や、被災した河川管理施設の復旧工事、沿川地域の避難者救済活動を円滑に行うため、緊急用河川敷道の整備及び災害時の緊急輸送路等と主要道と接続する仮設路等の整備を実施するとともに、必要に応じて、緊急用船舶等の整備、航路確保のための渡津等を行います。

八ッ場ダム貯水池容量配分図

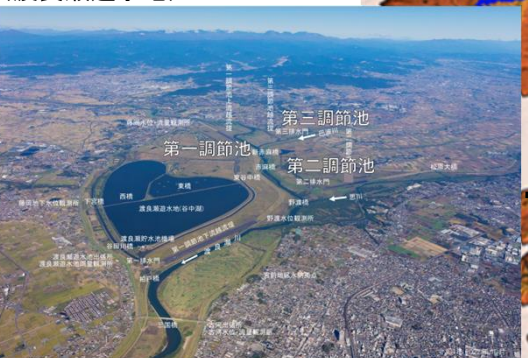


- 昭和22年カスリーン台風の被害を受け「利根川改修改訂計画」が策定され、利根川上流域において洪水調節施設が計画されるとともに、利根川や江戸川において流下能力の増強のための大規模な引堤や河道掘削、支川からの流入量を調節するための渡良瀬遊水地や田中・菅生調節池の増強などが実施された。
- その後も、河川法改正に伴う計画の見直しなどを踏まえ、利根川流域においては流域や河川の特性を踏まえ、計画に基づいた様々な事業が実施された。

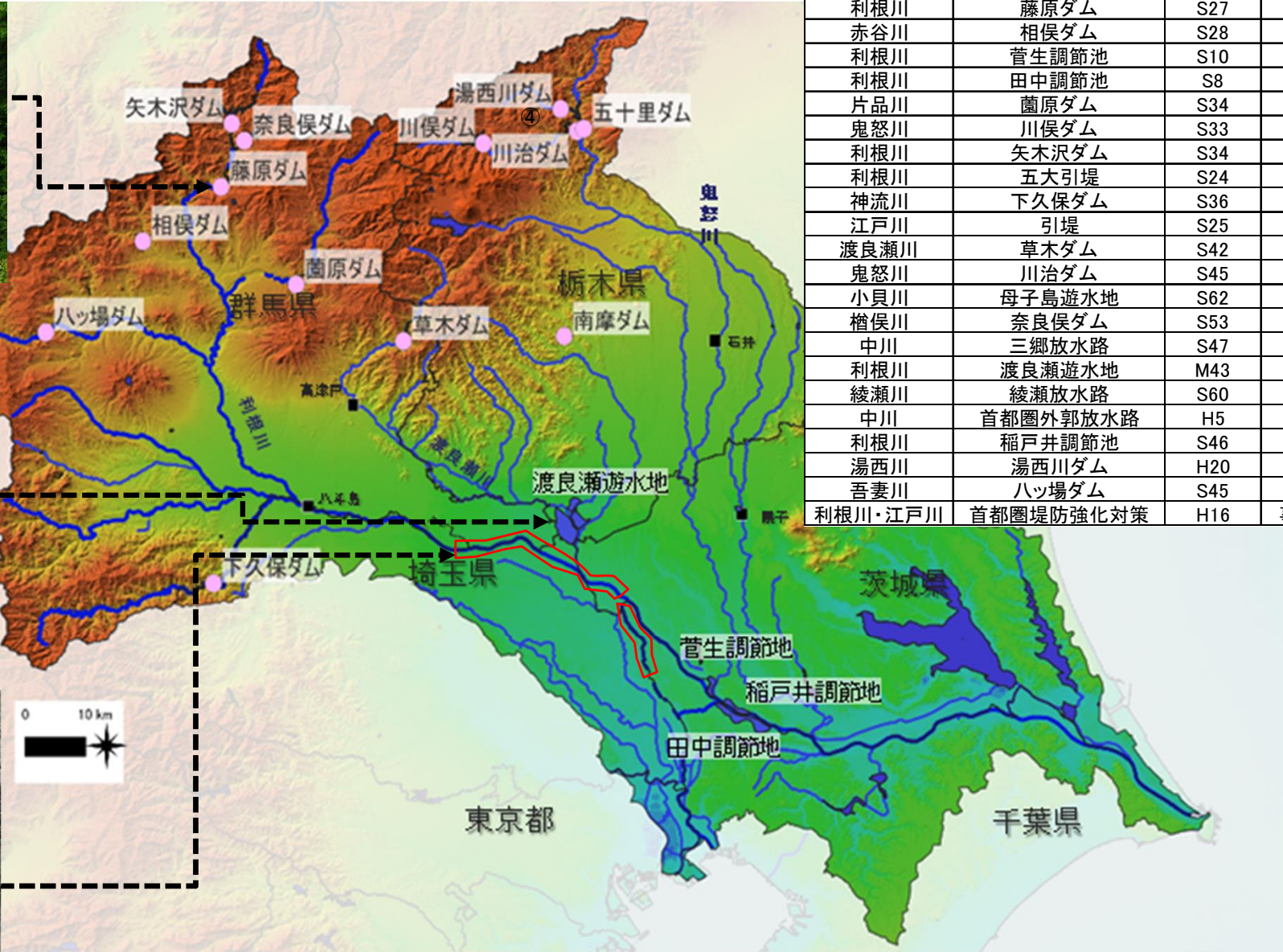
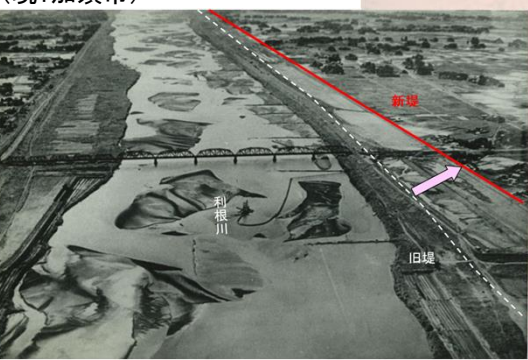
八斗島上流域におけるダム群の整備
(藤原ダム)



支川流入量調節のための整備
(渡良瀬遊水地)



利根川・江戸川における引堤の整備
(現: 加須市)



河川名	主な治水事業	開始年	完了年
男鹿川	五十里ダム	S25	S31
利根川	藤原ダム	S27	S33
赤谷川	相俣ダム	S28	S34
利根川	菅生調節池	S10	S35
利根川	田中調節池	S8	S40
片品川	園原ダム	S34	S41
鬼怒川	川俣ダム	S33	S41
利根川	矢木沢ダム	S34	S42
利根川	五大引堤	S24	S42
神流川	下久保ダム	S36	S43
江戸川	引堤	S25	S44
渡良瀬川	草木ダム	S42	S52
鬼怒川	川治ダム	S45	S58
小貝川	母子島遊水地	S62	H2
檜俣川	奈良俣ダム	S53	H3
中川	三郷放水路	S47	H8
利根川	渡良瀬遊水地	M43	H9
綾瀬川	綾瀬放水路	S60	H10
中川	首都圏外郭放水路	H5	H18
利根川	稲戸井調節池	S46	H21
湯西川	湯西川ダム	H20	H24
吾妻川	八ッ場ダム	S45	R2
利根川・江戸川	首都圏堤防強化対策	H16	事業中

渡良瀬遊水地の整備

- 明治43年洪水を契機に渡良瀬遊水地化工事に着手し、大正11年に完成し、下流の洪水被害の軽減を図ってきた。
- その後、昭和22年洪水等の被害を鑑み、より効率的に洪水を調節するため、調節池化工事に着手し、平成9年に概成した。

渡良瀬遊水地の経緯

明治43年～大正11年完成

- 明治43年の洪水が契機
- 周囲堤(赤色)を設ける『遊水地』化事業に着手
- 遊水地に洪水を一時的にとどめ、下流の洪水被害を軽減

昭和38年～平成9年概成

- 昭和10年、昭和13年、昭和22年と洪水が頻発
- 囲繞堤(黄色)・越流堤(青色縞)を整備する『調節池』化事業に着手
- 調節池化することで、より効果的に洪水を調節

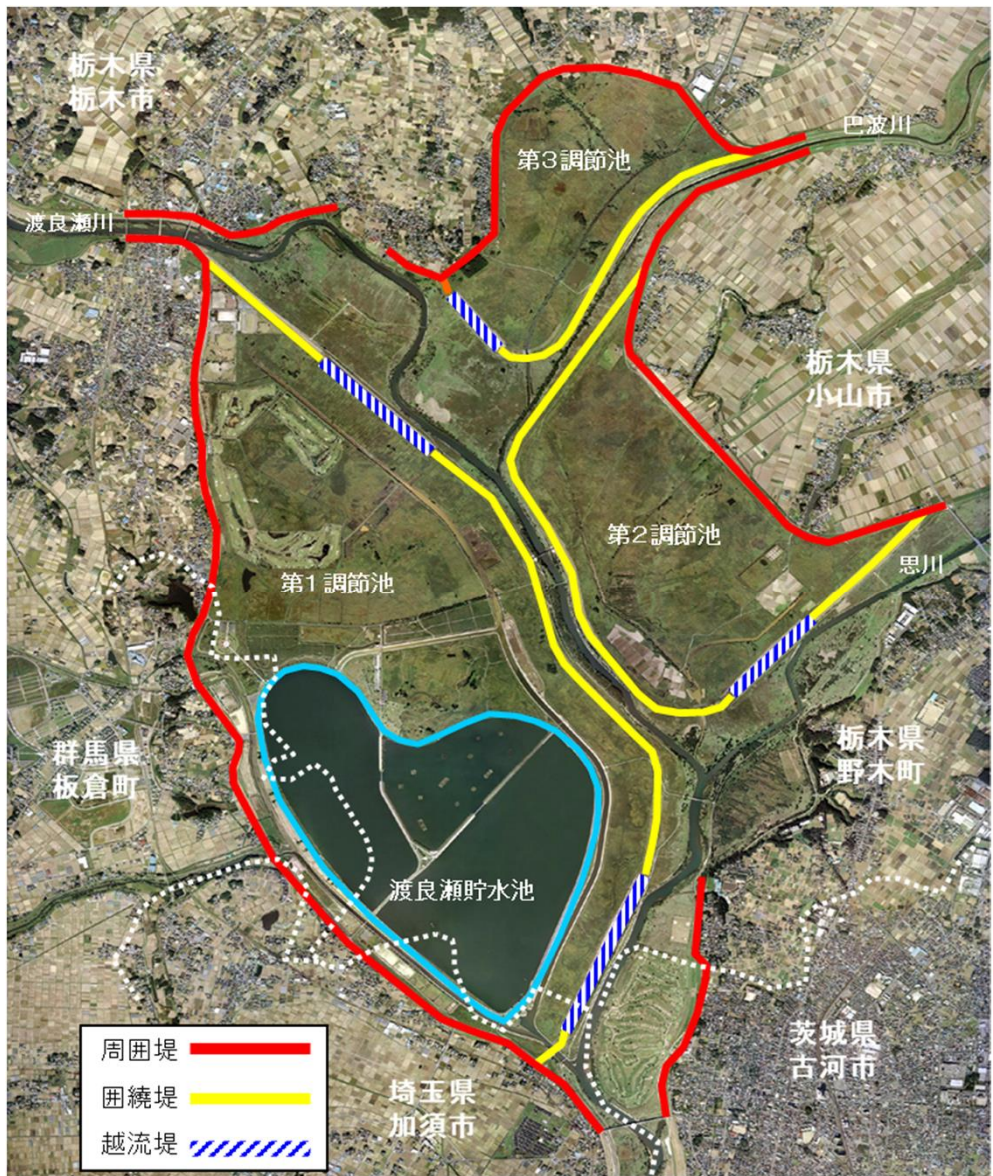
昭和51年～平成2年概成

- さらに洪水被害を軽減させ、逼迫する首都圏の水需要に対応する必要
- 調節池内(青色)を掘削する『貯水池』化事業に着手
- 洪水を貯める容量に加え、渇水時に下流へ水を補給する容量を確保

洪水調節実績

洪水名	総貯留量 (万m ³)	洪水名	総貯留量 (万m ³)
S47.9(台風第20号)	240	H14.7(台風第6号)	7,830
S57.8(台風第10号)	1,808	H19.9(台風第9号)	5,370
S57.9(台風第18号)	3,335	H23.9(台風第15号)	4,940
H3.8(台風第12号)	658	H27.9 (台風第17号・18号) 関東・東北豪雨	10,730
H10.8(前線)	846	H29.10(台風第21号)	5,530
H10.9(台風第5号)	633	R1.10(台風第19号)	16,440
H11.8(熱低)	517		
H13.8(台風第11号)	50		
H13.9(台風第15号)	8,120		

渡良瀬遊水地位置図



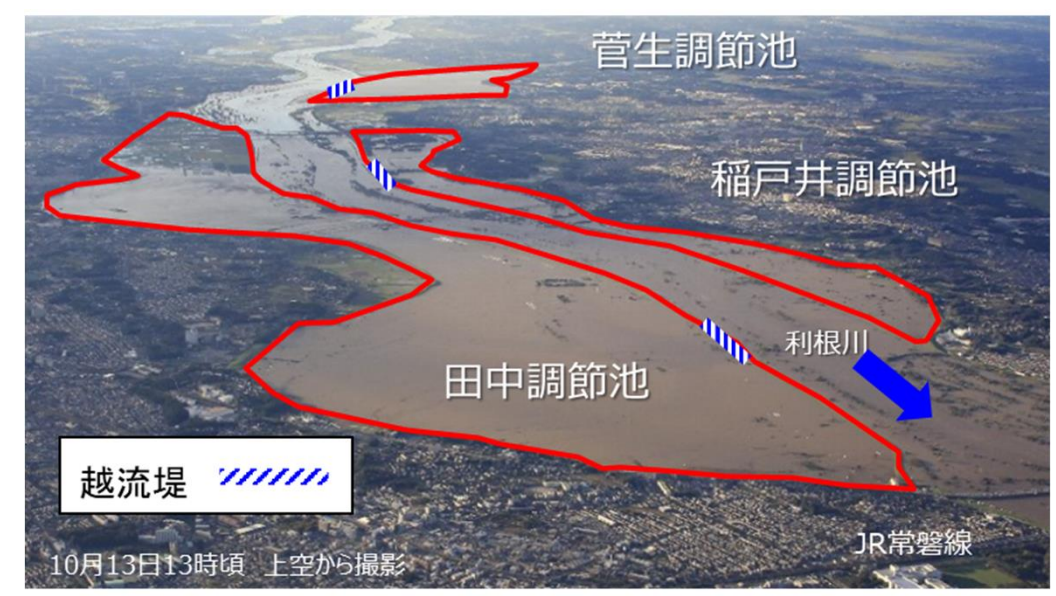
利根川の下流3調節池

- 利根川下流部の洪水流量を低減させるため、昭和8年から昭和40年に田中調節池、昭和10年から昭和35年に菅生調節池、昭和46年から平成21年に稲戸井調節池を整備した。
- 昭和47年以降14回の洪水調節し、下流の洪水被害の軽減を図ってきた。

平常時



令和元年東日本台風(台風第19号)洪水時



工事概要

大正15年	鬼怒川改修計画	田中・菅生調節池立案
昭和8年	田中調節池着手	
昭和10年	菅生調節池着手	
昭和24年	利根川改修改訂計画	稲戸井調節池立案
昭和35年	菅生調節池概成	
昭和40年	田中調節池概成	
昭和46年	稲戸井調節池着手	
平成21年	稲戸井調節池概成	

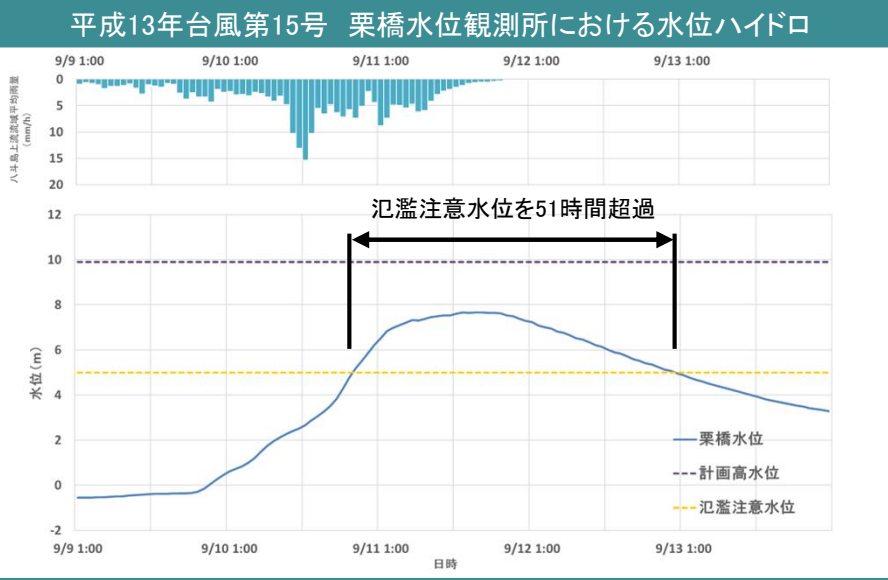
昭和47年以降の洪水調節実績

	S47.9 台風第20号	S56.8 台風第15号	S57.8 台風第10号	S57.9 台風第18号	S60.7 台風第6号	H3.8 台風第12号	H10.9 台風第5号
菅生調節池	220	370	1,616	2,209	-	-	1,074
田中調節池	1,620	510	2,836	4,487	114	247	904
稲戸井調節池	-	-	-	-	-	-	-

	H11.8 熱帯低気圧	H13.9 台風第5号	H14.7 台風第6号	H19.9 台風第9号	H27.9 台風第17・18号	H29.10 台風第21号	R1.10 台風第19号
菅生調節池	-	1,940	510	438	823	-	3,000
田中調節池	5	2,280	660	0	162	-	4,300
稲戸井調節池	-	-	-	-	922	102	1,840

首都圏氾濫区域堤防強化対策について

- 平成13年台風第15号の影響により、八斗島上流域では3日間にわたり降雨が続き、総降雨量は約250mmを記録した。
- この降雨の影響により栗橋水位観測所においては、氾濫注意水位以上の水位が51時間継続した。
- この洪水により、利根川右岸の埼玉県加須市大越地先など5箇所でも漏水等被災が発生したが、水防団による賢明な水防活動により、堤防決壊等を防いだ。
- その後の漏水被災箇所の調査により、過去から幾度も改修工事が行われた堤防履歴の境目や基盤の砂礫層が水の通り道となっていることが確認されたため、これらの浸透による堤防決壊を防ぐため、堤防断面を拡幅し、堤防を強化する「首都圏氾濫区域堤防強化対策」を実施中である。



平成13年台風第15号 埼玉県加須市大越地先の状況

堤体漏水・基盤漏水発生箇所位置図

堤体漏水：月輪工法による対応

基盤漏水：噴砂を伴う湧水

基盤漏水：釜段工法による対応状況

首都圏氾濫区域堤防強化対策

- 利根川及び江戸川の右岸堤防(埼玉県深谷市～吉川市)の約66kmを対象に、平成16年度より、堤防断面を拡幅し、堤防を強化する「首都圏氾濫区域堤防強化対策」を実施
- 対策範囲のうち、破堤氾濫時における被害等を考慮し、利根川の東北自動車道(羽生市)から江戸川分派点までの約23.5kmと江戸川の分派点から吉川市までの約16kmを先行実施範囲とし、早期完成に向けて対策を実施中

整備イメージ

計画高水位

平水位

標準断面図

現在の堤防

盛土工

川裏1:7

堤防内の浸透水や、基礎地盤内の浸透水の漏水を、堤防を拡幅することで防止

【対象範囲】

群馬県

栃木県

埼玉県

茨城県

千葉県

東京都

深谷市 熊谷市 行田市 羽生市 加須市 板倉町 野木町 古河市 境町 幸手市 杉戸町 春日部市 松伏町 吉川市 三郷市 柏市 野田市 松戸市 江戸川区 浦安市

対策範囲 L=65.7km

先行実施範囲 L=約40km

■ 利根川中流部の左岸堤防についても、堤防決壊時には甚大な被害が想定されるため、利根川と渡良瀬川が合流する加須市北川辺地区や古河市、板倉町の堤防のかさ上げや拡幅を実施中

利根川の基本高水の検証（日本学術会議による学術的な評価の実施）

- 平成18年に策定した利根川水系河川整備基本方針の基本高水について、ダム事業の検証に際し平成23年に国土交通省で点検等を行い、新たな河川流出モデルを構築して基本高水の検証を実施。その際に、日本学術会議に対し、学術的な観点からの客観的・中立的な評価を依頼。これを受け、学術会議で評価を実施。

国土交通省河川局長から日本学術会議宛の依頼（平成23年1月）

- 利根川水系の河川整備基本方針については、平成18年の河川整備基本方針策定時に飽和雨量などの定数に関して十分な検証が行われていなかったこと等から、国土交通省は自らデータを点検・整理し、現行の流出解析手法の問題点を整理し、新たな河川流出モデルを構築して基本高水の検証を実施。
- その際、学術的な観点からの客観的・中立的な評価が重要であることから、国土交通省は、第三者的で独立性の高い学術的な機関日本学術会議に対し、「利根川水系における河川流出モデル・基本高水の設定手法の検証に関する学術的な観点からの評価」を依頼。

日本学術会議による評価の実施（平成23年1月～9月）

- 国土交通省よりの依頼を受け、日本学術会議では、土木工学・建築学委員会の下に設置されている河川流出モデル・基本高水評価検討等分科会において検討。分科会は、河川水文学、森林水文学、河川工学、気象学分野等の12名の専門家から構成（名簿は右参照）。
- 「既存の河川流出計算モデルの課題整理と新たに構築されているモデルの評価」および「過去の雨量・洪水実績など、計画の前提となっているデータ、基本高水等について妥当性の評価」を目的として審議。
- 平成23年1月に第1回分科会を開催、その後、同年9月までの間に12回の分科会を開催し審議。この中で、流出解析法や既存データの取り扱い、利根川の洪水に詳しい専門家へのヒアリングも実施。同年9月に日本学術会議会長から「河川流出モデル・基本高水の検証に関する学術的な評価」を国土交通省に回答。

■審議の方針

現行の基本高水の算定の背景・経緯の記録が国土交通省に残っていないなど、現行計画の貯留関数モデルの科学的な追検証がほとんどできない状態にあることが判明したため、貯留関数法による新たな流出計算モデルの検証に焦点を移し、下記の3つの方針を定め審議を実施。

- 1) 利根川水系で用いられている貯留関数法の位置づけとその詳細を検討し、利用可能なデータを吟味した上で、新モデルの構築における留意事項を国土交通省に提示。
- 2) この留意事項に沿って国土交通省によって構築された新モデルに対して、分科会が評価軸を設定し、それぞれの軸に沿って新モデルを評価。
- 3) 京都大学および東京大学が有する2つの異なる連続時間分布型モデルを、近年の観測データを用いてそれぞれキャリブレーションした上で、両モデルを用いて、モデルの構造やパラメータを変えることなく、同じモデルで長期の適用が可能かどうか検討するとともに、昭和22年の洪水流量の推定幅を推定して新モデルの結果と比較。

※ 審議の過程で、国土交通省より現行モデルのプログラムソースコードが提供されたため、分科会では、まず独自にその内容を既往文献と比較して基礎方程式を推定した上で、プログラムの動作確認を行い、新モデルと同等の評価を実施。

■結論

- 現行モデルについての十分な情報を得ることは難しかったが、モデルの内容の理解に努め、現行モデルに含まれる問題点を整理し、水収支に着目した有効降雨モデルに基づく貯留関数の新モデルの開発方法を推奨。
- 新モデル、現行モデルの双方について、分科会自身でプログラムを確認し、動作をチェックし、基礎方程式、数値計算手法について誤りがないことを確認。
- 感度分析やシミュレーション結果の整理により、新モデルの物理的意味合いを検討。その上で、観測データのない場合や、計画策定へ適用する場合に必要なモデルの頑健性をチェックし、さらにそのような場合に適用したときの不確実性を評価。これらの評価は、両モデルのみならず、分科会独自のモデルをも使って実施。
- その結果、国土交通省の新モデルによって計算された八斗島地点における昭和22年の既往最大洪水流量の推定値約21,100m³/sの-0.2%～+4.5%の範囲、200年超過確率洪水流量約22,200m³/sは妥当であると判断。

■附帯意見

- 既往最大洪水流量の推定値(約21,100m³/sの-0.2%～+4.5%の範囲)、及びそれに近い値となる200年超過確率洪水流量の推定値(約22,200m³/s)と、実際に流れたとされる流量の推定値(約17,000m³/s)に大きな差があることを改めて確認したことを受けて、これらの推定値を現実の河川計画、管理の上でどのように用いるか、慎重な検討を要請する。
- 気候変化に鑑み、今後起こりうるリスクを徹底的に吟味し、様々な対応策のオプションを用意した上で、新たな河川計画、管理のあり方を検討することを要請する。
- 観測体制の充実、再解析などのモデル出力の利用可能性、物理機構を捉えてモデル化する方法や、人工的な流水制御・土地利用の変化の効果を定量的に評価しうる分布型・連続時間の流出モデルによるシミュレーション技術、流出計算モデルの共有技術の進展などの、学術の近年の成果を効果的に取り込んだ、より合理的な河川計画の手法を確立し、そこから生み出されるより確かな情報を広く共有することによって、合意形成を図るための計画の形成を要請する。

■日本学術会議土木工学・建築学委員会

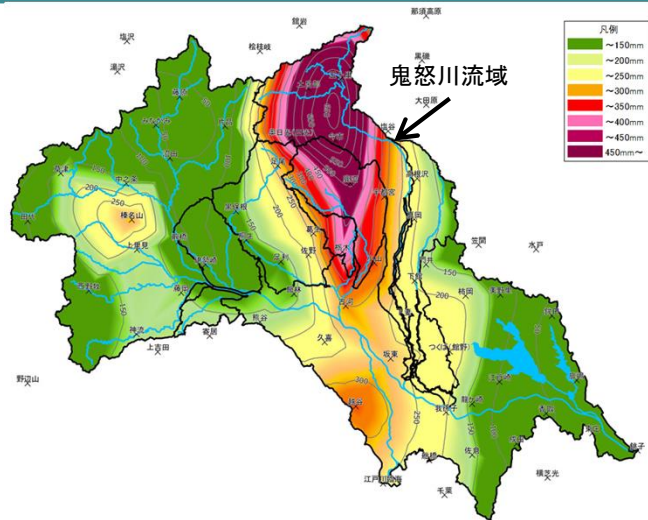
河川流出モデル・基本高水評価検討等分科会 委員名簿

委員長	小池 俊雄（連携会員）	東京大学大学院工学系研究科 社会基盤工学専攻教授
副委員長	椎葉 充晴（特任連携会員）	京都大学大学院工学研究科 土木システム工学専攻教授
幹事	窪田 順平（特任連携会員）	大学共同利用機関法人人間文化研究機構 総合地球環境学研究所准教授
幹事	立川 康人（特任連携会員）	京都大学大学院工学研究科社会基盤工学 専攻水文・水資源学分野准教授
	池田 駿介（第三部会員）	東京工業大学名誉教授
	沖 大幹（連携会員）	東京大学生産技術研究所教授
	小松 利光（連携会員）	九州大学大学院工学研究院 環境都市部門教授
	寶 馨（連携会員）	京都大学防災研究所教授
	鬼頭 昭雄（特任連携会員）	気象庁気象研究所 気候研究部長
	田中丸 治哉（特任連携会員）	神戸大学大学院農学研究科 食料共生システム学専攻教授
	谷 誠（特任連携会員）	京都大学大学院農学研究科 森林水文学分野教授
	守田 優（特任連携会員）	芝浦工業大学土木工科大学教授

※所属、役職は平成23年9月時点

- 平成27年9月の関東・東北豪雨では、栃木県日光市の五十里雨量観測所において昭和50年の観測開始以来最多の24時間雨量560mmを記録するなど、各観測所で観測史上最多雨量を記録し、鬼怒川の石井地点等において観測史上最高の水位を記録する大洪水となった。
- この洪水により、常総市三坂町地先の鬼怒川左岸で決壊が生じ、常総市の約1/3に相当する約40km²が浸水し、常総市役所も浸水するなど大きな被害となった。

等雨量線図(9月8日～10日累加データ)



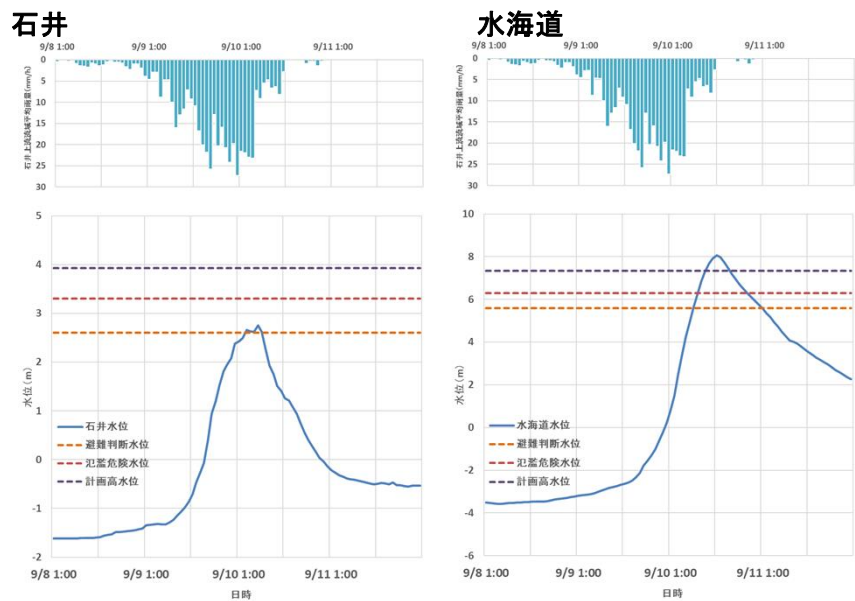
水位状況



決壊箇所と浸水状況



水文データ



鬼怒川緊急対策プロジェクトの概要

- 平成27年関東・東北豪雨で大きな被災を受けた鬼怒川下流域では、国、茨城県、鬼怒川下流部の7つの市町が主体となって、ハード・ソフトを一体化した緊急的な治水対策を行う「鬼怒川緊急対策プロジェクト」を立ち上げ、令和3年9月にハード対策が完了した。
- 「鬼怒川緊急対策プロジェクト」におけるハード対策としては、築堤工事を中心として180箇所で行った。
- ソフト対策としては、防災行動計画(マイ・タイムライン)の作成支援や広域避難計画の策定などを実施した。

