

流域総合水管理に資するダム再生 ダムを、「賢く」、「増やして」、「永く」使うために



ダム運用高度化による流域治水能力向上と
再生可能エネルギー増強の加速化プロジェクト



SIP第3期スマート防災ネットワークの構築
サブ課題D：流域内の貯留機能を最大限活用した
被害軽減の実現



ダム再生・流砂環境再生
技術開発プロジェクト

京都大学防災研究所 水資源環境研究センター
産学共同研究部門 ダム再生・流砂環境再生技術 研究領域

角 哲也 特定教授（京都大学名誉教授）
（国際大ダム会議 副総裁，ダム工学会 会長）

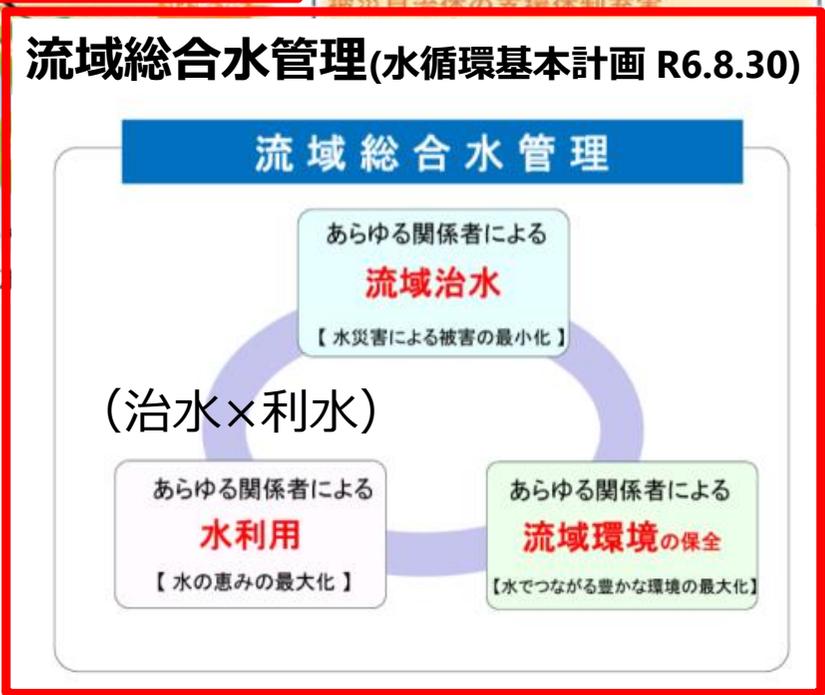
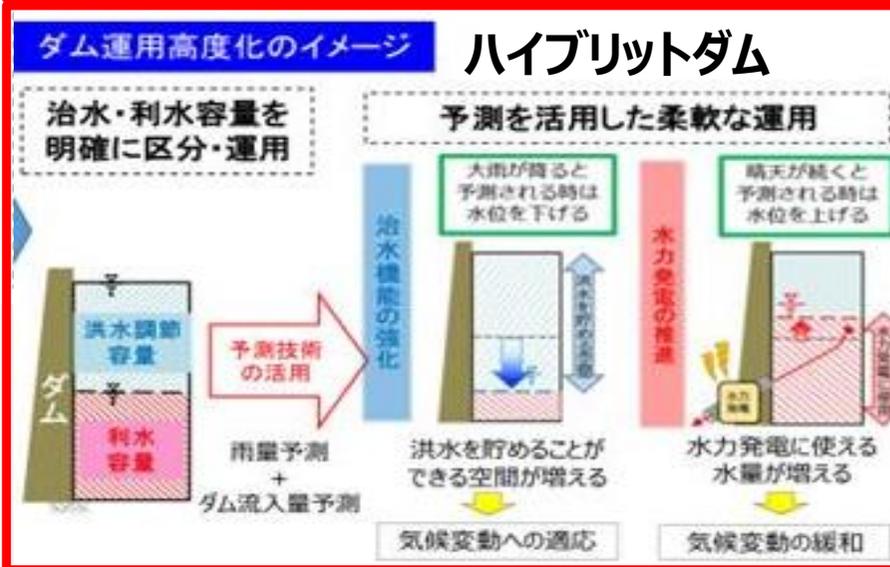
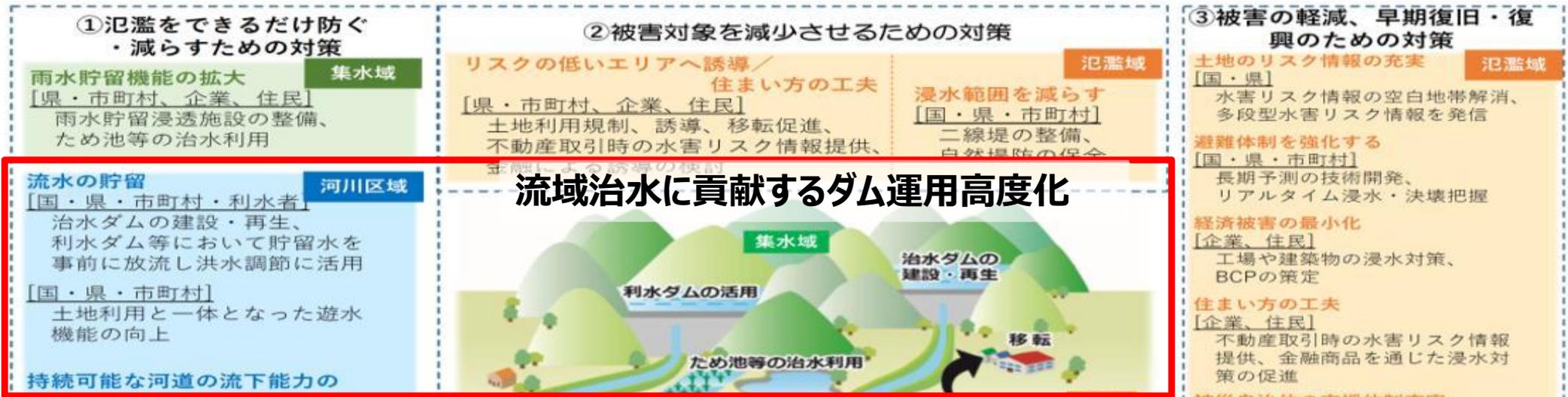
- **本シンポジウムの背景**
- **長時間アンサンブル降雨予測（SIP 2 期のコア技術）**
- **ダム管理のパラダイムシフト**
- **Bridgeの目指すところ／SIP 3 期の目指すところ**

