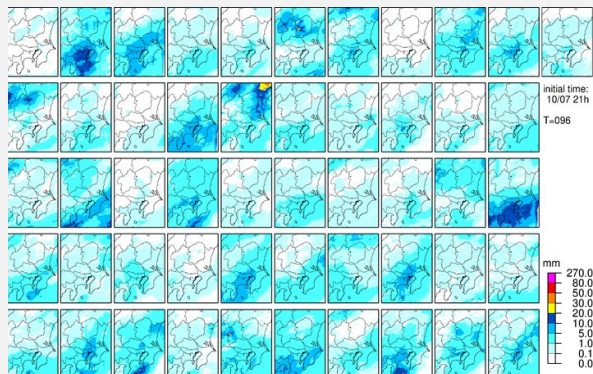


今求められるダムの機能強化 — 治水・利水のWIN・WINに向けて—

京都大学防災研究所 角 哲也

- ダムの機能強化(治水機能, 利水(水力発電)機能, 堆砂対策など)
- ダム工学会「大規模ダム洪水対策WG」
- JCOLD「既設ダムの合理的な活用・運用方策検討分科会」
- SIP「国家レジリエンス(防災・減災)の強化
テーマVI:スーパー台風被害予測システムの開発
(河川・ダムの長時間洪水予測・防災支援システムに関する研究開発)
- 今後に向けて

長時間アンサンブル降雨予測



二津野ダム



発電排砂



ハード対策

– 堤体嵩（かさ）上げ

→ 洪水調節容量増大

– 放流設備強化など

• 低い貯水位で大きな放流が可能

• 洪水初期に無駄に貯水しない

→ ピークカットのための容量を温存

ソフト対策

– 降雨・流出量(洪水量)予測手法の高度化

→ 事前放流の精度向上

洪水調節容量の効率的な使用（常洪水時防災操作、特別防災操作）

ダムを使い続ける技術がある



9784797397093

バーコードダミー



1920253010009

ISBN978-4-7973-9709-3
C0253 ¥1100E

定価 本体1,100円 + 税

＝ SB Creative

我が国は雨が多く、国土の約75%を山地が占めているため、降った雨はすぐ川に流れ、海へと注いでしまいます。このため、大雨が降れば洪水、雨が降らなければ渇水という極端な状況になりがちです。これを防ぐのがダムの大きな役割の1つです。我が国には完成から何十年も経ったダムが、たくさんあります。そんなダムを、後の世代が少しでも長く使えるよう、さまざまな「ダム再生の技術」が用いられています。本書では「ダムの基本」と「ダム再生」をメインテーマとして、知られざるダムの秘密を解説します。

サイエンス・アイ新書

SCIENCE I

第1冊 **ダムの基本**

- 第1章 ダムとはなにか
- 第2章 ダムの歴史
- 第3章 ダムの基本と特徴

第2冊 **ダム再生**

- 第4章 ダム再生① 永く使う
- 第5章 ダム再生② 賢く使う
- 第6章 ダム再生③ 増やして使う
- 第7章 ダム再生④ ネットワークで使う

一般社団法人ダム工学会
近畿中部ワーキンググループ
SB Creative
918-441

改訂版

知られざる超巨大建造物の秘密に迫る

特別付録
本書限定ダムカード

一般社団法人ダム工学会
近畿中部ワーキンググループ

ダム再生の技術

水没部を目標できる水中ロボットがある!

貯水量を増やす3種類の「嵩上げ」方法とは?

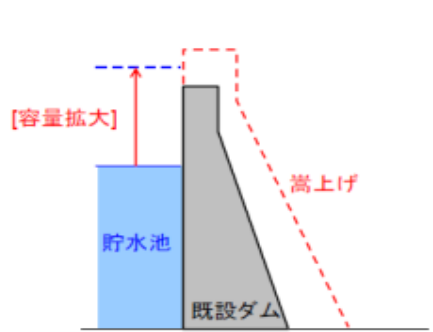
複数のダムを連携させてなにをするの?

サイエンス・アイ新書

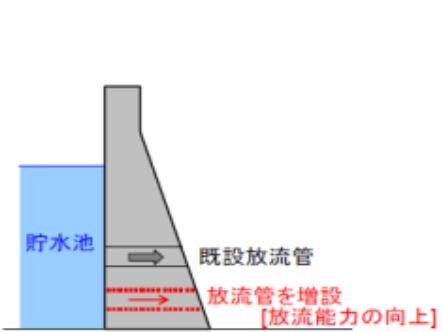


ソフトバンク・クリエイティブ

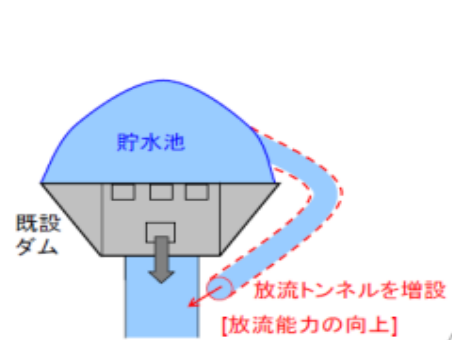
既設ダムの嵩上げ
Type A2 [容量の増大]



放流管の増設
Type B1 [放流能力の向上]



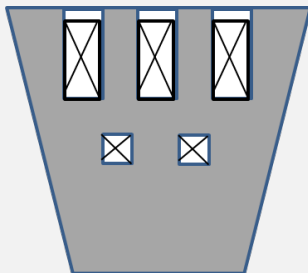
放流トンネルの増設
Type B2 [放流能力の向上]



全国のダムは1470箇所、約180億 m³の有効貯水容量、うち洪水調節容量は約55億m³のみ

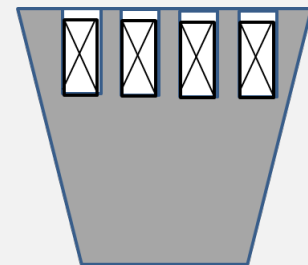
多目的ダム

戦後に増加。限られたダムサイトを治水と利水に有効活用する発想。洪水調節を行うために、中段に常用洪水吐、上段に非常用洪水吐
洪水貯留に備えて事前放流が可能

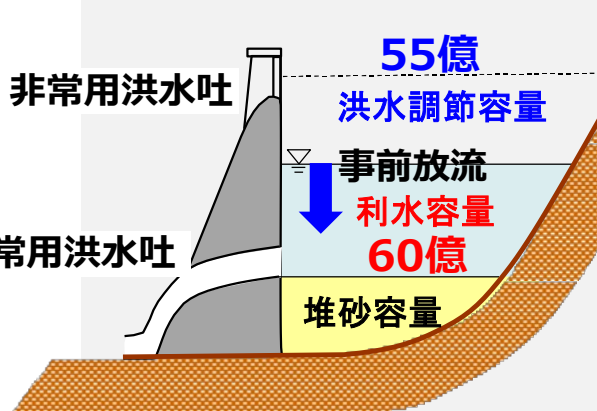
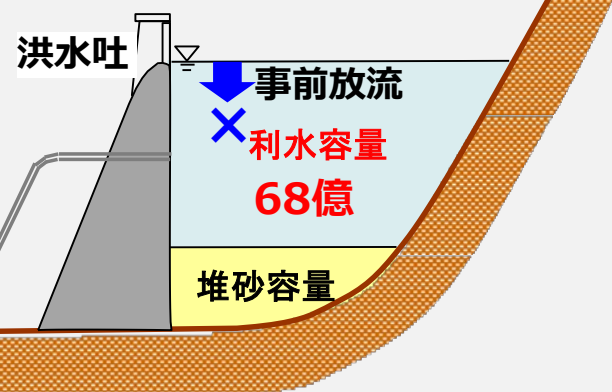


利水ダム（発電ダムなど）

戦前から多く存在。操作は単純。上段に洪水吐のみあり。洪水貯留に備えて事前に放流して水位を下げることは難しい



大井ダム（関西電力）



全国の多目的ダムの容量

全国の利水ダムの容量

ダム数	洪水調節容量 (百万m ³)	利水容量 (百万m ³)	合計 (百万m ³)
570	5,509	5,985	11,494

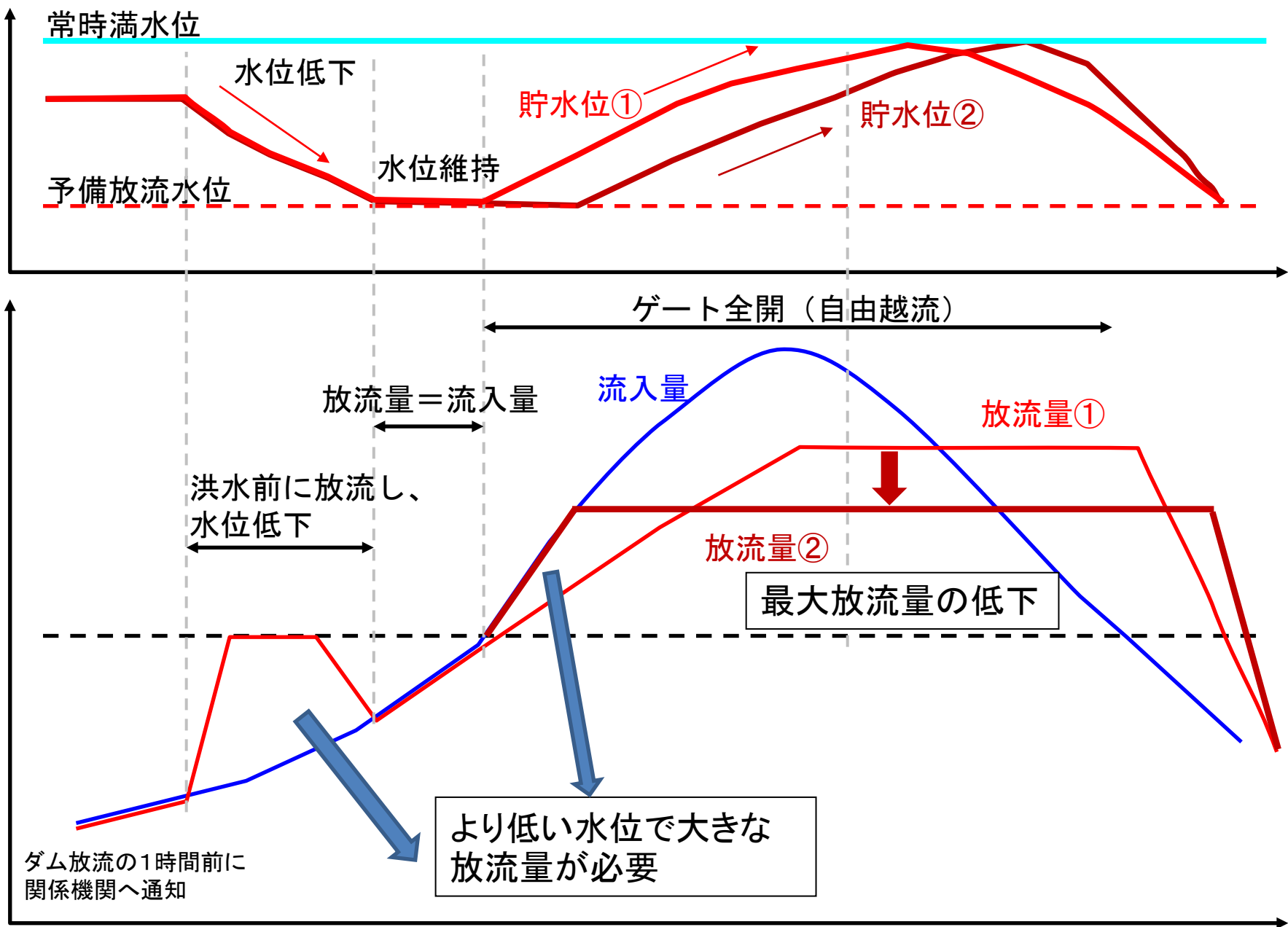
利水容量125億m³の活用が重要

ダム数	洪水調節容量 (百万m ³)	利水容量 (百万m ³)	合計 (百万m ³)
900	0	6,790	6,790

合計：約 55億m³ (約3割)

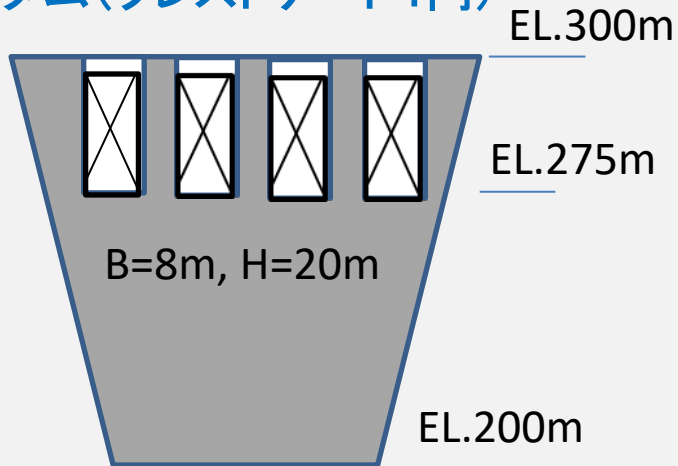
合計：約180億m³

出典：国土交通省



ダム洪水吐きの構成と放流能力

Aダム(クレストゲート4門)

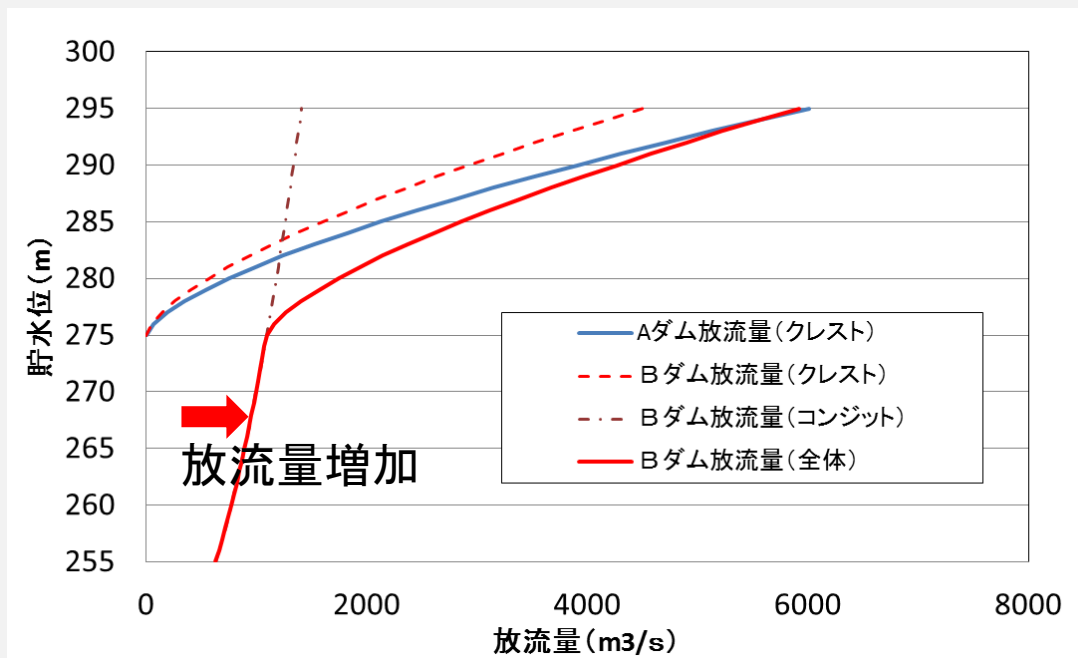
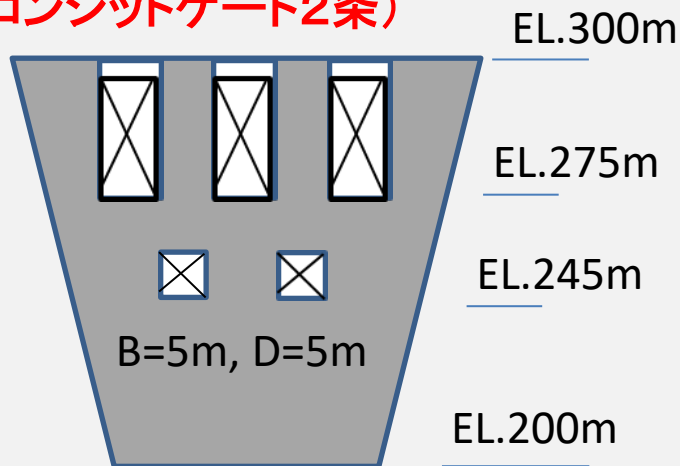


$$\text{クレスト放流量(1門)} = 2.1 * B * (\text{貯水位} - 275)^{1.5}$$

コンジット放流量(1条)

$$= 0.9 * B * D * \sqrt{(2 * 9.8 * (\text{貯水位} - 245))}$$

Bダム(クレストゲート3門+
コンジットゲート2条)