ハード対策

- 令和3年9月15日までに、180工事を完了
(災害21工事、築堤等143工事、河道掘削16工事)



常総市坂手地区堤防整備状況



常総市豊岡地区堤防整備状況

- 河道掘削とあわせ環境を保全・創出

掘削地盤高を陸側と河川側で互い違いに変化させ、傾斜をつけた掘削形状とすることで、地形の凹凸や冠水頻度の違いにより、湿地や水際部のエコトーンを再生し、多様な環境の成立を期待できる。

陸側が低くなった箇所はワンド・たまり、河川側が低くなった箇所は浅瀬状の湿地となる。



掘削工実施前



現在(令和5年9月)

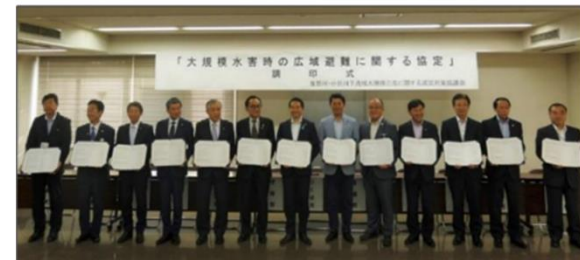
ソフト対策

- 「逃げ遅れゼロ」に向けた取り組みとして、マイ・タイムライン検討ツール「逃げキッド」の作成や広域避難計画の策定、減災対策協議会、流域治水協議会の開催等を実施

年	出来事
2016	<ul style="list-style-type: none"> ●減災対策協議会 開催 (全国初) ●みんなでタイムラインプロジェクト始動 ●プッシュ型配信常総市で開始 (全国初)
2017	<ul style="list-style-type: none"> ●プッシュ型配信19市町に拡大 ●まるごとまちごとハザードマップ実施 ●常総市小中学校でマイ・タイムライン作成 ●逃げキッド完成
2018	<ul style="list-style-type: none"> ●緊急排水計画(案)の策定 ●マイ・タイムライン1万人作成 ●マイ・タイムラインリーダー認定制度策定
2019	<ul style="list-style-type: none"> ●下流協議会13市町 広域避難計画締結 ●マイ・タイムライン商標登録 ●マイ・タイムラインポータルサイト開設
2020	<ul style="list-style-type: none"> ●逃げキッドをリニューアル ●マイ・タイムライン作成講座のYouTube生配信 ●流域治水協議会 開催
2021	<ul style="list-style-type: none"> ●「流域治水プロジェクト」策定



みんなでタイムラインプロジェクト検討会



広域避難計画 協定締結



流域治水協議会 開催

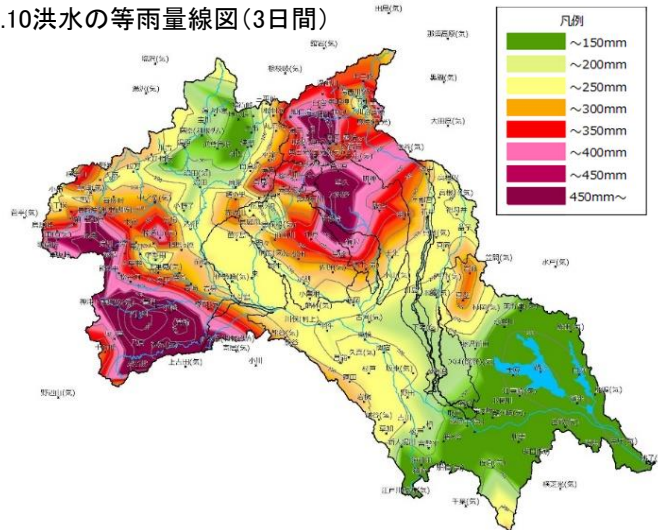


- 令和元年東日本台風は昭和22年カスリーン台風に次いで近年最大規模の洪水となり、基準地点八斗島において河川整備計画目標流量を上回る17,500m³/s(ダム・氾濫戻し)を記録した。
- 利根川上流ダム群等のカスリーン台風以降に整備された施設による効果が確認された一方で、利根川中流部や下流部などにおいて計画高水位を超過し、本川の無堤区間や支川で浸水が生じたため、今後もさらなる河川整備が必要である。

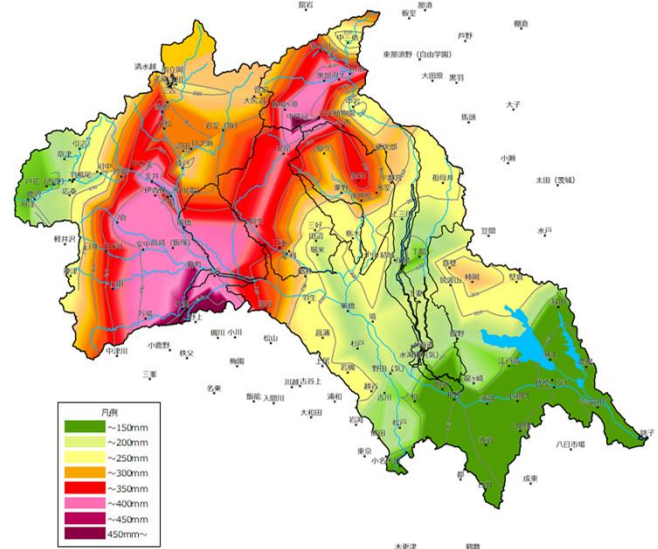
利根川流域の降雨の状況

■上流部は非常に大きな降雨であったが、平野部は小雨傾向

R1.10洪水の等雨量線図(3日間)

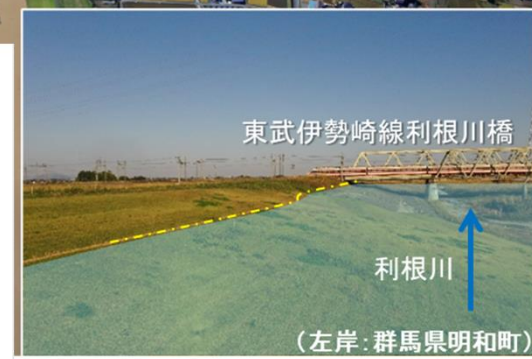
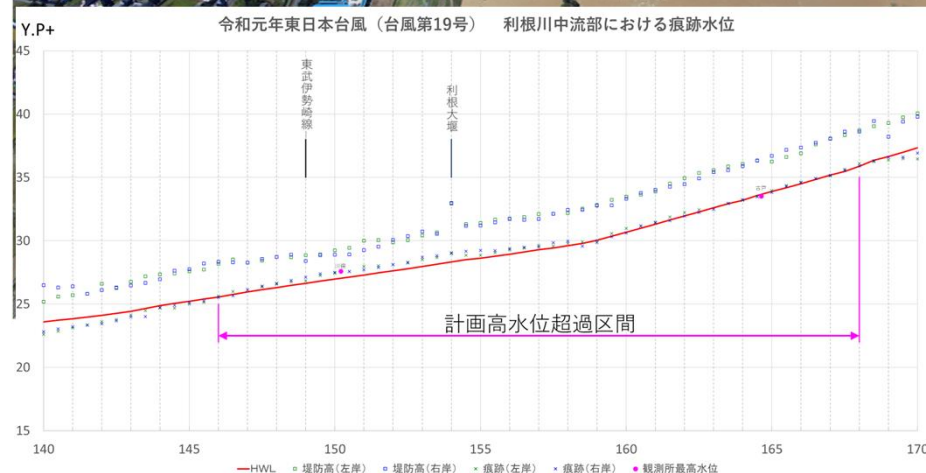
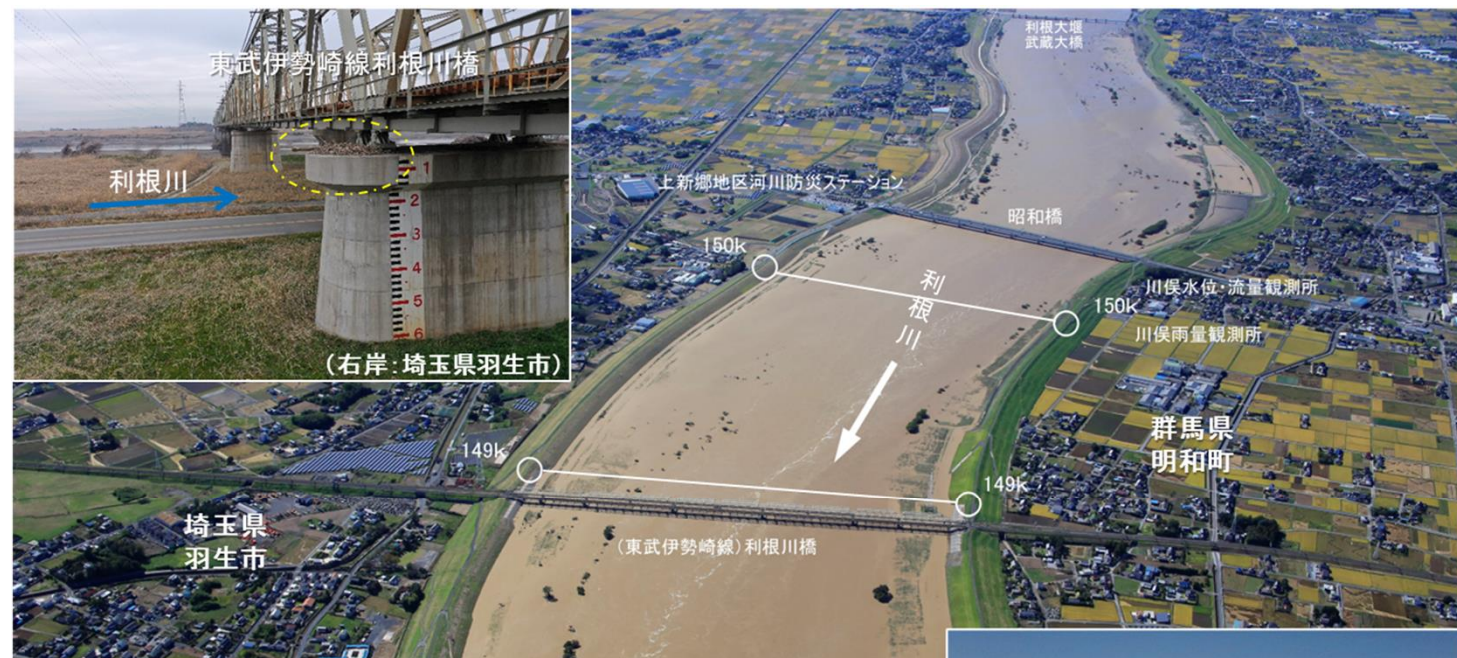


S22.9カスリーン台風の等雨量線図(3日間)



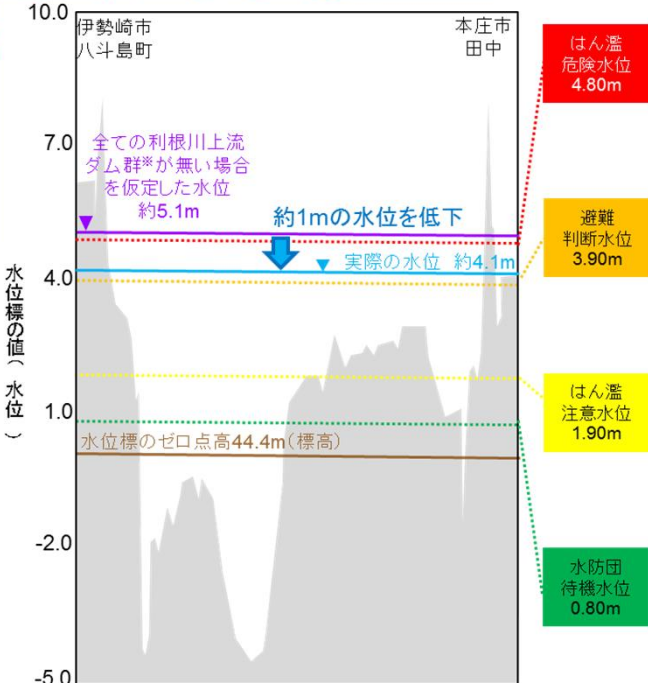
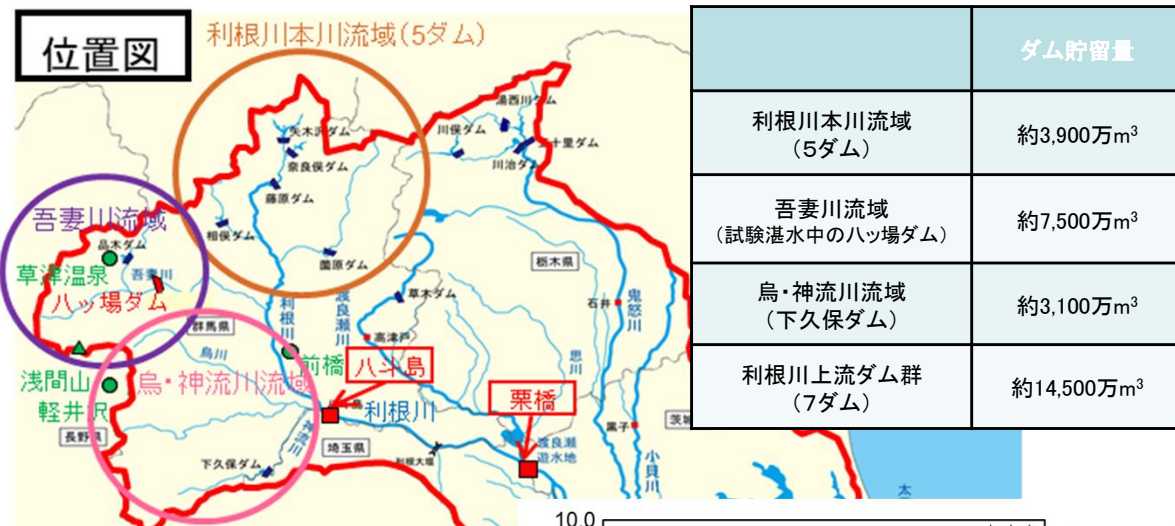
利根川中流部状況(利根川150k付近)

■HWLを超過し、堤防天端近くまで水位が上昇



上流洪水調節施設による貯留状況と効果

- ハッ場ダムを含む利根川上流ダム群により洪水調節を実施し、基準地点八斗島において、約1mの水位低下効果を発現した。

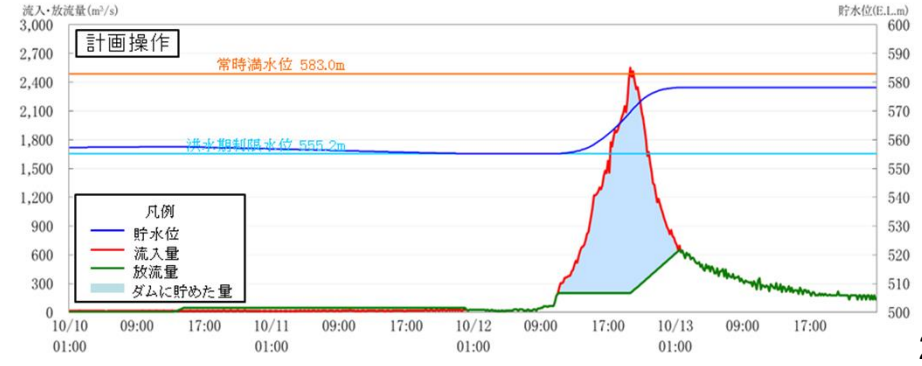
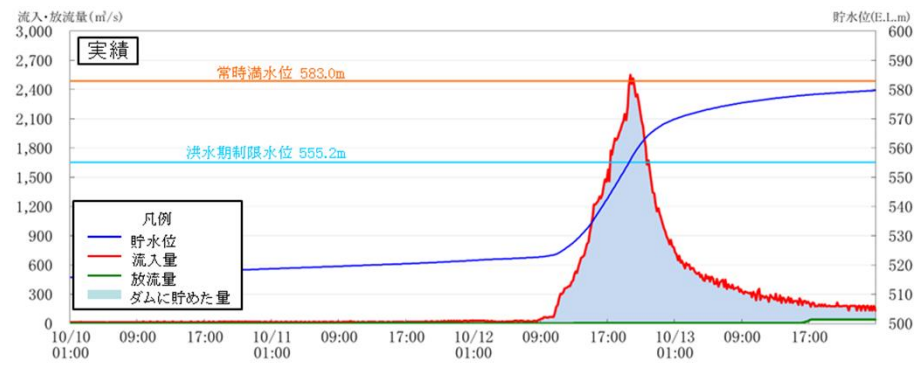


基準地点 八斗島におけるダム群の効果

※下久保ダム及び草木ダムでは、降雨予測を踏まえて、事前放流を実施し、洪水調節効果を発揮(異常洪水時防災操作を回避)

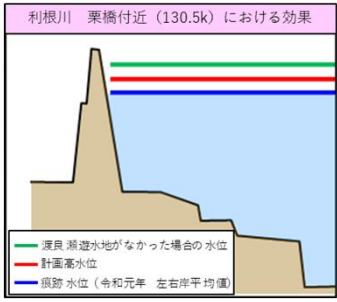
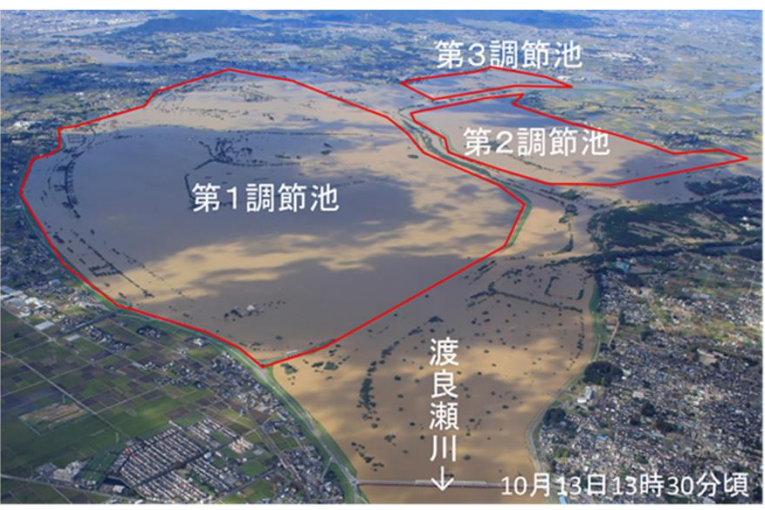
ハッ場ダムの貯留状況

- 試験湛水中であったハッ場ダムについては、計画操作を実施した場合においても異常洪水時防災操作を実施することなくダムの運用が可能であったことを確認した。



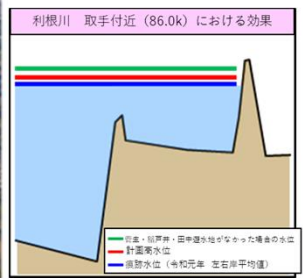
渡良瀬遊水地による貯留

■ 渡良瀬遊水地により約1.6億m³を貯留し、栗橋地点において約1.6mの水位低下効果を発現



下流3調節池による貯留

■ 下流3調節池により約9千万m³を貯留し、取手地点において約1.1mの水位低下効果を発現



渡良瀬川支川 秋山川状況

■ 渡良瀬川の支川 秋山川では決壊



利根川中流部における河道掘削

■ 計画高水位を超過した利根川中流部において河道掘削を実施



・乾燥化した高水敷を切下げることにより冠水頻度を上げ、ヨシ原、オギ原を再生する



利根川下流部における浸水対策

■ 利根川下流部の無堤部において築堤を実施



令和元年東日本台風(台風第19号)における流出計算モデルの妥当性確認

一部修正

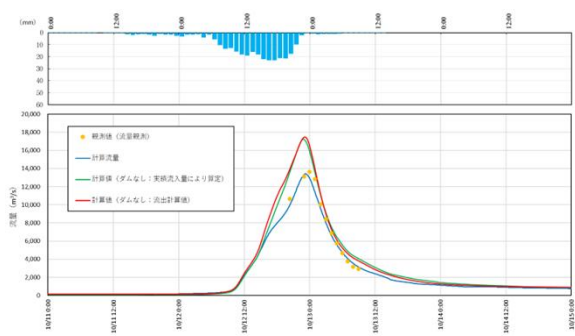
- 利根川の基本高水の検証において構築した新モデルは、昭和53年から平成19年までの洪水データにより作成されており、八斗島地点の流量が10,000m³/s程度の中規模洪水から作成されている。
- 令和元年東日本台風では、これを大幅に上回る洪水が発生したことから、令和元年東日本台風による洪水において、改めてモデルの定数設定等(f1、Tl、k、P等)について妥当性の確認を実施した結果、八斗島地点等の再現性を確認した。

令和元年洪水再現計算における定数表

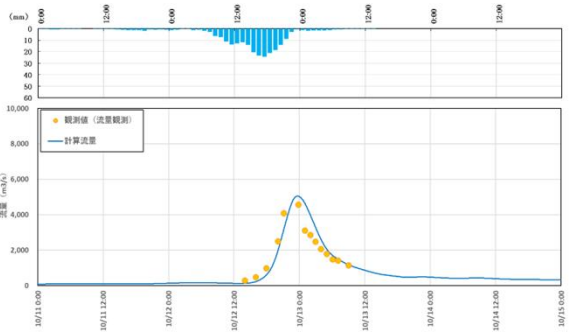
流域No	流域名	流域面積	一次流出率	飽和雨量	流入係数	初期損失雨量	遅滞時間	係数		開始基底流量
		A (km ²)	f1	Rsa (mm)	fsa	R0 (mm)	Tl (分)	k	P	Qb1 (m ³ /s)
1	矢木沢	165.48	0.4	150	1.0	7.0	30	7.587	0.528	4.808
2	奈良俣	60.59	0.4	140	1.0	11.0	50	6.252	0.656	1.760
3	藤原	165.77	0.4	150	1.0	23.0	50	9.480	0.592	4.816
4	湯檜曾川	103.07	0.4	150	1.0	23.0	50	9.480	0.592	2.995
5	利根川残流域①	81.80	0.4	150	1.0	23.0	50	9.480	0.592	2.377
6	相俣	110.19	0.4	160	1.0	31.0	40	10.591	0.655	3.201
7	赤谷川	79.19	0.4	150	1.0	23.0	50	9.480	0.592	2.301
8	薄根川等残流域	226.00	0.4	150	1.0	23.0	50	9.480	0.592	6.566
9	片品川上流	252.05	0.4	160	1.0	58.0	90	13.487	0.530	7.323
10	片品川中流	161.64	0.4	160	1.0	58.0	90	13.487	0.530	4.696
11	藪原	78.78	0.4	160	1.0	58.0	90	13.487	0.530	2.289
12	片品川下流	182.31	0.4	150	1.0	23.0	50	9.480	0.592	5.297
13	沼尾川等残流域	144.49	0.4	360	1.0	33.0	70	22.015	0.319	4.198
14	吾妻川上流	269.24	0.4	360	1.0	36.0	100	24.350	0.331	7.822
15	吾妻上流左岸	289.00	0.4	360	1.0	36.0	100	24.350	0.331	8.396
16	吾妻上流右岸	153.20	0.4	360	1.0	36.0	100	24.350	0.331	4.451
17	八ツ場下流	38.30	0.4	360	1.0	33.0	70	22.015	0.319	1.113
18	四万川	164.22	0.4	360	1.0	33.0	70	22.015	0.319	4.771
19	吾妻川中流	157.01	0.4	360	1.0	33.0	70	22.015	0.319	4.562
20	吾妻川下流	188.37	0.4	360	1.0	33.0	70	22.015	0.319	5.473
21	吾妻川残流域	97.12	0.4	360	1.0	33.0	70	22.015	0.319	2.822
22	利根川残流域②	93.33	0.4	360	1.0	33.0	70	22.015	0.319	2.712
23	利根川残流域③	24.68	0.4	360	1.0	33.0	70	22.015	0.319	0.717
24	利根川残流域④	23.88	0.4	360	1.0	33.0	70	22.015	0.319	0.694
25	烏川上流	155.13	0.6	300	1.0	31.0	30	29.519	0.428	4.507
26	烏川中流	110.02	0.6	230	1.0	29.0	40	18.623	0.572	3.196
27	碓氷川上流	121.39	0.6	160	1.0	27.0	60	10.765	0.680	3.527
28	碓氷川下流	165.39	0.6	230	1.0	29.0	40	18.623	0.572	4.805
29	烏川残留域①	43.27	0.6	230	1.0	29.0	40	18.623	0.572	1.257
30	鑓川上流	190.64	0.6	230	1.0	29.0	40	18.623	0.572	5.539
31	南牧川	158.74	0.6	230	1.0	29.0	40	18.623	0.572	4.612
32	鑓川下流	201.63	0.6	230	1.0	29.0	40	18.623	0.572	5.858
33	鮎川	75.00	0.6	230	1.0	29.0	40	18.623	0.572	2.179
34	井野川流域	94.85	0.4	360	1.0	33.0	70	22.015	0.319	2.756
35	烏川残流域②	70.05	0.6	230	1.0	29.0	40	18.623	0.572	2.035
36	神流川上流	269.56	0.6	170	1.0	11.0	80	29.976	0.476	7.832
37	下久保	53.25	0.6	170	1.0	27.0	80	29.976	0.476	1.547
38	神流川下流	51.68	0.6	170	1.0	27.0	80	29.976	0.476	1.501
39	神流川残流域	37.50	0.6	170	1.0	27.0	80	29.976	0.476	1.090
計		5,107.81								148.4

新たな流出計算モデルの妥当性

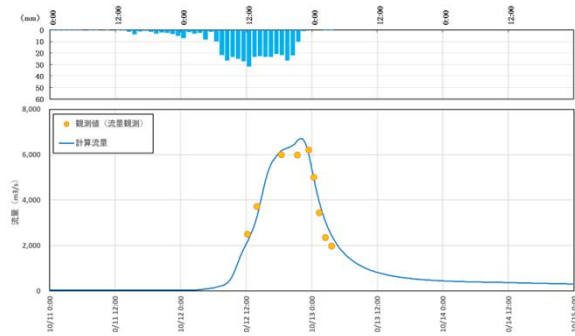
八斗島地点(利根川)



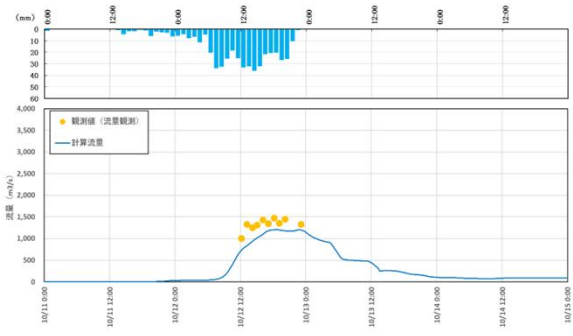
上福島地点(利根川)



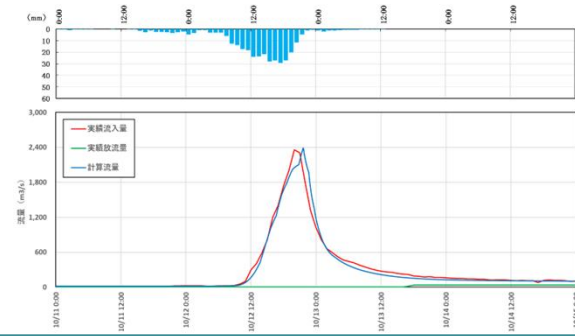
岩鼻地点(烏川)



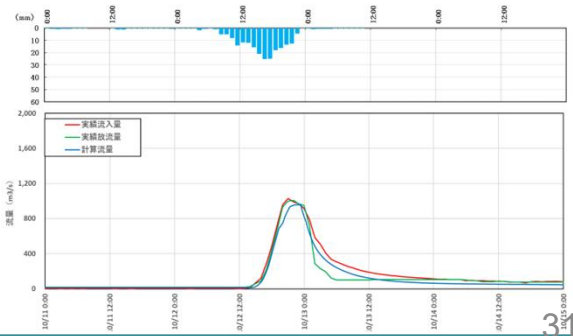
若泉地点(神流川)