- **適用するフェーズの拡大**
- **適用するダムタイプの拡大**
- **適用するためにルール化する取り組み**

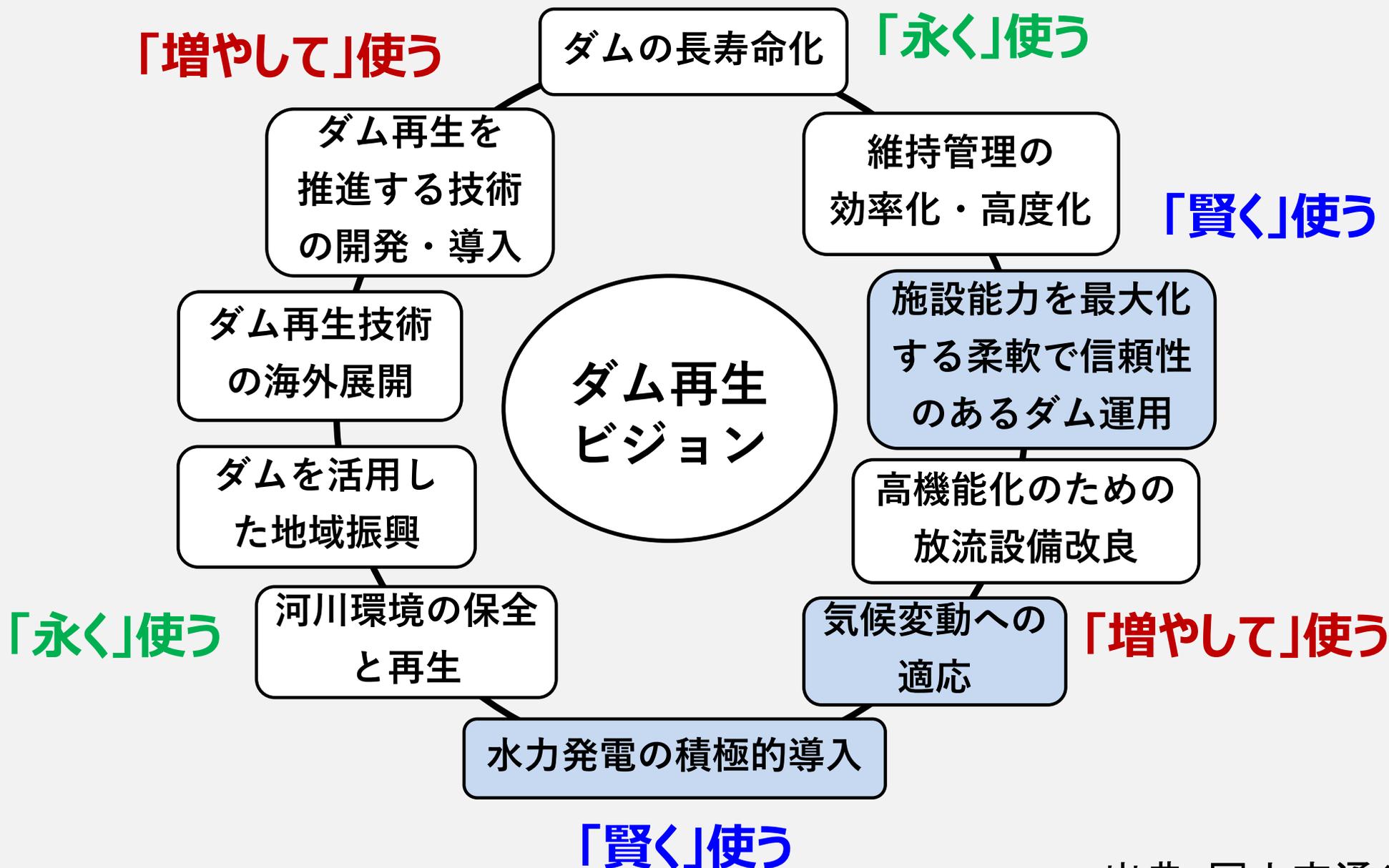
- **まとめ、ダム操作の変革（パラダイムシフト）の考え方**

- **京都大学防災研究所 産学共同研究部門
ダム再生・流砂環境再生 研究領域**

- ・流域治水のために、気象予測 (DX: デジタル技術) を活用した治水機能強化 (既設ダムの事前放流) を実現
- ・ダム運用高度化により、①治水機能の強化と②カーボンニュートラルに貢献する水力発電を促進 (ハイブリッドダム)