洪水調節容量
を温存できる

新宮川水系の利水ダム

出典：国土交通省に加筆

■流域面積

二津野ダム上流域	1,016 (801) km ²
小森ダム上流域	641 (564) km ²
ダム下流域	703 km ²
合計	2,360 (2,068) km ²

※()内は猿谷ダム、坂本ダムの流域を含まない流域面積(分水を考慮)。



凡例	
	国土交通省 管理ダム
	関西電力(株) 管理ダム
	電源開発(株) 管理ダム

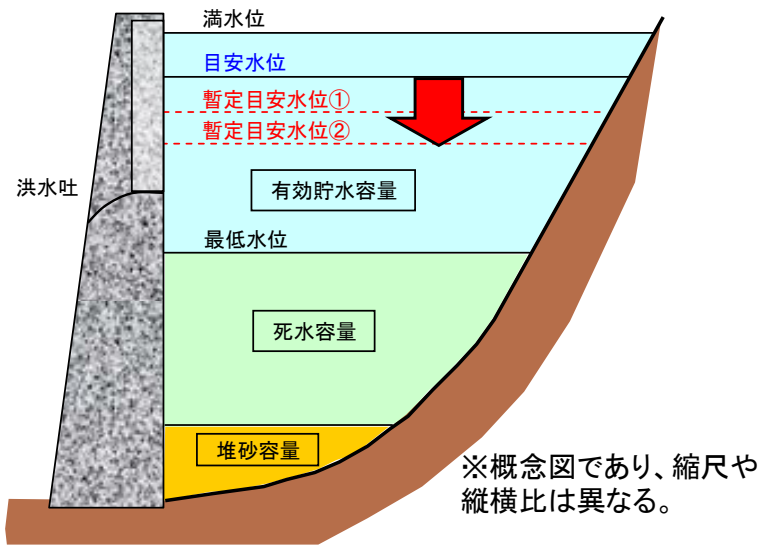
項目	諸元	備考
流路延長	183km	全国14位/109水系
流域面積	2,360km ²	全国26位/109水系
流域市町村	5市3町6村	和歌山県 : 新宮市、田辺市、那智勝浦町、北山村 三重県 : 熊野市、尾鷲市、紀宝町、御浜町 奈良県 : 五條市、十津川村、野迫川村、天川村、上北山村、下北山村
流域内人口	約5万人	
支川数	210支川	

相賀(治水・利水基準点)
流域面積 2,251km²

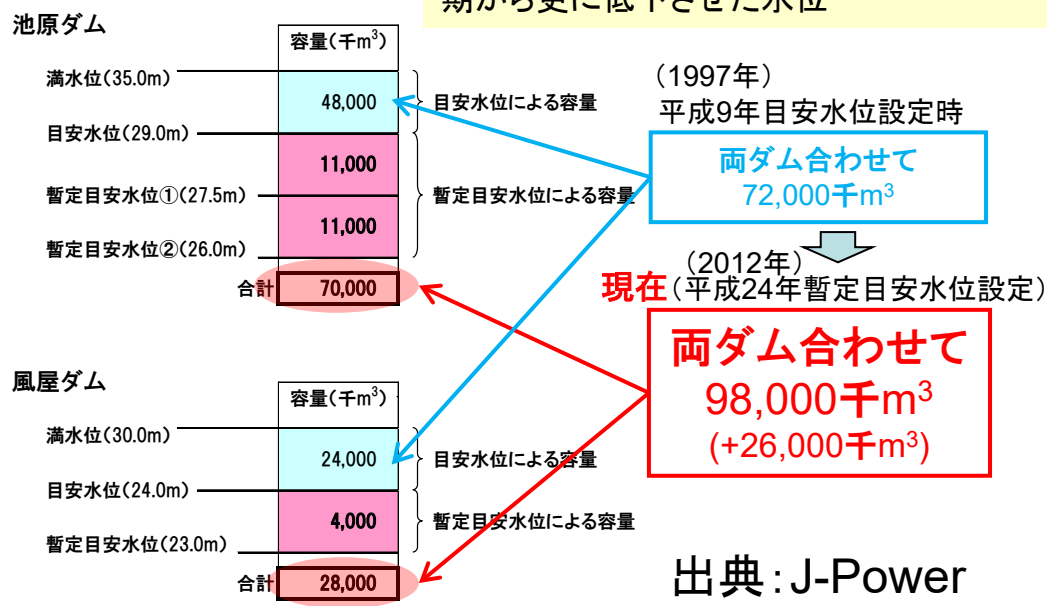
利水ダム（電源開発(株)）の洪水軽減の取り組み（暫定運用）

台風による大規模出水が想定される場合に池原ダムおよび風屋ダムの貯水位を事前に低下させ空き容量を確保

※暫定目安水位：平成9(1997)年に設定した目安水位を平成24(2012)年度出水期から更に低下させた水位



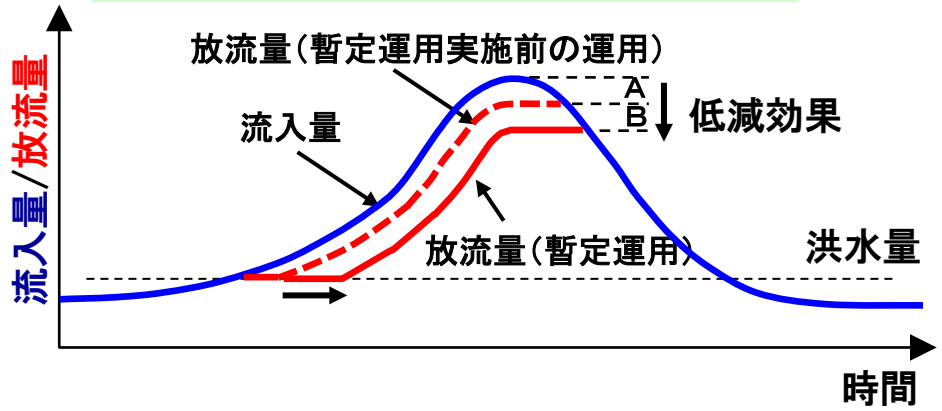
※概念図であり、縮尺や縦横比は異なる。



出典：J-Power

ダム放流量の低減

放流量低減効果のイメージ(池原ダム)

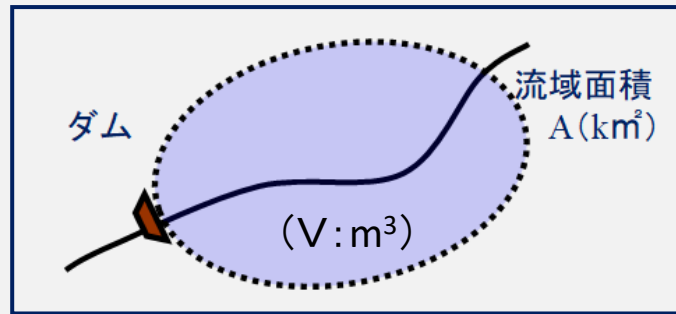


期待されるダムからの最大放流量の低減効果

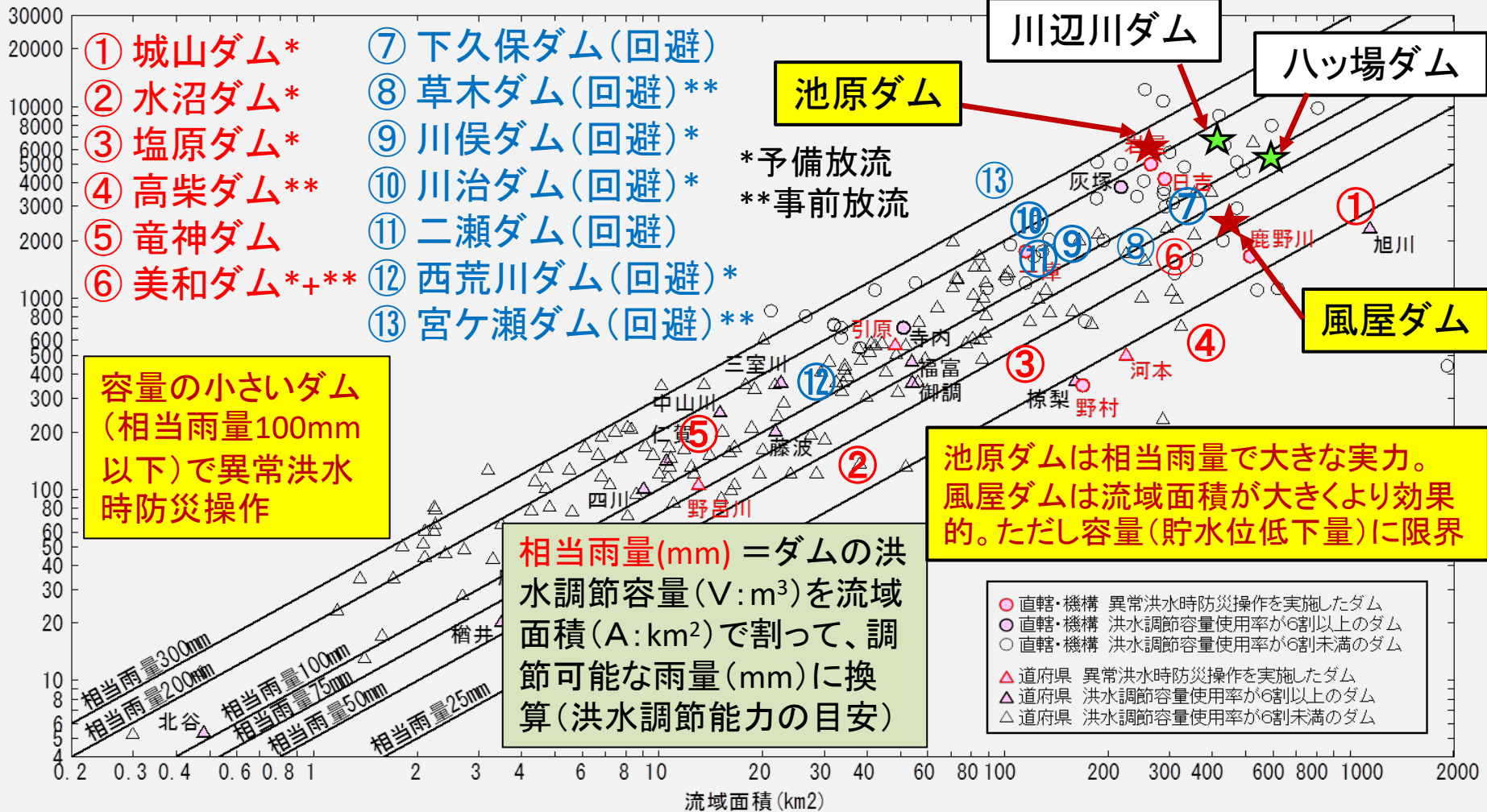
	池原ダム	風屋ダム
最大流入量に対する低減効果(A+B)	約5～50% 〔約20%〕	約5～30% 〔約5%〕
暫定運用実施前の運用に対する低減効果(B)	約0～25% 〔約10%〕	約0～15% 〔0%〕

※ダムへの流入規模等により低減効果は異なります。
 ※〔 〕内の数字は平成23(2011)年台風12号の低減効果

池原ダムと風屋ダムの洪水調節 容量評価(暫定目安水位)



○ダムの相当雨量(ダムの洪水調節容量/流域面積)



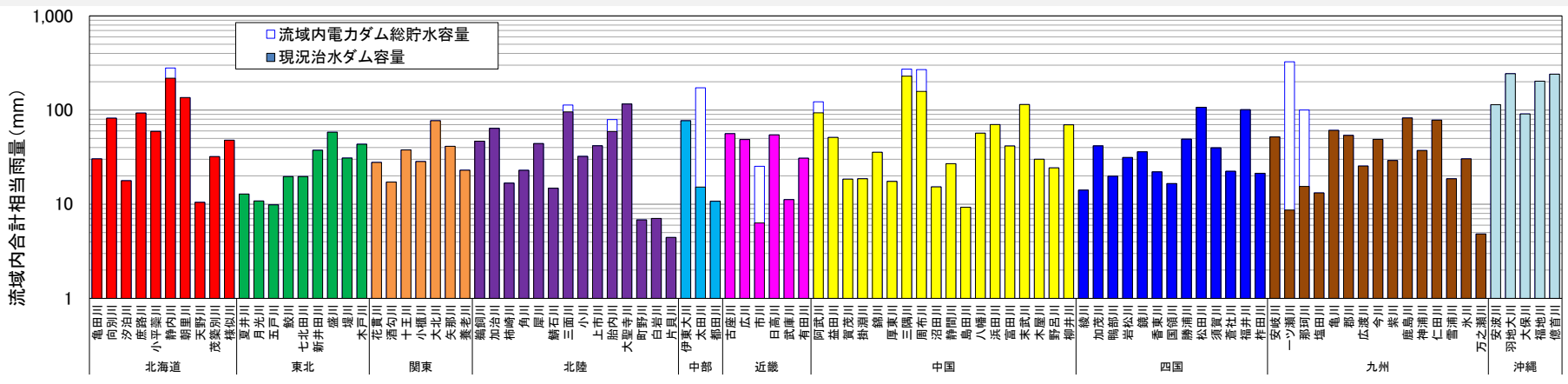
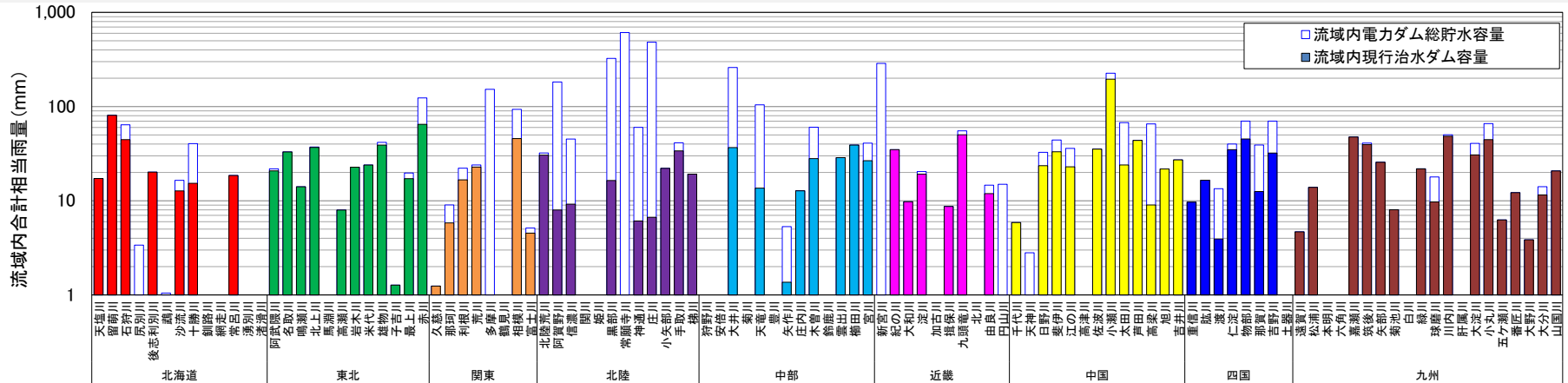
※1 洪水調節容量:各ダムの洪水調節容量(平成30年7月豪雨の時期)
 ※2 流域面積:ダム地点上流の流域面積