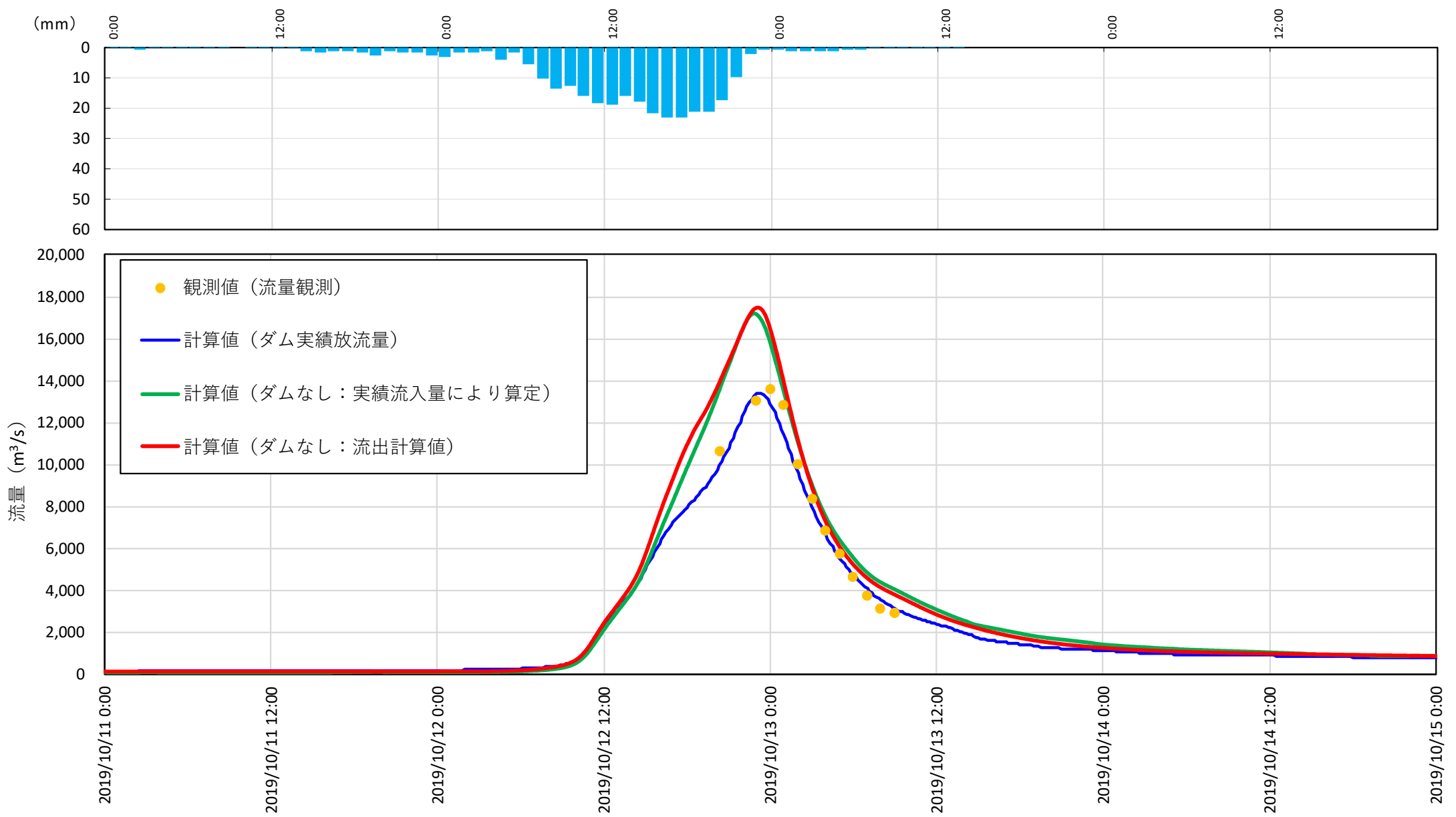
ハツ場ダム地点



藪原ダム地点



流出計算結果 令和元年10月洪水 八斗島(利根川)



②基本高水のピーク流量の検討

②基本高水のピーク流量の検討 ポイント

- 気候変動による降雨量増大を考慮した基本高水ピーク流量を検討した。
- 降雨データの蓄積等を踏まえ降雨継続時間を3日から利根川では48時間、渡良瀬川・鬼怒川・小貝川では24時間に見直した。
- 治水安全度は現行計画の利根川1/200、渡良瀬川・鬼怒川・小貝川1/100を踏襲し、降雨量変化倍率1.1を乗じた値を計画降雨量に設定した。
- 既定計画の基本高水のピーク流量は様々な降雨波形を考慮した「総合確率法」で設定されているため、総合確率法からの検討、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を総合的に判断して、基本高水のピーク流量を利根川26,000m³/s、渡良瀬川5,000m³/s、鬼怒川10,500m³/s、小貝川1,600m³/sに設定した。

工事実施基本計画、河川整備基本方針における基本高水のピーク流量の設定の考え方 利根川水系

- 利根川水系については、工事実施基本計画において、限られた雨量、流量データ、実績洪水の情報を用い、総合確率法により基本高水のピーク流量を算定。
- 現行の河川整備基本方針では、工事実施基本計画の基本高水のピーク流量を検証の上、踏襲。

工事実施基本計画

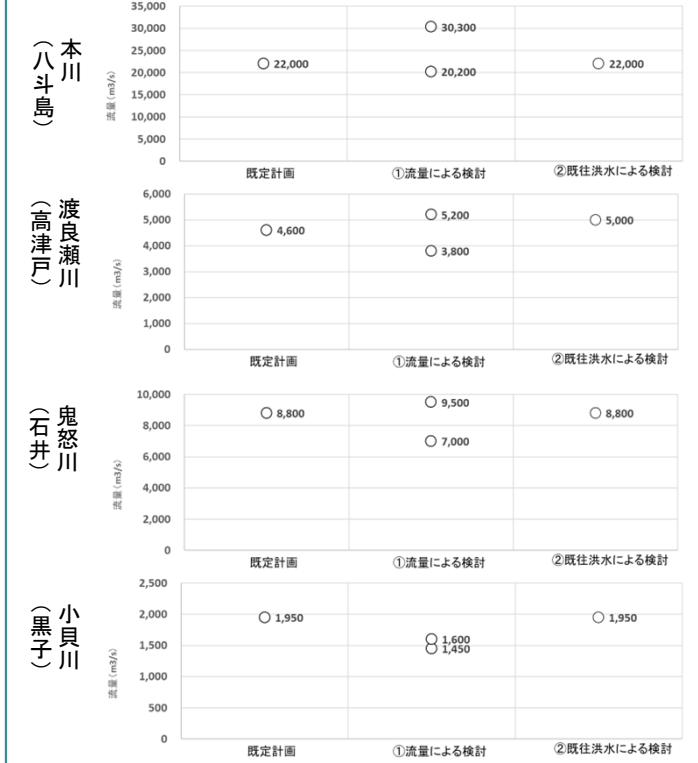
- 計画策定時までに得られた降雨による総合確率法による検討や、実績洪水などを考慮して基本高水のピーク流量を設定

- 利根川水系工事実施基本計画(S55改定)
- 計画規模は流域の重要度等を考慮して本川1/200(八斗島)、支川1/100(高津戸、石井、黒子)とし、実績降雨の一連降雨を考慮して3日とした。明治34年～昭和49年(74年間)において流域平均3日雨量が100mmを超過した67降雨を確率処理し、1/200確率規模の計画降雨量を八斗島地点において319mm/3日と決定
- 本川(八斗島)
総合確率法及び既往最大洪水(S22)から基本高水のピーク流量を22,000m³/sと決定
総合確率法 21,200m³/s
既往最大洪水 22,000m³/s
- 渡良瀬川(高津戸)
総合確率法及び既往最大洪水(S22)から基本高水のピーク流量を4,600m³/sと決定
総合確率法 4,600m³/s
既往最大洪水 3,300m³/s
- 鬼怒川(石井)
総合確率法及び既往最大洪水(S24)から基本高水のピーク流量を8,800m³/sと決定
総合確率法 8,800m³/s
既往最大洪水 5,700m³/s
- 小貝川(黒子)(工事実施基本計画S62改定)
総合確率法及び既往最大洪水(S61)から基本高水のピーク流量を1,950m³/sと決定
総合確率法 1,300m³/s
既往最大洪水 1,950m³/s

河川整備基本方針

- 工事実施基本計画策定後、計画を上回る洪水が発生しておらず、流域等に変化がない場合は、流量データによる確率からの検討や既往洪水による検討等により、既定計画の妥当性検証の上、既定計画を踏襲し基本高水のピーク流量を設定
- 既定計画を上回る洪水が発生した場合や計画規模の見直しを行った場合等には、降雨データの確率統計解析を行い、基本高水のピーク流量を見直し

- 利根川水系河川整備基本方針(H18)
- 工事実施基本計画について
 - ①流量データによる確率からの検討
 - ②既往洪水による検証
 以上から既定計画は妥当であると判断



気候変動による降雨量の増加を踏まえた河川整備基本方針の変更

- 平成22年までの降雨データについて確率統計処理を行い、降雨量変化倍率を考慮して、計画降雨量を設定、総合確率法による検討や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を踏まえ総合的に判断し、基本高水のピーク流量を設定

- 利根川水系河川整備基本方針変更案
- 本川(八斗島)
計画規模1/200を踏襲、計画降雨量は継続時間を48hに見直し、昭和11年～平成22年(75年間)の降雨データについて確率統計解析を行い、降雨量変化倍率を乗じて358mm/48hと設定
・総合確率法による基本高水のピーク流量は26,000m³/sと算定
・過去の16の降雨波形から、著しい引き伸ばしとなる9波形を除いた7波形で検討。最大が昭和22年9月型で26,000m³/sとなった。
- 渡良瀬川(高津戸)
計画規模1/100を踏襲、計画降雨量は継続時間を24hに見直し、昭和11年～平成22年(75年間)の降雨データについて確率統計解析を行い、降雨量変化倍率を乗じて405mm/24hと設定
・総合確率法による基本高水のピーク流量は4,900m³/sと算定
・過去の12の降雨波形から、著しい引き伸ばしとなる2波形を除いた10波形で検討。最大が昭和22年9月型で5,000m³/sとなった。
- 鬼怒川(石井)
計画規模1/100を踏襲、計画降雨量は継続時間を24hに見直し、昭和11年～平成22年(75年間)の降雨データについて確率統計解析を行い、降雨量変化倍率を乗じて438mm/24hと設定
・総合確率法による基本高水のピーク流量は8,900m³/sと算定
・過去の11の降雨波形から、著しい引き伸ばしとなる2波形を除いた9波形で検討。最大が昭和13年8月型で10,500m³/sとなった。
- 小貝川(黒子)
計画規模1/100を踏襲、計画降雨量は継続時間を24hに見直し、昭和11年～平成22年(75年間)の降雨データについて確率統計解析を行い、降雨量変化倍率を乗じて274mm/24hと設定
・総合確率法による基本高水のピーク流量は1,500m³/sと算定
・過去の18の降雨波形から、著しい引き伸ばしとなる1波形を除いた17波形で検討。最大が昭和13年8月型で1,600m³/sとなった。

利根川(基準地点 八斗島)

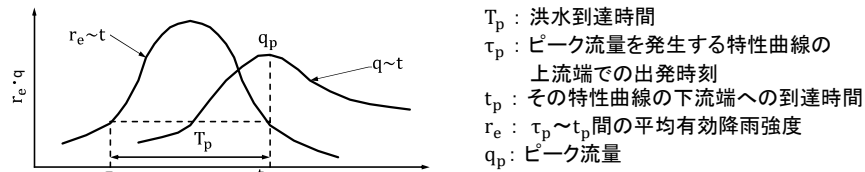
計画対象降雨の継続時間の設定(八斗島地点)

- 時間雨量データの蓄積状況、近年の降雨の継続時間等を踏まえ、既定計画で定めた計画対象降雨の継続時間(3日)を見直した。
- 洪水到達時間や一雨降雨の頻度分布、ピーク流量と時間雨量との相関関係等から、総合的に判断して計画対象降雨の継続時間を48時間と設定した。

Kinematic Wave法及び角屋の式による洪水到達時間の検討

- Kinematic Wave法による洪水到達時間は17～54時間(平均30.9時間)と推定した。
- 角屋の式による洪水到達時間は12～17時間(平均13.9時間)と推定した。

Kinematic Wave法: 矩形斜面上の表面流にKinematic Wave理論を適用して洪水到達時間を導く手法。実績のハイトとハイドロを用いて、ピーク流量生起時刻以前の雨量がピーク流量生起時刻(t_p)の雨量と同じになる時刻(τ_p)により $T_p = t_p - \tau_p$ として推定



角屋の式: Kinematic Wave理論の洪水到達時間を表す式に、河道長と地形則を考慮した式

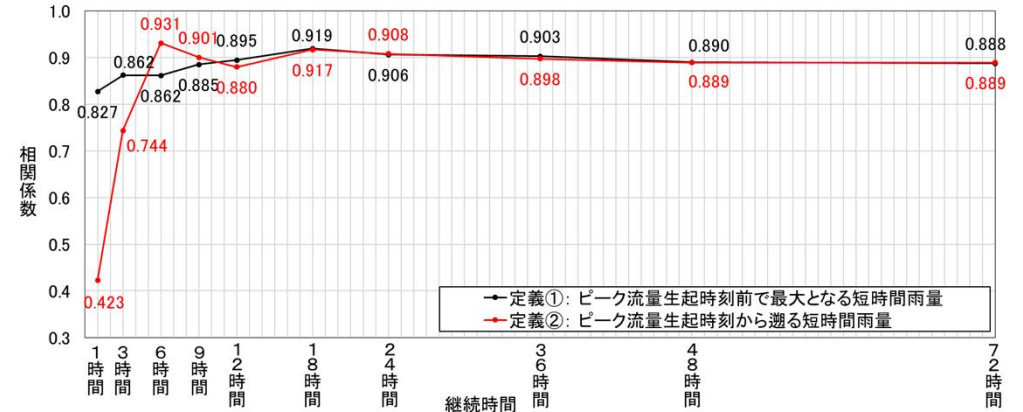
$$T_p = CA^{0.22} \cdot r_e^{-0.35}$$

T_p : 洪水到達時間(min) 丘陵山林地流域 $C=290$
 A : 流域面積(km²) 放牧地・ゴルフ場 $C=190 \sim 210$
 r_e : 時間当たり雨量(mm/h) 粗造成宅地 $C=90 \sim 120$
 C : 流域特性を表す係数 市街化地域 $C=60 \sim 90$

年月日	八斗島地点	Kinematic Wave法		角屋式	
		ピーク流量(m ³ /s)	算定結果(h)	平均有効降雨強度(mm/h)	算定結果(h)
1	S16.7.20	7,300	27	6	15
2	S22.9.13	21,100	27	11	12
3	S23.9.14	7,800	29	7	14
4	S24.8.29	9,800	24	7	13
5	S33.9.16	8,200	28	6	15
6	S34.8.12	7,000	50	4	16
7	S56.8.21	9,000	28	8	13
8	S57.7.31	7,700	34	6	14
9	S57.9.10	8,200	54	4	17
10	H10.9.14	10,100	17	11	12
11	H11.8.13	7,500	21	7	13
12	H14.7.9	6,500	41	4	16
13	H19.9.5	10,100	37	6	14
14	H25.9.14	6,700	18	7	13
15	R1.10.12	18,500	28	10	12
平均値		-	30.9	-	13.9

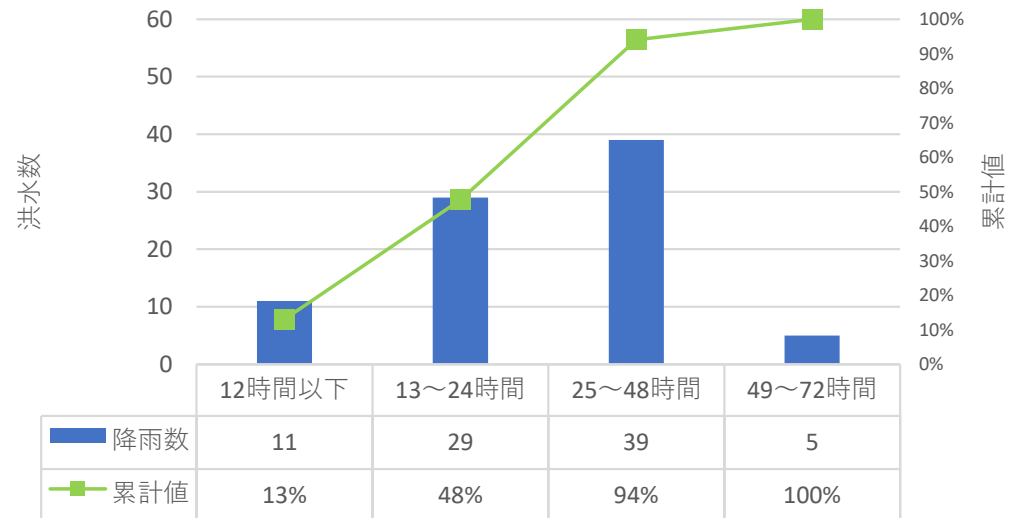
ピーク流量とn時間雨量との相関関係

- ピーク流量と相関の高い短時間雨量の時間帯は、18時間程度において相関が高まり、18時間以降では大きな有意な差はみられなかった。



一雨降雨の頻度分布

- 降雨継続時間は48時間で90%以上の降雨をカバーした。



・S11～R1の毎年値を対象に八斗島上流流域平均雨量1.0mm/h以上の降雨を整理した。

※ピーク流量は、ダム氾濫戻し 6,000m³/s以上の洪水群(氾濫注意水位相当の規模)

計画対象降雨の降雨量の設定(八斗島地点)

- 既定計画策定時と流域の重要度等に大きな変化がないことから、計画規模1/200を踏襲とした。
- 計画規模の年超過確率1/200の降雨量に降雨量変化倍率1.1倍を乗じ、計画対象降雨の降雨量を358mm/48hと設定した。

計画対象降雨の降雨量

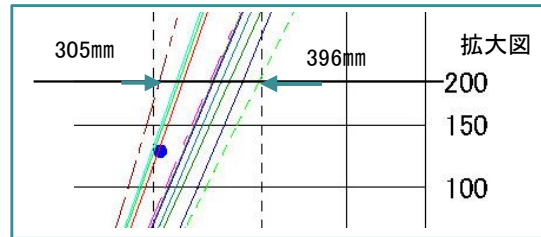
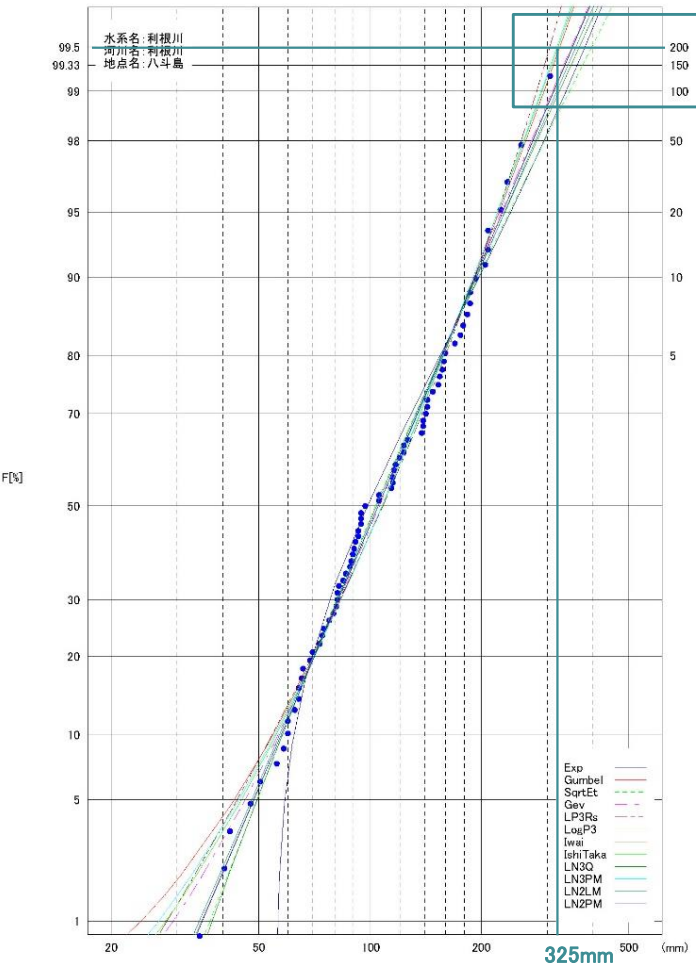
■降雨量の考え方

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した。

■時間雨量データの存在する昭和11年～平成22年の年最大48時間雨量を対象に、毎年の確率分布モデルによる1/200確率雨量から、適合度の基準※1を満足し、安定性の良好※2な確率分布モデルを用い、年超過確率1/200確率雨量325mm/48hを算定した。

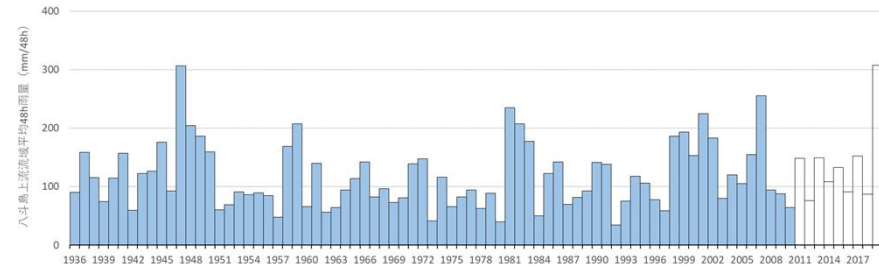
※1: SLSC ≤ 0.040 ※2: Jackknife推定誤差が最小

■2℃上昇時の降雨量変化倍率1.1倍を乗じ、計画対象降雨の降雨量を358mm/48hと設定した。



■年超過確率1/200の算定結果一覧

手法	指数分布	グンベル分布	SQRT-ET分布	GEV分布	対数正規分布	LP3分布	対数正規分布	対数正規分布	対数正規分布	対数正規分布	対数正規分布	
	Exp	Gumbel L積率法	SqrtEt 最尤法	Gev L積率法	LP3Rs 積率法	LogP3 積率法	Iwai 岩井法	IsiTaka 石原高瀬法	LN3Q クワンタイル法	LN3PM PWM積率法	LN2LM L積率法	LN2PM PWM積率法
確率規模	1/200	325.1	396.4	348.9	305.3	—	351.1	321.4	367.0	319.2	359.1	352.1
SLSC	0.038	0.019	0.026	0.020	0.026	—	0.018	0.022	0.019	0.023	0.017	0.018
推定誤差	29.7	24.6	35.9	45.5	36.3	—	38.9	36.0	66.8	35.1	37.6	35.5



年最大48時間雨量(八斗島上流域平均雨量)

【参考】近年降雨の気候変動の影響等の確認

■考え方

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)

昭和11年～平成22年および雨量データを1年ずつ追加し、令和3年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した。

■ 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3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3年までの雨量データを用いた場合の超過確率1/200確率雨量は329mm/48h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。

○利根川においては、

- ・既定計画の基本高水のピーク流量
 - ・総合確率法において降雨量変化倍率を考慮した確率流量 ※関東の水系特有
 - ・雨量確率法において降雨量変化倍率を考慮した確率雨量による主要降雨波形の流量
 - ・アンサンブル予測降雨波形から抽出した確率雨量に近い波形による流量 ※幅で参照
 - ・既往洪水の実績波形に基づく流量
- を踏まえて総合的に判断。

○総合確率法と雨量確率法の取扱いについては、

- 既定計画が総合確率法により設定されている
 - 特に本川上流域はピーク流量に対する降雨の時空間分布や地質による流出形態の影響が大きい
 - そのことから日本学術会議においても総合確率法による方法が妥当とされていること
- を踏まえ、本川(八斗島)においては、総合確率法による検討結果を重視しつつ、雨量確率法による主要波形の流量も考慮して基本高水を設定。

○降雨の時空間分布の影響の大きさは本川と支川で異なるが、鬼怒川ではやや影響が大きいと考えられることも踏まえ、支川(渡良瀬川、鬼怒川、小貝川)においても、総合確率法による検討結果を含めて総合的に判断。

○雨量確率法による主要波形の流量が総合確率法の結果を上回る場合には、アンサンブル予測波形の流量幅に入ることを確認した上でその値を考慮して基本高水を設定。

総合確率法の概念

- 既定計画における基本高水のピーク流量は、代表洪水における降雨波形について、総降雨量を任意に与えて流出計算することにより得られる最大流量の生起状況を総降雨量の生起状況から推算し、確率流量を算定する「総合確率法」により設定している。
- 既定計画と同様に総合確率法による検討を実施した結果、1/200確率流量は26,000m³/sとなった。

総合確率の概念

① 流出計算の実施

代表洪水について、降雨継続時間内雨量を100mm～1,000mm(11段階)に引伸ばし、流出計算を実施⇒洪水数分のR-Q_p

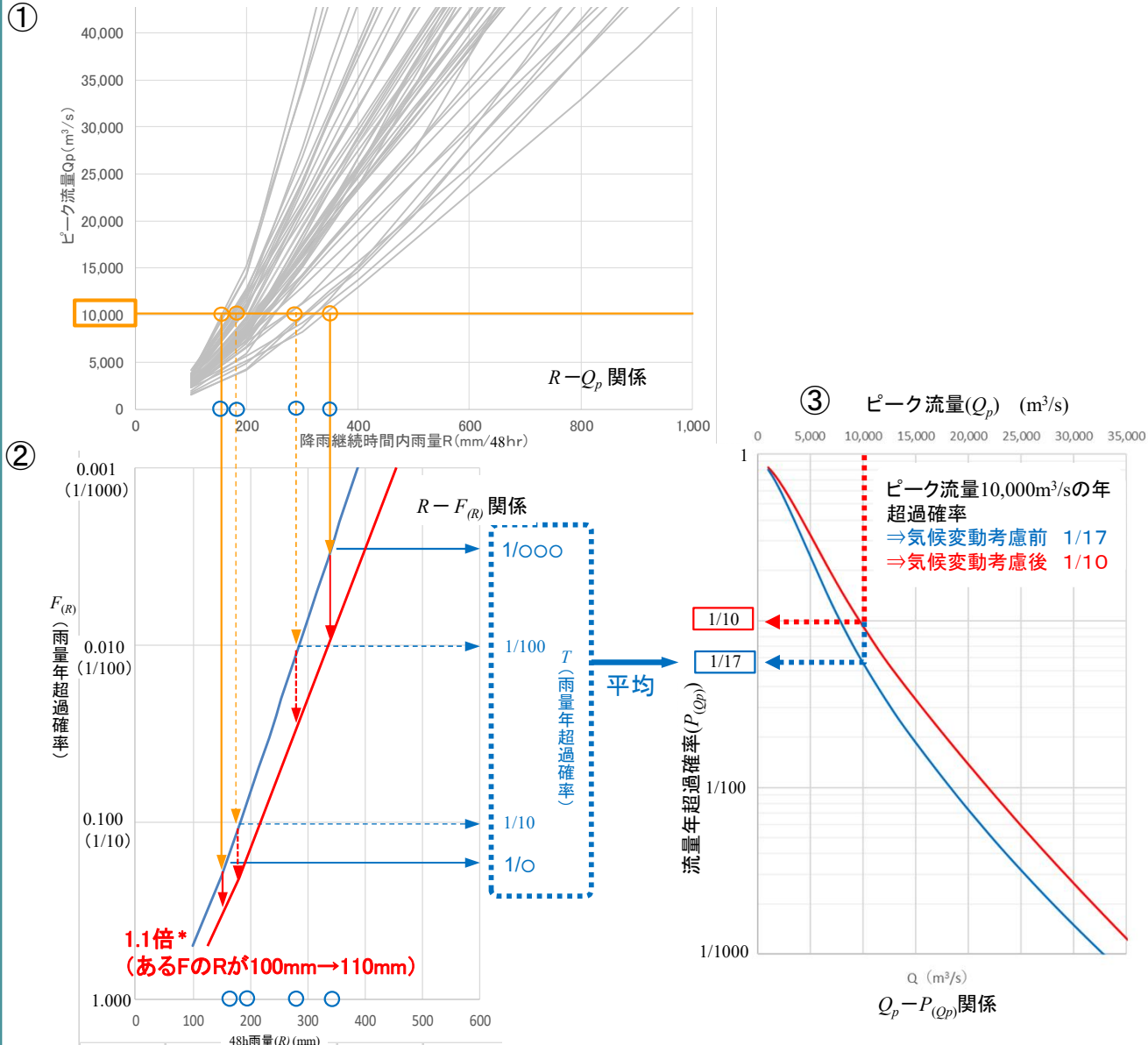
② 雨量確率曲線の算出

実績雨量を用いた統計解析により、確率雨量を整理⇒雨量確率

③ 任意の流量の年超過確率の算定

任意の流量Q_pに対し、①の関係より洪水毎の雨量に対する年超過確率を算出し、平均
 ※年超過確率の算出にあたって②のR-fのRに降雨変化倍率(1.1)を乗じた確率曲線を用いる⇒Q_pに対するf

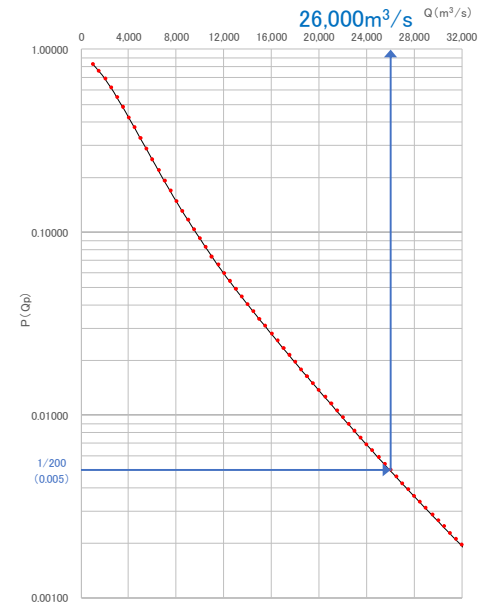
ピーク流量10,000m³/sの確率を算出する場合



利根川における基本高水の算出

年超過確率	雨量(mm)	流量(m ³ /s)
1/10	209.9	9,700
1/20	244.8	12,900
1/30	264.9	15,000
1/50	290.0	17,900
1/100	323.8	21,800
1/150	343.6	24,200
1/200	357.6	26,000
1/400	391.4	30,400

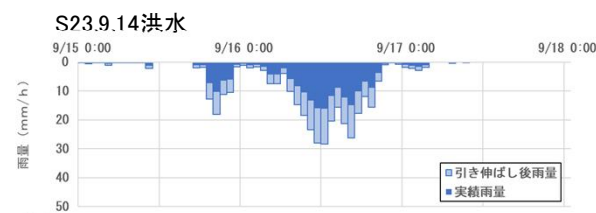
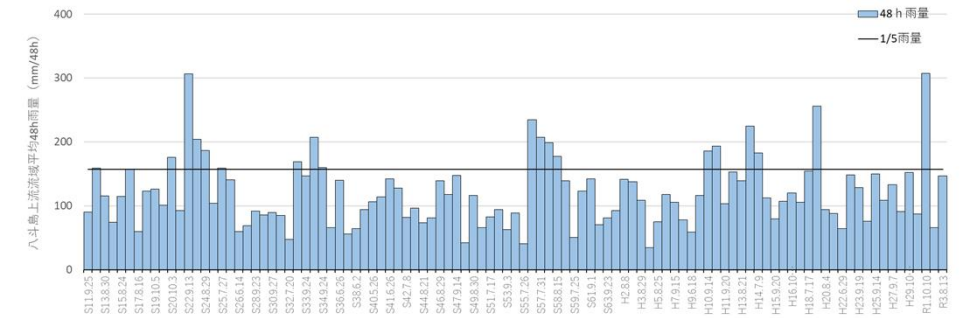
総合確率(48h雨量)