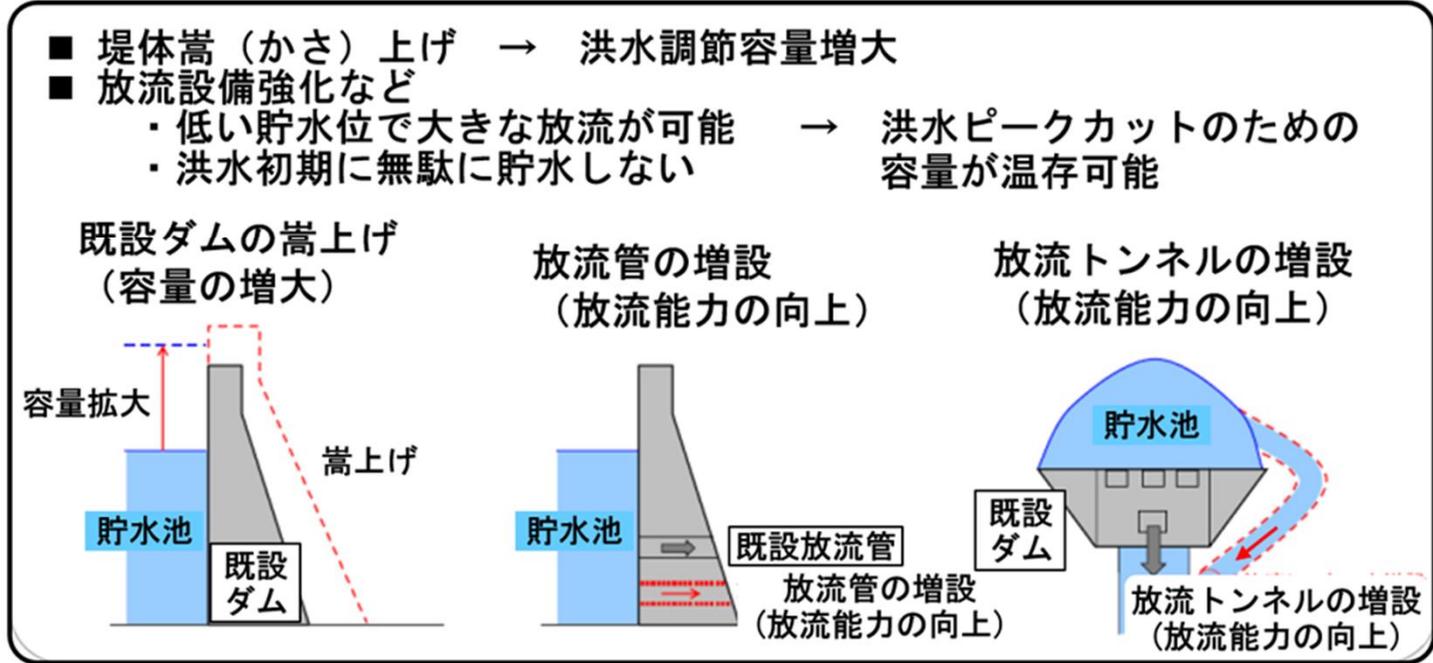
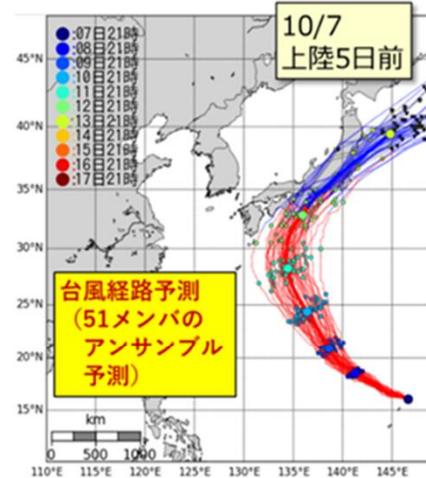
- ①洪水予測時：事前放流により治水機能強化
- ②洪水が予想されない時：貯水位を上げて水力発電の促進



ダムの再生、運用高度化の技術

- **ソフト対策（賢く使う）**
 - **最新の気象予測を用いた降雨・流量予測手法の高度化（長時間アンサンブル降雨予測）**
 - （効果）**事前放流の精度向上**
（洪水調節容量の効率的な使用）
 - （効果）**貯留水を水力発電に有効活用**
- **ハード対策（増やして使う）**
 - **既設ダムの嵩（かさ）上げ**
 - （効果）**洪水調節容量の増大**
 - **放流設備の増設，放流トンネルの増設**
 - （効果）**洪水調節容量の有効活用**