国内の一級・二級水系の流域内合計相当雨量

新宮川水系は、治水ダムが無く、全て利水ダムに頼っている

一級水系

↓ 新宮川水系

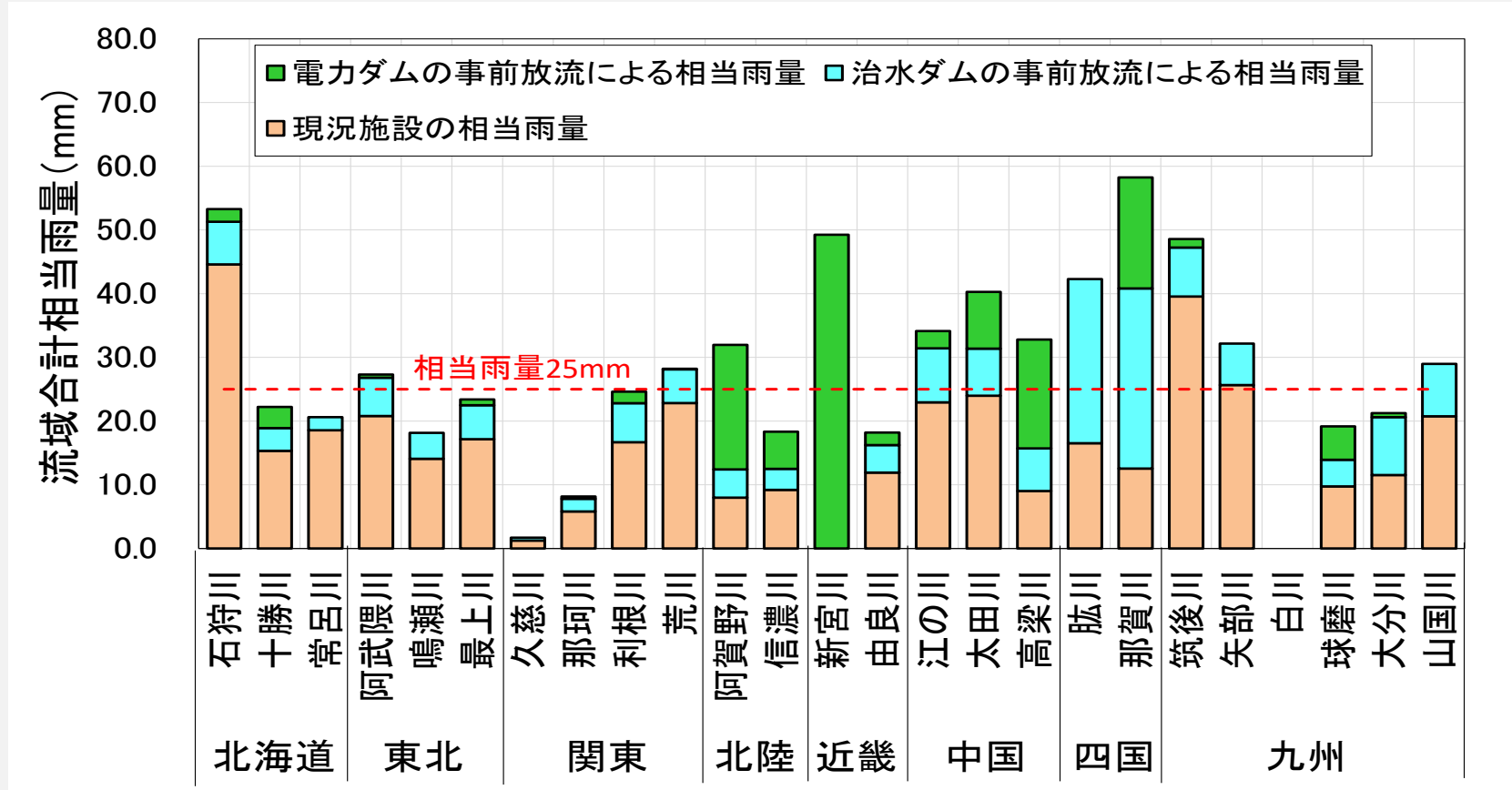


二級水系

和泉ら, 気候変動適応策の検討に向けた既存ダムの治水機能評価に関する研究, 土木学会論文集B1(水工学) Vol.77, No.2, I_55-I_60, 2021.

近年の災害発生水系における適応策（事前放流）実施による流域合計相当雨量の向上

全国的には、流域全体に対して相当雨量25mm以上の事前放流
ただし、新宮川水系は全て利水ダムが担当



和泉ら, 気候変動適応策の検討に向けた既存ダムの治水機能評価に関する研究, 土木学会論文集B1(水工学) Vol.77, No.2, I_55-I_60, 2021.

ダム工学会 「大規模ダム洪水対策WG」

事前放流を効果的に実施するための提言

(1) 流域の河川整備状況をふまえた事前放流の実施

- 計画規模を超過する豪雨の頻発を踏まえ、事前放流によりダムの洪水調節効果を最大限に発揮し、下流の被害軽減を図る必要がある。
- 事前放流など柔軟なダム操作を実施可能とするため、**低標高部の放流設備新設**などダム再生を推進することが望ましい。
- 利水ダムの治水協力が必須であるため、**降雨継続時間、基準降雨量の設定を適切に行う**ことで、**施設管理者の負担軽減に配慮**することが望ましい。
- **利水ダムの諸量観測データが国土交通省システムに接続**され、情報連絡体制が拡充されることが望ましい。

(2) 事前放流を効果的に実施するための技術開発

- 事前放流に利用可能な精度を有する**約5日先までの定量的な降雨予測プロダクトの入手**が可能となることが望ましい。
- さらに**長時間のリードタイム**、かつ、**予測の不確実性を補う長時間アンサンブル予測**の技術開発と活用が望まれる。
- 事前放流に利用する降雨予測の特性が評価され、施設管理者に技術情報が提供されることが望ましい。
- 事前放流により確保した容量を活用し**洪水調節効果を高める操作方法の検討**が必要である。

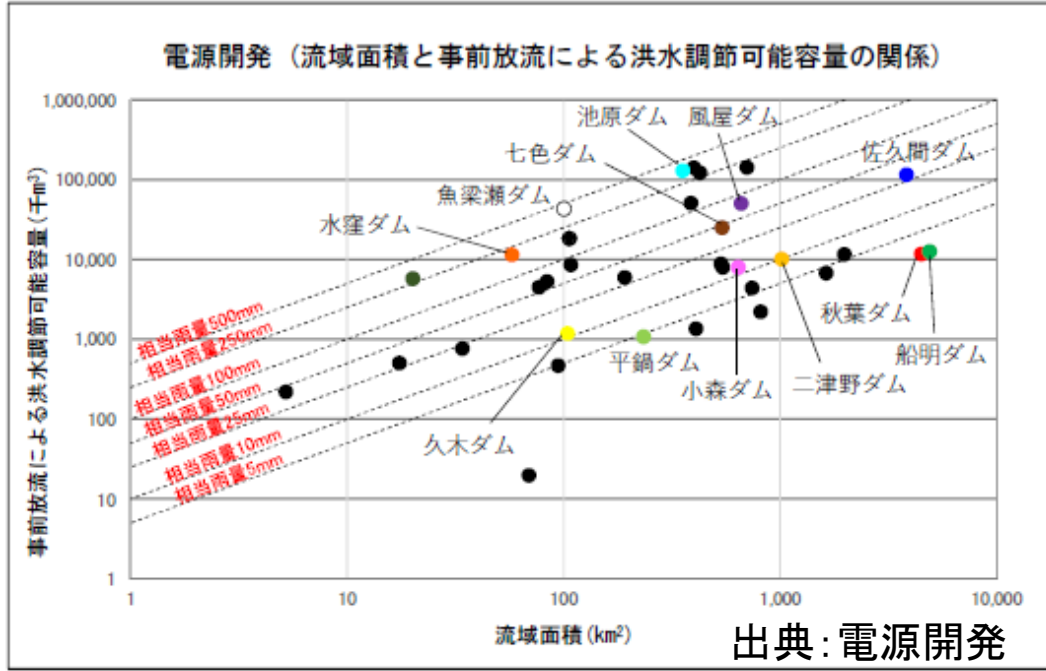
(3) 利水機能の増進、環境保全に対する寄与

- 弾力的管理による活用水位からの放流判断に事前放流に用いる降雨予測技術を利用することで、**利水機能の増進、環境保全への寄与を図る**ことができる。
- 事前放流に伴う貯水位低下による土砂移動、水質影響等のモニタリング方法を一般化する必要がある。
- 予備放流・事前放流に伴う貯水位低下に対し貯水池斜面安全性を確認する方法の提案が必要である。

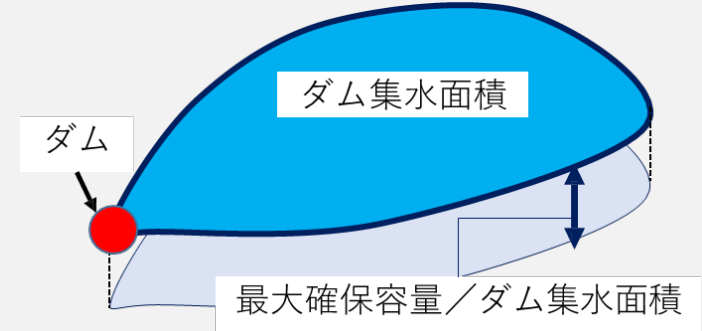
ダム工学 2021年31巻2号
ダム事前放流の効果的実施に関する提言（案）（骨子）

JCOLD既設ダム of 合理的な活用・運用方策検討分科会

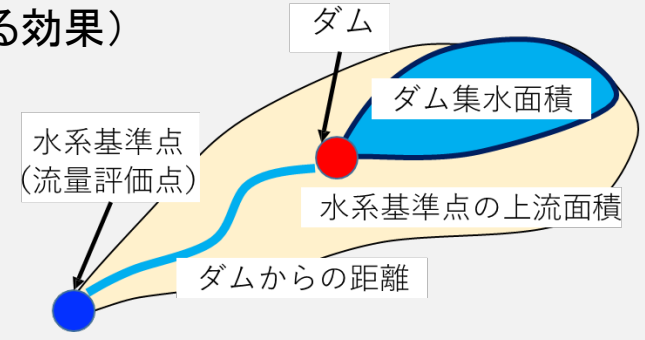
事前放流点検の進め方(案)



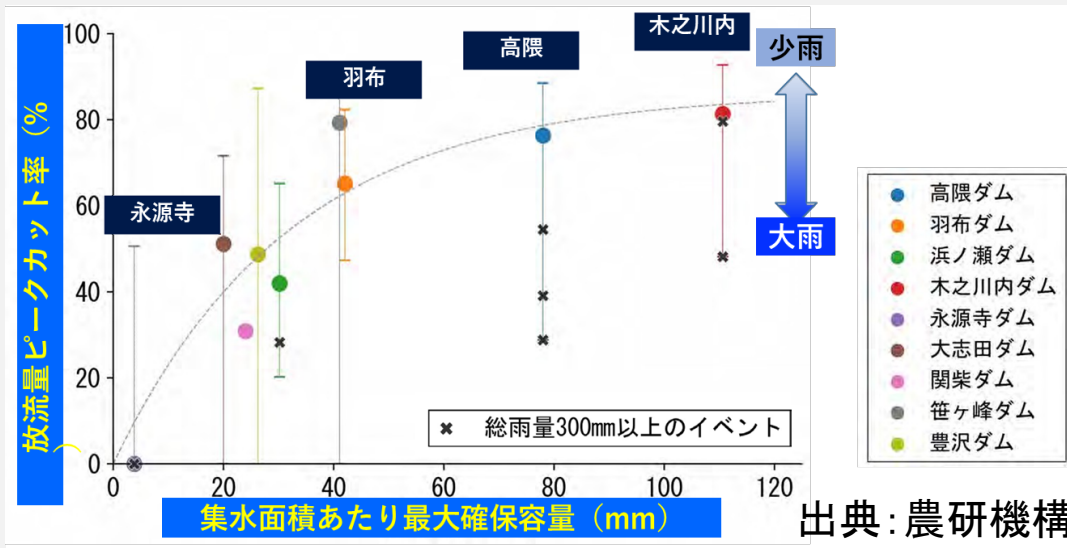
ダム地点での洪水貯留ポテンシャル
(ダムの洪水貯留能力の評価)



水系全体での洪水貯留ポテンシャル
(ダムの洪水貯留が水系全体に与える効果)