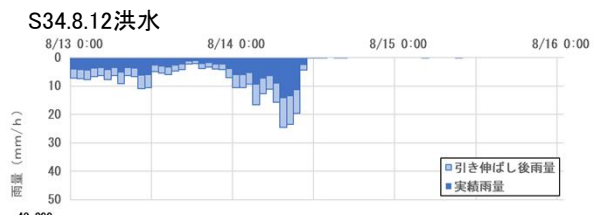
主要降雨波形群の設定(八斗島地点)

- 八斗島地点においては、年超過確率1/5(157mm/48h)以上となり、引伸ばし率が2倍以下となる16の降雨波形を選定した。
- 選定した降雨波形を対象に、年超過確率1/200(気候変動考慮後)の48時間雨量358mmとなるような引伸ばし降雨波形を作成し、流出計算を行った結果、基準地点八斗島において9,200~38,400m³/sとなった。
- このうち、小流域あるいは短時間の降雨量が著しい引伸ばし(年超過確率1/500以上、または実績最大のうち大きい方の雨量を超過)となっている降雨波形(9波形)については棄却し、主要降雨波形群(7波形)を設定した。
- 短時間降雨による棄却基準は角屋式から得られる洪水到達時間が12時間から17時間であり、ピーク流量と短時間雨量の相関が高まる15時間とした他、対象降雨の降雨継続時間1/2である24時間と設定した。

雨量データによる確率からの検討



No	洪水名	八斗島地点		計画規模 降雨量 ×1.1(mm/48h)	引伸ばし率	八斗島地点		棄却理由
		48時間雨量 (mm)	ピーク流量 (m ³ /s)					
1	S20.10.3	176.0	358	2.03	12,300			
2	S22.9.13	306.6	358	1.17	26,000			
3	S23.9.14	204.3	358	1.75	23,900			
4	S24.8.29	186.4	358	1.92	32,600	地域分布		
5	S33.9.16	169.2	358	2.11	33,900	時間分布		
6	S34.8.12	207.3	358	1.72	18,200			
7	S56.8.21	234.8	358	1.52	17,300	地域分布		
8	S57.7.31	207.4	358	1.72	20,000			
9	S57.9.10	199.0	358	1.80	23,800			
10	S58.8.15	177.7	358	2.01	9,200	地域分布		
11	H10.9.14	186.0	358	1.92	38,400	時間分布		
12	H11.8.13	193.2	358	1.85	18,700	地域分布		
13	H13.9.9	224.9	358	1.59	10,300			
14	H14.7.9	182.9	358	1.96	20,600	地域分布		
15	H19.9.5	255.7	358	1.40	15,800	地域分布		
16	R1.10.10	307.0	358	1.16	23,300	時間分布		



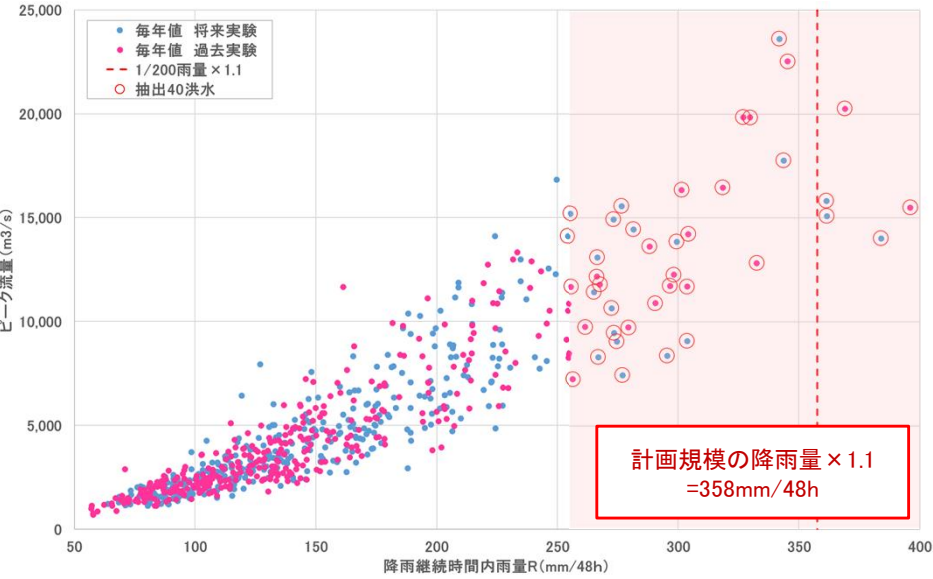
※グレー着色: 地域・時間分布により棄却

アンサンブル予測降雨波形の抽出(八斗島地点)

- アンサンブル予測降雨波形(将来実験・過去実験)の年最大流域平均雨量標本から、計画対象降雨358mm/48hに近い各20波形を抽出した。
- 抽出した降雨波形は、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した。
- 抽出した降雨波形について気候変動を考慮した1/200確率規模の48時間雨量358mmまで引き縮め/引伸ばし、見直した流出計算モデルにより流出量算出した。

アンサンブル予測降雨波形データを用いた検討

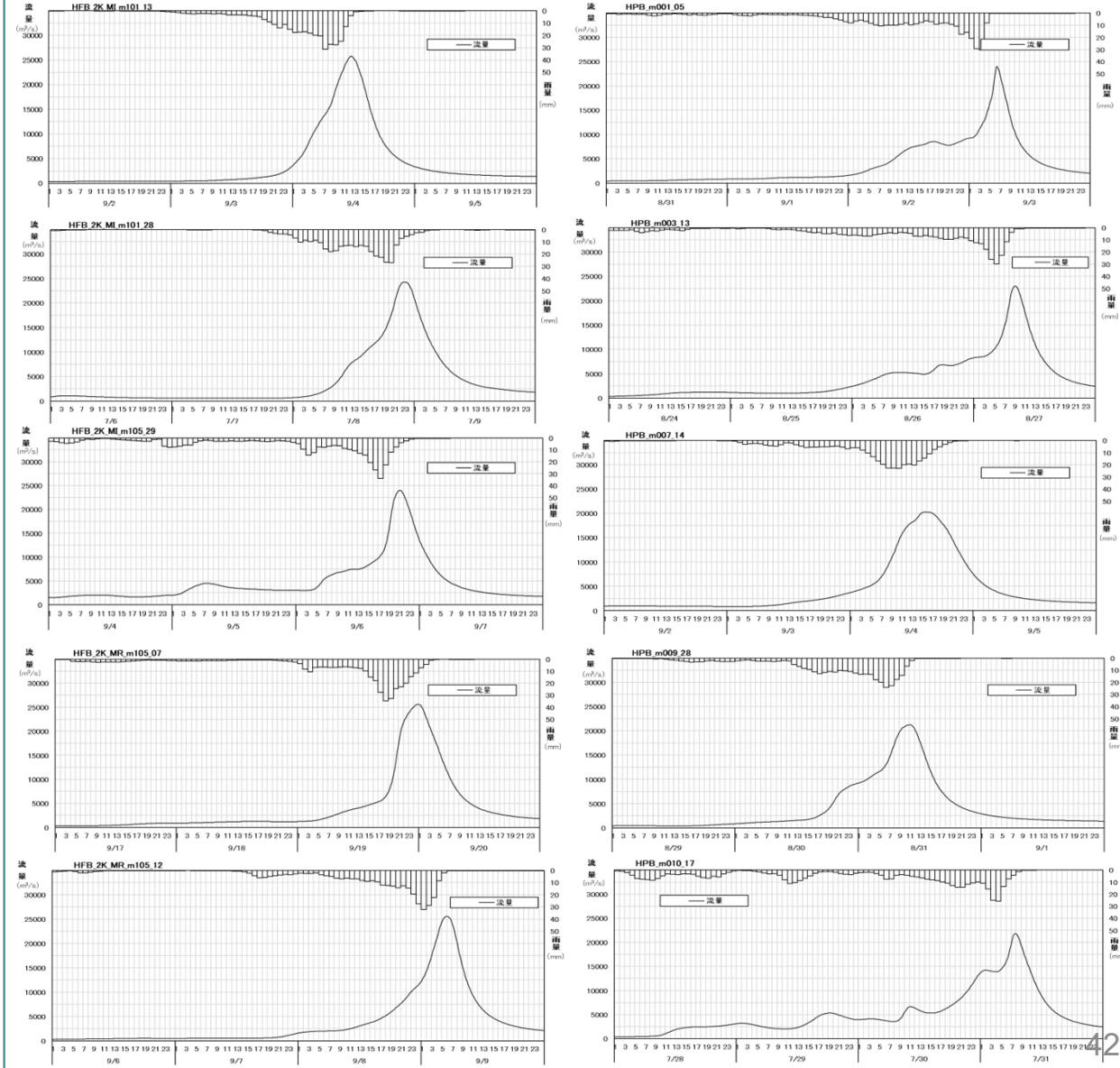
- d4PDF(将来360年、現在360年)の年最大雨量標本を流出計算した。
- 著しい引伸ばし等によって降雨波形をゆがめることがないよう、計画対象降雨の降雨量近傍の洪水を抽出した。



洪水名	八斗島地点		引伸ばし率	八斗島地点	
	48時間雨量(mm)	1/200雨量(mm)		ピーク流量(m ³ /s)	ピーク流量(m ³ /s)
HFB_2K_CC_m101_27	265.3	358	1.35	18,100	
HFB_2K_CC_m101_28	303.7	358	1.18	12,000	
HFB_2K_CC_m105_22	281.6	358	1.27	17,000	
HFB_2K_OF_m101_25	299.4	358	1.19	18,200	
HFB_2K_HA_m101_20	274.7	358	1.30	17,100	
HFB_2K_HA_m101_22	272.6	358	1.31	16,000	
HFB_2K_HA_m105_14	277.1	358	1.29	10,700	
HFB_2K_MI_m101_13	255.5	358	1.40	25,800	
HFB_2K_MI_m101_28	273.3	358	1.31	24,300	
HFB_2K_MI_m105_27	273.5	358	1.31	16,600	
HFB_2K_MP_m101_13	254.4	358	1.41	24,000	
HFB_2K_MP_m101_18	361.6	358	0.99	15,100	
HFB_2K_MP_m101_18	361.2	358	0.99	16,100	
HFB_2K_MP_m101_22	383.8	358	0.93	13,100	
HFB_2K_MR_m101_08	295.5	358	1.21	10,700	
HFB_2K_MR_m101_10	343.7	358	1.04	20,300	
HFB_2K_MR_m105_07	341.9	358	1.05	25,700	
HFB_2K_MR_m105_11	266.7	358	1.34	18,000	
HFB_2K_MR_m105_12	276.7	358	1.29	25,600	
HFB_2K_MR_m105_17	267.1	358	1.34	12,400	

洪水名	八斗島地点		引伸ばし率	八斗島地点	
	48時間雨量(mm)	1/200雨量(mm)		ピーク流量(m ³ /s)	ピーク流量(m ³ /s)
HPB_m001_05	345.3	358	1.04	24,100	
HPB_m001_08	318.6	358	1.12	20,100	
HPB_m002_03	279.6	358	1.28	14,200	
HPB_m002_24	261.7	358	1.37	16,100	
HPB_m003_10	303.9	358	1.18	16,100	
HPB_m003_13	327.0	358	1.09	23,100	
HPB_m003_26	396.1	358	0.90	14,300	
HPB_m004_28	298.3	358	1.20	16,200	
HPB_m005_11	332.6	358	1.08	14,500	
HPB_m006_22	256.6	358	1.39	11,900	
HPB_m007_14	304.3	358	1.18	20,400	
HPB_m008_11	296.8	358	1.20	14,800	
HPB_m008_17	290.7	358	1.23	14,800	
HPB_m009_07	369.1	358	0.97	19,800	
HPB_m009_28	301.6	358	1.19	21,300	
HPB_m010_17	329.8	358	1.08	21,900	
HPB_m010_21	267.8	358	1.34	18,000	
HPB_m022_08	288.3	358	1.24	18,800	
HPB_m022_18	266.5	358	1.34	18,100	
HPB_m022_28	255.8	358	1.40	19,100	

抽出したアンサンブル予測降雨波形



主要降雨波形に不足する降雨パターンの確認

- これまで、実績の降雨波形のみを計画対象としてきたが、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考慮する必要がある。
- 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ため、アンサンブル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、主要降雨波形に含まれていないクラスターの確認を実施した。
- その結果、八斗島地点では主要降雨波形に含まれないクラスター4(オリ根・吾妻型)およびクラスター5(吾妻・鳥型)に該当する降雨波形を、アンサンブル予測降雨波形から1波形ずつ抽出した。
- 抽出した降雨波形について気候変動を考慮した1/200確率規模の降雨量まで引き伸ばし、流出計算モデルにより流出量を算出した。

クラスター分析による主要降雨波形に不足する降雨パターンの確認

■ 主要降雨波形の降雨パターンの確認

No	洪水名	八斗島地点	計画規模 降雨量 ×1.1(mm/48h)	引伸ばし率	クラスター 分類	八斗島地点
		48時間雨量 (mm)				ピーク流量 (m ³ /s)
1	S20.10.3	176.0	358	2.03	3	12,300
2	S22.9.13	306.6	358	1.17	3	26,000
3	S23.9.14	204.3	358	1.75	3	23,900
4	S34.8.12	207.3	358	1.72	3	18,200
5	S57.7.31	207.4	358	1.72	1	20,000
6	S57.9.10	199.0	358	1.80	1	23,800
7	H13.9.9	224.9	358	1.59	2	10,300

■ 主要降雨波形に不足する降雨波形

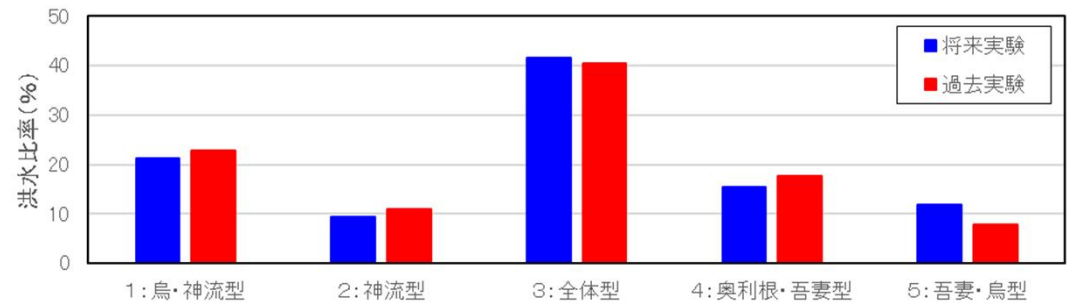
洪水名	八斗島地点	計画規模 降雨量 ×1.1(mm/48h)	引伸ばし率	クラスター 分類	八斗島地点
	48時間雨量 (mm)				ピーク流量 (m ³ /s)
HFB_2K_MR_m101_08	295.5	358	1.21	4	10,700
HFB_2K_MR_m105_17	267.1	358	1.34	5	12,400

* 主要降雨波形に不足する降雨パターンをアンサンブル降雨波形から追加

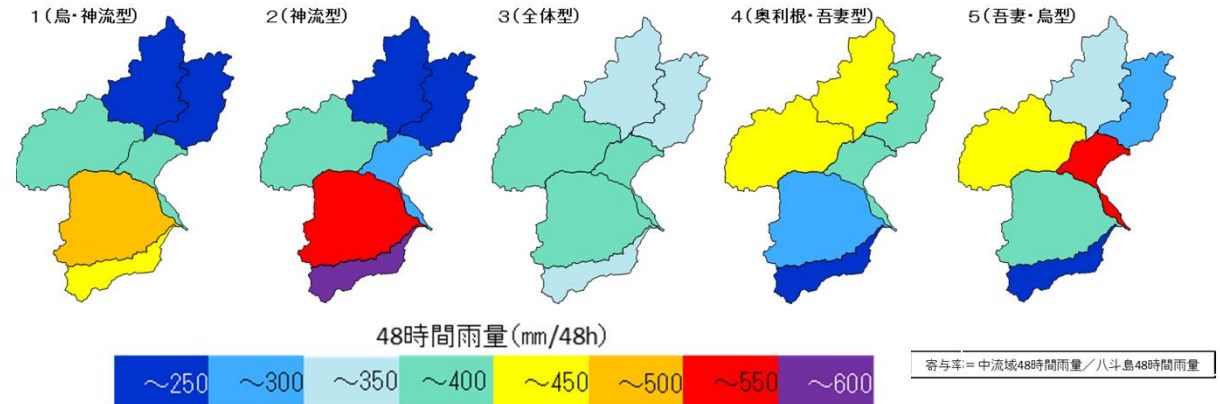
アンサンブル予測降雨波形によるクラスター分析

■ アンサンブル降雨波形の出現頻度(クラスター毎)

各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ワード法によりクラスターに分類

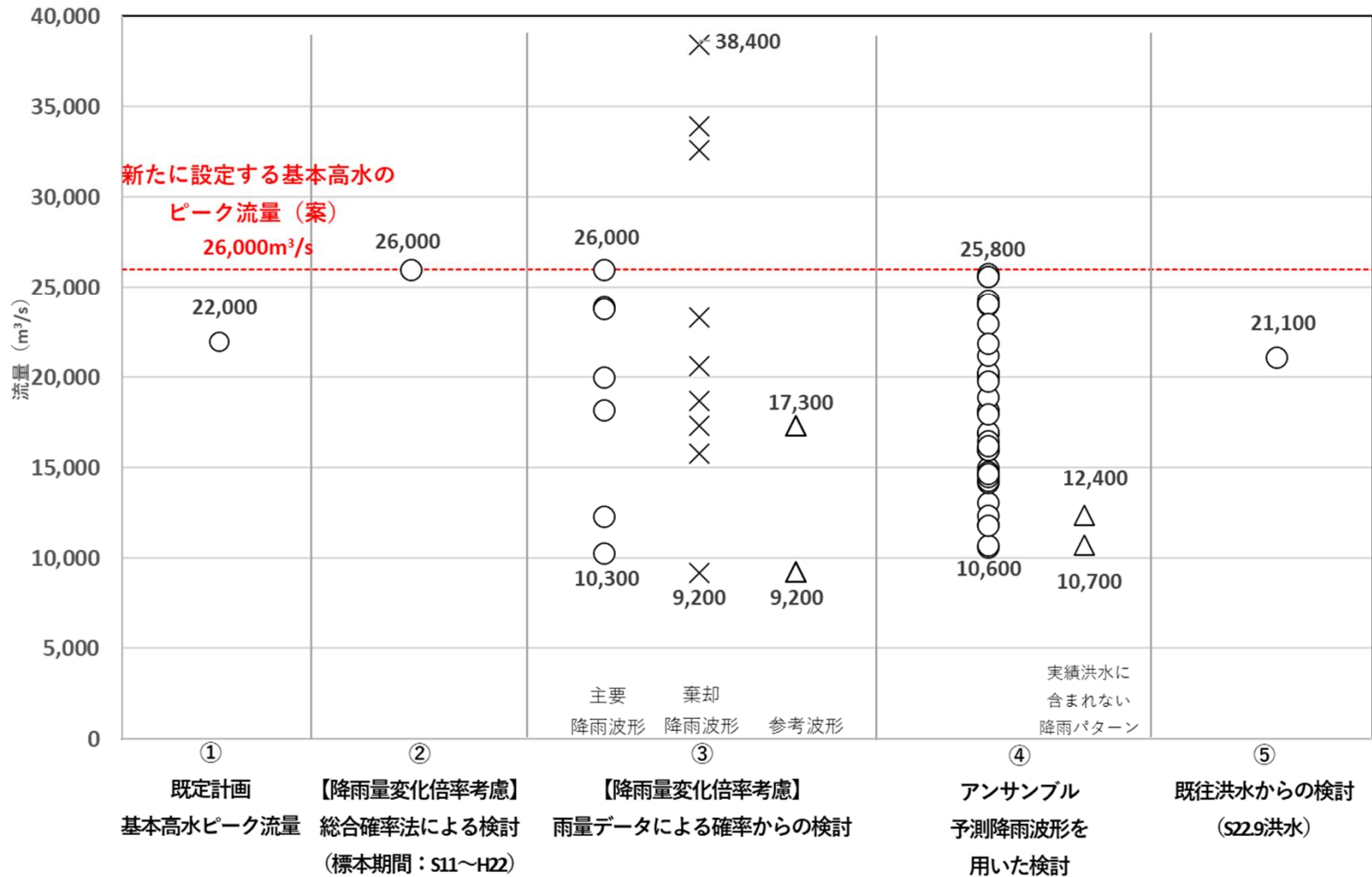


■ アンサンブル予測雨量による降雨分布のクラスター分析結果



- 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総合確率法及び雨量データによる検討、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、利根川における基本高水のピーク流量は、八斗島地点において26,000m³/sと設定した。

基本高水の設定に係わる総合的判断



凡例

③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

④アンサンブル予測降雨波形を用いた検討: 将来・過去実験から様々な降雨パターンの検討

○(主要降雨波形): 年超過確率1/5以上、引伸ばし率2倍以下の洪水
 ×(棄却降雨波形): 主要降雨波形のち短時間・小流域において著しい引伸ばしとなっている洪水
 △(参考波形): 棄却洪水のうちアンサンブル予測降雨波形(将来・過去実験)の時空間分布から生じ
 難いと言えないと判断された洪水

○: 計画対象降雨の降雨量(358mm/48h)近傍の40洪水
 △(実績洪水に含まれない降雨パターン): 主要降雨波形に含まれていないが、アンサンブル予測降雨波形
 から抽出した洪水

渡良瀬川(基準地点 高津戸)

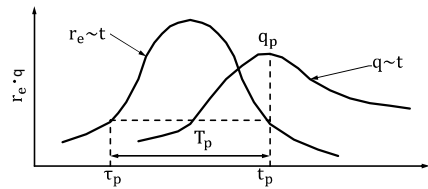
計画対象降雨の継続時間の設定(高津戸地点)

- 時間雨量データの蓄積状況、近年の降雨の継続時間等を踏まえ、既定計画で定めた計画対象降雨の継続時間(3日)を見直した。
- 洪水到達時間や強い降雨強度の継続時間、ピーク流量と時間雨量との相関関係等から、総合的に判断して計画対象降雨の継続時間を24時間と設定した。

Kinematic Wave法及び角屋の式による洪水到達時間の検討

- Kinematic Wave法による洪水到達時間は12~26時間(平均18.3時間)と推定した。
- 角屋の式による洪水到達時間は6~8時間(平均6.7時間)と推定した。

Kinematic Wave法: 矩形斜面上の表面流にKinematic Wave理論を適用して洪水到達時間を導く手法。実績のハイトとハイドロを用いて、ピーク流量生起時刻以前の雨量がピーク流量生起時刻(t_p)の雨量と同じになる時刻(τ_p)により $T_p = t_p - \tau_p$ として推定



T_p : 洪水到達時間
 τ_p : ピーク流量を生ずる特性曲線の
 上流端での出発時刻
 t_p : その特性曲線の下流端への到達時間
 r_e : $\tau_p \sim t_p$ 間の平均有効降雨強度
 q_p : ピーク流量

角屋の式: Kinematic Wave理論の洪水到達時間を表す式に、河道長と地形則を考慮した式

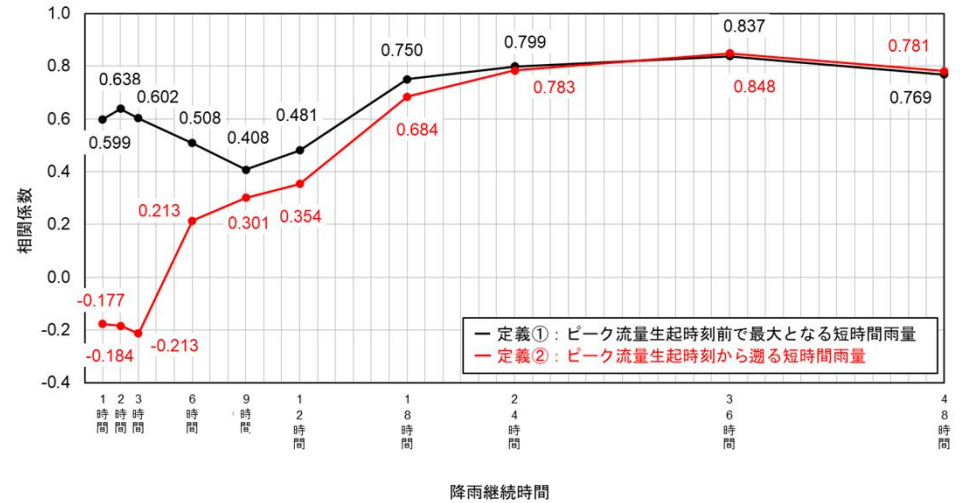
$$T_p = CA^{0.22} \cdot r_e^{-0.35}$$

T_p : 洪水到達時間(min) 丘陵山林地流域 $C=290$
 A : 流域面積(km²) 放牧地・ゴルフ場 $C=190 \sim 210$
 r_e : 時間当たり雨量(mm/h) 粗造成宅地 $C=90 \sim 120$
 C : 流域特性を表す係数 市街化地域 $C=60 \sim 90$

年月日	高津戸地点	Kinematic Wave法		角屋式	
		ピーク流量 (m ³ /s)	算定結果(h)	平均有効降雨 強度(mm/h)	算定結果(h)
1	S13.8.30	2,800	22	12	6.7
2	S22.9.13	4,500	21	18	5.8
3	S23.9.14	1,600	15	15	6.2
4	S24.8.30	2,500	14	15	6.2
5	S34.8.12	2,100	16	8	7.6
6	S47.9.14	1,800	26	7	8.2
7	S56.8.20	1,600	25	11	7.0
8	S57.7.31	2,000	25	8	7.6
9	H10.9.14	1,700	13	16	6.1
10	H13.8.21	1,600	22	11	7.0
11	H19.9.5	1,500	12	18	5.8
12	H23.9.19	1,700	13	12	6.6
13	R1.10.11	2,200	14	17	5.9
	平均値	-	18.3	-	6.7

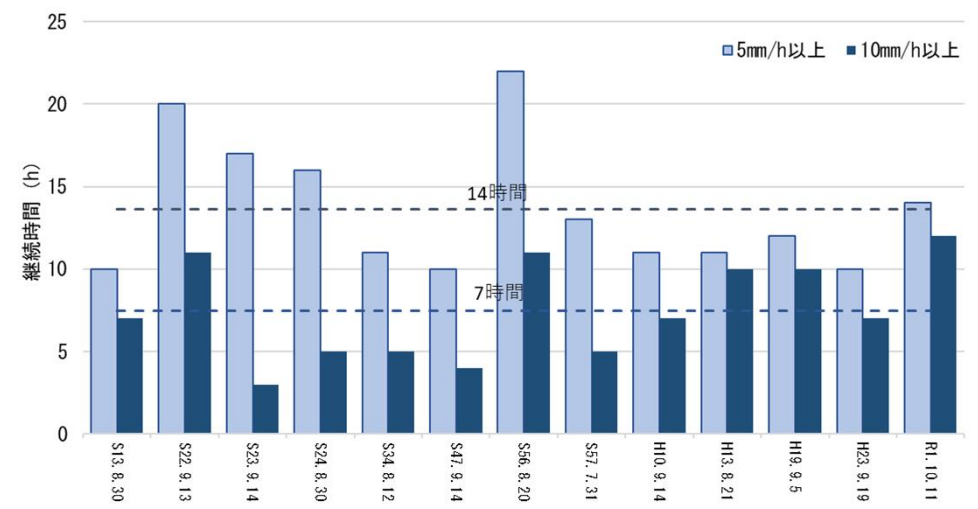
※ピーク流量は、ダム氾濫戻し 1,400m³/s以上の洪水群(氾濫危険水位相当の規模)

ピーク流量とn時間雨量との相関関係



強い降雨強度の継続時間の検討

■ 実績雨量から必要な降雨継続時間は、5mm以上の継続時間で平均14時間、10mm以上の継続時間で平均7時間となり、24時間でカバー可能である。



※高津戸地点における氾濫危険水位相当流量以上の洪水を対象

計画対象降雨の降雨量の設定(高津戸地点)

- 既定計画策定時と流域の重要度等に大きな変化がないことから、計画規模1/100を踏襲した。
- 計画規模の年超過確率1/100の降雨量に降雨量変化倍率1.1倍を乗じ、計画対象降雨の降雨量を405mm/24hと設定した。