2019年台風19号時の
長時間アンサンブル予測



ダムの目的：治水（洪水対策）と 利水（水利用）

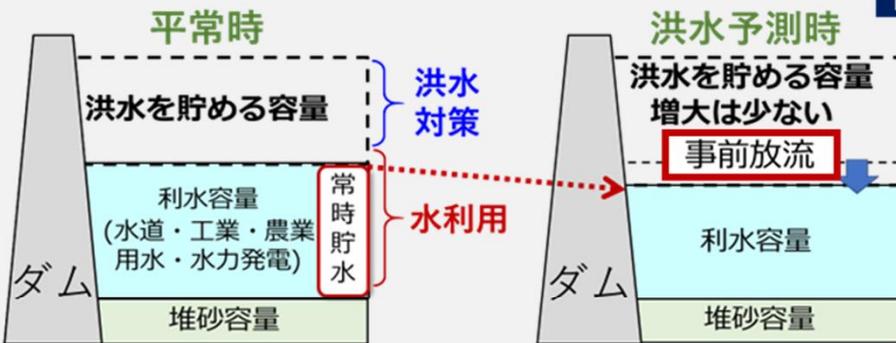
京都大学、(独)水資源機構、(一財)日本気象協会

SIP前（現状）

BEFORE 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）

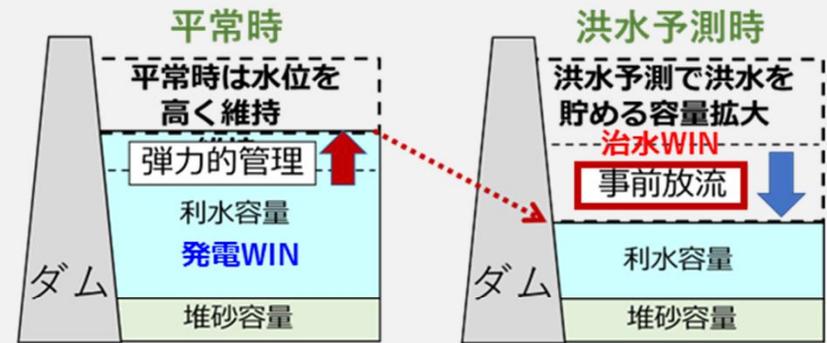
▽ GSM（84時間）は予測不安定 ▽ MSM（39時間）は時間不足



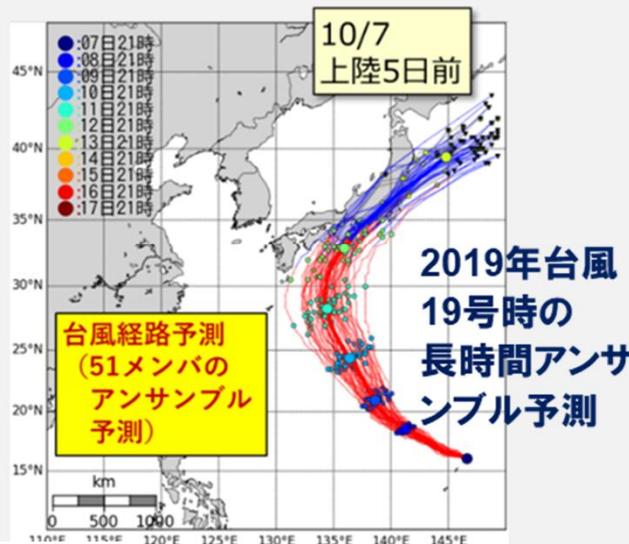
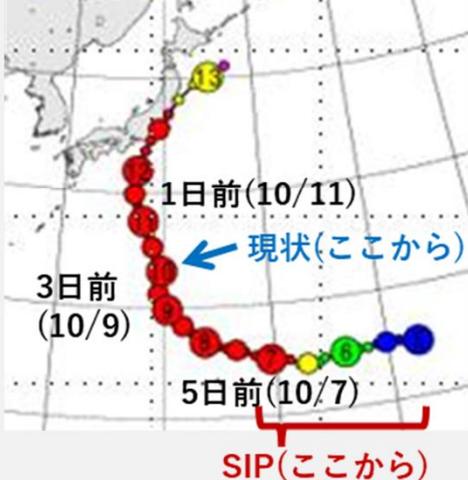
SIP: ECMWF（51メンバー・15日先）活用

AFTER 数日～1週間程度前からの事前放流を実現

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



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技術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

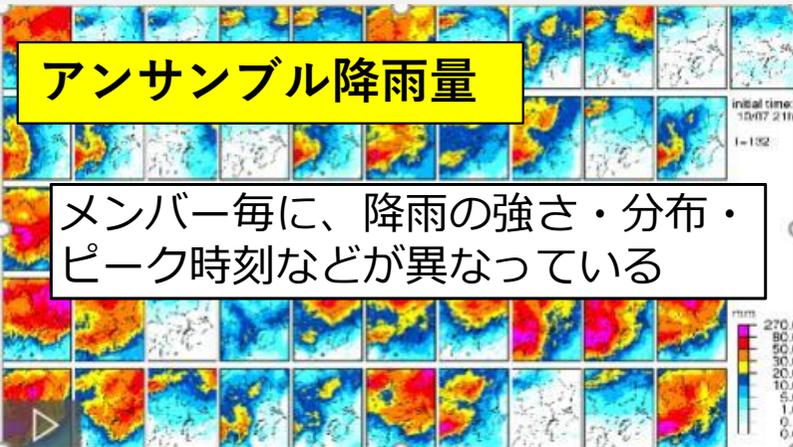
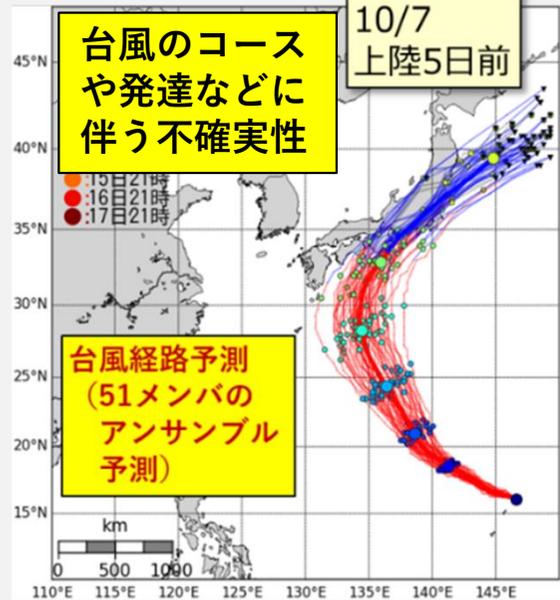
コア技術：ダム群連携最適操作シミュレータ

After 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)