ダム地点の洪水貯留ポテンシャル
(相当雨量)50mm程度以上は欲しい
この程度あれば、放流量ピークカット率がある程度期待できる
総雨量が大きくなるとカット率低下

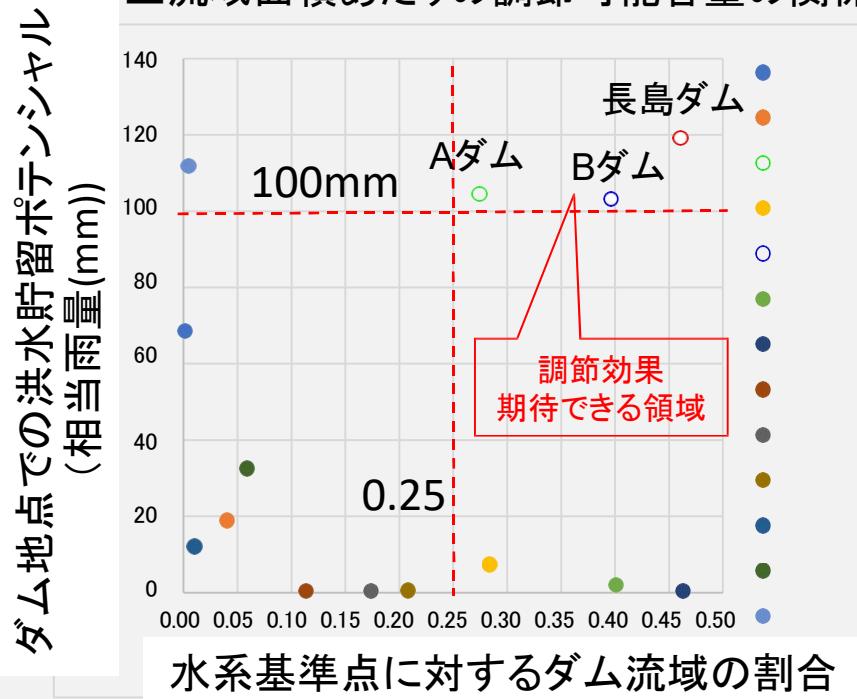


大井川水系の利水ダムの直轄基準点への効果の相関性

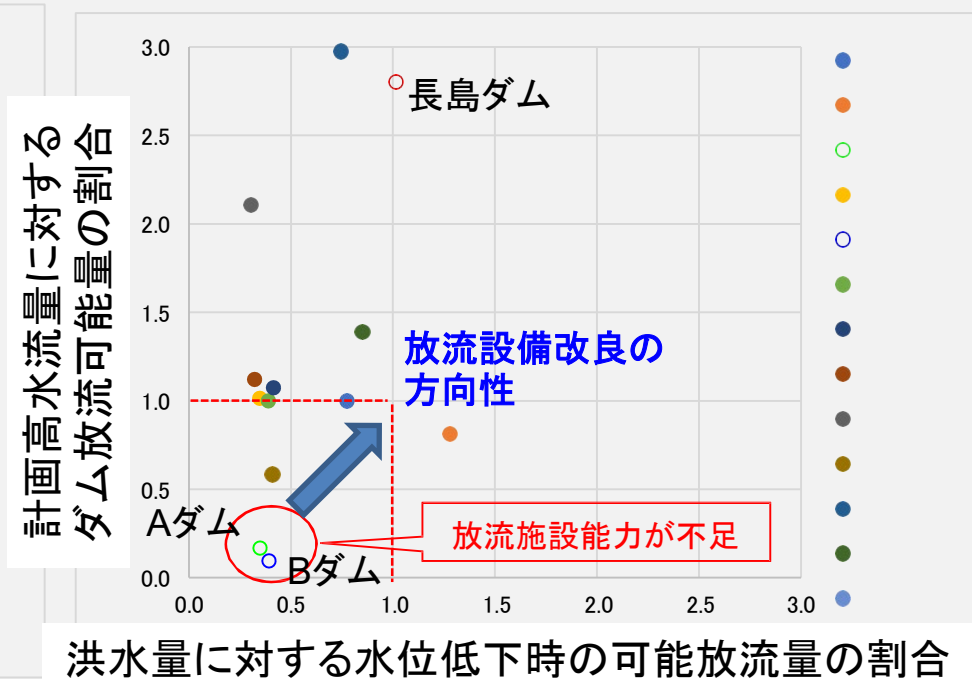
出典：国土交通省（資料に加筆）

- 神座基準地点への調節効果がある利水ダムを選別する指標として、①ダム地点での流域面積あたりの洪水調節可能容量、②基準点上流域に対するダム流域の面積占有率、③各ダムの放流施設能力を設定
- ①の指標では100mm以上、②の指標では25%以上のダムが、調節効果が期待できる利水ダムの選定基準と考えられる。
- また、③の放流施設能力の評価は、Aダム、Bダムは、事前放流、及び、洪水調節に必要な放流量に対し放流施設能力が劣っており、改良による効果が見込まれる。

【神座基準点上流域に対する占有率とダム上流域面積あたりの調節可能容量の関係】



【可能容量相当での放流能力と設計洪水流量の関係】



SIP「国家レジリエンス（防災・減災）の強化 テーマVI：スーパー台風被害予測システムの開発（河川・ダムの長時間洪水予測・防災支援システムに関する研究開発）」

- アンサンブル予報等を利用することで、事前放流の対象時間を長時間化可能
- 事前放流の対象となる時間を長時間化し、無効放流の低減を図ることが可能

SIP「国家レジリエンス（防災・減災）の強化」VI.スーパー台風被害予測システム開発 統合ダム防災支援システム開発（（独）水資源機構，京都大学，（一財）日本気象協会）

ダムの目的は「治水（洪水対策）」と「利水（水利用）」

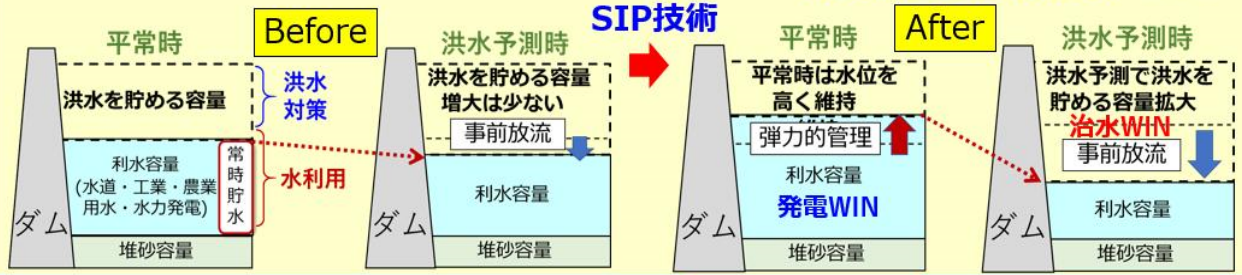
現状 事前放流は限定的。1～3日程度（R2開始の事前放流ガイドライン）

GSM(84時間)は予測不安定，MSM(39時間)は時間不足

ECMWF(51メンバー・15日先)活用

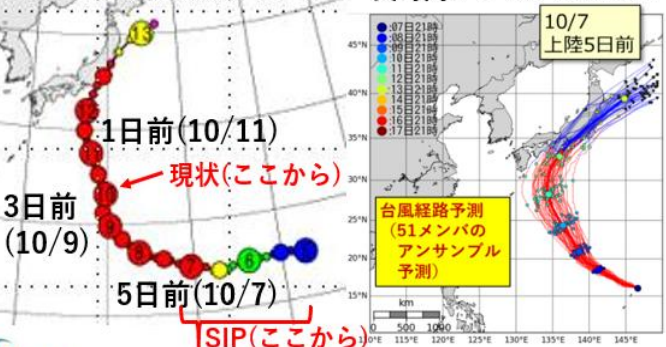
SIP

数日～1週間程度前からの事前放流を実現し、洪水貯留機能の拡大(治水WIN)と水力発電増大(発電WIN)を実現



2019年台風19号

2019年台風19号時の長時間アンサンブル予測



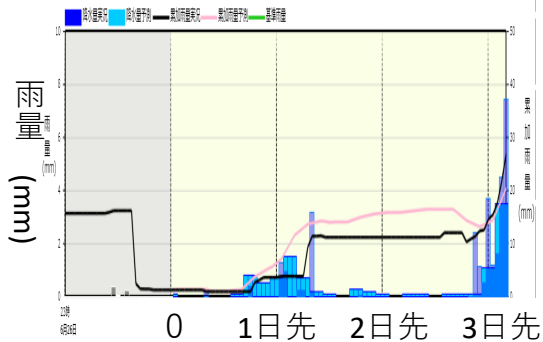
4つのコア技術

- ① 早期の事前放流開始
コア技術：アンサンブル気象予測を利用した長時間リードタイムの確保 (1-3日前 → 5-7日前)
- ② ダム流域への正確な流入量予測
コア技術：降雨予測の高解像度化 (20km → 1km)
- ③ 発電量の増大かつ洪水貯留能力の最大化
コア技術：アンサンブル流入量予測による予測幅の獲得 (1本の予測 → 51本の予測(上位/下位予測))
- ④ ダム群最適操作による治水効果の拡大
コア技術：ダム群連携最適操作シミュレータ

- 新成羽川ダム（中国電力（株）、河本ダム（岡山県）、一庫ダム・木津川ダム群（水資源機構）などにプロトタイプモデルを提供
- アンサンブル降雨予測システム単独で、亀山/高滝ダム(千葉県)に提供
- 木津川ダム群では、ダム群連携最適操作シミュレータ開発
- 木曾川水系でも情報提供始
- H30西日本豪雨などを例に、新成羽川ダムで事前放流の効果を検証
- R1台風第19号を例に、利根川上流ダムで事前放流の効果を検証
- 発電ダムの1週間単位の最適発電運用操作にも活用可能

長時間アンサンブル予測の有効性

GSMガイドランス予測

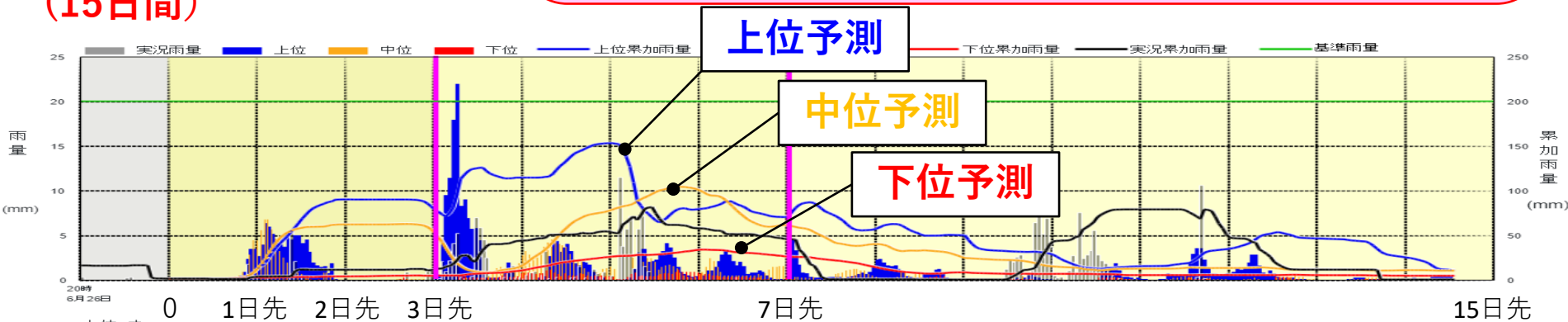


- ✓ 予測は2日～3日先まで
- ✓ 予測値は1つ
- ✓ 予測更新時に大きく変動
- ✓ 降雨の規模感（総降雨量、ダムへの総流入量）が把握しにくい

ダム管理者の安心感アップ！

- ✓ 予測は15日先まで
- ✓ 予測は51個（貯水量が回復しないリスク・洪水リスクを考慮）
- ✓ 予測更新時に変動が少ない
- ✓ 長時間アンサンブル予測により、洪水の「その先」が見える
= ダムへの総流入量が把握可能（次の洪水への備えも可能）
- ✓ 事前放流の必要性を判断し、早期開始を可能に！

長時間アンサンブル予測 (15日間)

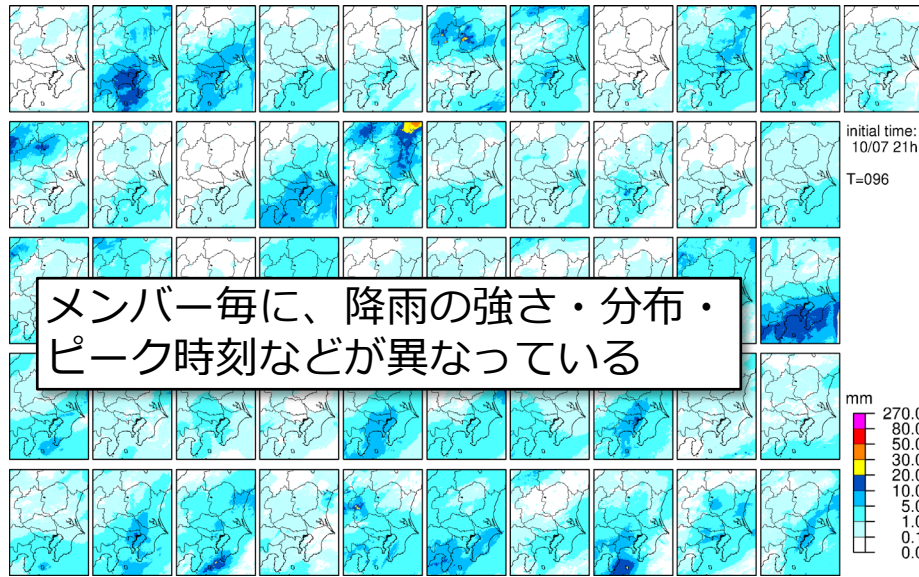


4つの技術的挑戦 長時間アンサンブル予測・降雨高解像度化

① 早期の事前放流開始

コア技術：アンサンブル気象予測を利用した長時間リードタイムの確保 (1-3日前 → 5-7日前)

アンサンブル予報 ECMWF (欧州中期予報センター) の51メンバー・15日先まで



② ダム流域への正確な流入量予測

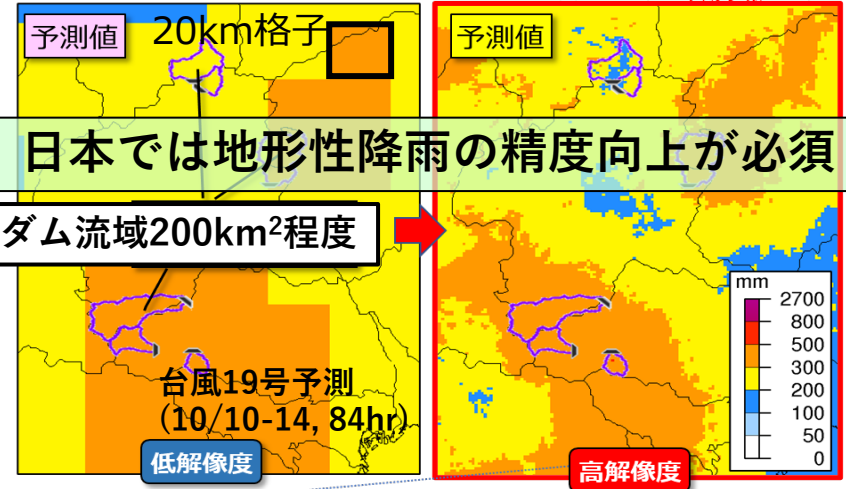
コア技術：降雨予測の高解像度化 (20km → 1km)