計画対象降雨の降雨量

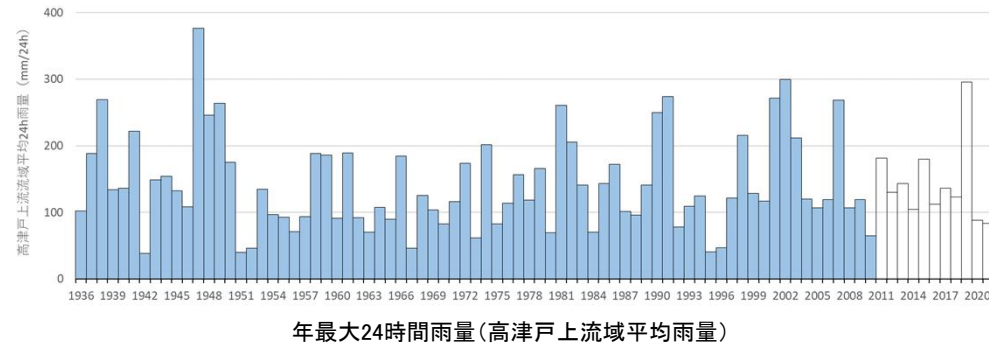
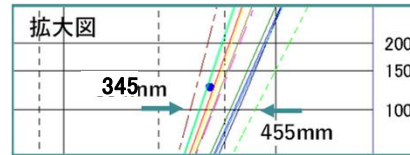
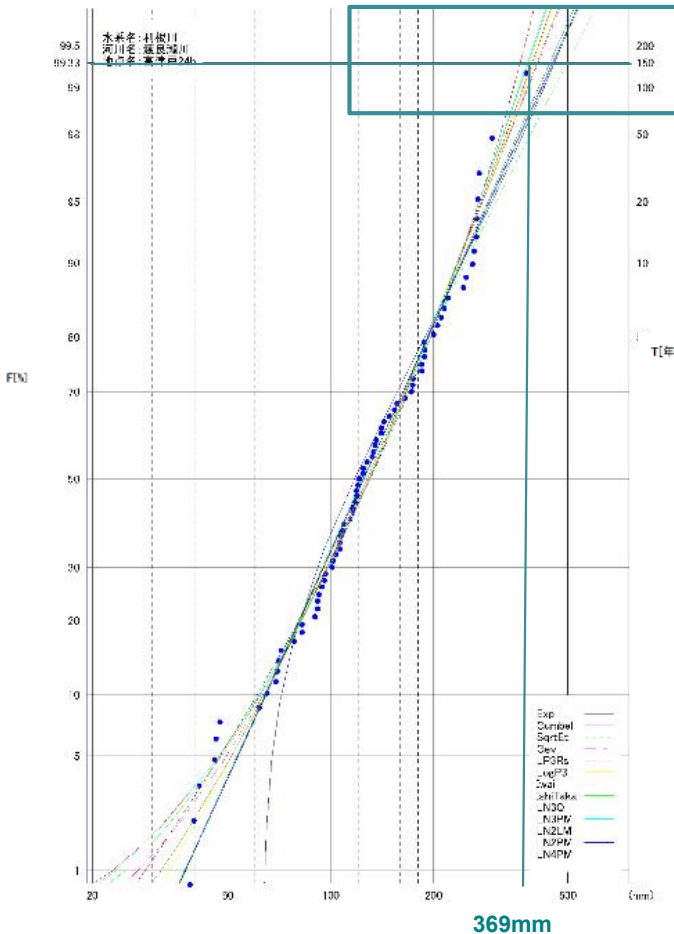
■降雨量の考え方

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した。

■時間雨量データの存在する昭和11年～平成22年の年最大24時間雨量を対象に、毎年の確率分布モデルによる1/100確率雨量から、適合度の基準※1を満足し、安定性の良好※2な確率分布モデルを用い、年超過確率1/100確率雨量369mm/24hを算定した。

■2℃上昇時の降雨量変化倍率1.1倍を乗じ、計画対象降雨の降雨量を405mm/24hと設定した。

※1: SLSC ≤ 0.04 ※2: Jackknife推定誤差が最小



手法	指数分布	ゲンベル分布	SQRT-ET分布	GEV分布	対数正規分布	LP3分布	対数正規分布	対数正規分布	対数正規分布	対数正規分布	対数正規分布	対数正規分布	対数正規分布	
	Exp	Gumbel	SqrtEt	Gev	LP3Rs	LogP3	Iwai	IshiTaka	LN3Q	LN3PM	LN2LM	LN2PM	LN4PM	
確率規模	1/100	423.5	368.5	455.4	381.1	345.0	372.2	379.0	359.7	409.0	357.9	418.8	415.9	-
SLSC		0.046	0.025	0.036	0.026	0.027	0.024	0.023	0.025	0.027	0.026	0.028	0.028	-
推定誤差		32.5	27.4	37.5	38.0	34.6	39.1	28.4	33.5	60.6	32.9	44.0	41.4	-

【参考】近年降雨の気候変動の影響等の確認

■考え方

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)

昭和11年～平成22年および雨量データを1年ずつ追加し、令和3年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した。

■ データ延伸を実施

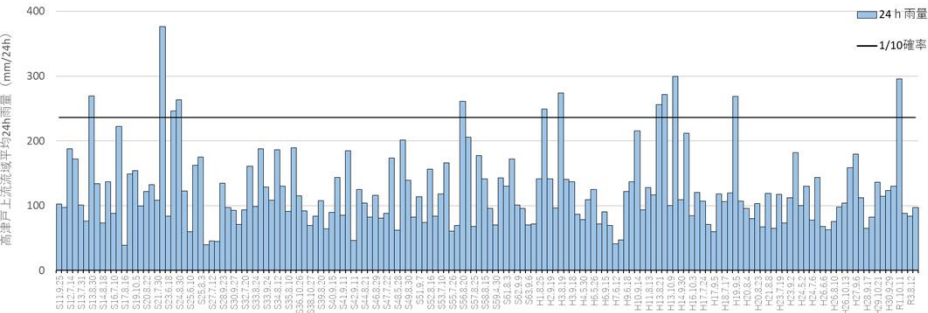
非定常性が確認されなかったことから、最新年(令和3年)まで雨量統計期間を延伸した場合のGumbel分布による確率雨量を算定

➡ 令和3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362mm/24h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。

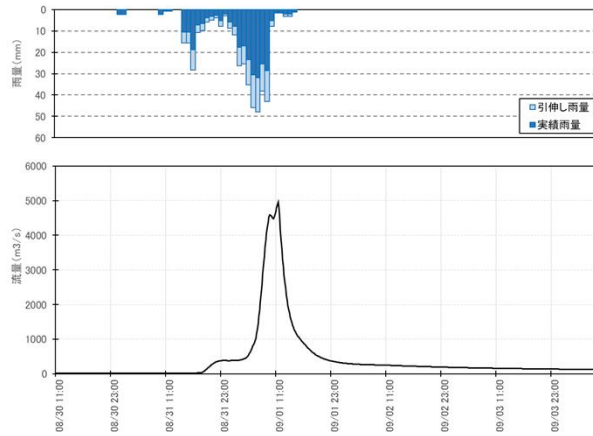
主要降雨波形群の設定(高津戸地点)

- 基準地点高津戸においては、年超過確率1/10(236mm/24h)以上となる12の降雨波形を選定した。
- 選定した降雨波形を対象に、年超過確率1/100(気候変動考慮後)の24時間雨量405mmとなるような引伸ばし降雨波形を作成し、流出計算を行った結果、基準地点高津戸において2,700~5,000m³/sとなった。
- このうち、小流域あるいは短時間の降雨量が著しい引伸ばし(年超過確率1/500以上、または実績最大のうち大きい方の雨量を超過)となっている降雨波形(2波形)については棄却し、主要降雨波形群(10波形)を設定した。
- 短時間降雨による棄却基準は、洪水到達時間の平均値である6時間としたほか、対象降雨の降雨継続時間の1/2である12時間と設定した。

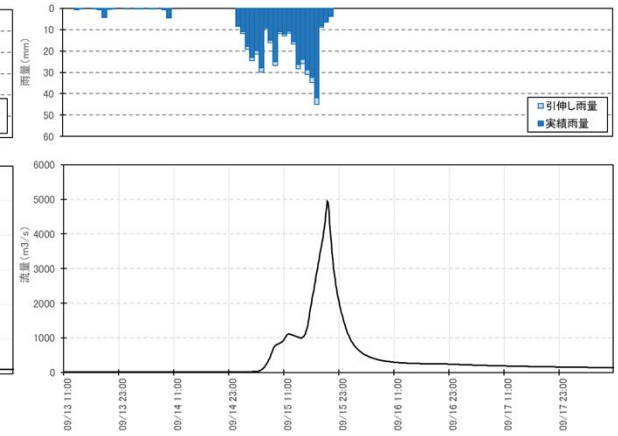
雨量データによる確率からの検討



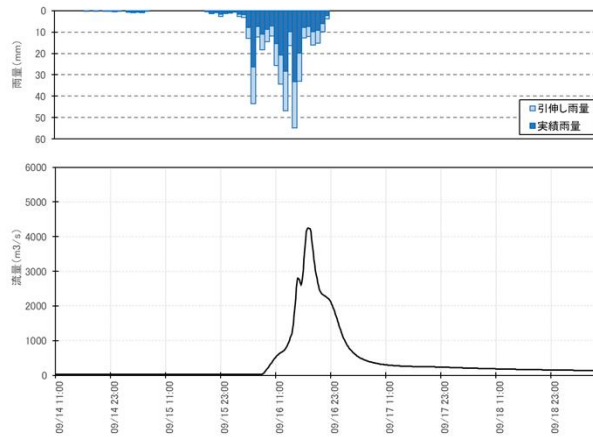
S13.8.30洪水



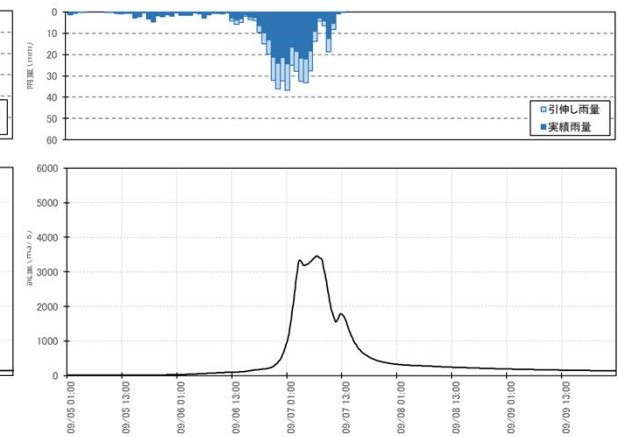
S22.9.13洪水



S23.9.14洪水



H19.9.5洪水



No	洪水名	高津戸地点		引伸ばし率	高津戸地点		棄却理由
		24時間雨量 (mm)	計画規模降雨量 × 1.1 (mm/24h)		ピーク流量 (m ³ /s)		
1	S13.8.30	269.3	405	1.51	5,000		
2	S22.9.13	376.8	405	1.08	5,000		
3	S23.9.14	246.0	405	1.65	4,300		
4	S24.8.30	263.7	405	1.54	4,700		
5	S56.8.20	260.8	405	1.55	3,300		
6	H2.8.8	249.6	405	1.62	4,400		
7	H3.8.19	273.9	405	1.48	3,300	地域分布	
8	H13.8.21	256.1	405	1.58	4,100		
9	H13.9.9	271.8	405	1.49	2,700		
10	H14.7.9	299.7	405	1.35	3,100		
11	H19.9.5	268.9	405	1.51	3,500		
12	R1.10.11	295.4	405	1.37	4,300	地域分布	

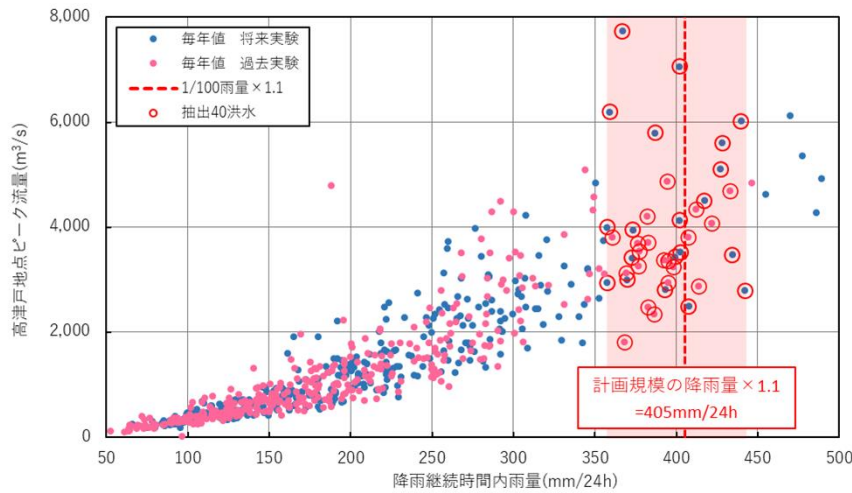
※グレー着色: 地域・時間分布により棄却

アンサンブル予測降雨波形の抽出(高津戸地点)

- アンサンブル予測降雨波形(将来実験・過去実験)の年最大流域平均雨量標本から、計画対象降雨405mm/24hに近い各20波形を抽出した。
- 抽出した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した。
- 抽出した降雨波形について気候変動を考慮した1/100確率規模の24時間雨量405mm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た。

アンサンブル予測降雨波形データを用いた検討

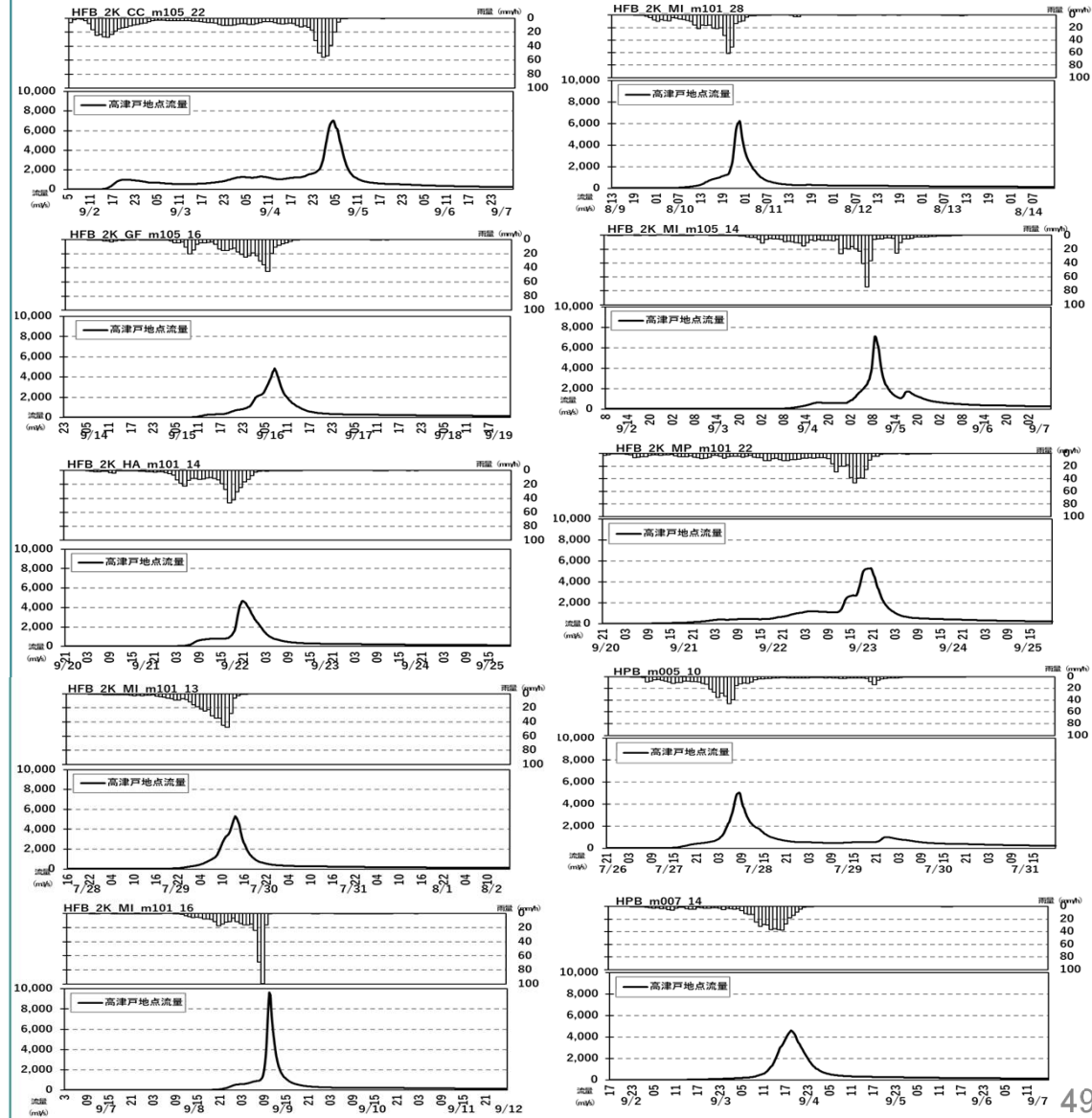
- d4PDF(将来360年、現在360年)の年最大雨量標本を流出計算した。
- 著しい引伸ばし等によって降雨波形をゆがめることがないよう、計画対象降雨の降雨量近傍の洪水を抽出した。



洪水名	気候変動考慮後		引伸ばし率	高津戸地点 ピーク流量 (m³/s)
	高津戸地点 24時間雨量 (mm)	1/100雨量 (mm)		
HFB_2K_CC_m101_12	399.2	405	1.02	3,600
HFB_2K_CC_m105_7	402.4	405	1.01	3,600
HFB_2K_CC_m105_22	359.1	405	1.13	7,100
HFB_2K_GF_m101_24	357.5	405	1.13	3,600
HFB_2K_GF_m105_16	357.4	405	1.13	4,900
HFB_2K_HA_m101_14	427.1	405	0.95	4,800
HFB_2K_HA_m101_20	434.2	405	0.93	3,100
HFB_2K_HA_m101_26	417.1	405	0.97	4,400
HFB_2K_MI_m101_13	439.8	405	0.92	5,400
HFB_2K_MI_m101_16	366.8	405	1.11	9,700
HFB_2K_MI_m101_17	407.7	405	0.99	2,500
HFB_2K_MI_m101_28	387.0	405	1.05	6,300
HFB_2K_MI_m105_14	401.9	405	1.01	7,200
HFB_2K_MI_m105_26	402.0	405	1.01	4,200
HFB_2K_MP_m101_4	369.8	405	1.10	3,400
HFB_2K_MP_m101_22	428.2	405	0.95	5,300
HFB_2K_MR_m101_3	442.2	405	0.92	2,600
HFB_2K_MR_m101_4	372.7	405	1.09	3,800
HFB_2K_MR_m101_8	373.4	405	1.09	4,600
HFB_2K_MR_m105_11	393.0	405	1.03	3,000

洪水名	気候変動考慮後		引伸ばし率	高津戸地点 ピーク流量 (m³/s)
	高津戸地点 24時間雨量 (mm)	1/100雨量 (mm)		
HFB_2K_CC_m101_12	399.2	405	1.02	3,600
HFB_2K_CC_m105_7	402.4	405	1.01	3,600
HFB_2K_CC_m105_22	359.1	405	1.13	7,100
HFB_2K_GF_m101_24	357.5	405	1.13	3,600
HFB_2K_GF_m105_16	357.4	405	1.13	4,900
HFB_2K_HA_m101_14	427.1	405	0.95	4,800
HFB_2K_HA_m101_20	434.2	405	0.93	3,100
HFB_2K_HA_m101_26	417.1	405	0.97	4,400
HFB_2K_MI_m101_13	439.8	405	0.92	5,400
HFB_2K_MI_m101_16	366.8	405	1.11	9,700
HFB_2K_MI_m101_17	407.7	405	0.99	2,500
HFB_2K_MI_m101_28	387.0	405	1.05	6,300
HFB_2K_MI_m105_14	401.9	405	1.01	7,200
HFB_2K_MI_m105_26	402.0	405	1.01	4,200
HFB_2K_MP_m101_4	369.8	405	1.10	3,400
HFB_2K_MP_m101_22	428.2	405	0.95	5,300
HFB_2K_MR_m101_3	442.2	405	0.92	2,600
HFB_2K_MR_m101_4	372.7	405	1.09	3,800
HFB_2K_MR_m101_8	373.4	405	1.09	4,600
HFB_2K_MR_m105_11	393.0	405	1.03	3,000

抽出したアンサンブル予測降雨波形



主要降雨波形に不足する降雨パターンの確認

- これまで、実績の降雨波形のみを計画対象としてきたが、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考慮する必要がある。
- 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ため、アンサンブル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、主要降雨波形に含まれていないクラスターの確認を実施した。
- その結果、主要降雨波形に含まれないクラスター1、3に該当する降雨波形をアンサンブル予測降雨波形から抽出した。
- 抽出した降雨波形について気候変動を考慮した1/100確率規模の降雨量まで引き伸ばし、流出計算モデルにより流出量を算出した。

クラスター分析による主要降雨波形に不足する降雨パターンの確認

■ 主要降雨波形の降雨パターンの確認

No	洪水名	高津戸地点	計画規模降雨量 ×1.1 (mm/24h)	引伸ばし率	クラスター 分類	高津戸地点
		24時間雨量 (mm)				ピーク流量 (m ³ /s)
1	S13.8.30	269.3	405	1.51	4	5,000
2	S22.9.13	376.8	405	1.08	2	5,000
3	S23.9.14	246.0	405	1.65	4	4,300
4	S24.8.3	263.7	405	1.54	4	4,700
5	S56.8.20	260.8	405	1.55	4	3,300
6	H2.8.8	249.6	405	1.62	2	4,400
7	H13.8.21	256.1	405	1.58	4	4,100
8	H13.9.9	271.8	405	1.49	4	2,700
9	H14.7.9	299.7	405	1.35	4	3,100
10	H19.9.5	268.9	405	1.51	4	3,500

■ 主要降雨波形に不足する降雨波形

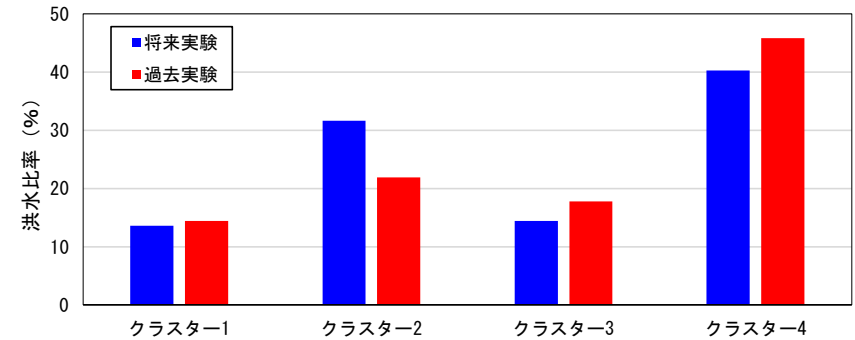
洪水名	高津戸地点	計画規模降雨量 ×1.1 (mm/24h)	引伸ばし率	クラスター 分類	高津戸地点
	24時間雨量 (mm)				ピーク流量 (m ³ /s)
HFB_2K_GF_m105-20900717	318.1	405	1.27	1	2,800
HPB_m010-19970731	407.1	405	1.00	3	3,800

* 主要降雨波形に不足する降雨パターンをアンサンブル降雨波形から追加

アンサンブル予測降雨波形によるクラスター分析

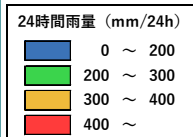
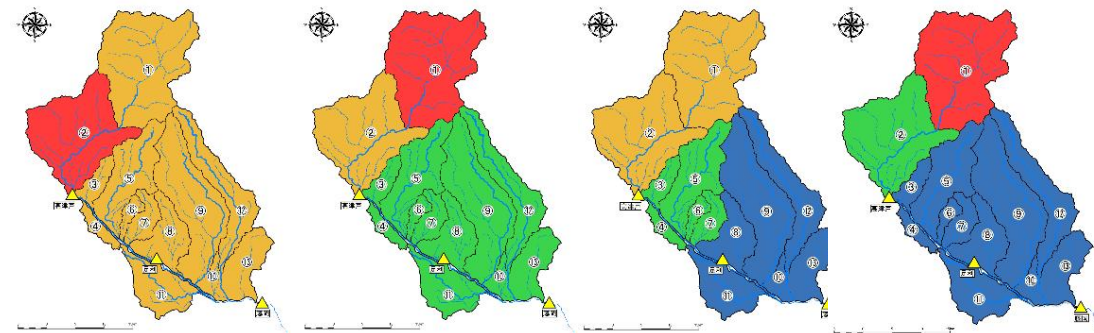
■ アンサンブル降雨波形の出現頻度(クラスター毎)

各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ワード法によりクラスターに分類



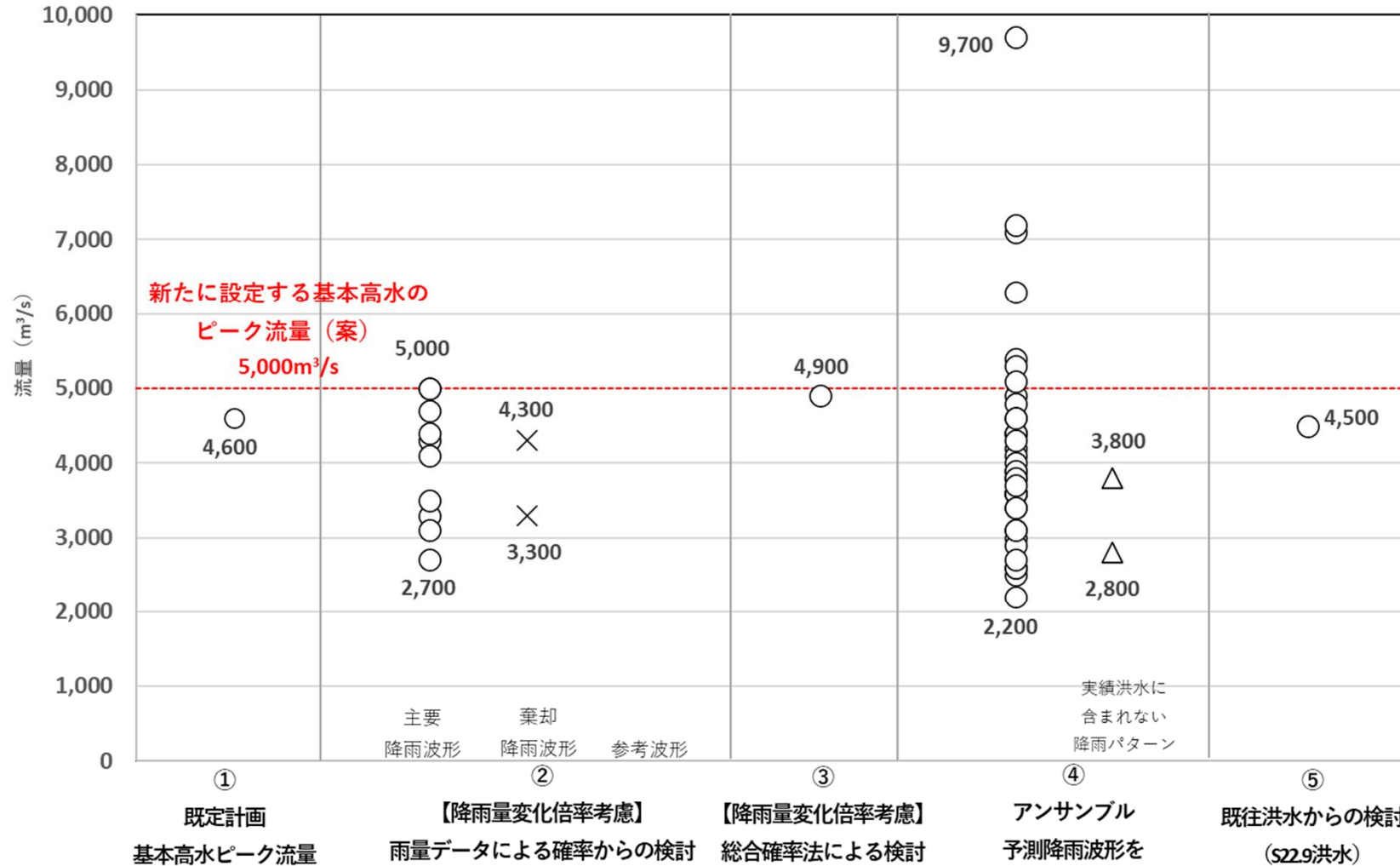
■ アンサンブル予測雨量による降雨分布のクラスター分析結果

1(全体型) 2(上流型) 3(上流・桐生川型) 4(草木上流型)



- 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総合確率法及び雨量データによる検討、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、渡良瀬川における基本高水のピーク流量は、高津戸地点において5,000m³/sと設定した。

基本高水の設定に係わる総合的判断



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

④アンサンブル予測降雨波形を用いた検討: 将来・過去実験から様々な降雨パターンの検討

○(主要降雨波形): 年超過確率1/10以上、引伸ばし率2倍以下の洪水
 ×(棄却降雨波形): 主要降雨波形のち短時間・小流域において著しい引伸ばしとなっている洪水
 △(参考波形): 棄却洪水のうちアンサンブル予測降雨波形(将来・過去実験)の時空間分布から生起し
 難しいと言えないと判断された洪水

○: 計画対象降雨の降雨量(405mm/24h)近傍の40洪水
 △(実績洪水に含まれない降雨パターン): 主要降雨波形に含まれていないが、アンサンブル予測降雨波形から抽出した洪水

鬼怒川(基準地点 石井)

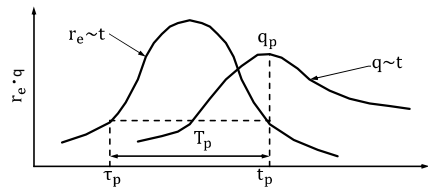
計画対象降雨の継続時間の設定(石井地点)

- 時間雨量データの蓄積状況、近年の降雨の継続時間等を踏まえ、既定計画で定めた計画対象降雨の継続時間(3日)を見直した。
- 洪水到達時間や強い降雨強度の継続時間、ピーク流量と時間雨量との相関関係等から、総合的に判断して計画対象降雨の継続時間を24時間と設定した。

Kinematic Wave法及び角屋の式による洪水到達時間の検討

- Kinematic Wave法による洪水到達時間は8~47時間(平均20.5時間)と推定した。
- 角屋の式による洪水到達時間は7~11時間(平均9時間)と推定した。

Kinematic Wave法: 矩形斜面上の表面流にKinematic Wave理論を適用して洪水到達時間を導く手法。実績のハイトとハイドロを用いて、ピーク流量生起時刻以前の雨量がピーク流量生起時刻(t_p)の雨量と同じになる時刻(τ_p)により $T_p = t_p - \tau_p$ として推定