ECMWF (欧州中期予報センター) 51メンバー・15日先までのアンサンブル降雨予測

Before

GSM : 84時間
 MSM : 39時間

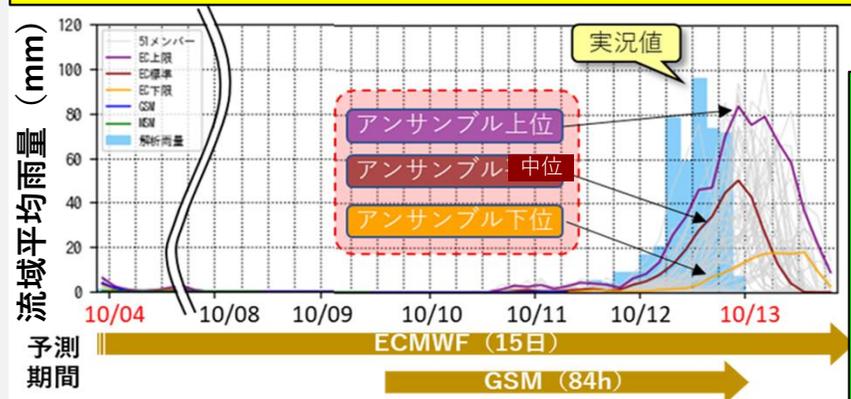


降雨-ダム流入量-ダム満水予測は1本のみ、長時間予測は不確実性が高く、早期の事前放流の判断は困難

ダム流入量予測

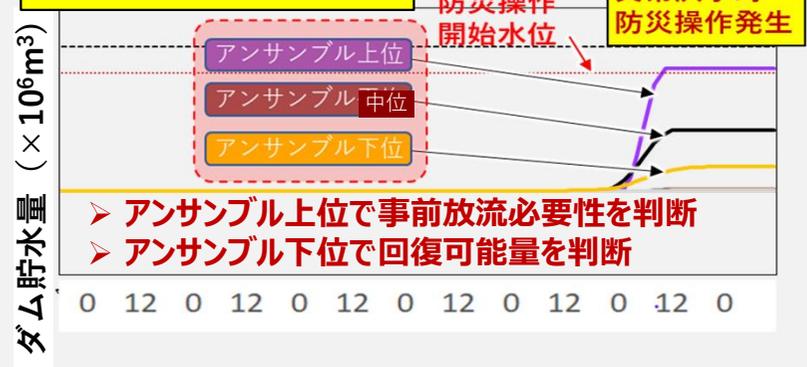


流域平均のアンサンブル降雨量を算出



降雨-流出モデル (貯留関数法, RRI, Hydro-BEAMなど)

ダム貯水量予測



長時間・高解像度アンサンブル降雨予測の実現

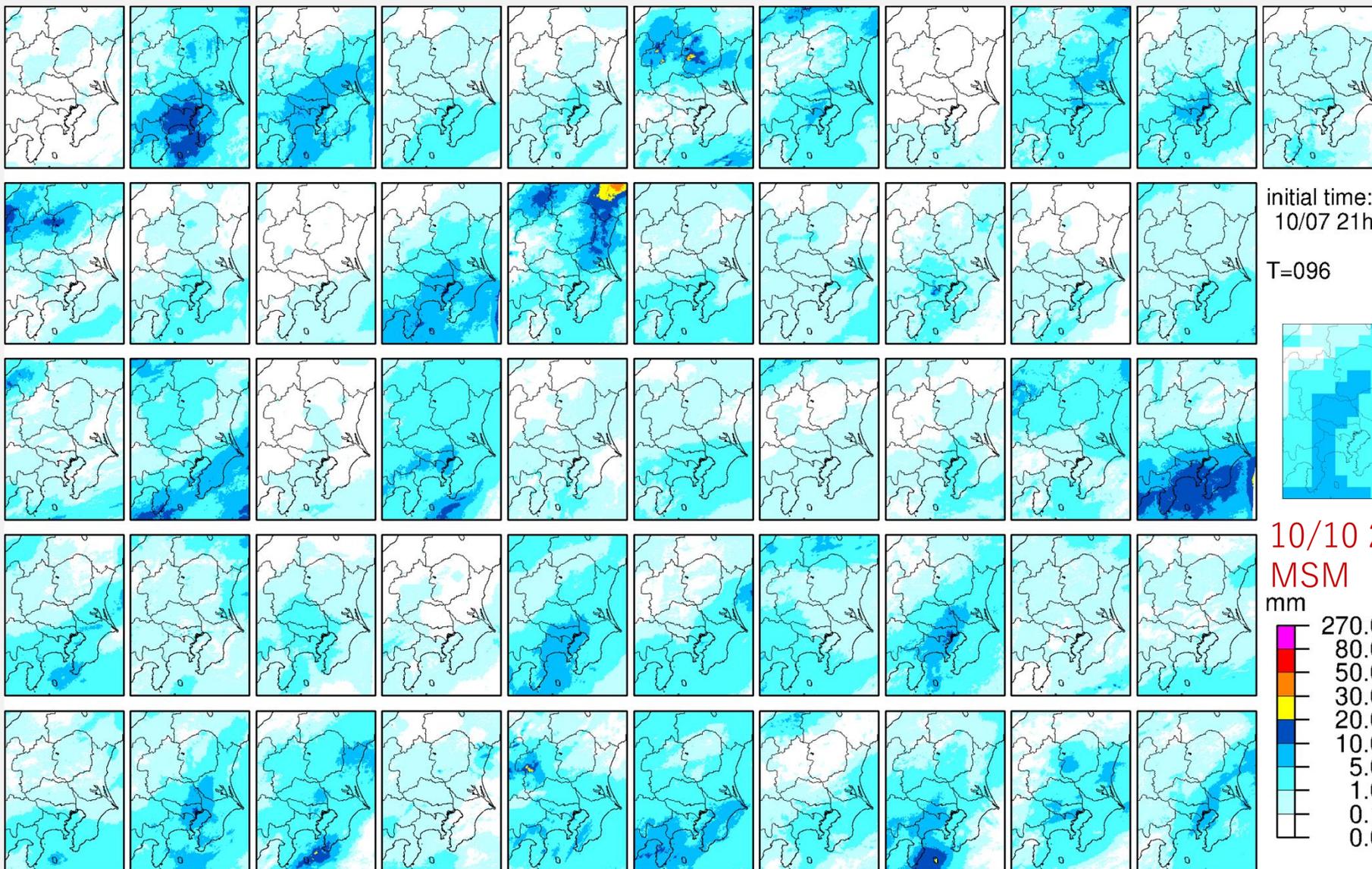
① 長時間リードタイムの確保

早期の事前放流開始 (1-3日前 → 5-7日前)