AIを用いたダウンスケーリング技術
深層学習等により過去10年分の解析雨量を学習
25km格子・3時間雨量のECMWFデータを、
1km格子・1時間雨量に変換

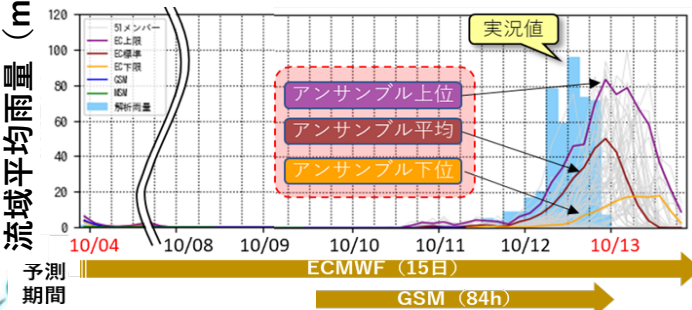
従来技術：GSM(20km)

開発技術：ECMWF※(1km)

※ヨーロッパ中期予報センター

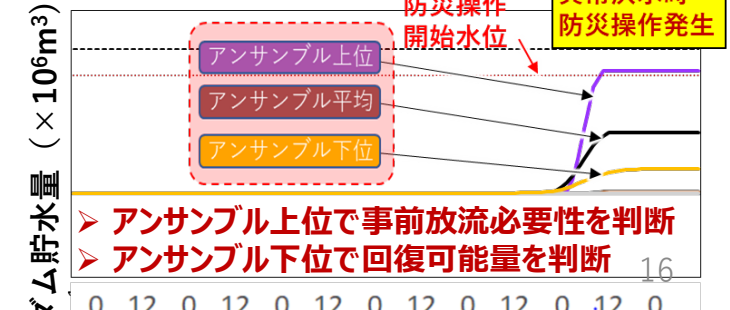


長時間アンサンブル降雨予測



降雨－流出モデルを用いて、ダム流入量を予測

ダム流入量予測



アンサンブル上位で事前放流必要性を判断
アンサンブル下位で回復可能量を判断

ダム事前放流への適用性検証（東日本台風の事例）

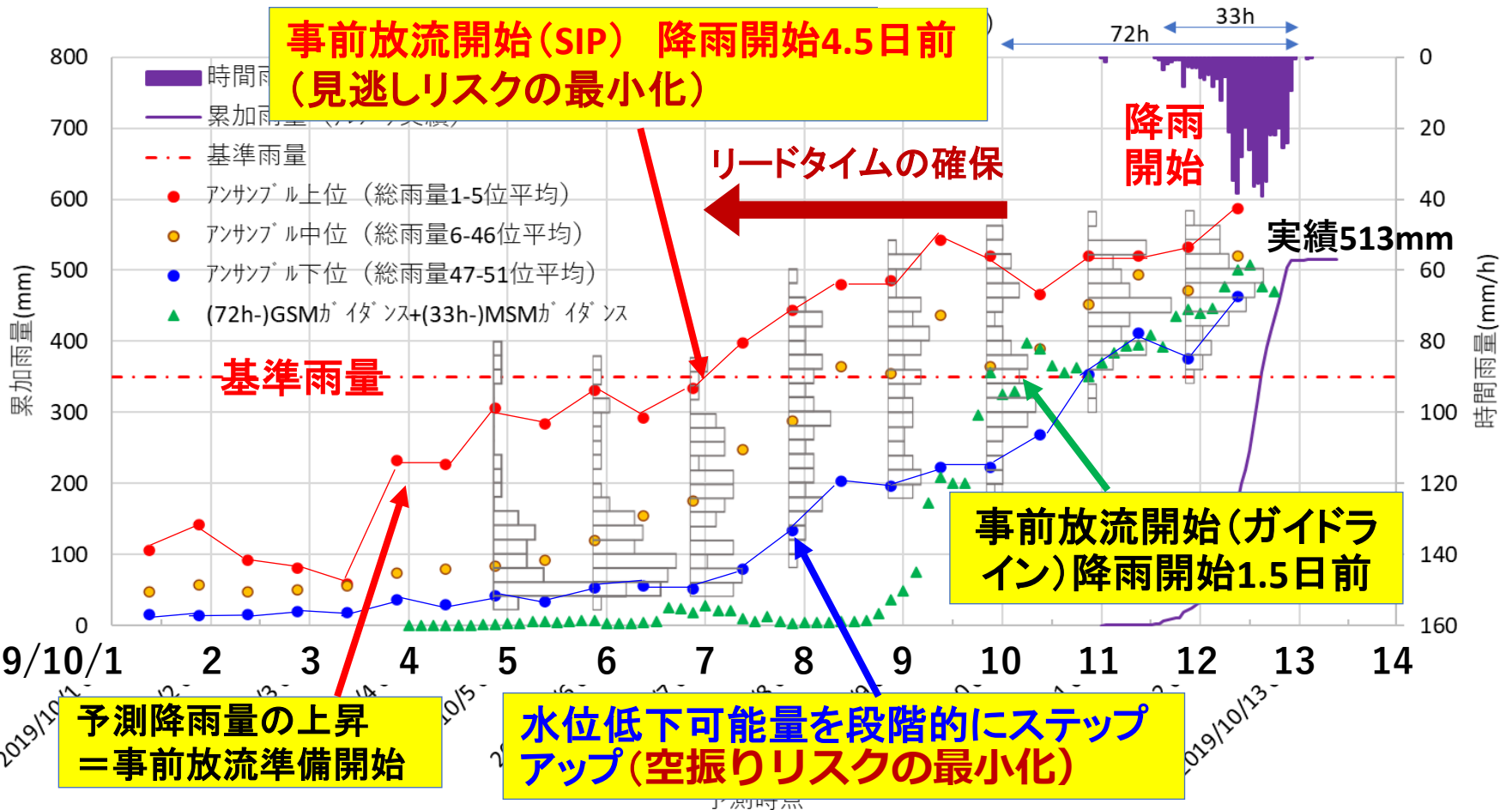
アンサンブル上位予測を用いて、より早くから事前放流開始可能

アンサンブル下位予測を用いて、水位低下させる量を段階的にステップアップ可能

予測情報の変化も逐次更新してアップデート、次の洪水にも備えることが可能

下久保ダム 雨量予測の変化（2019年台風19号）

台風19号 実績降雨

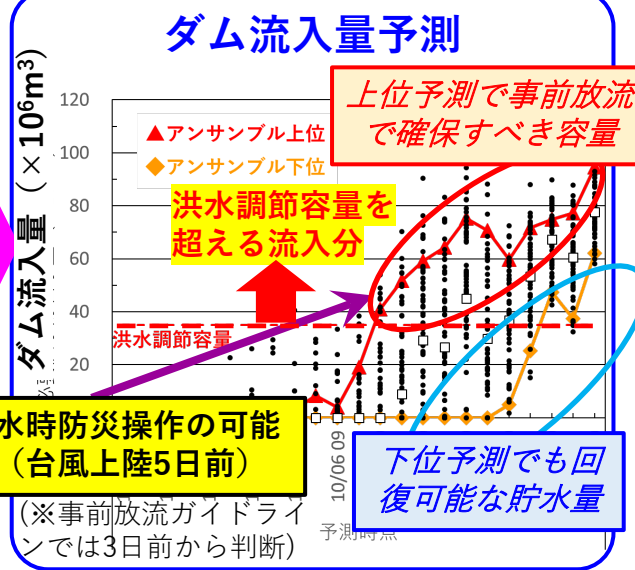
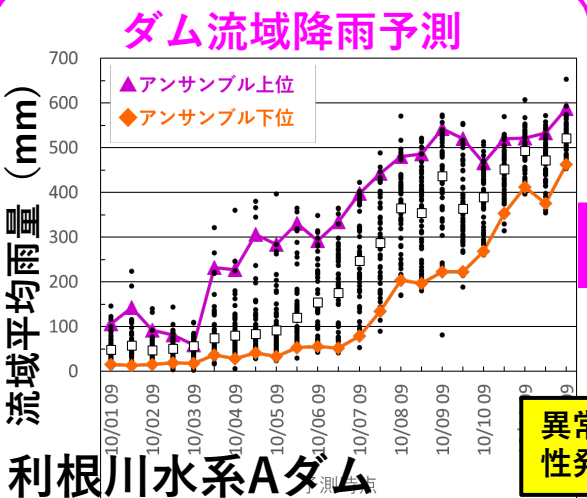


■ ダム事前放流への適用性検証 2019年台風19号の事例

キラーコンテンツ
アンサンブル事前放流

長時間アンサンブル降雨予測を利用
上位予測：事前放流必要性
下位予測：低下可能な容量を予測し、
早期に事前放流をスタート
水力発電利用も可能

治水と発電のWIN-WINの実現



利根川水系Aダム

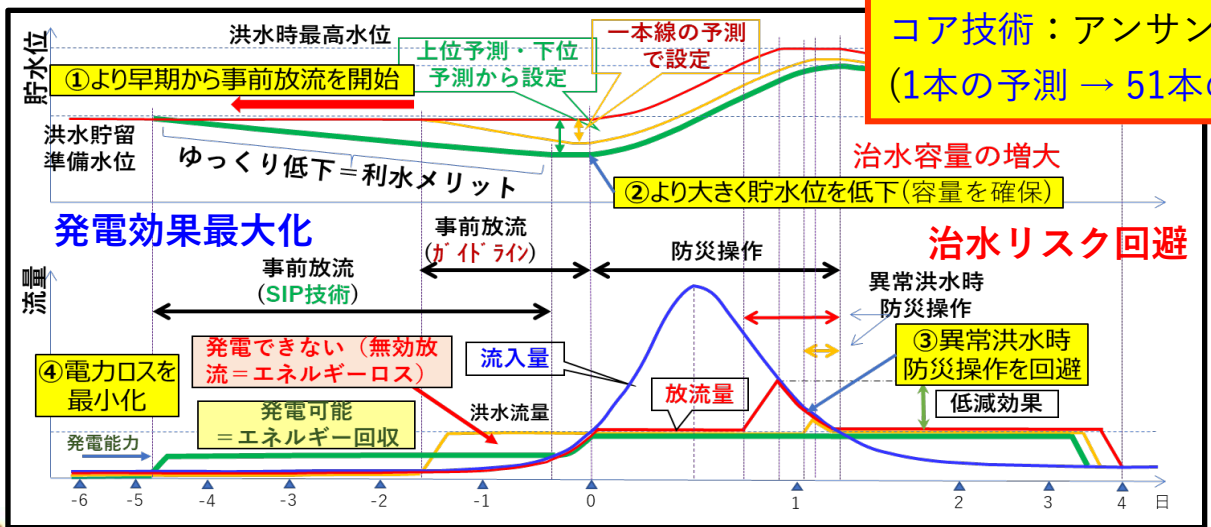
※アンサンブル上位：総雨量上位5メンバー(1-5位)平均
アンサンブル下位：総雨量下位5メンバー(47-51位)平均

異常洪水時防災操作の可能性発生 (台風上陸5日前)

(※事前放流ガイドラインでは3日前から判断)

アンサンブル事前放流の4つの効果

③洪水調節能力の最大化かつ発電量の増大
コア技術：アンサンブル流入量予測による予測幅の獲得
(1本の予測 → 51本の予測(上位/下位予測))



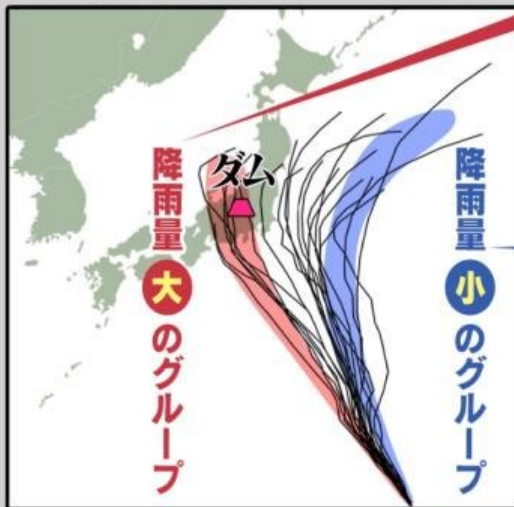
[草木ダム(R1T19)での試算]
事前放流の早期化 (台風上陸1日前→4日前(10/8))、
発電しながら事前放流
(1,500万m³) 可能
→ 発電量増加により最大
2,500万円の増収

NHK時論公論2021.10.13

アンサンブル予報 ダム管理システム

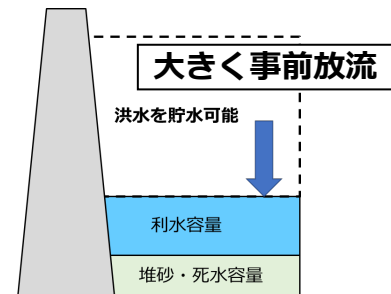
(京大・日本気象協会・水資源機構)

15日先まで51通りの予想



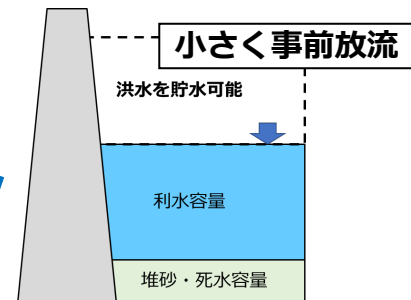
最も多く降る場合

どのくらい事前放流しておけば
満杯にならないか



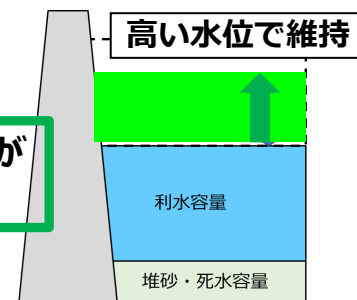
最も雨が少ない場合

事前放流をどのくらいにとどめておけば
水不足にならずに済むか



**最適な事前放流
最大の防災効果と水不足回避**

しばらく台風が
来ない場合



<https://www.nhk.or.jp/kaisetsu-blog/100/455613.html>

利水メリット（3つの視点）

●事前放流における発電最大活用

多目的ダム、利水ダムの事前放流を発電放流設備を使用して早期に開始しゆっくり水位低下を行い、電力エネルギーの有効活用が可能。短期間の貯水位低下では無効放流が増大する可能性。

●後期放流における発電最大活用

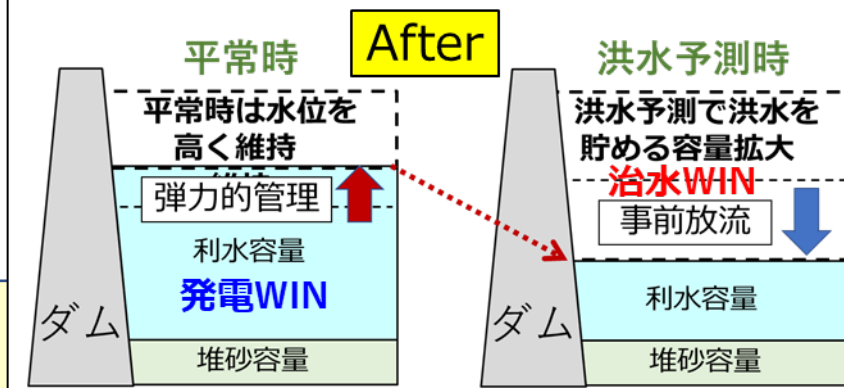
洪水調節後の後期放流（水位低下）において、その後の降雨が予測されない場合に発電放流設備をフルに活用してゆっくり水位低下を行い、電力エネルギーの有効活用が可能。