T_p : 洪水到達時間
 τ_p : ピーク流量を発生する特性曲線の上流端での出発時刻
 t_p : その特性曲線の下流端への到達時間
 r_e : $\tau_p \sim t_p$ 間の平均有効降雨強度
 q_p : ピーク流量

角屋の式: Kinematic Wave理論の洪水到達時間を表す式に、河道長と地形則を考慮した式

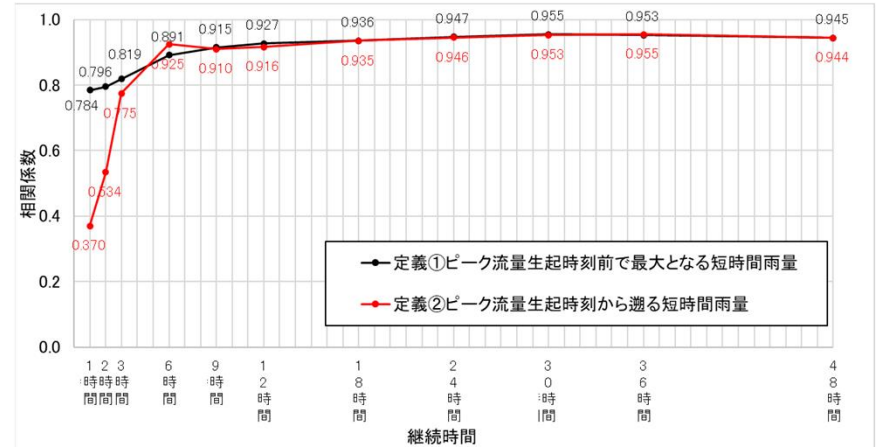
$$T_p = CA^{0.22} \cdot r_e^{-0.35}$$

T_p : 洪水到達時間(min)
 A : 流域面積(km²)
 r_e : 時間当たり雨量(mm/h)
 C : 流域特性を表す係数

丘陵山地流域	C=290
放牧地・ゴルフ場	C=190~210
粗造成宅地	C=90~120
市街化地域	C=60~90

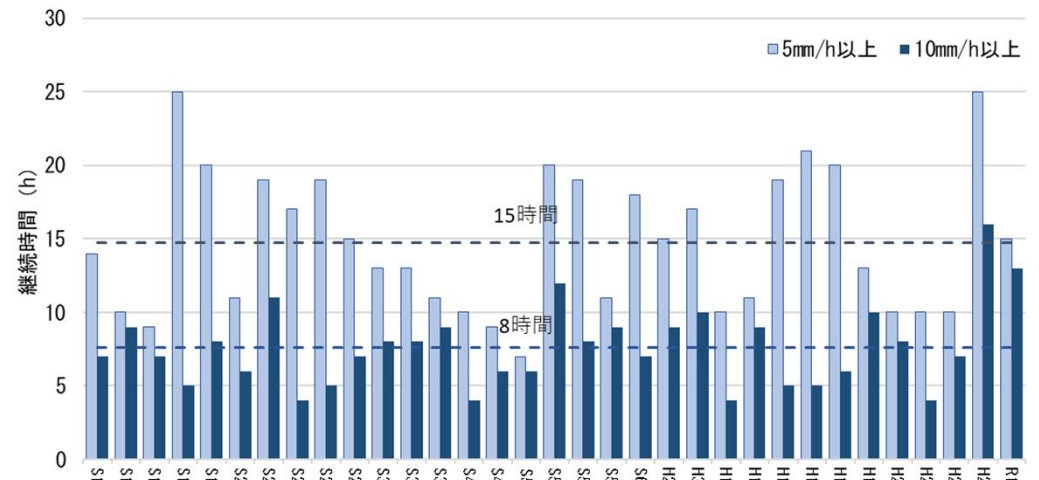
ピーク流量とn時間雨量との相関関係

- ピーク流量と相関の高い短時間雨量の時間帯は、9時間以上で一定の高い相関が得られている。



強い降雨強度の継続時間の検討

- 実績雨量から必要な降雨継続時間は、5mm以上の継続時間で平均15時間、10mm以上の継続時間で平均8時間となり、24時間でカバー可能である。



年月日	石井地点 ピーク流量 (m ³ /s)	Kinematic Wave法		角屋式	
		算定結果(h)	平均有効降雨 強度(mm/h)	算定結果(h)	算定結果(h)
1	S12.9.9	2,400	29	8	10.2
2	S13.8.30	4,600	25	11	8.9
3	S14.8.3	2,400	11	15	8.1
4	S16.7.20	2,500	33	9	9.8
5	S19.10.5	2,300	13	13	8.5
6	S21.7.30	3,600	9	15	8.1
7	S22.9.13	3,200	20	15	8.2
8	S23.9.14	2,300	11	16	7.9
9	S24.8.30	4,200	12	18	7.6
10	S25.8.2	2,700	30	7	10.5
11	S33.9.16	2,700	23	10	9.5
12	S34.8.12	4,200	47	8	10.1
13	S34.9.24	3,100	27	8	10.2
14	S41.9.22	3,300	21	10	9.3
15	S47.9.14	2,600	12	11	9.2
16	S54.10.17	2,200	33	6	11.3
17	S56.8.20	4,200	25	13	8.6

年月日	石井地点 ピーク流量 (m ³ /s)	Kinematic Wave法		角屋式	
		算定結果(h)	平均有効降雨 強度(mm/h)	算定結果(h)	算定結果(h)
18	S57.7.31	2,900	17	12	8.9
19	S57.9.10	2,700	29	8	10.1
20	S61.8.3	2,300	20	10	9.4
21	H2.8.8	2,700	20	12	8.7
22	H3.8.19	2,400	19	11	8.9
23	H10.8.27	2,300	8	9	9.9
24	H10.9.14	3,600	15	17	7.7
25	H13.8.21	2,500	11	14	8.4
26	H13.9.8	2,600	21	12	8.8
27	H14.7.9	3,500	26	11	9.0
28	H19.9.5	2,900	22	10	9.3
29	H23.9.19	3,400	17	12	8.9
30	H24.6.18	2,300	17	10	9.3
31	H25.9.14	2,700	16	11	9.1
32	H27.9.8	7,000	19	19	7.5
33	R1.10.11	6,200	17	20	7.3
平均値	-	-	20.5	-	9.0

※ピーク流量は、ダム無し、2,200 m³/s以上(氾濫注意水位相当の規模)

計画対象降雨量の設定(石井地点)

- 現行基本方針策定時から流域の重要度等に大きな変化がないことから、現行基本方針の計画規模1/100を踏襲した。
- 計画規模の年超過確率1/100の降雨量に降雨量変化倍率1.1倍を乗じ、計画対象降雨の降雨量を437mm/24hと設定した。

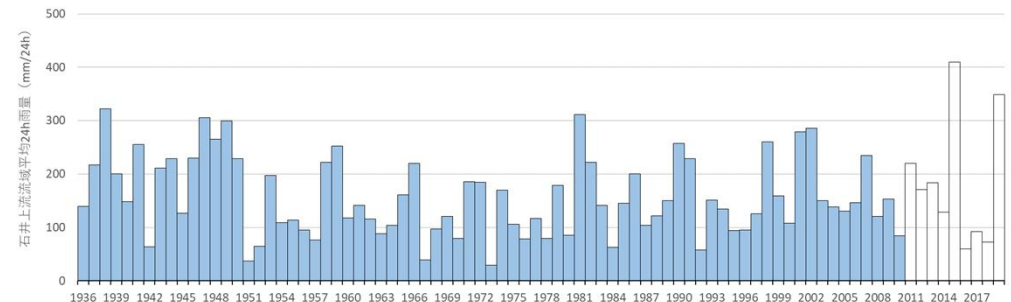
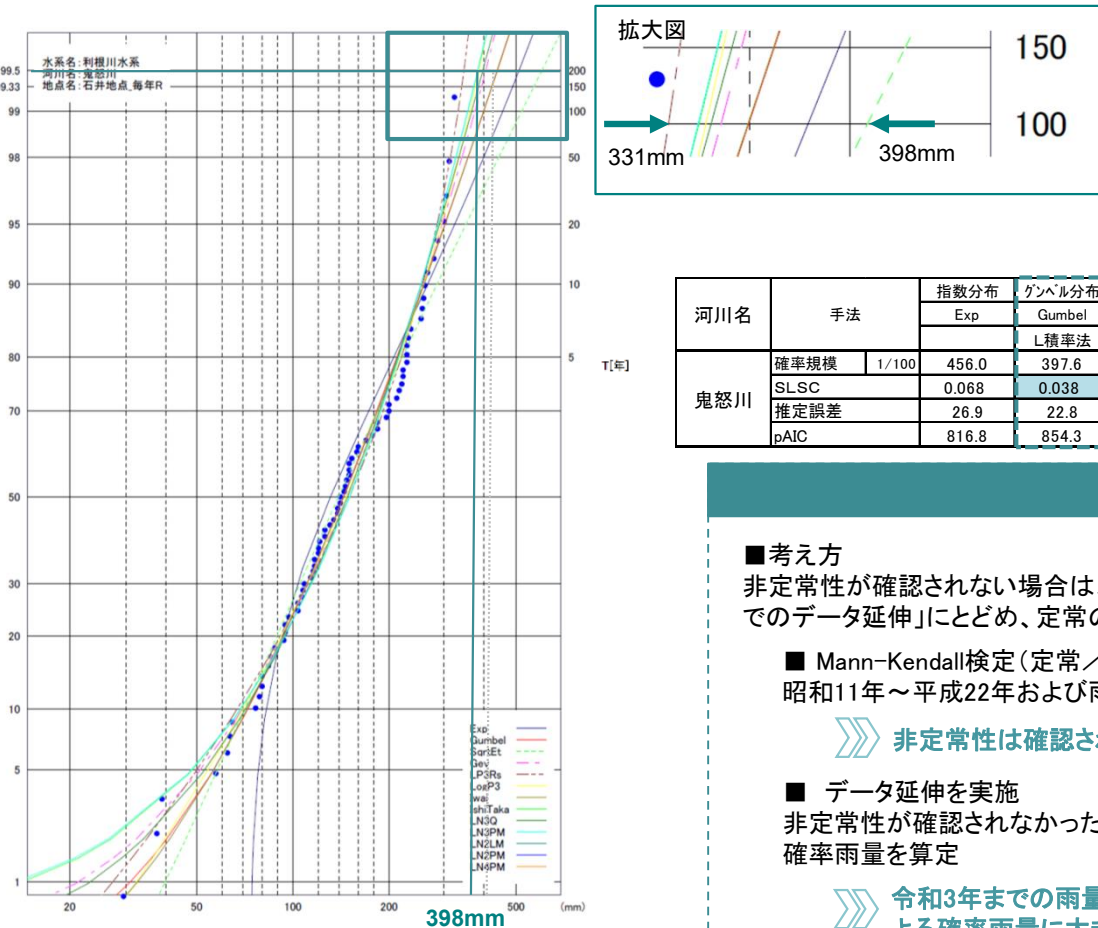
計画対象降雨の降雨量

■降雨量の考え方

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した。

■時間雨量データの存在する昭和11年～平成22年の年最大24時間雨量を対象に、毎年の確率分布モデルによる1/100確率雨量から、Gumbel分布398mm/24hを採用した。
(利根川本川や他の支川においてはGumbel分布を用いていることから、水系で一貫したモデルを採用した。)

■2℃上昇時の降雨量変化倍率1.1倍を乗じ、計画対象降雨の降雨量を437mm/24hと設定した。



河川名	手法	指数分布	グンベル分布	SQRT-ET分布	GEV分布	対数正規分布	LP3分布	対数正規分布	対数正規分布	対数正規分布	対数正規分布	対数正規分布	対数正規分布		
		Exp	Gumbel	SqrtEt	Gev	LP3Rs	LogP3	Iwai	IshiTaka	LN3Q	LN3PM	LN2LM	LN2PM	LN4PM	
鬼怒川	確率規模	1/100	456.0	397.6	522.7	373.0	330.5	360.3	397.0	354.5	364.5	353.8	-	-	-
	SLSC		0.068	0.038	0.056	0.034	0.024	0.021	0.026	0.029	0.027	0.029	-	-	-
	推定誤差		26.9	22.8	44.3	24.5	17.1	32.8	24.9	17.0	22.3	16.9	-	-	-
	pAIC		816.8	854.3	859.3	855.9	852.8	853.6	855.9	856.8	856.0	856.9	-	-	-

【参考】近年降雨の気候変動の影響等の確認

■考え方

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)

昭和11年～平成22年および雨量データを1年ずつ追加し、令和3年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した。

■ データ延伸を実施

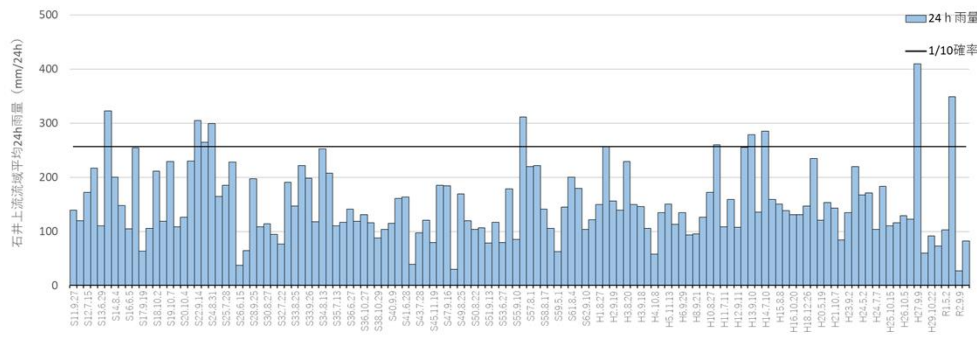
非定常性が確認されなかったことから、最新年(令和3年)まで雨量統計期間を延伸した場合のGumbel分布による確率雨量を算定

➡➡ 令和3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417 mm/24h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。

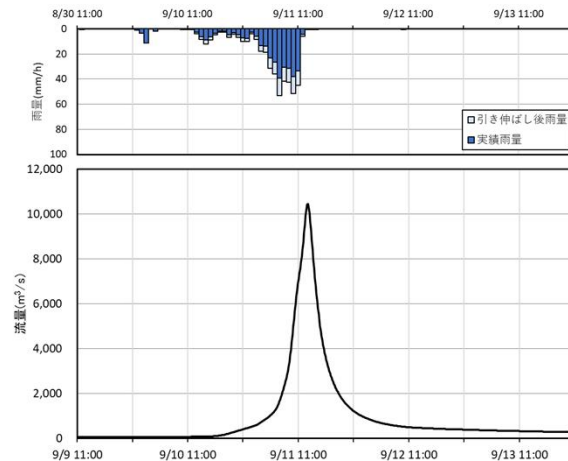
主要降雨波形群の設定(石井地点)

- 基準地点石井においては、年超過確率1/10(257mm/24h)以上となる11の降雨波形を選定した。
- 選定した降雨波形を対象に、年超過確率1/100の24時間雨量437mmとなるような引伸ばした降雨波形を作成し、流出計算を行った結果、基準地点石井において4,700~10,500m³/sとなった。
- このうち、小流域あるいは短時間の降雨量が著しい引伸ばし(年超過確率1/500以上、または実績最大のうち大きい方の雨量を超過)となっている降雨波形(2波形)については棄却し、主要降雨波形群(9波形)を設定した。
- 短時間降雨による棄却基準は角屋式から得られる洪水到達時間が7時間から11時間であり、ピーク流量と短時間雨量の相関が高まる9時間とした他、対象降雨の降雨継続時間1/2である12時間と設定した。

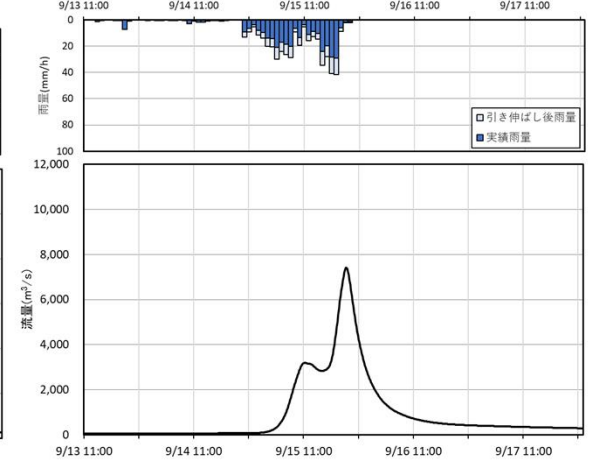
雨量データによる確率からの検討



S13.8.31洪水

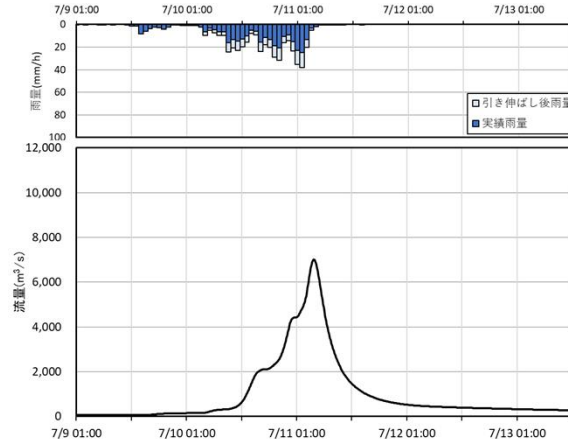


S22.9.14洪水

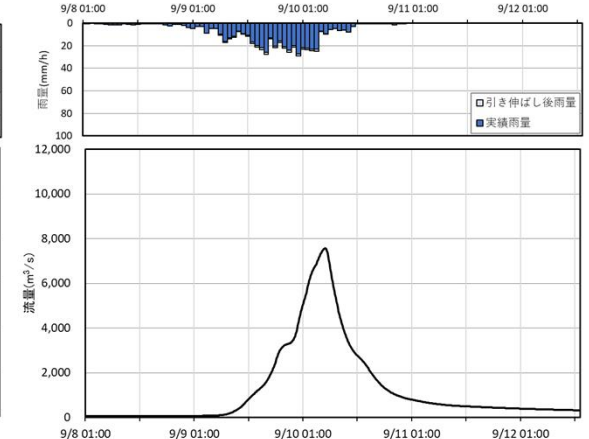


No	洪水名	石井地点		引伸ばし率	石井地点		棄却理由
		24時間雨量 (mm)	計画規模降雨量 × 1.1 (mm/24h)		ピーク流量 (m ³ /s)		
1	S13.8.31	322.4	437	1.36	10,500		
2	S22.9.14	305.2	437	1.43	7,500		
3	S23.9.15	265.1	437	1.65	5,700		
4	S24.8.31	299.4	437	1.46	6,900		
5	S56.8.22	311.3	437	1.41	7,800		
6	H2.8.9	256.9	437	1.70	6,800		
7	H10.9.15	260.1	437	1.68	9,200	時間分布	
8	H13.9.10	278.8	437	1.57	4,700		
9	H14.7.10	285.3	437	1.53	7,100		
10	H27.9.9	409.5	437	1.07	7,600		
11	R1.10.12	348.5	437	1.26	9,300	地域分布	

H14.7.10洪水



H27.9.9洪水



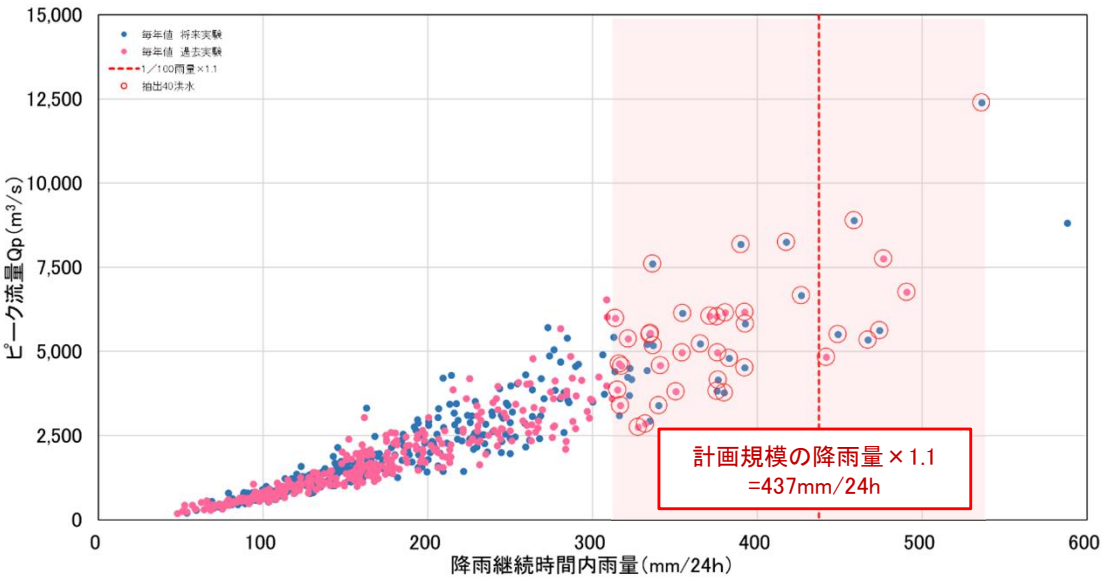
※グレー着色: 著しい引伸ばしとなっている洪水として棄却

アンサンブル予測降雨波形の抽出(石井地点)

- アンサンブル予測降雨波形(将来実験・過去実験)の年最大流域平均雨量標本から、計画対象降雨437mm/24hに近い各20波形を抽出した。
- 抽出した降雨波形は、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した。
- 抽出した降雨波形について気候変動を考慮した1/100確率規模の24時間雨量437mmまで引き縮め/引伸ばし、見直した流出計算モデルにより流出量を算出した。

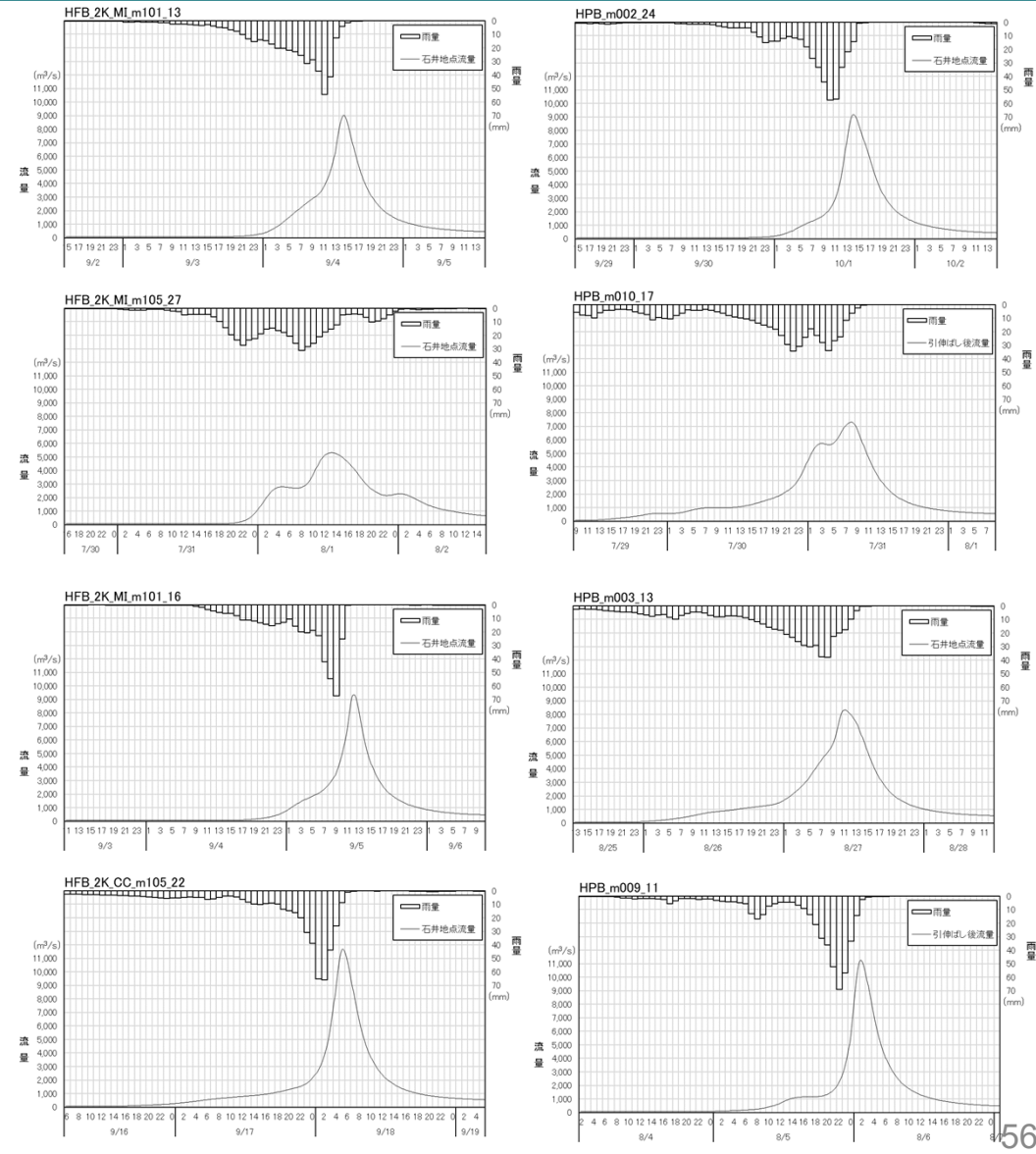
アンサンブル予測降雨波形データを用いた検討

- d4PDF(将来360年、現在360年)の年最大雨量標本を流出計算した。
- 著しい引伸ばし等によって降雨波形をゆが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した。



洪水名	石井地点		引伸ばし率	石井地点		洪水名	石井地点		引伸ばし率	石井地点	
	24時間雨量 (mm)	1/100雨量 (mm)		ピーク流量 (m³/s)	ピーク流量 (m³/s)		24時間雨量 (mm)	1/100雨量 (mm)		ピーク流量 (m³/s)	ピーク流量 (m³/s)
HFB_2K_ML_m101_13	536.0	437	0.82	9,100	HPB_m009_07	490.3	437	0.89	5,900		
HFB_2K_GF_m101_25	473.9	437	0.92	5,100	HPB_m009_28	476.4	437	0.92	7,100		
HFB_2K_MR_m105_07	467.0	437	0.94	4,900	HPB_m001_14	441.7	437	0.99	4,800		
HFB_2K_MP_m101_16	458.4	437	0.95	8,500	HPB_m007_14	392.0	437	1.12	7,500		
HFB_2K_ML_m105_27	448.6	437	0.98	5,400	HPB_m001_29	380.4	437	1.15	7,800		
HFB_2K_ML_m105_29	426.4	437	1.03	7,000	HPB_m004_26	375.6	437	1.16	6,800		
HFB_2K_MR_m105_12	417.4	437	1.05	9,000	HPB_m006_22	375.3	437	1.17	7,300		
HFB_2K_ML_m105_26	392.7	437	1.11	7,100	HPB_m010_17	370.9	437	1.18	7,400		
HFB_2K_CC_m105_07	392.1	437	1.12	5,600	HPB_m008_22	354.3	437	1.23	7,400		
HFB_2K_MP_m101_22	389.7	437	1.12	9,600	HPB_m021_19	350.3	437	1.25	5,400		
HFB_2K_CC_m101_12	382.7	437	1.14	6,000	HPB_m008_17	341.1	437	1.28	6,700		
HFB_2K_HA_m101_20	379.6	437	1.15	4,900	HPB_m003_13	334.9	437	1.31	8,400		
HFB_2K_HA_m101_26	375.9	437	1.16	5,500	HPB_m006_17	332.0	437	1.32	4,400		
HFB_2K_MR_m101_06	375.3	437	1.17	4,700	HPB_m021_13	327.6	437	1.34	4,400		
HFB_2K_GF_m105_11	365.3	437	1.20	6,700	HPB_m002_24	321.4	437	1.36	9,200		
HFB_2K_MR_m105_13	354.6	437	1.23	8,900	HPB_m010_22	317.4	437	1.38	8,100		
HFB_2K_ML_m101_17	339.9	437	1.29	5,000	HPB_m005_26	316.8	437	1.38	4,800		
HFB_2K_MP_m101_29	336.5	437	1.30	8,300	HPB_m004_11	316.2	437	1.38	8,200		
HFB_2K_CC_m105_22	336.3	437	1.30	11,700	HPB_m022_11	315.0	437	1.39	6,700		
HFB_2K_ML_m101_16	334.7	437	1.31	9,400	HPB_m009_11	313.8	437	1.39	11,300		

抽出したアンサンブル予測降雨波形



主要降雨波形に不足する降雨パターンの確認

- これまで、実績の降雨波形のみを計画対象としてきたが、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考慮する必要がある。
- 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ため、アンサンブル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、計画対象の主要降雨波形に含まれていないクラスターの確認を実施した。
- その結果、主要降雨波形はクラスター1、2と評価されたため、主要降雨波形には含まれないクラスター3に該当する降雨波形を計画降雨量近傍のアンサンブル予測降雨から抽出した結果、クラスター3に該当する波形はなかった。

クラスター分析による主要降雨波形の降雨パターンの確認

■ 主要降雨波形の降雨パターンの確認

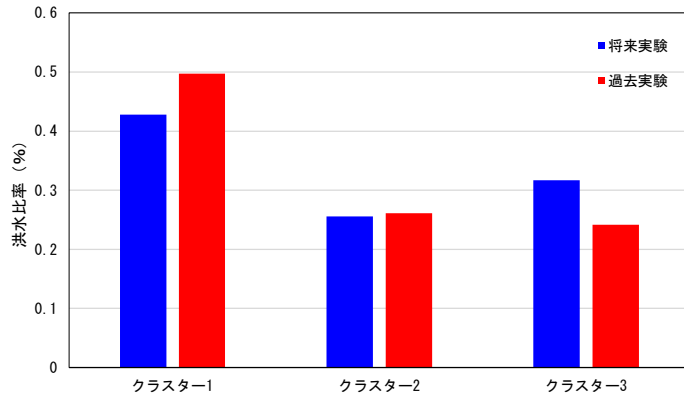
No	洪水名	石井地点	計画規模 降雨量 ×1.1 (mm/48h)	引伸ばし率	クラスター 分類	石井地点
		24時間雨量 (mm)				ピーク流量 (m ³ /s)
1	S13.8.31	322.4	437	1.36	1	10,500
2	S22.9.14	305.2	437	1.43	1	7,500
3	S23.9.15	265.1	437	1.65	1	5,700
4	S24.8.31	299.4	437	1.46	1	6,900
5	S56.8.22	311.3	437	1.41	1	7,800
6	H2.8.9	256.9	437	1.70	1	6,800
7	H13.9.10	278.8	437	1.57	1	4,700
8	H14.7.10	285.3	437	1.53	1	7,100
9	H27.9.9	409.5	437	1.07	2	7,600