② ダム流域への正確な流入量予測

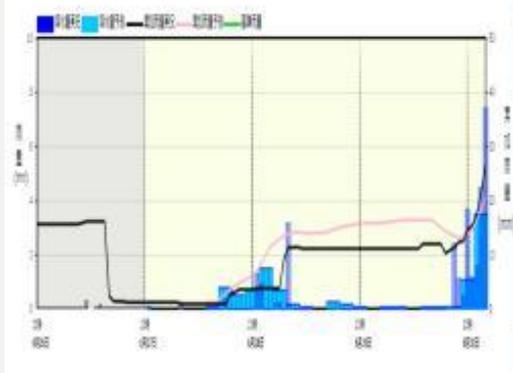
降雨予測の高解像度化 (25km → 1km)



長時間アンサンブル予測の必要性

Before

GSMガイダンス予測 (3日間)



- ✓予測は2日~3日先まで
- ✓予測は1つ (信頼性不明)
- ✓予測更新時に大きく変動 (予測は当たらない! との感覚)
- ✓降雨の規模感 (総降雨量、ダムへの総流入量) が不明

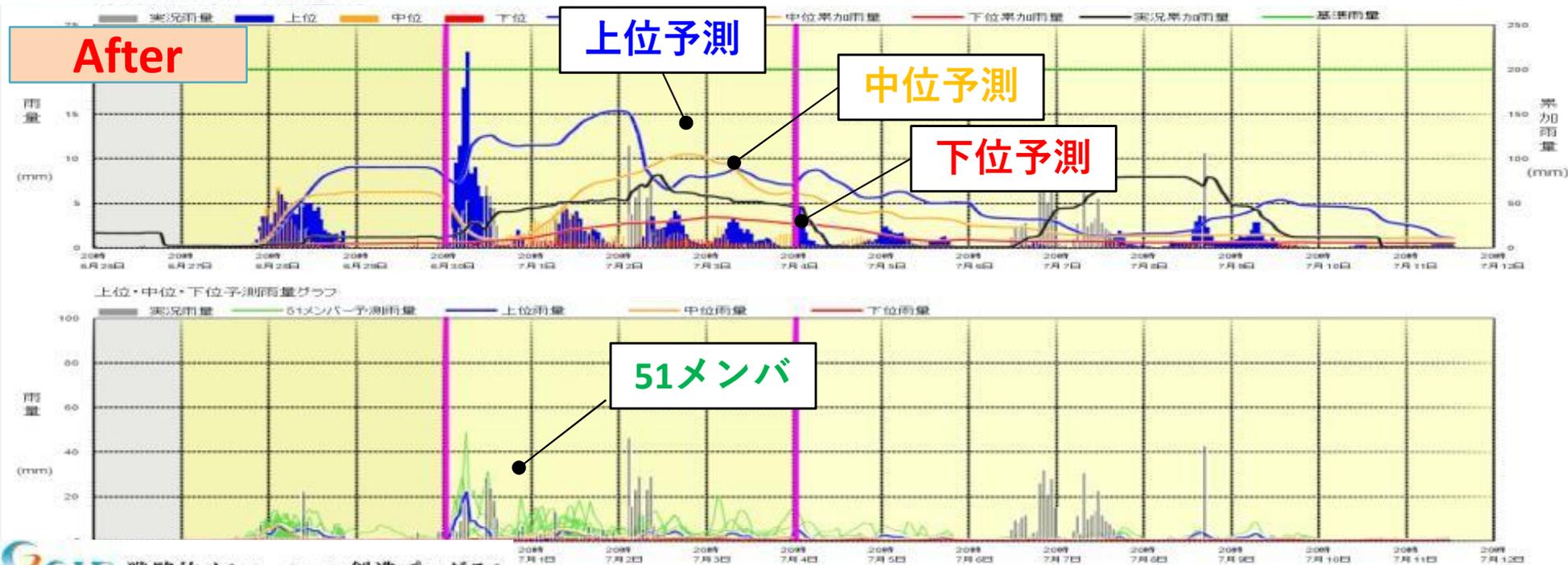
(ダム管理者は不安)

After

- ✓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 (安定感)
- ✓長時間アンサンブル予測により、洪水の「その先」が見える
= ダムへの全体流入量が把握可能 (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!

(ダム管理者に安心感)

長時間アンサンブル予測(15日間)