●平常時の管理水位引き上げ+無効放流減少（弾力的管理）

1週間程度先までの洪水の発生の有無を見通した上で、多目的ダムや大型利水ダムの平常時の管理水位を引き上げたり、出水時の空き容量増加により、平常時の水力発電計画における、水力発電価値（フロー（流量）、ストック（水頭）、調整力（貯水量（ ΔkW ））の最大化を実現。大規模降雨が予測される場合は早期に速やかに事前放流を実施し防災効果を最大化。管理水位の弾力的な引き上げと多段階の事前放流をシームレスに実施し、限られたダム貯水容量を最大限活用

SIP

数日～1週間程度前からの事前放流を実現し、**洪水貯留機能の拡大(治水WIN)**と**水力発電増大(発電WIN)**を実現

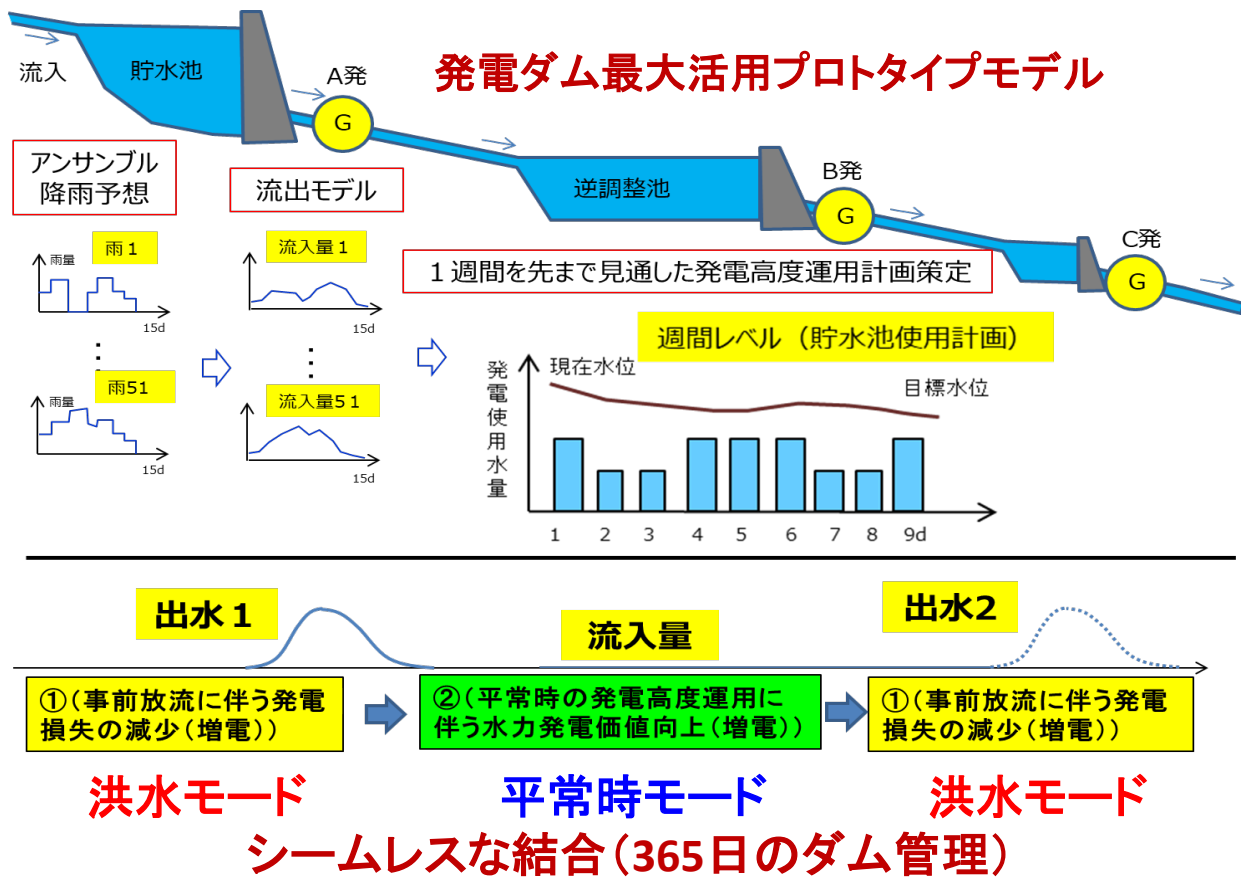


- 長時間アンサンブル降雨予測により、**防災効果**と**水力発電価値向上**を結合する。
 - 1) 事前放流による水位低下時の**発電エネルギー利用の最大化**のための**早期かつ段階的な事前放流手法**の検討
 - ①(事前放流に伴う**発電損失の減少(増電)**)
 - 2) 1週間程度先までの**洪水の発生の有無を見通した上で**、平常時の水力発電計画における、**水力発電価値(フロー(流量)、ストック(水頭))の最大化**と、**防災効果の最大化**を実現する手法の検討
 - ②(平常時の**発電高度運用に伴う水力発電価値向上(増電)**)

目指す技術開発のポイント:

事前放流を行わなければならない大規模洪水前後のみならず、**平常時**においても利水ダム(発電ダム)の「**発電目的の最大化**」のためにSIP技術を積極的に活用する

その延長として備えるべき**大規模洪水時の防災に貢献**



①何をおこなったか；

台風9号および後続の前線性豪雨を対象に長時間アンサンブル降雨予測を実施し、データ提供

②上手く行ったこと；

新成羽川ダムでは、8/2（5日前）に8/8-9の台風9号、その先の前線性降雨を同時に予測

③次への課題として残したこと；

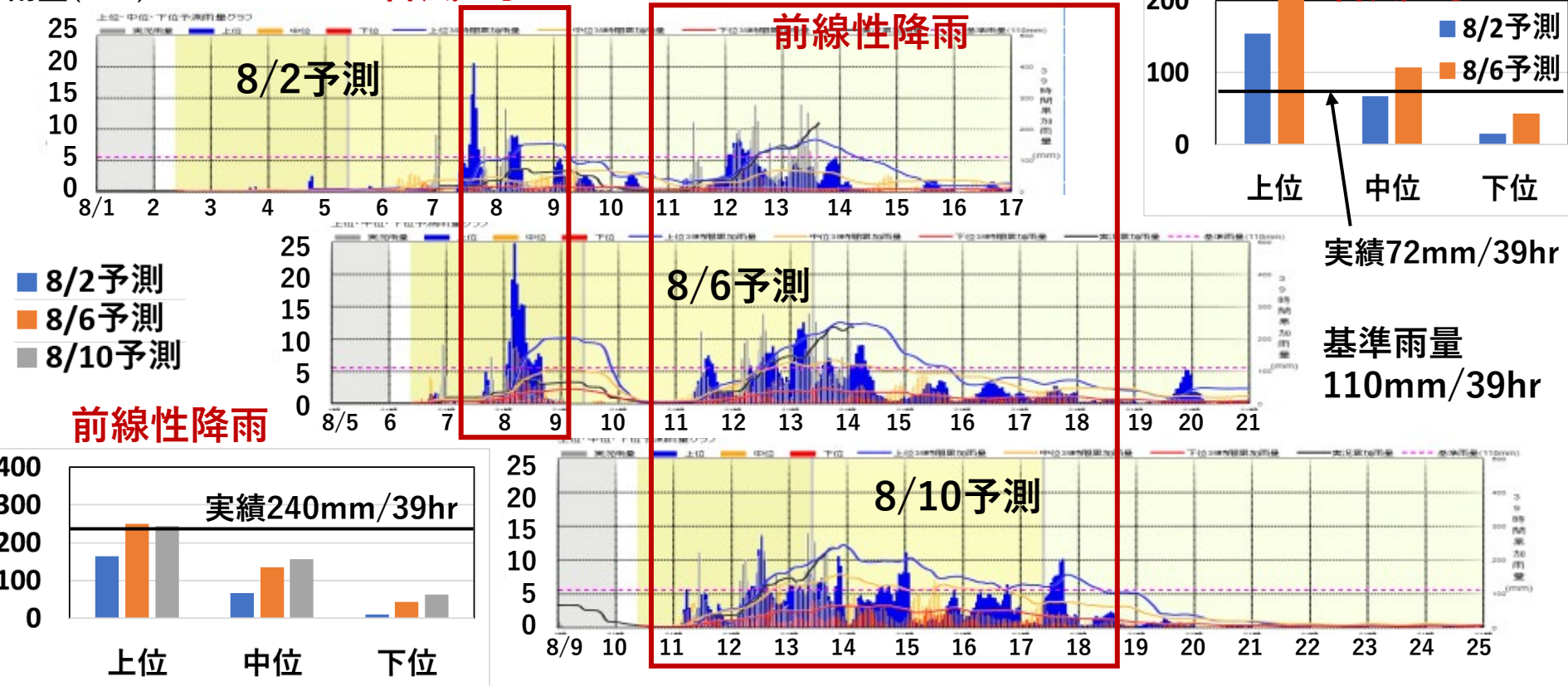
前線性降雨では大規模降雨を良好に予測（上位予測）、引き続き精度向上が必要

④どこにデータを提供して、どう使われたか； 検証中の新成羽川ダム、一庫ダム、木津川ダム群、荒川ダム群、黒部川、大井川、耳川などにアンサンブル予測データを提供し、事前放流実施判断に活用。

雨量(mm)

台風9号

台風9号



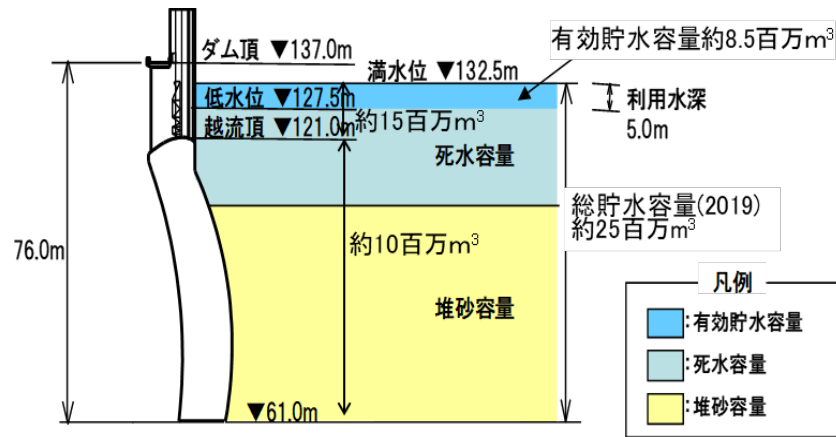
●バイパストンネルによる効果

- 出水中の流入濁水及び土砂通過①、②
- 放流量増加により最大流入量時の貯留可能容量が増大し、ピークカット量が増加③※1
- 流砂系総合土砂管理の観点から、土砂供給増により河川環境が改善

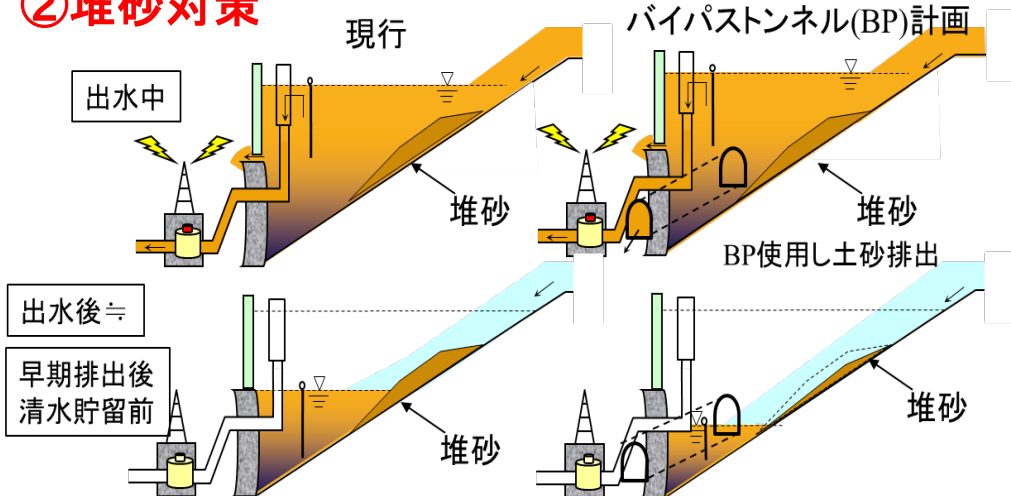
①濁水長期化軽減対策

②堆砂対策

③治水効果



②堆砂対策



- 出水期間中に流入堆積する土砂を、バイパストンネルを利用してダム下流へ排出
- 水位低下により調整池中流部の掃流力が増加し堆砂量が減少

今後に向けて

• 事前放流について

- 実施対象ダムを選別すべき(相当雨量, 流域面積支配率)
- 放流設備の強化(水位低下および低水位維持機能)は重要
- 縦列ダムの影響を考慮し, 具体的な洪水調節ルールの検討が必要
- 過剰な水位低下(放流設備が伴わない)は、放流開始時のリスクあり
- 堆砂移動には要注意
- ダム通砂操作(耳川など)との組合せ(長時間アンサンプル予測活用)も考慮

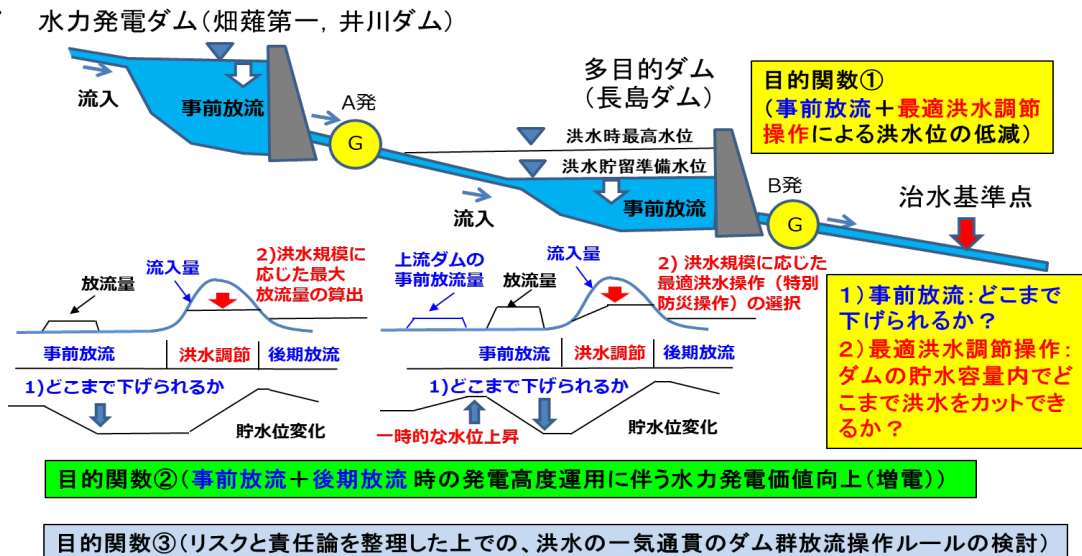
• 堆砂対策について

- 発電排砂のすすめ(全体最適, 水車の摩耗対策)
- 日本は水が豊富, 海外では排砂にも節水視点が重要
- ダム通砂／排砂バイパスの勧め(排砂バイパスには2つの類型)