アンサンブル予測降雨波形によるクラスター分析

■ アンサンブル降雨波形の出現頻度(クラスター毎)

■ アンサンブル予測雨量による降雨分布のクラスター分析結果

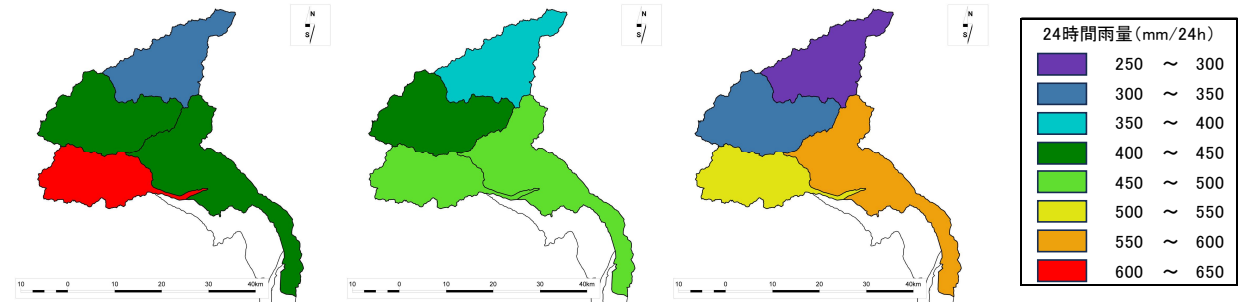
各流域における雨量の流域平均雨量への寄与率を算出し、ユークリッド距離を指標としてワード法によりクラスターに分類



1(大谷川型)

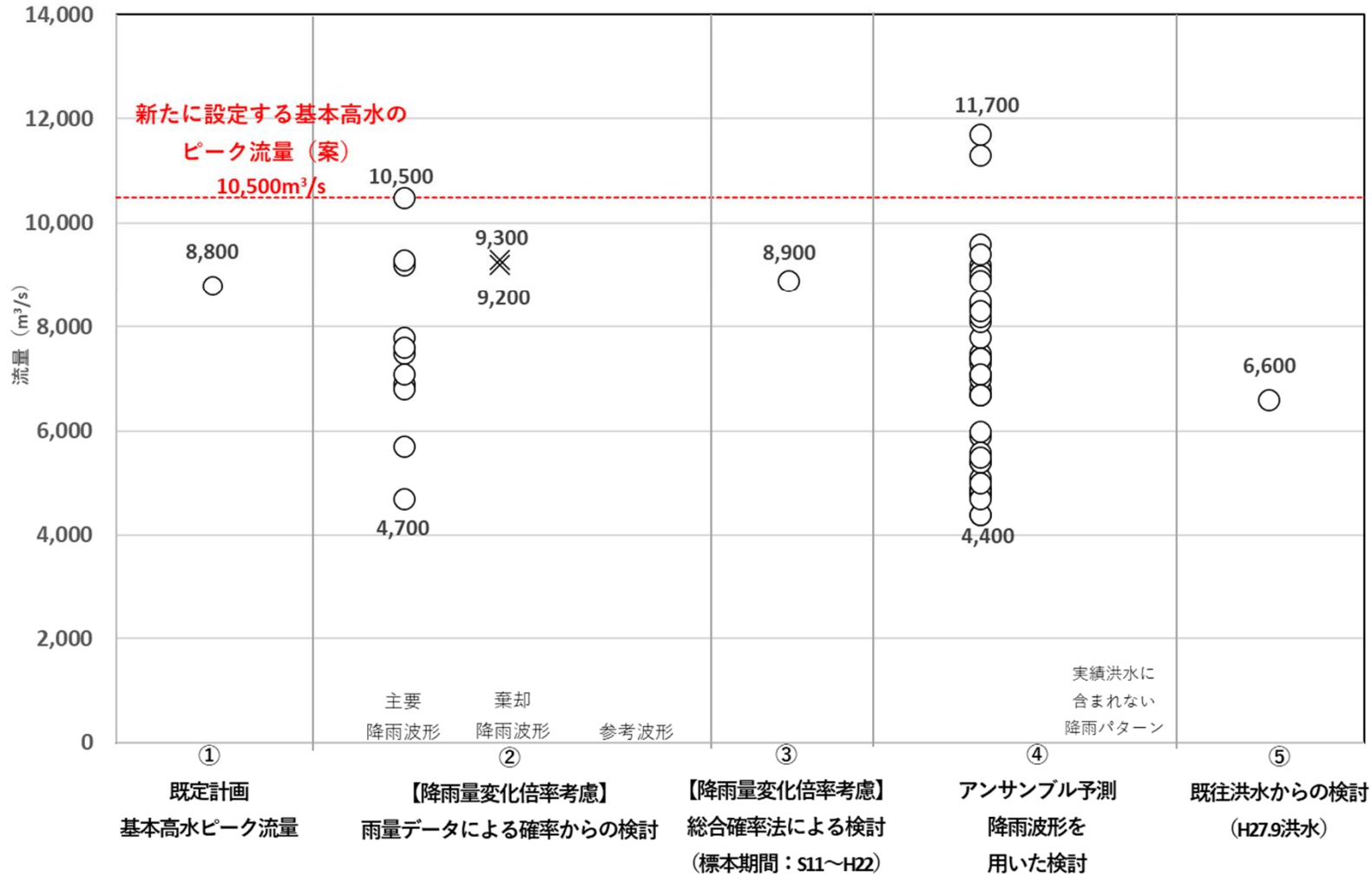
2(全体型)

3(下流型)



- 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総合確率法及び雨量データによる検討、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、鬼怒川における基本高水のピーク流量は、基準地点石井において10,500m³/sと設定した。

基本高水の設定に係わる総合的判断



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

④アンサンブル予測降雨波形を用いた検討: 将来・過去実験から様々な降雨パターンの検討

- (主要降雨波形): 年超過確率1/10以上、引伸ばし率2倍以下の洪水
- ×(棄却降雨波形): 主要降雨波形のち短時間・小流域において著しい引伸ばしとなっている洪水
- △(参考波形): 棄却洪水のうちアンサンブル予測降雨波形(将来・過去実験)の時空間分布から生起し難いと言えないと判断された洪水

- : 計画対象降雨の降雨量(437mm/24h)近傍の40洪水
- △(実績洪水に含まれない降雨パターン): 主要降雨波形に含まれていないが、アンサンブル予測降雨波形から抽出した洪水

小貝川(基準地点 黒子)

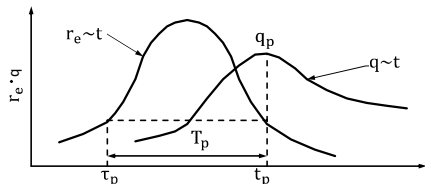
計画対象降雨の継続時間の設定(黒子地点)

- 時間雨量データの蓄積状況、近年の降雨の継続時間等を踏まえ、既定計画で定めた計画対象降雨の継続時間(3日)を見直した。
- 洪水到達時間や強度の強い降雨の継続時間、ピーク流量と時間雨量との相関関係等から、総合的に判断して計画対象降雨の継続時間を24時間と設定した。

Kinematic Wave法及び角屋の式による洪水到達時間の検討

- Kinematic Wave法による洪水到達時間は14~41時間(平均22.5時間)と推定した。
- 角屋の式による洪水到達時間は12~21時間(平均15.9時間)と推定した。

Kinematic Wave法: 矩形斜面上の表面流にKinematic Wave理論を適用して洪水到達時間を導く手法。実績のハイトとハイドロを用いて、ピーク流量発生時刻以前の雨量がピーク流量発生時刻(t_p)の雨量と同じになる時刻(τ_p)により $T_p = t_p - \tau_p$ として推定。



T_p : 洪水到達時間
 τ_p : ピーク流量を発生する特性曲線の上流端での出発時刻
 t_p : その特性曲線の下流端への到達時間
 r_e : $\tau_p \sim t_p$ 間の平均有効降雨強度
 q_p : ピーク流量

角屋の式: Kinematic Wave理論の洪水到達時間を表す式に、河道長と地形則を考慮した式

$$T_p = CA^{0.22} \cdot r_e^{-0.35}$$

T_p : 洪水到達時間(min)
 A : 流域面積(km²)
 r_e : 時間当たり雨量(mm/h)
 C : 流域特性を表す係数

丘陵山地流域 $C=290$
 放牧地・ゴルフ場 $C=190 \sim 210$
 粗造成宅地 $C=90 \sim 120$
 市街化地域 $C=60 \sim 90$

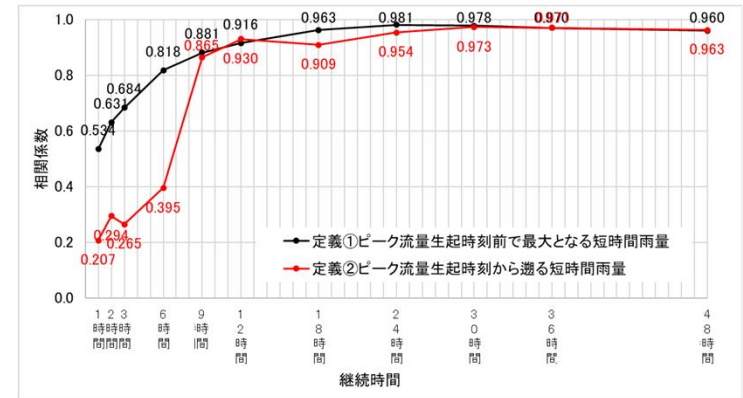
年月日	黒子地点 ピーク流量 (m ³ /s)	Kinematic Wave法		角屋式	
		算定結果(h)	平均有効降雨 強度(mm/h)	算定結果(h)	平均有効降雨 強度(mm/h)
1	S13.6.27	1,350	41	8	13.8
2	S13.8.30	800	17	8	14.0
3	S14.8.3	600	17	6	15.4
4	S14.8.18	550	29	4	19.2
5	S16.7.10	650	24	4	17.8
6	S16.7.20	900	34	6	15.0
7	S17.9.18	750	18	8	14.1
8	S18.10.1	650	19	6	15.2
9	S19.10.5	700	24	5	16.2
10	S20.10.3	900	16	9	13.5
11	S22.9.13	850	21	6	15.2
12	S23.9.15	700	25	6	15.5
13	S25.6.11	850	20	8	13.6
14	S25.7.27	500	18	4	17.4
15	S26.7.2	500	15	7	14.7
16	S29.9.16	600	14	5	15.9
17	S31.9.25	500	14	3	18.5
18	S33.7.21	900	21	8	13.9
19	S33.9.24	700	23	5	15.9
20	S36.6.27	550	19	3	18.9
21	S40.5.26	500	22	5	16.9
22	S41.6.26	950	25	7	14.4
23	S45.11.18	500	29	4	18.3
24	S46.8.29	600	27	5	16.4
25	S56.10.21	650	23	6	15.6
26	S57.9.10	850	17	7	14.6
27	S60.6.28	500	25	4	18.0
28	S61.8.3	1,750	27	12	12.1

年月日	黒子地点 ピーク流量 (m ³ /s)	Kinematic Wave法		角屋式	
		算定結果(h)	平均有効降雨 強度(mm/h)	算定結果(h)	平均有効降雨 強度(mm/h)
29	S63.9.23	600	16	5	16.6
30	H3.8.19	600	28	4	17.0
31	H3.9.18	800	23	6	14.9
32	H5.8.25	750	18	6	15.0
33	H7.9.16	500	29	3	18.6
34	H8.9.21	500	23	5	16.8
35	H10.9.14	700	18	7	14.2
36	H11.7.12	700	21	6	15.6
37	H12.7.7	500	20	5	15.8
38	H13.8.10	500	21	5	15.9
39	H13.10.9	600	29	5	16.8
40	H14.7.9	700	25	5	16.9
41	H16.10.8	500	32	4	18.0
42	H16.10.19	800	15	7	14.4
43	H18.6.15	500	26	4	17.6
44	H18.7.17	500	35	3	20.3
45	H18.12.26	600	23	5	16.1
46	H20.8.28	700	19	7	14.8
47	H23.9.19	900	25	7	14.8
48	H24.5.2	650	27	5	16.3
49	H25.9.14	550	15	7	14.2
50	H26.10.5	800	33	5	16.4
51	H27.7.16	550	20	6	15.7
52	H27.9.8	850	17	6	15.6
53	H28.8.21	500	18	5	15.8
54	H29.10.21	600	15	4	17.2
55	R1.10.11	1,150	22	10	13.0
	平均値	-	22.5	-	15.9

※ピーク流量450m³/s以上
 (氾濫注意水位相当の規模)

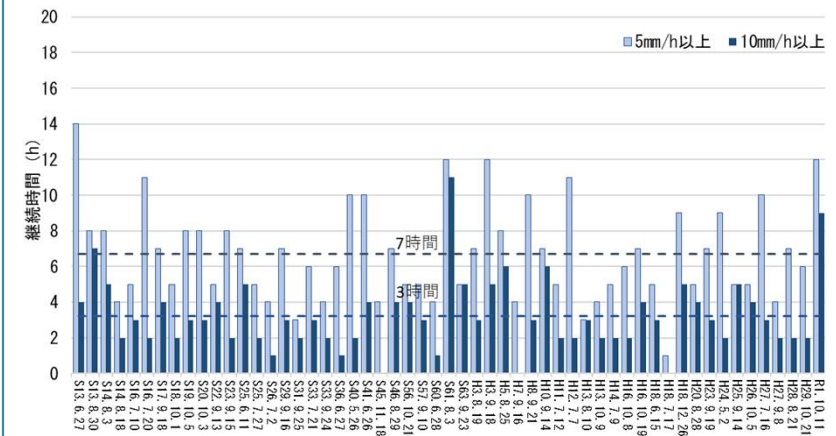
ピーク流量とn時間雨量との相関関係

- 短時間雨量が9時間を超えるとピーク流量と相関が高くなった。



強い降雨強度の継続時間の検討

- 実績雨量から必要な降雨継続時間は、5mm以上の継続時間で平均7時間、10mm以上の継続時間で平均3時間となり、24時間でカバー可能である。



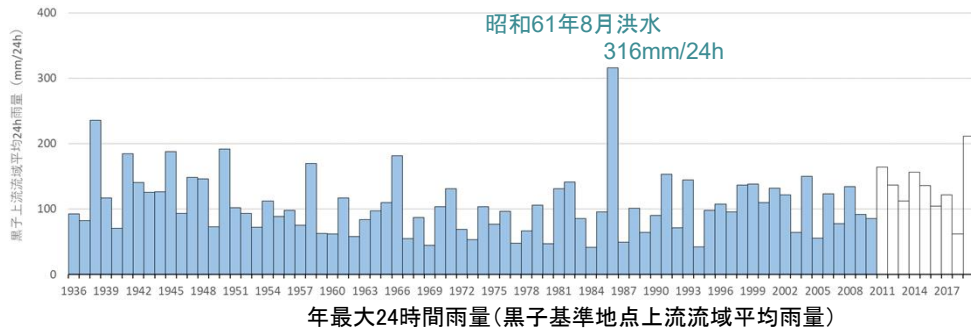
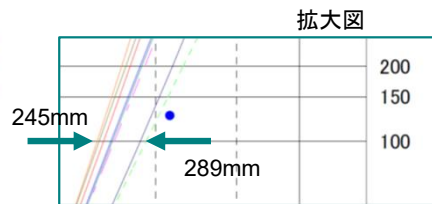
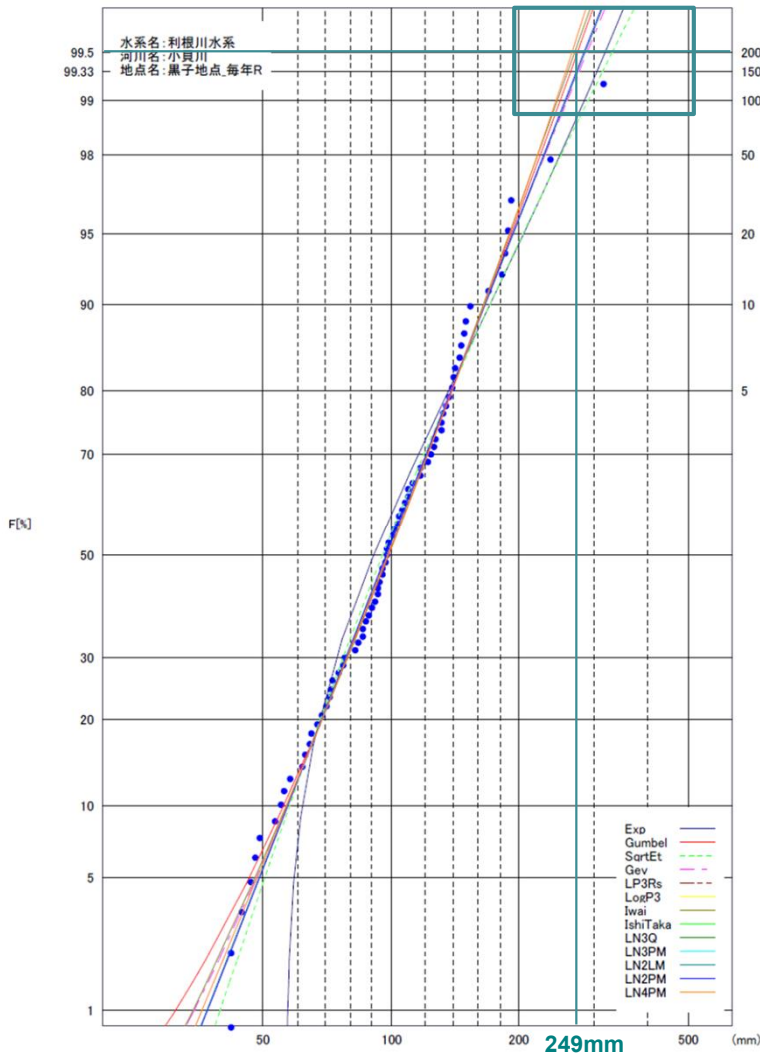
計画対象降雨の降雨量の設定(黒子地点)

- 既定計画策定時と流域の重要度等に大きな変化がないことから、計画規模1/100を踏襲した。
- 計画規模の年超過確率1/100の降雨量に降雨量変化倍率1.1倍を乗じ、計画対象降雨の降雨量を274mm/24hと設定した。

計画対象降雨の降雨量

■降雨量の考え方

- 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した。
- 時間雨量データの存在する昭和11年～平成22年の年最大24時間雨量を対象に、毎年の確率分布モデルによる1/100確率雨量から、適合度の基準※1を満足し、安定性の良好※2な確率分布モデルを用い、年超過確率1/100確率雨量249mm/24hを算定した。※1: SLSC ≤ 0.04 ※2: Jackknife推定誤差が最小
- 2℃上昇時の降雨量変化倍率1.1倍を乗じ、計画対象降雨の降雨量を274mm/24hと設定した。



手法	指数分布	ゲンベル分布	SQRT-ET分布	GEV分布	対数正規分布	LP3分布	対数正規分布	対数正規分布	対数正規分布	対数正規分布	対数正規分布	対数正規分布
	Exp	Gumbel	SqrtEt	Gev	LP3Rs	LogP3	Iwai	IshiTaka	LN3Q	LN3PM	LN2LM	LN2PM
確率	1/100	283.7	249.0	289.4	258.6	—	245.2	—	—	—	257	256
SLSC	0.039	0.036	0.024	0.027	—	—	0.024	—	—	—	0.021	0.021
推定誤差	25.5	21.3	22.1	41.2	—	—	36.7	—	—	—	24.1	24.0

【参考】近年降雨の気候変動の影響等の確認

■考え方

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)

昭和11年～平成22年および雨量データを1年ずつ追加し、令和3年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した

■ データ延伸を実施

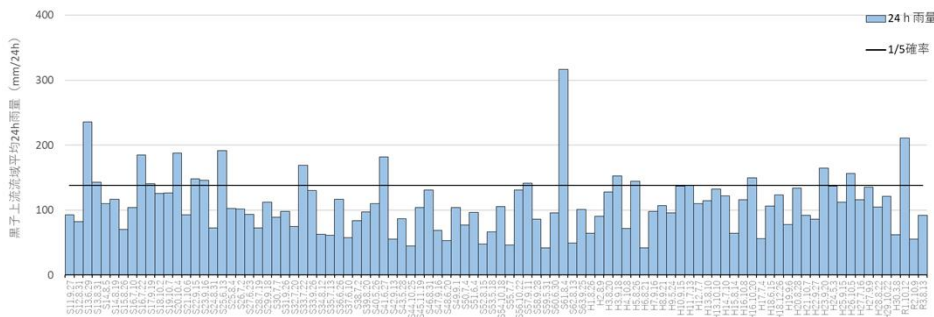
非定常性が確認されなかったことから、最新年(令和3年)まで雨量統計期間を延伸した場合のGumbel分布による確率雨量を算定

➡ 令和3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253mm/24h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。

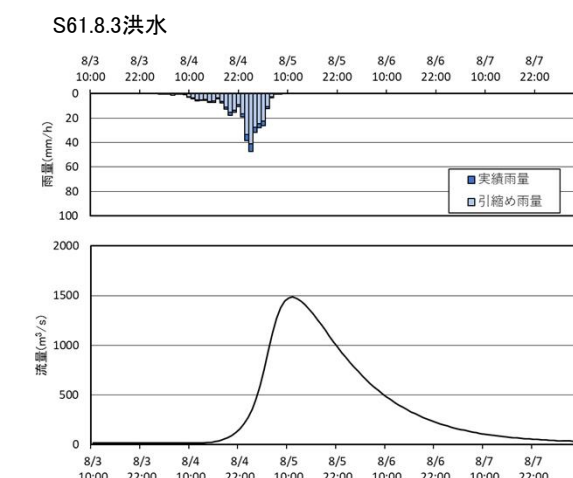
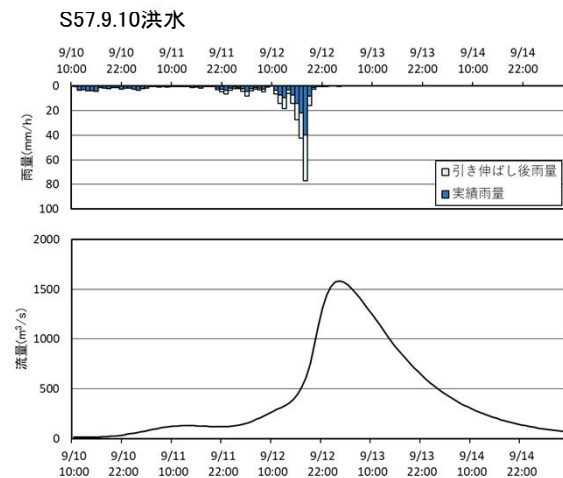
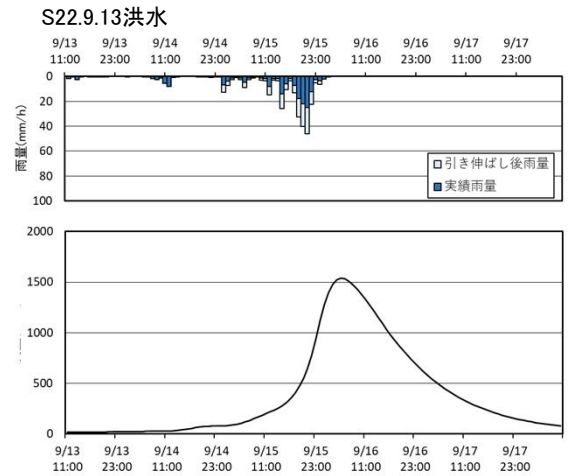
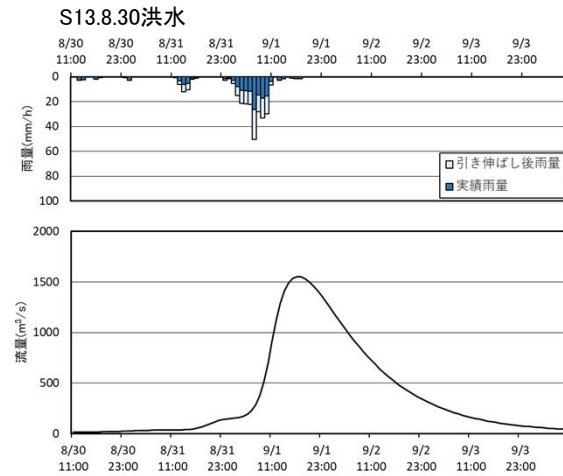
主要降雨波形群の設定(黒子地点)

- 基準地点黒子においては、年超過確率1/5(138mm/24h)以上となる18の降雨波形を選定した。
- 選定した降雨波形を対象に、年超過確率1/100の24時間雨量274mmとなるような引伸ばした降雨波形を作成し、流出計算を行った結果、基準地点黒子において1,250~1,600m³/sとなった。
- このうち、小流域あるいは短時間の降雨量が著しい引伸ばし(年超過確率1/500以上、または実績最大のうち大きい方の雨量を超過)となっている降雨波形(1波形)については棄却し、主要降雨波形群(17波形)を設定した。
- 短時間降雨による棄却基準はピーク流量と短時間雨量の相関が高まる9時間としたほか、対象降雨の降雨継続時間の1/2である12時間を設定した。

雨量データによる確率からの検討



No	洪水名	黒子地点	計画規模降雨量 ×1.1 (mm/24h)	引伸ばし率	黒子地点	棄却理由
		24時間雨量 (mm)			ピーク流量 (m ³ /s)	
1	S13.6.28	235.8	274	1.16	1,550	
2	S13.8.30	143.2	274	1.91	1,600	
3	S16.7.20	184.6	274	1.48	1,350	
4	S17.9.19	140.4	274	1.95	1,550	時間分布
5	S20.10.3	187.5	274	1.46	1,300	
6	S22.9.13	148.5	274	1.84	1,550	
7	S23.9.14	146.1	274	1.87	1,350	
8	S25.6.11	191.4	274	1.43	1,250	
9	S33.7.21	169.3	274	1.62	1,500	
10	S41.6.26	181.6	274	1.51	1,450	
11	S57.9.10	141.7	274	1.93	1,600	
12	S61.8.3	316.3	274	0.87	1,500	
13	H3.9.18	153.0	274	1.79	1,550	
14	H5.8.26	144.5	274	1.90	1,450	
15	H16.10.19	149.6	274	1.83	1,500	
16	H23.9.19	164.4	274	1.67	1,550	
17	H26.10.5	156.0	274	1.76	1,450	
18	R1.10.11	211.1	274	1.30	1,550	



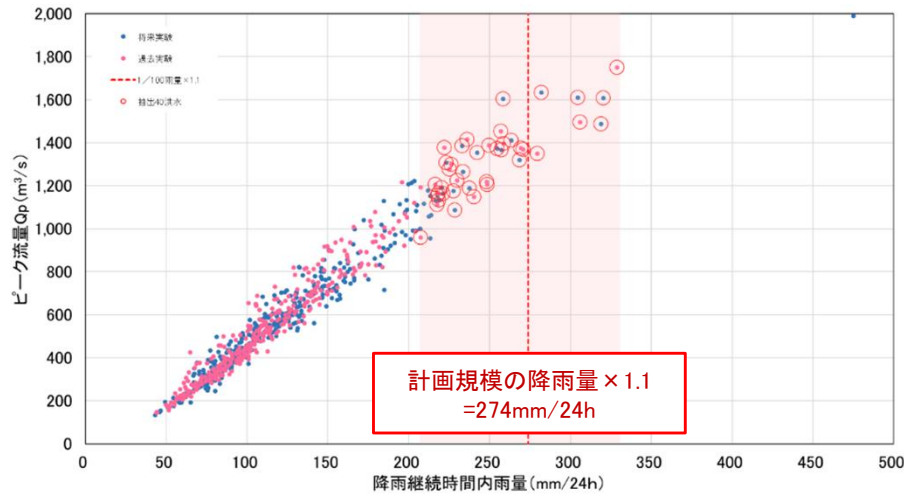
※グレー着色: 著しい引伸ばしとなっている洪水として棄却

アンサンブル予測降雨波形の抽出(黒子地点)