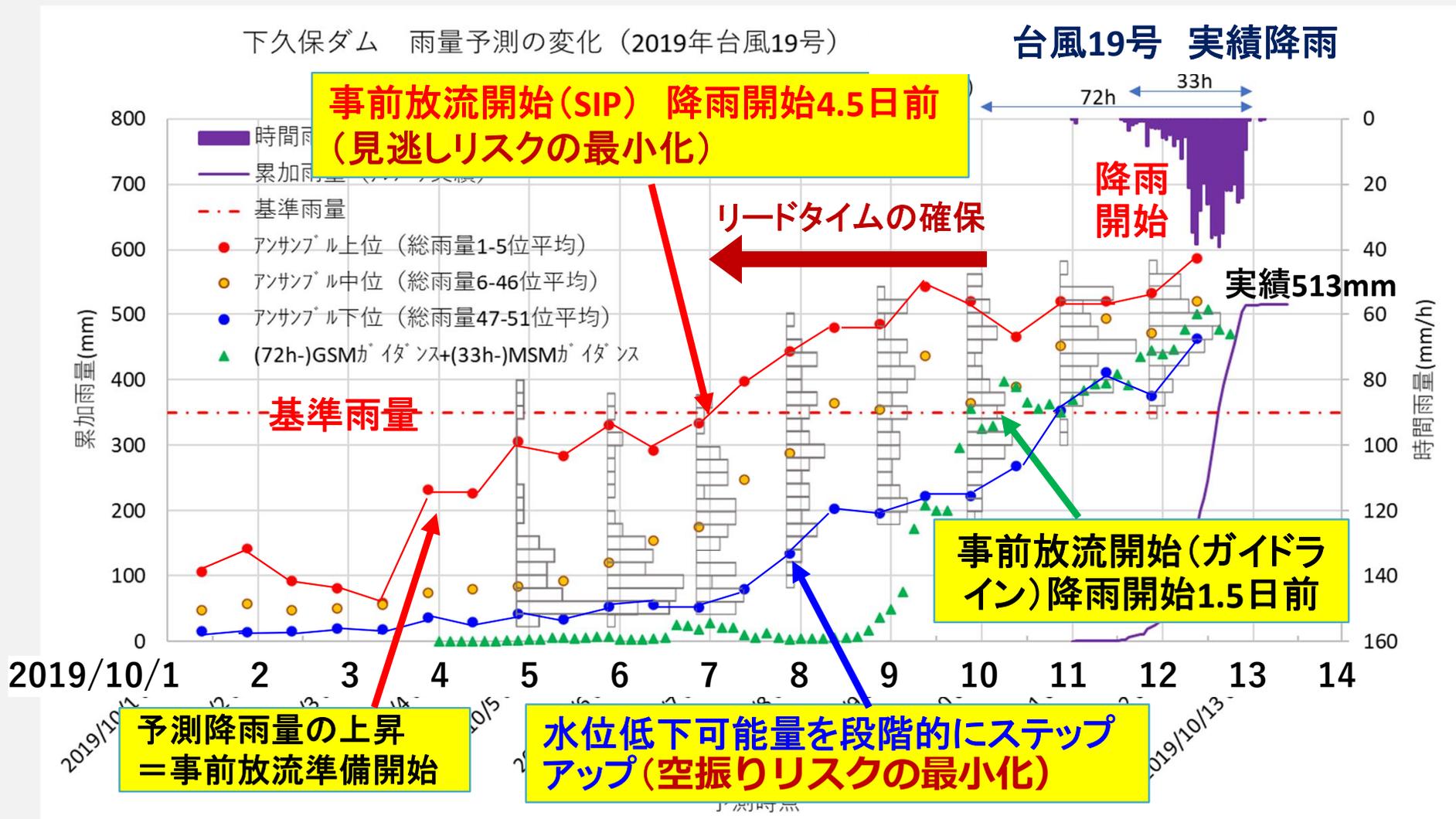


ダム事前放流への適用性検証（東日本台風の事例）

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



ダム管理のパラダイムシフト

- 気象庁の注意報・警報を見ないダム管理者はいない
- 長時間アンサンブル予測は、注意報・警報が出るタイミングが先回りして予測できる
- 注意報・警報は定量情報ではない（トリガー情報）
- 長時間アンサンブル予測は、タイミングと雨量の情報がMIX
 - 洪水ピークに効く雨量（例えば、24 or 48 時間最大雨量）
 - 洪水の総ボリュームに効く雨量（例えば、360時間（15日間）総雨量）
- こんなに有効な情報を使わない手はない
- ウクライナでドローン（無人機）が使われて戦争が一変
- ダム現場における洪水との闘いも大きな変革の時
- 気候変動に対する戦いに従来兵器では疲弊してしまう
- ダムごとに、使い方（レベル）に差があつていい
 - 体制移行判断だけに使う（活用レベル2）
 - 流入量予測に使う(AI予測が増加。降雨予測時間が短いと先は見えない)（レベル3）
 - ダム操作に使う(放流量の決定)、第1～3, 5段階、さらに第4段階へ(レベル4～6)

SIP第2期国家レジリエンス (防災・減災)の強化, ダム 統合防災支援システムの開発 (2018-2022)

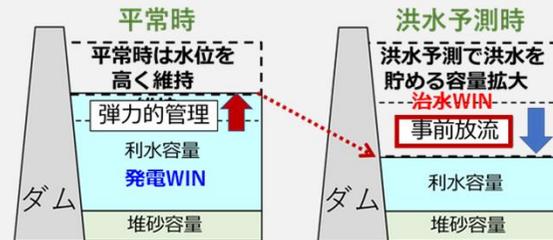
- 多目的ダム (主に水資源機構) の事前放流の拡大
- 発電ダムとの治水WIN-利水WINの構築
- 社会実装に向けたダム操作ルールの検討

SIP第2期の成果 (多目的ダム・発電ダムの早期事前放流を実現)