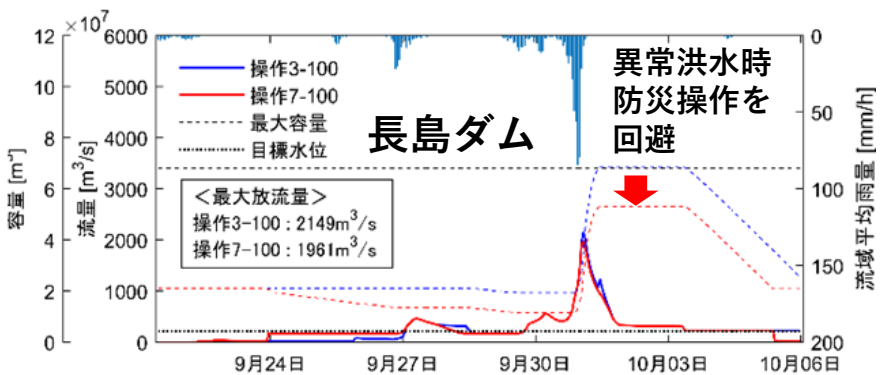
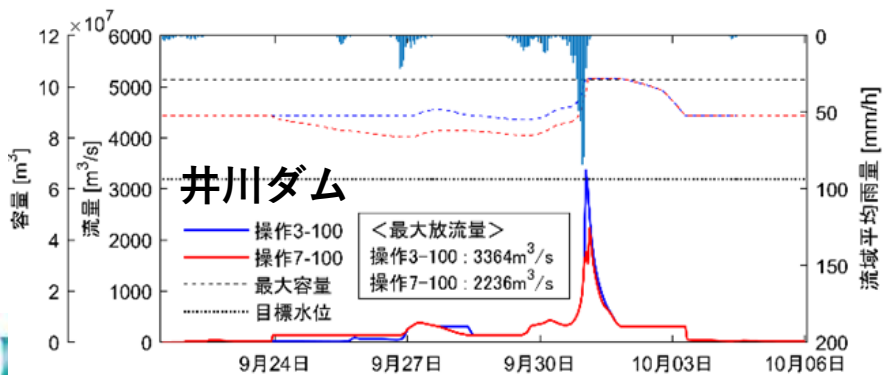
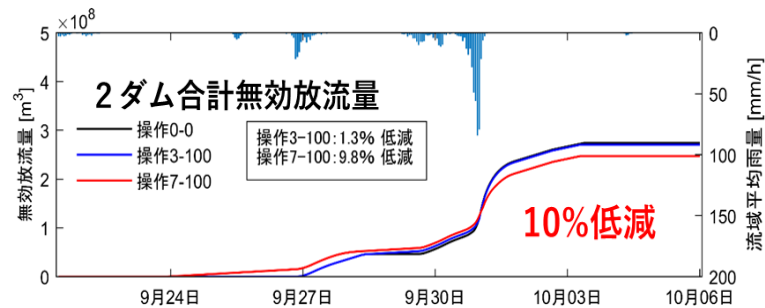
• 流域治水では流域内のダムで全員野球

- そのためには、流域内のダムが持続可能でなければならない
- 課題の共有, 適材適所, 並列／縦列ダム群の連携プレー
- 治水機能, 発電機能, 水供給機能の最適化
- トータルとしての維持管理コスト最小化, 環境負荷の最小化
- 流域治水はイベント的な連携 vs 流砂系総合土砂管理は長期的・蓄積型の連携
- 河川管理者には, 長期的・持続的な管理の視点が必要
- 気候変動では、洪水量のみならず、土砂生産・渇水リスク・発電量変化も重要

- 分布型降雨流出氾濫解析 (RRI) モデルに事前放流～洪水調節～後期放流を行うダムを縦列に組み
- 前期降雨があると縦列ダム (畑薙第一, 井川ダム) の事前放流が不完全になる
- 7日前から発電最大使用水量で事前放流(7-100)すれば大きな貯水量確保可能
- その結果, 3日前からの事前放流よりも各ダムでピーク放流量が減少し, 長島ダムの異常洪水時防災操作を回避
- 無効放流量も最大10%低減

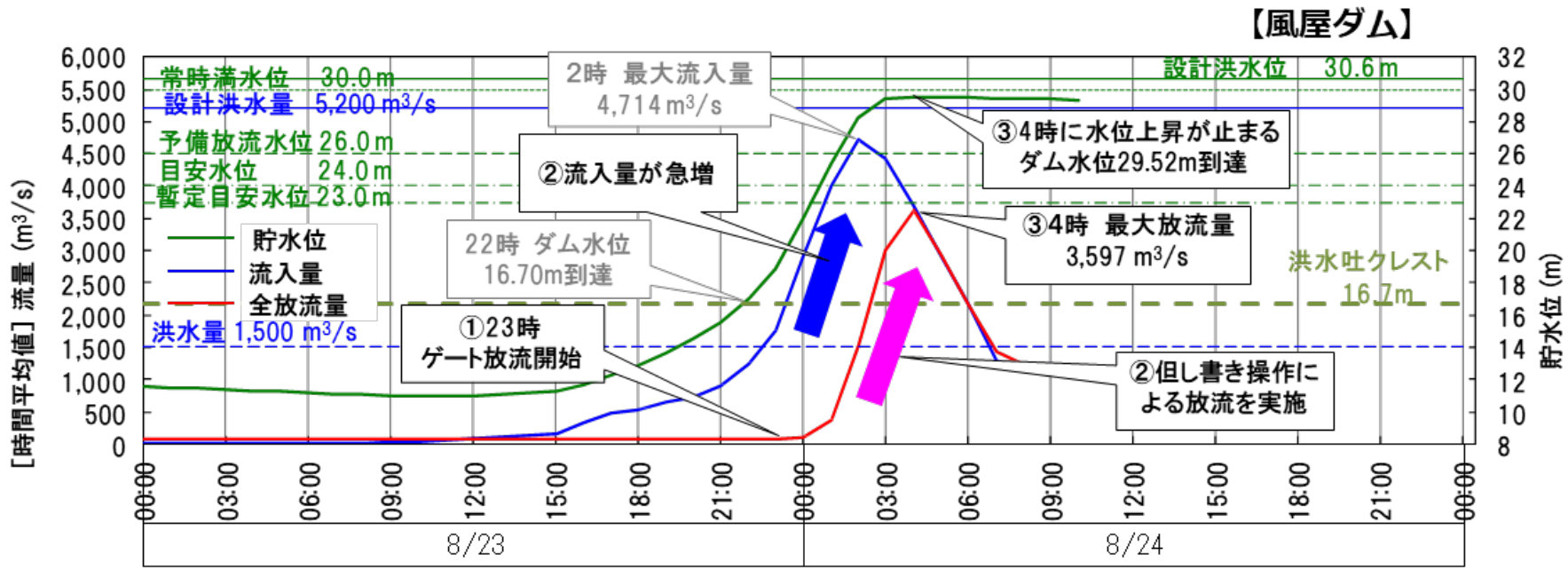


降雨波形：2018年台風24号をベースにしたアンサンブル降雨波形から複数抽出して引伸 (500mm/48hr)



放流能力が不足することのリスク

平成30年台風20号における風屋ダム放流操作



- ① 出水前のダム水位が洪水吐クレストよりも約5.7m低下していたことから、出水初期に放流できず、水位が上昇して放流可能になった時点で既に流入量は洪水量を超えていた。
- ② 放流量を急増(但し書き操作)させたが流入量と放流量の差が大きく、ダム水位が急上昇して空き容量が急激に減少した。
- ③ ダム水位が満水位を超える恐れがあったことから、流入ピーク後も放流量を増加させた。

課題: あと数時間降雨が続いた場合、更に急激な放流量の増加やピーク放流量の増加により、下流の浸水範囲が拡大する恐れがある

⇒ 今後、より詳細な検証を行うとともに、平成30年7月豪雨災害対応の動向も考慮しつつ、ダムの構造的特徴を踏まえたより適切な放流方法を検討

事前放流に伴う堆砂移動リスク

● 事前放流の実施により発生する影響

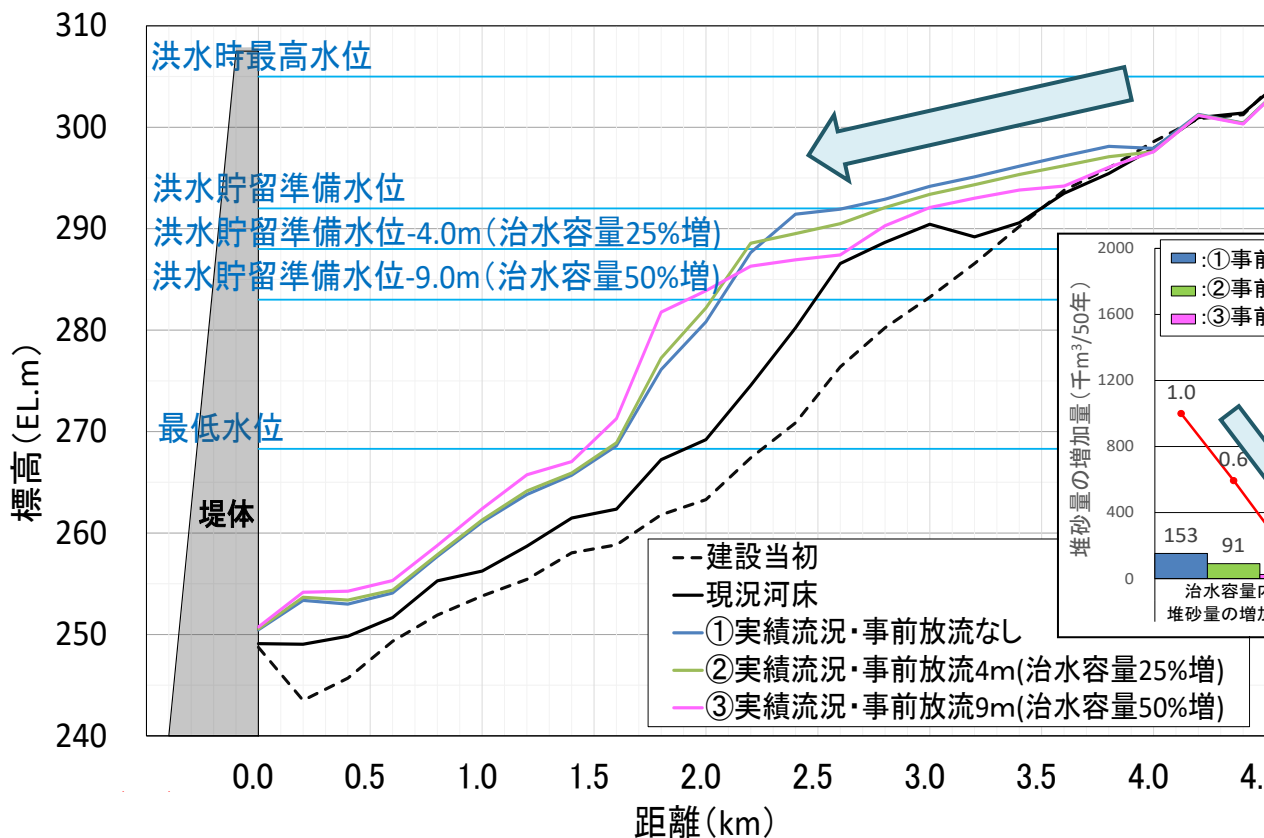
- 治水容量内堆砂量 ⇒ 減少
- 利水容量内堆砂量 ⇒ ほぼ同等
- 堆砂容量内堆砂量 ⇒ 増大する傾向



事前放流により迎洪水位が低下した場合

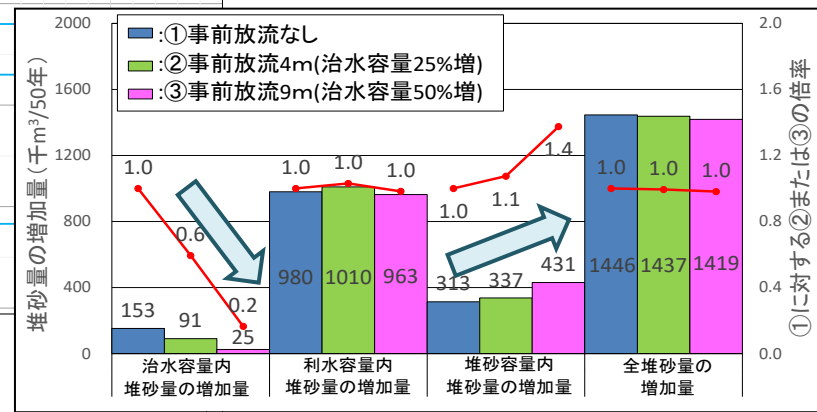
- ・治水容量内への堆砂が進行し難くなる
- ・より低位標高に堆砂が進行し易くなる