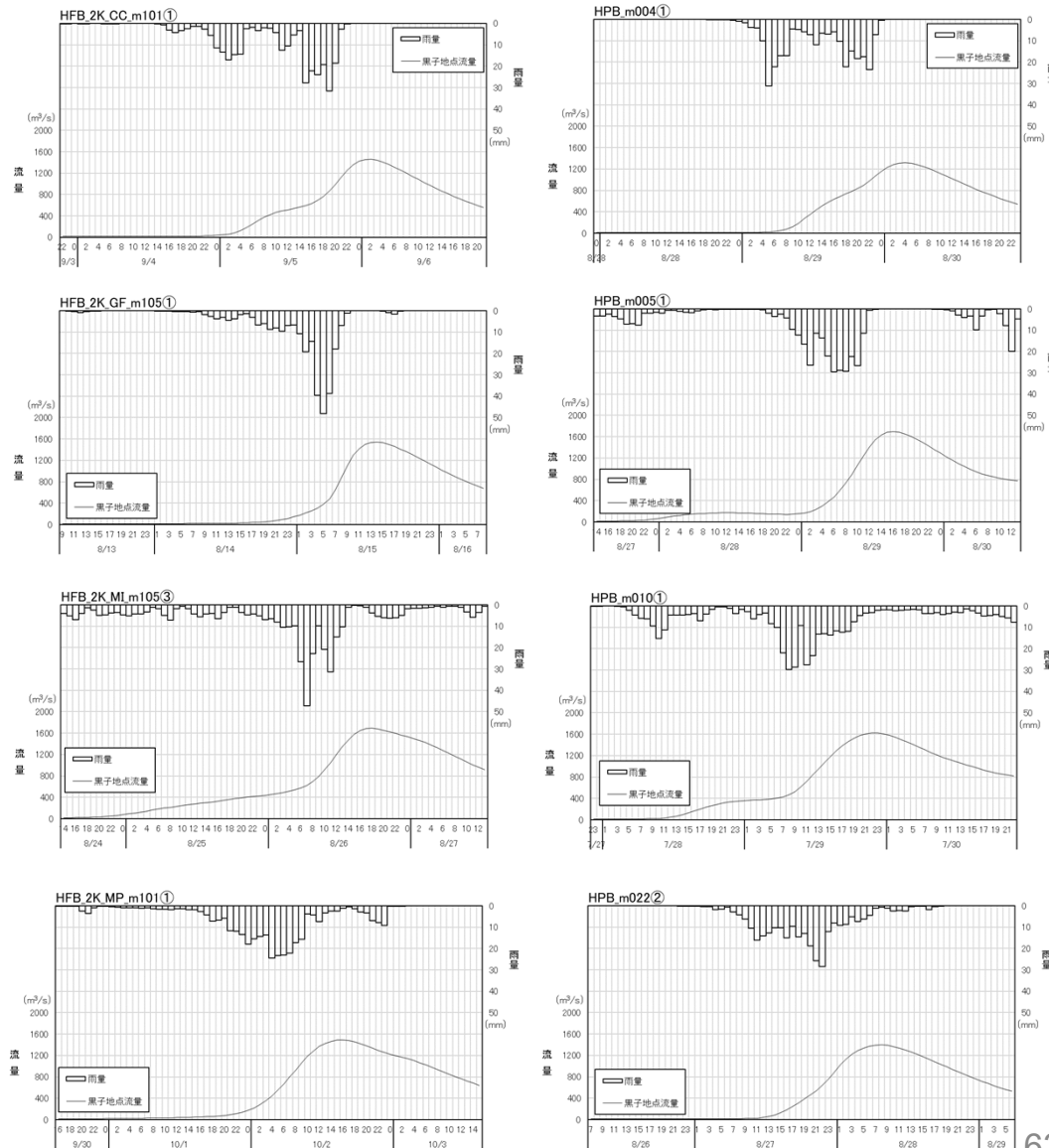
- アンサンブル将来予測降雨波形(将来実験・過去実験)の年最大流域平均雨量標本から、計画対象降雨274mm/24hに近い各20波形を抽出した。
- 抽出した降雨波形は、中央集中や複数の降雨ピークがある波形等様々なタイプの降雨波形を含んでいることを確認した。
- 抽出した降雨波形について気候変動を考慮した1/100確率規模の24時間雨量274mmまで引き縮め/引伸ばし、見直した流出計算モデルにより流出量算出した。

アンサンブル予測降雨波形データを用いた検討

- d4PDF(将来360年、現在360年)の年最大雨量標本を流出計算した。
- 著しい引伸ばし等によって降雨波形をゆが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した。



抽出したアンサンブル降雨波形



洪水名	黒子地点	気候変動考慮後	引伸ばし率	黒子地点
	24時間雨量 (mm)	1/100雨量 (mm)		ピーク流量 (m³/s)
HFB_2K_CC.m101①	257.4	274	1.06	1,500
HFB_2K_CC.m101②	223.1	274	1.23	1,800
HFB_2K_GF.m101①	254.7	274	1.08	1,500
HFB_2K_GF.m105①	242.4	274	1.13	1,550
HFB_2K_GF.m105②	221.3	274	1.24	1,500
HFB_2K_GF.m105③	304.5	274	0.90	1,500
HFB_2K_HA.m101①	237.5	274	1.15	1,400
HFB_2K_ML.m101①	227.8	274	1.20	1,400
HFB_2K_ML.m101②	320.3	274	0.86	1,400
HFB_2K_ML.m105①	319.1	274	0.86	1,300
HFB_2K_ML.m105②	282.2	274	0.97	1,800
HFB_2K_ML.m105③	258.5	274	1.06	1,700
HFB_2K_MP.m101①	220.4	274	1.24	1,500
HFB_2K_MP.m101②	263.6	274	1.04	1,500
HFB_2K_MP.m101③	268.7	274	1.02	1,350
HFB_2K_MP.m105①	217.7	274	1.26	1,500
HFB_2K_MR.m101①	233.8	274	1.17	1,550
HFB_2K_MR.m101②	218.6	274	1.25	1,500
HFB_2K_MR.m105①	228.6	274	1.20	1,300
HFB_2K_MR.m105②	233.2	274	1.18	1,650

洪水名	黒子地点	気候変動考慮後	引伸ばし率	黒子地点
	24時間雨量 (mm)	1/100雨量 (mm)		ピーク流量 (m³/s)
HPB_m001①	248.6	274	1.10	1,350
HPB_m001②	248.4	274	1.10	1,350
HPB_m002①	249.7	274	1.10	1,550
HPB_m002②	218.5	274	1.25	1,500
HPB_m003①	216.5	274	1.27	1,550
HPB_m004①	279.5	274	0.98	1,350
HPB_m004②	217.5	274	1.26	1,400
HPB_m005①	222.0	274	1.23	1,700
HPB_m005②	226.2	274	1.21	1,800
HPB_m006①	257.1	274	1.07	1,550
HPB_m007①	306.0	274	0.90	1,350
HPB_m007②	229.9	274	1.19	1,500
HPB_m007③	207.5	274	1.32	1,300
HPB_m008①	328.8	274	0.83	1,650
HPB_m008②	270.8	274	1.01	1,400
HPB_m009①	225.1	274	1.22	1,600
HPB_m009②	240.3	274	1.14	1,300
HPB_m010①	236.2	274	1.16	1,650
HPB_m022①	258.7	274	1.06	1,500
HPB_m022②	269.4	274	1.02	1,400

主要降雨波形に不足する降雨パターンの確認

- これまで、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、基本高水の設定に用いる主要降雨波形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する必要がある。
- 気候変動等に寄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ため、アンサンブル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、主要降雨波形に含まれていないクラスターの確認を実施した。
- その結果、主要降雨波形に含まれないクラスター3に該当する降雨波形を計画降雨量近傍のアンサンブル予測から抽出した。
- 抽出した降雨波形について気候変動を考慮した1/100確率規模の降雨量まで引き伸ばし、流出計算モデルにより流出量を算出した。

クラスター分析による主要降雨波形に不足する降雨パターンの確認

■ 主要降雨波形の降雨パターンの確認

No	洪水名	黒子地点	計画規模 降雨量 ×1.1(mm/48h)	引伸ばし率	クラスター 分類	黒子地点
		24時間雨量 (mm)				ピーク流量 (m ³ /s)
1	S13.6.28	235.8	274	1.16	2	1,550
2	S13.8.30	143.2	274	1.91	2	1,600
3	S16.7.20	184.6	274	1.48	2	1,350
4	S20.10.3	187.5	274	1.46	2	1,300
5	S22.9.13	148.5	274	1.84	2	1,550
6	S23.9.14	146.1	274	1.87	2	1,350
7	S25.6.11	191.4	274	1.43	1	1,250
8	S33.7.21	169.3	274	1.62	2	1,500
9	S41.6.26	181.6	274	1.51	1	1,450
10	S57.9.10	141.7	274	1.93	2	1,600
11	S61.8.3	316.3	274	0.87	2	1,500
12	H3.9.18	153.0	274	1.79	2	1,550
13	H5.8.26	144.5	274	1.90	2	1,450
14	H16.10.19	149.6	274	1.83	1	1,500
15	H23.9.19	164.4	274	1.67	2	1,550
16	H26.10.5	156.0	274	1.76	1	1,450
17	R1.10.11	211.1	274	1.30	2	1,550

■ 主要降雨波形に不足する降雨波形

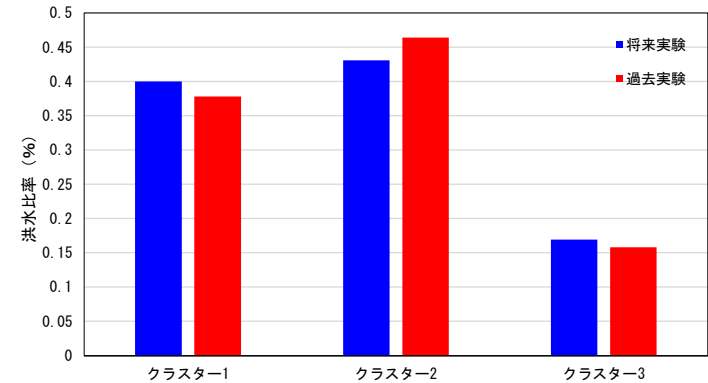
洪水名	黒子地点	計画規模 降雨量 ×1.1(mm/48h)	引伸ばし率	クラスター 分類	黒子地点
	48時間雨量 (mm)				ピーク流量 (m ³ /s)
HPB_m001_29	248.4	274	1.10	3	1,350
HFB_2K_GF_m105_24	304.5	274	0.90	3	1,500

* 主要降雨波形群に不足する降雨パターンをアンサンブル降雨波形から追加

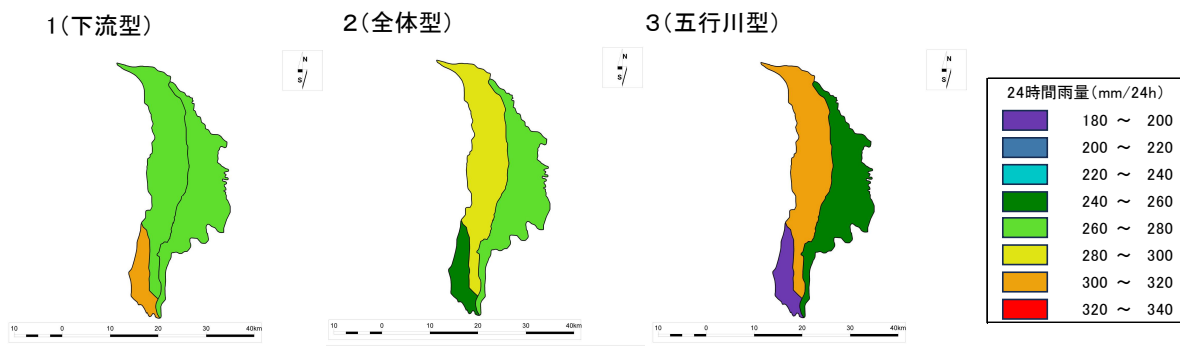
アンサンブル予測降雨波形によるクラスター分析

■ アンサンブル降雨波形の出現頻度(クラスター毎)

各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ワード法によりクラスターに分類



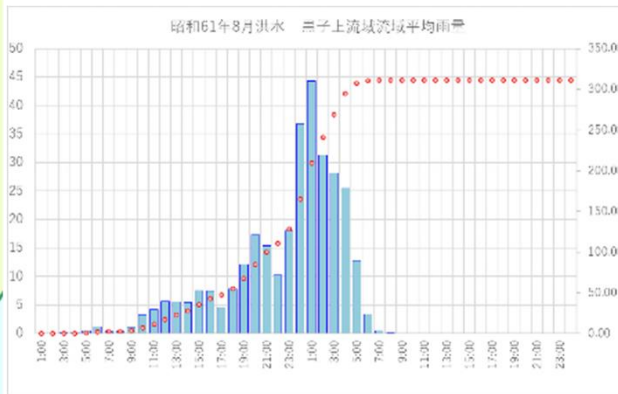
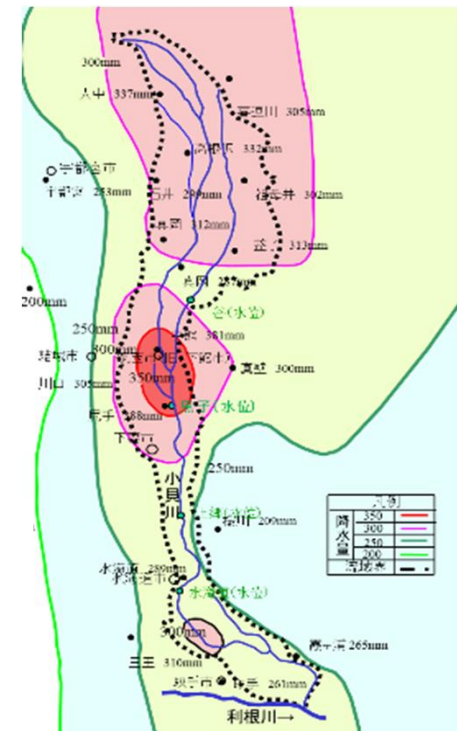
■ アンサンブル予測雨量による降雨分布のクラスター分析結果



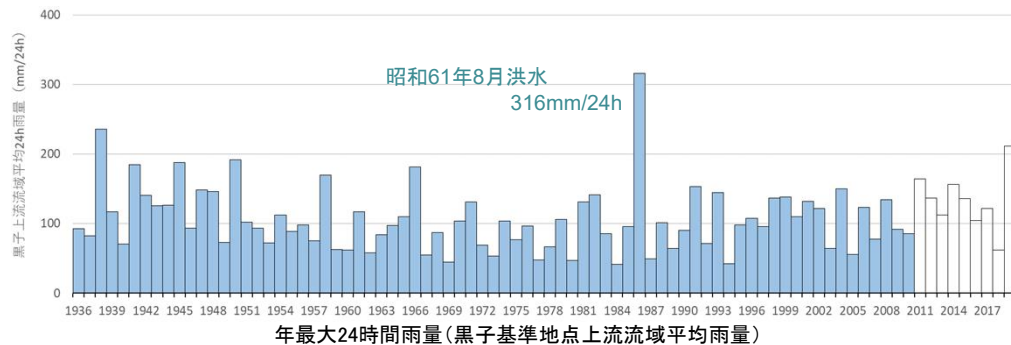
小貝川の既定計画について

- 小貝川については昭和61年8月洪水により決壊するなど流域に甚大な被害をもたらした。
- 本出水は、年超過確率1/500を超過する洪水であったが、激特事業を推進する上で実績対応とする必要があり、昭和63年に工事实施基本計画を本出水に対応した計画に変更した。
- 昭和61年以降、近年のデータを踏まえて評価した場合においても昭和61年8月洪水は1/500を超過する降雨であることを確認した。
- また、短時間降雨分布を確認したところ、4h~12hで1/500を超過していることを確認した。

降雨の経年変化・確率降雨



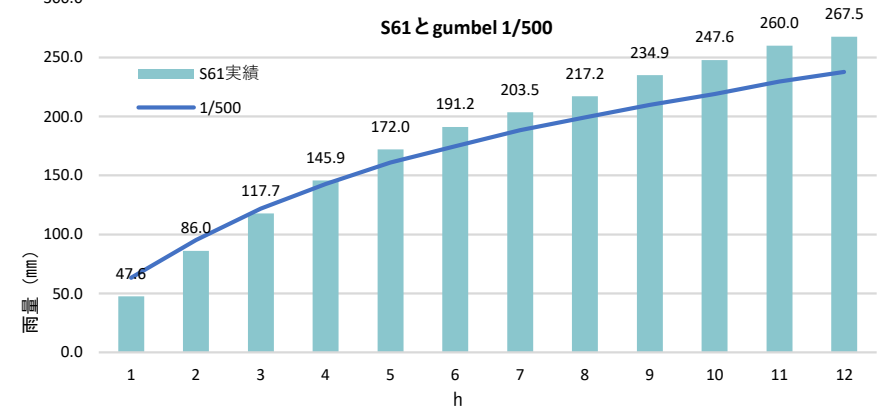
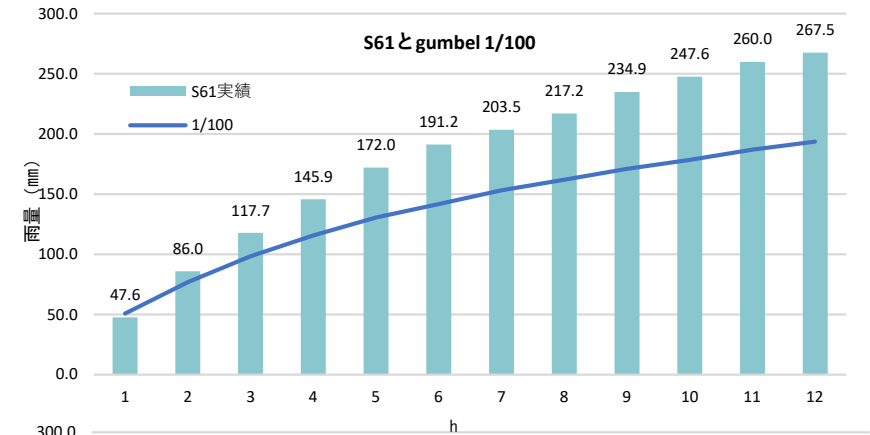
		確率評価	備考
現行方針	S61.8実績雨量	318mm/3日	1/150
	S61.8ピーク流量	1,735m ³ /s	1/540
	1/100確率雨量	300.7mm/3日	
	1/100確率流量	1,362m ³ /s	
改定	S61.8実績雨量	316mm/24h	1/660
	S61.8ピーク流量	1,735m ³ /s	1/420
	1/100確率雨量	249mm/24h	気候変動考慮前
	1/100確率流量	273.9m ³ /24h	気候変動考慮後
	主要洪水ピーク流量	1,586m ³ /s	



短時間の降雨継続時間ごとの確率雨量との比較

	継続時間 (h)											
	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h
1/100	50.7	76.9	98.5	115.6	130.6	141.8	153.1	162.1	170.9	178.6	187.1	193.6
1/500	63.3	95.4	121.8	142.7	161.0	174.8	188.3	199.1	209.7	219.1	229.6	237.7
S61実績	47.6	86.0	117.7	145.9	172.0	191.2	203.5	217.2	234.9	247.6	260.0	267.5

(継続時間によって適用する確率分布関数を変えず、降雨継続時間24hの1/100確率雨量の決定に用いたGumbel分布に統一して確率雨量を評価)



基本高水ピーク流量の考え方について

- 現行の河川整備基本方針における基本高水ピーク流量は、目標規模を確率規模で設定することを基本としたうえで、工事実施基本計画における基本高水ピーク流量を流量データや雨量データによる検証を踏まえて踏襲しているケース、雨量データに基づき基本高水ピーク流量を見直しているケースなどがある。
- 気候変動による降雨量の増加を踏まえた基本高水の見直しにおいては、全国统一した方法により、確率評価に気候変動による降雨量の増加(降雨量変化倍率)を加味して基本高水を設定しているところ。

現行の河川整備基本方針における基本高水ピーク流量の考え方

河川の整備の目標となる洪水の規模に基づいた確率評価による基本高水の設定が基本

○工事実施基本計画における基本高水ピーク流量を踏襲(流量データや雨量データによる検証を行い、妥当性を確認)

□確率評価の結果より実績洪水が大きい場合(利根川水系小貝川)

- ・流量データに基づき工事実施基本計画の基本高水(既往最大洪水で設定)が目標規模の確率評価を超えることを踏まえつつ踏襲

- ・既定計画策定以降、基本高水のピーク流量を超過する洪水が頻発した場合(小丸川など)
- ・既定計画から治水安全度を見直した場合(安倍川など)
- ・確率評価の結果がいずれも既定計画より小さな値となった場合(日野川)

○雨量データに基づき工事実施基本計画における基本高水ピーク流量を見直し(新たに設定)

気候変動による降雨量の増加を踏まえた変更における基本高水ピーク流量の考え方

河川の整備の目標となる洪水の規模に基づいた確率評価に気候変動による降雨量の増加(降雨量変化倍率)を加味して基本高水を設定

※工事実施基本計画、現行の基本方針で定められてきた基本高水ピーク流量は、気候変動影響を踏まえて見直す必要がある

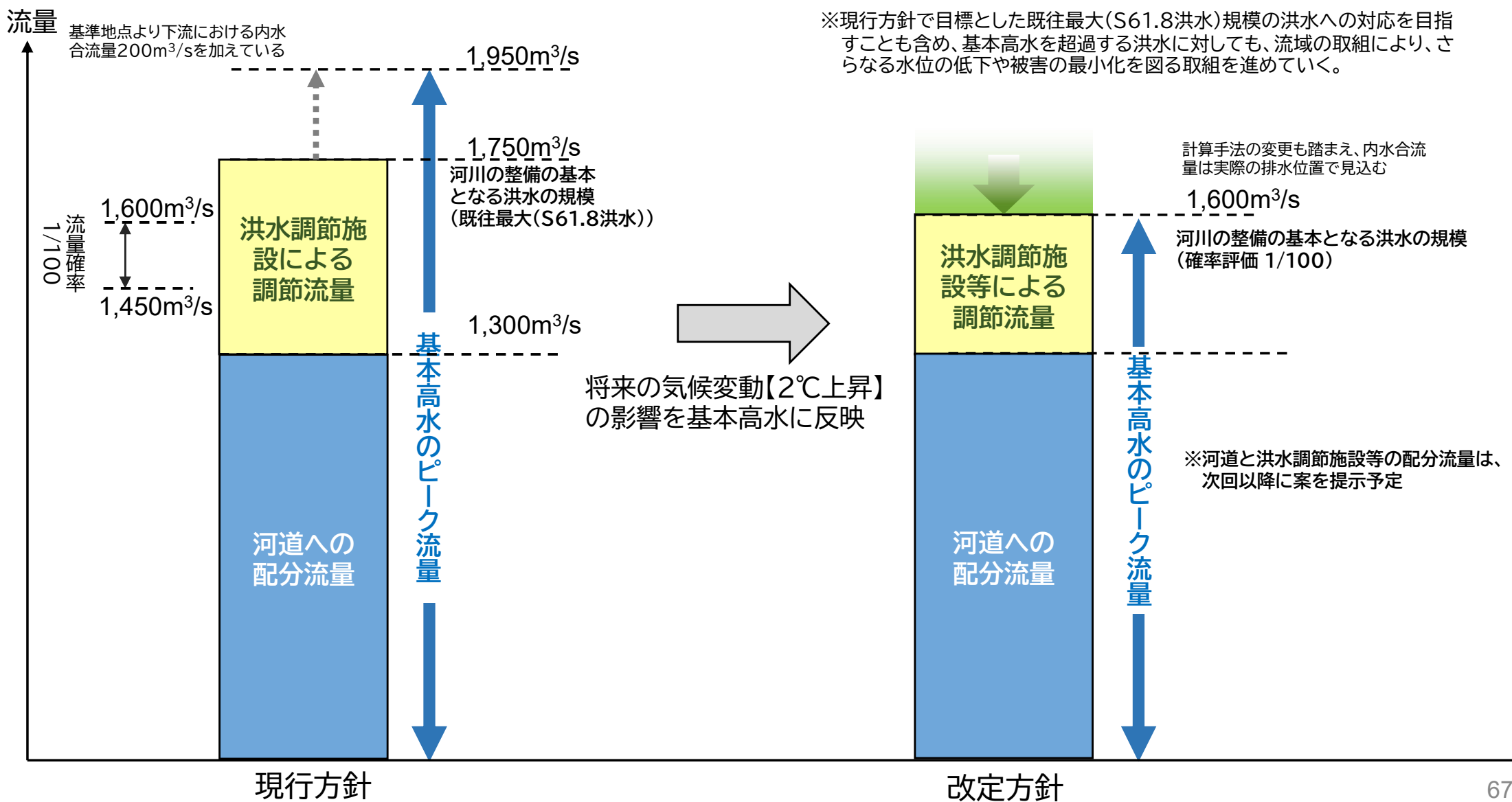
※**全国统一的な方法**を用いて行う

○雨量データに基づき、気候変動による降雨量増加(1.1倍、1.15倍の降雨量変化倍率)を考慮して設定(新たに設定)

□確率評価の結果より実績洪水が大きい場合(球磨川水系)

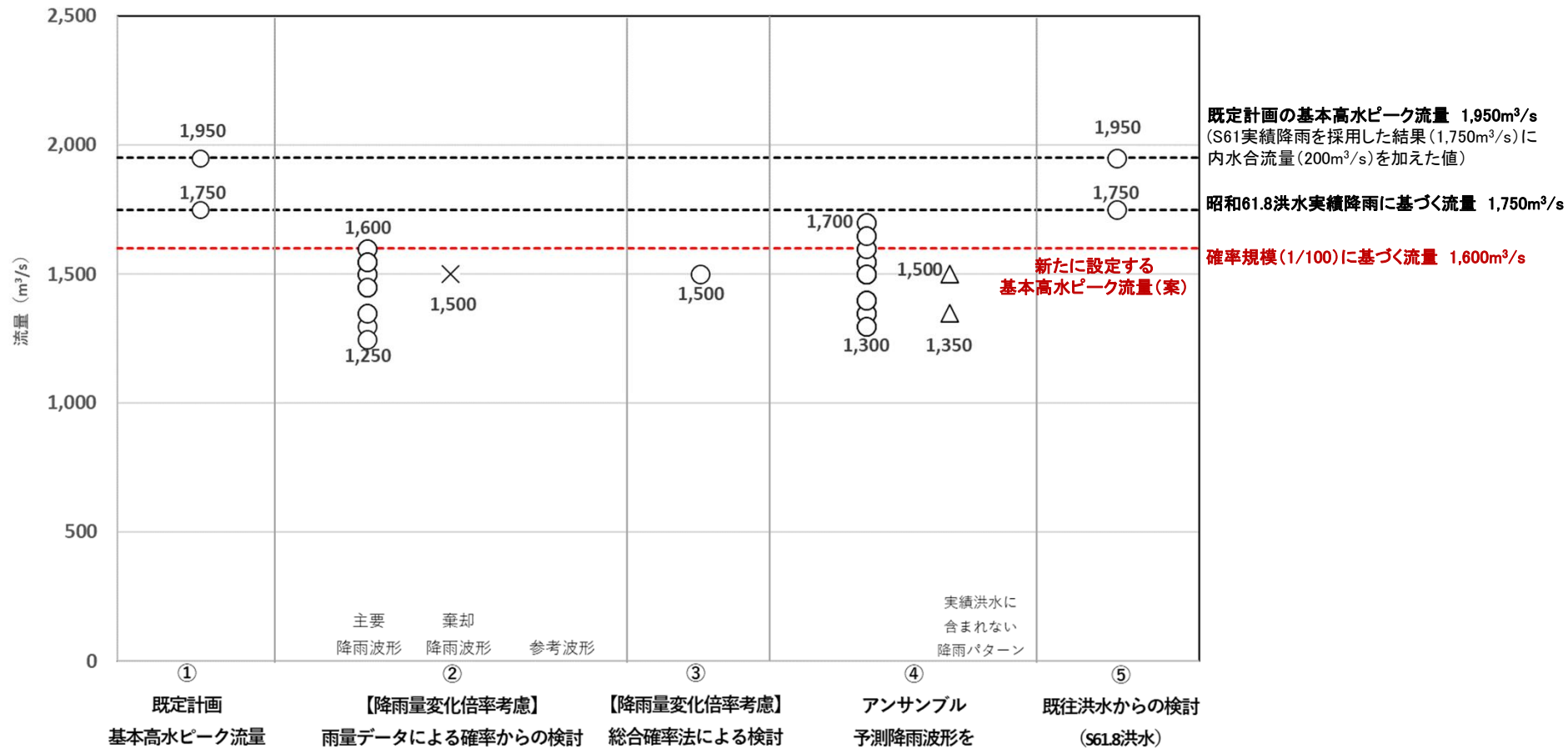
- ・雨量データ等に基づき、基本高水ピーク流量を、実績洪水(令和2年7月洪水)未満の規模で設定
- ・流域治水を多層的に進めること等により、基本高水を超過する洪水に対してもさらなる水位低下や被害の最小化を図る

- 小貝川においては現行方針において既往最大である昭和61年8月洪水に対応する目標(黒子地点1,750m³/s)としていたところ。
- 気候変動影響を考慮した見直しにおいては、各水系共通して将来の降雨量増加を考慮して河川整備の基本となる洪水である基本高水の見直しを図っていることから、全国的な治水安全度の均衡も考慮し、小貝川においても確率規模(1/100)に基づき基本高水を定めることとする。
- また、現行方針で目標とした既往最大(S61.8洪水)規模の洪水も含め、基本高水を超過する洪水に対しても、流域における対策により水位の低下や被害の最小化を図る取組を進めていく。



- 小貝川においては、既定計画において、確率流量(1/100)を上回る既往最大洪水(S61.8洪水)の実績降雨波形に基づき基本高水ピーク流量が設定されている。
- 基本方針の見直しにおいては、既定計画の基本高水ピーク流量の設定を踏まえた上で、気候変動を考慮した総合確率法及び雨量データによる検討、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を実施した。
- 結果として、小貝川における基本高水ピーク流量は、全国的な治水安全度の均衡も考慮し、確率規模(1/100)に基づいて基準地点黒子において1,600m³/sと設定することとし、既定計画で目標とした既往最大(S61.8洪水)規模の洪水への対応を目指すことも含め、基本高水を超過する洪水に対しても、流域における対策により水位の低下や被害の最小化を図る取組を進めていく。

基本高水の設定に係わる総合的判断



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

④アンサンブル予測降雨波形を用いた検討: 将来・過去実験から様々な降雨パターンの検討

○ (主要降雨波形): 年超過確率1/5以上、引伸ばし率2倍以下の洪水

○: 計画対象降雨の降雨量(274mm/24h)近傍の40洪水

× (棄却降雨波形): 主要降雨波形のち短時間・小流域において著しい引伸ばしとなっている洪水

△ (実績洪水に含まれない降雨パターン): 主要降雨波形に含まれていないが、アンサンブル予測降雨波形から抽出した洪水