⇒ 実ダムでみられた迎洪水位と区間別堆砂量の関係性と同様の傾向



流況 : 実績
比堆砂量: 基本
粒度構成: 基本

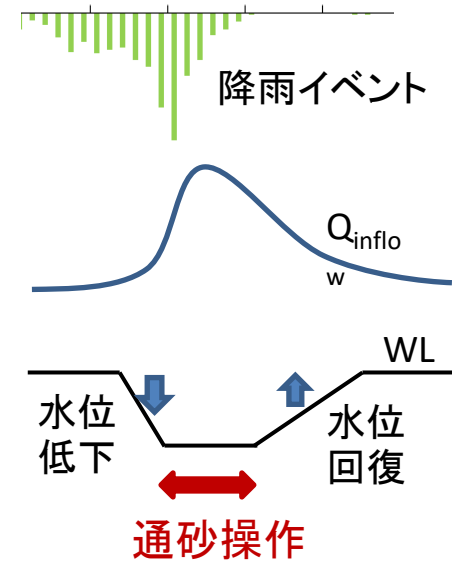
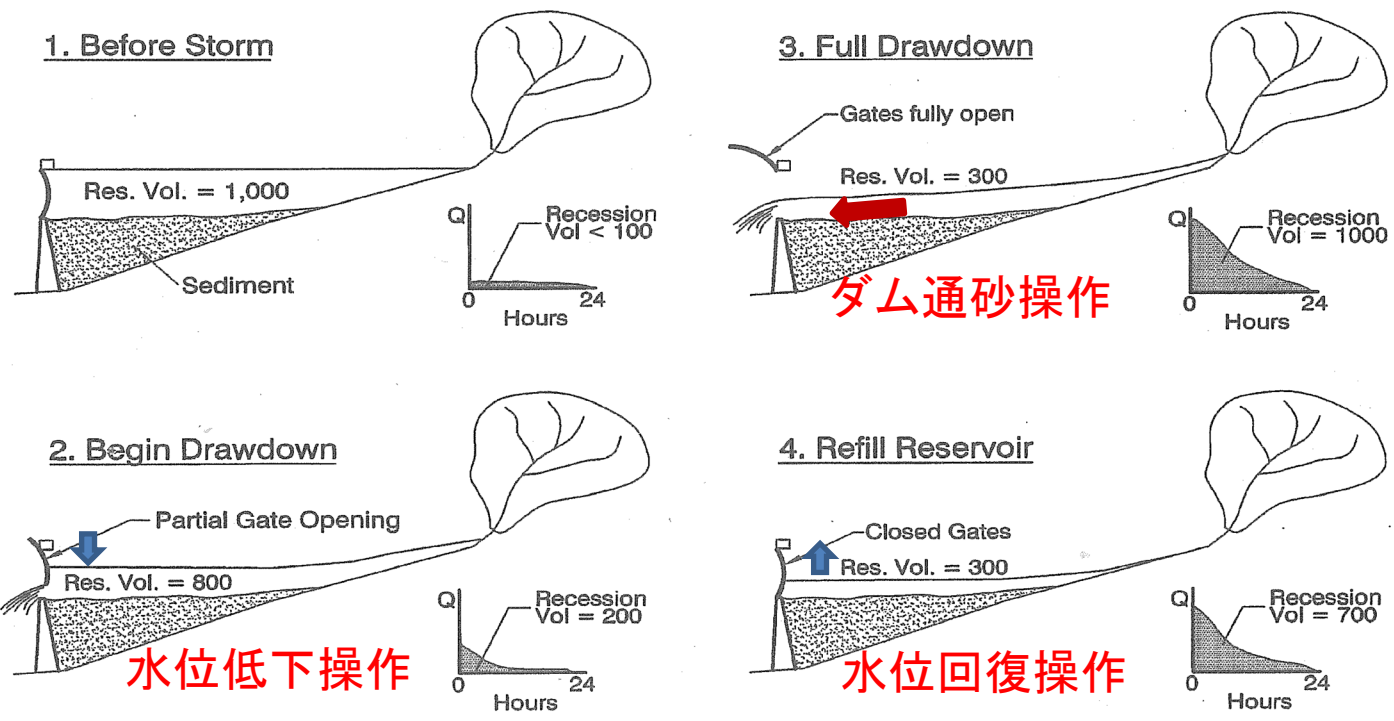
①事前放流: なし
②事前放流: 4m
③事前放流: 9m



小島 裕之・永谷 言・久保 裕基・孫 夢霞・川村 育男・角 哲也:
気候変動下における事前放流が貯水池内堆砂進行特性に与える影響, 土木学会論文集B1(水工学) Vol.76, No.2, I_853-I_858, 2020.

底部への堆砂進行による底部放流管, 取水口への土砂流入, 沈木の影響, 放流・取水設備への嚙込や閉塞などに要注意

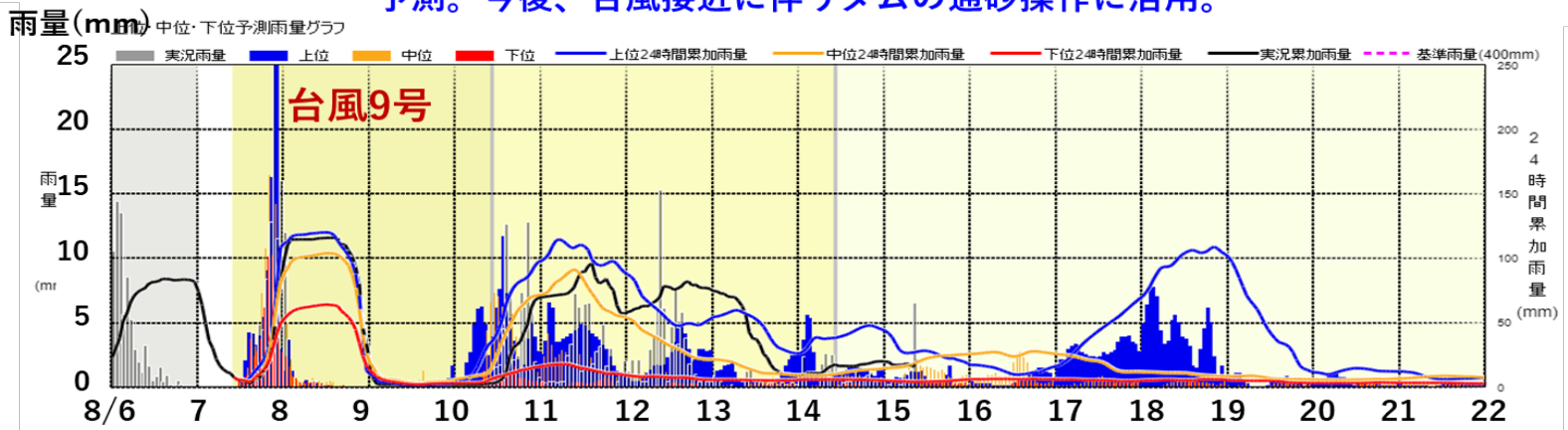
降雨予測を活用した水位低下+ダム通砂, バイパス操作



Morris and Fan (1998),
Reservoir Sedimentation
Handbook

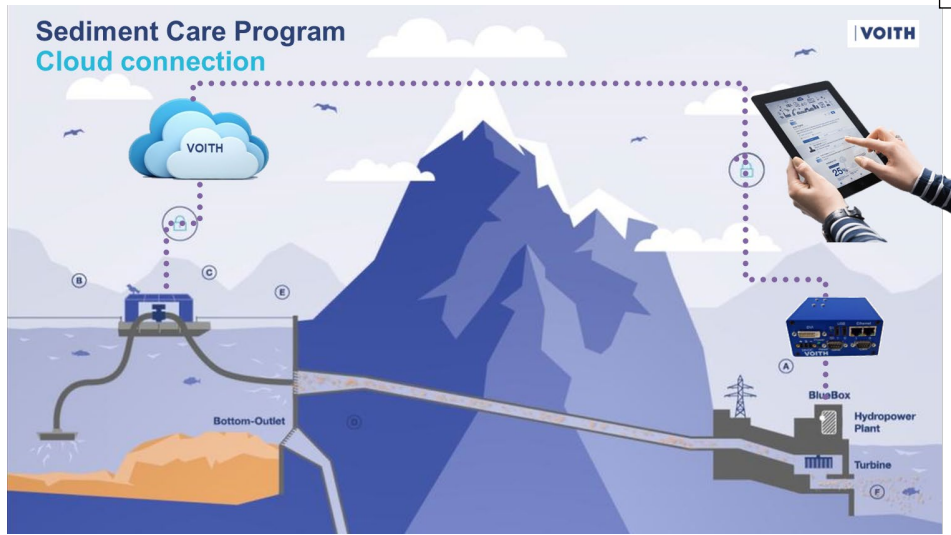
九州電力耳川下流域

2021.8.7より配信開始。8/8-9の台風9号、その先の前線性降雨を同時に予測。今後、台風接近に伴うダムの通砂操作に活用。

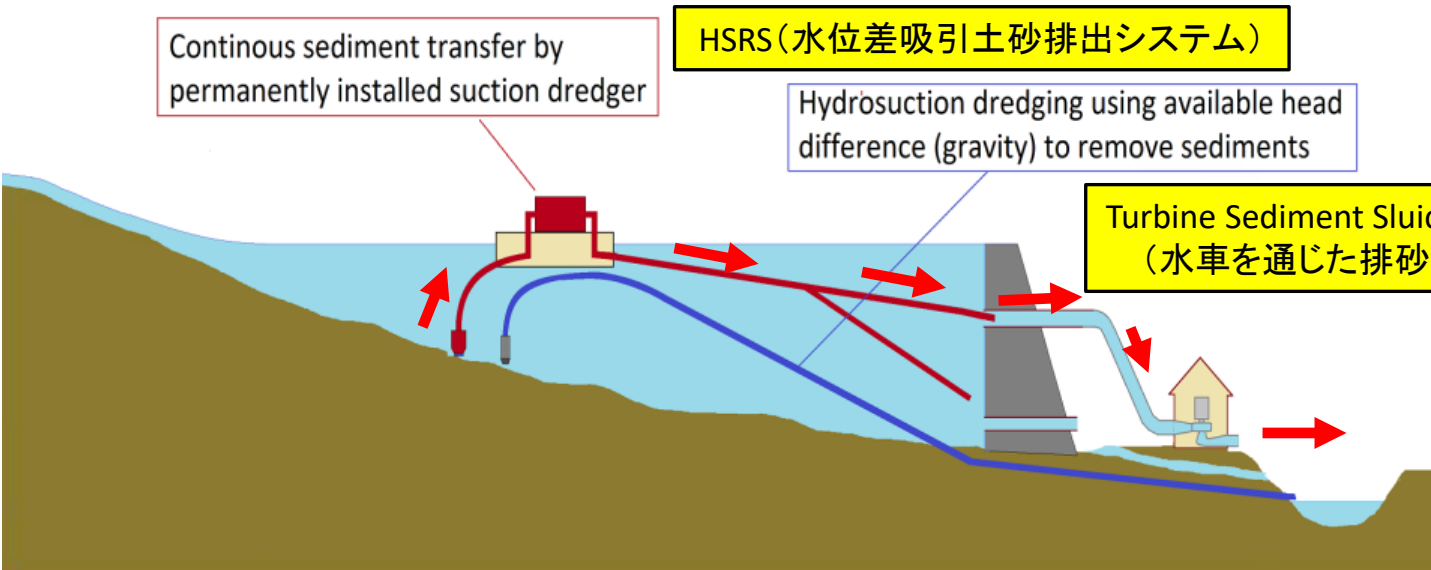


発電排砂（通砂）

- 欧州において、残されたフロンティアである水力発電水車を通じて土砂を排出する技術開発が検討
- 水資源の有効活用の観点から大変興味深い取り組み
- 土砂吸引～導流～水車摩耗対策～環境対策
- スマートインフラに合致（堆砂対策DX）



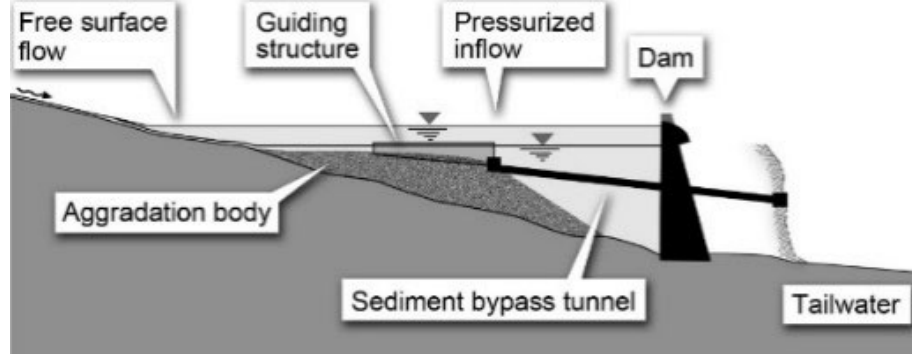
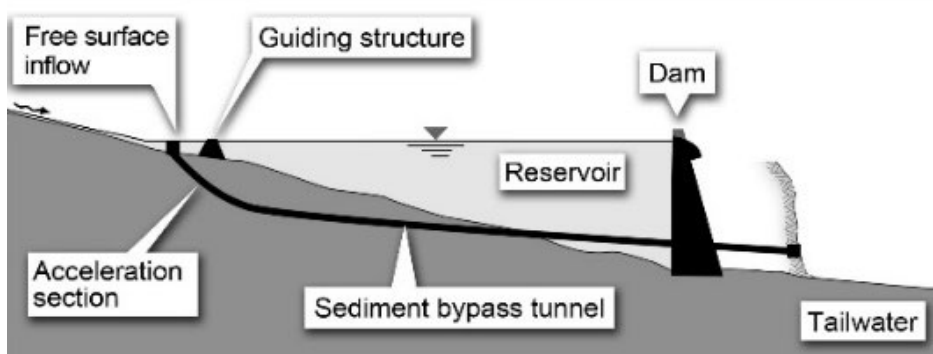
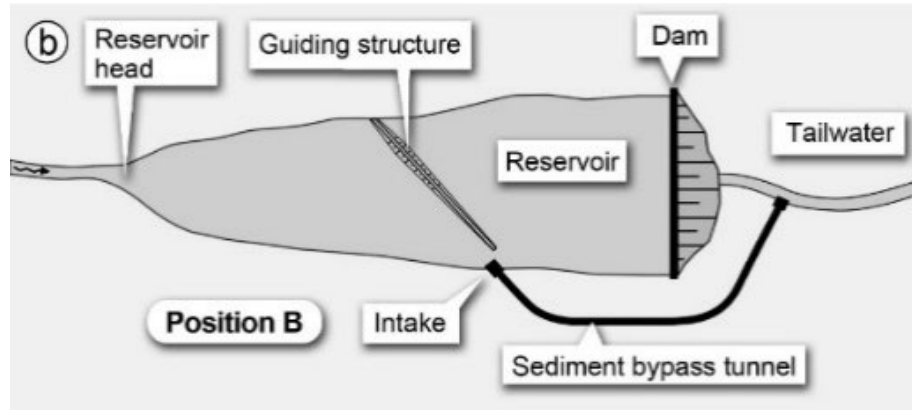
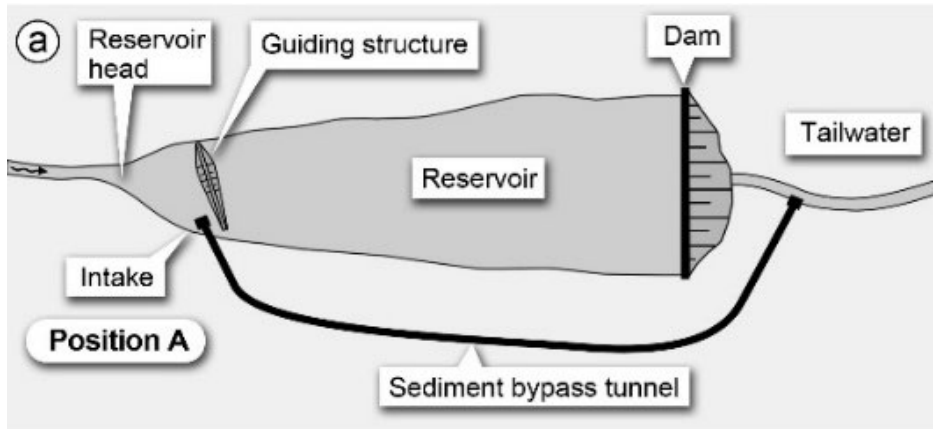
下流の土砂濃度をモニタリングしながら、土砂吸引量にフィードバック，細砂程度までは許容可能



国際大ダム会議
ICOLDレポート

Sediment
Bypassing and
Transfer
(土砂のバイパスと移送)

排砂バイパストンネルの2つの類型



	Type A: 全区間バイパス	Type B: 水位低下 + 一部区間バイパス
日本	旭, 美和, 小渋, 松川 矢作, 幌加, 裾花・奥裾花	二津野
スイス	Palagnedra, Pfaffensprung, Egsi, Runcahes, Rempen	Solis
備考	操作は単純 トンネル延長が長くコスト高	水位低下のための洪水予測が重要 事前放流(治水目的)も付加可能