SIP: ECMWF (51メンバー・15日先) 活用

数日~1週間程度前からの事前放流を実現

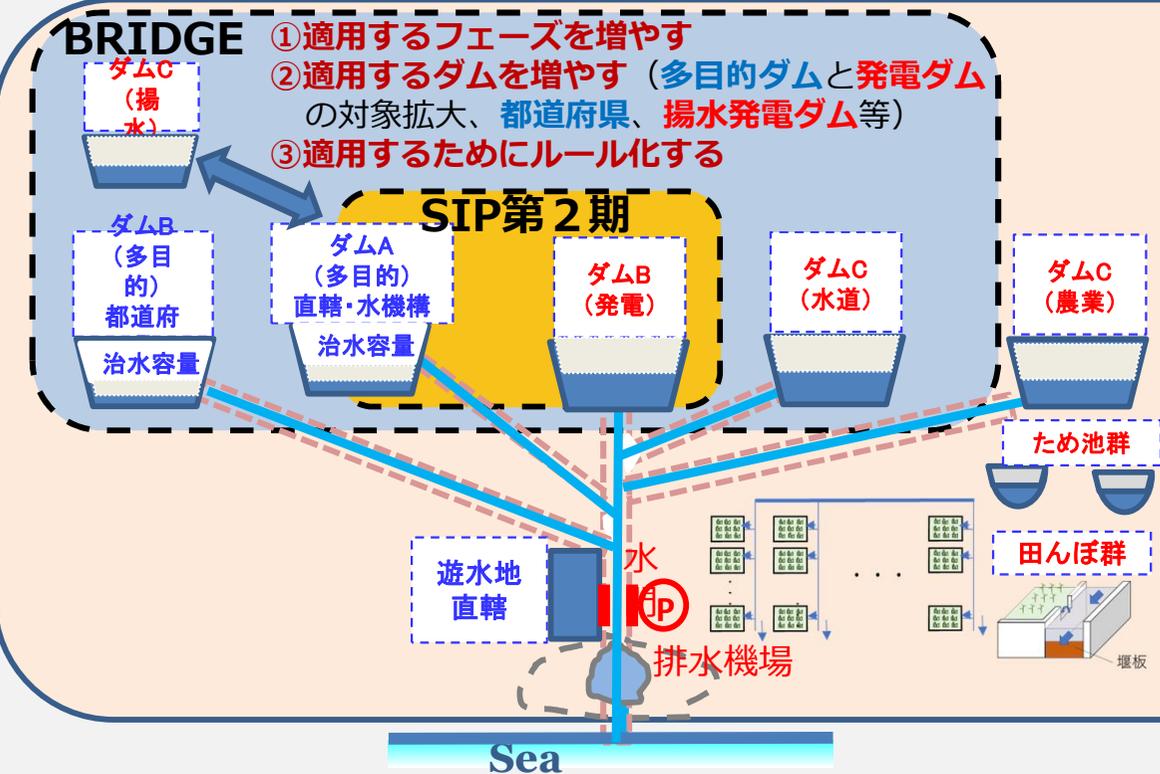
洪水貯留機能の拡大(治水WIN)と、水力発電増大(発電WIN)を実現



4つのコア技術

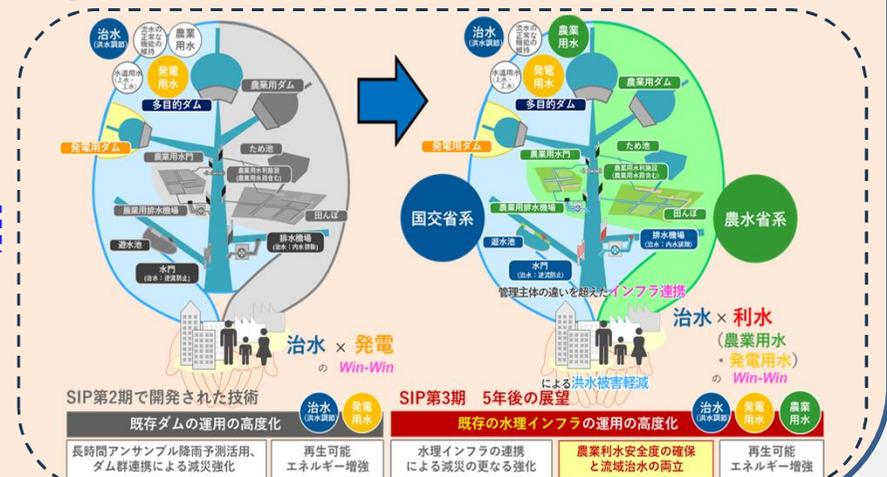
- ①早期の事前放流開始
コア技術: アンサンブル気象予測技術を利用した長時間リードタイムの確保 (1-3日前 → 5-7日前)
- ②ダム流域への正確な流入量予測
コア技術: 降雨予測の高解像度化 (20km → 1km)
- ③発電量の増大かつ洪水貯留能力の最大化
コア技術: アンサンブル流入量予測による予測幅の獲得 (1本の予測 → 51本の予測 (上位/下位予測))
- ④ダム群最適操作による治水効果の拡大
コア技術: ダム群連携最適操作シミュレータ

SIP第2・3期とBRIDGE課題の対象施設の空間配置



SIP第3期

- ①流域治水の取り組みを農水省系に拡大
農業ダム、ため池群、田んぼダム群などと連携
流域内の貯留効果の見える化
- ②水門操作、排水機場操作等との連携



京大防災研, 国土技術研究センター (JICE), 日本気象協会, 水資源機構, ダム技術センター (JDEC), 電源開発, 関西電力, 中部電力, 九州電力

技術を適用するフェーズ・ダムを増やし、ルール化を目指す

3本柱の取組で流域治水機能と再生可能エネルギーの増強を全国展開

目標

①適用するフェーズを増やす

第2段階以外のフェーズにおいても、アンサンブル予測の適用、活用を目指す。

ダムの事前放流の空振りを減らし、治水効果を向上させるとともに発電容量の増大へ。



目標

②適用するダムを増やす

国、水資源機構が管理する多目的ダム以外への適用を目指す。(都道府県管理ダム、揚水式発電ダム、大規模水道ダム)



SIP第2期対象 BRIDGEで拡大する適用対象

目標

③適用するためにルール化する

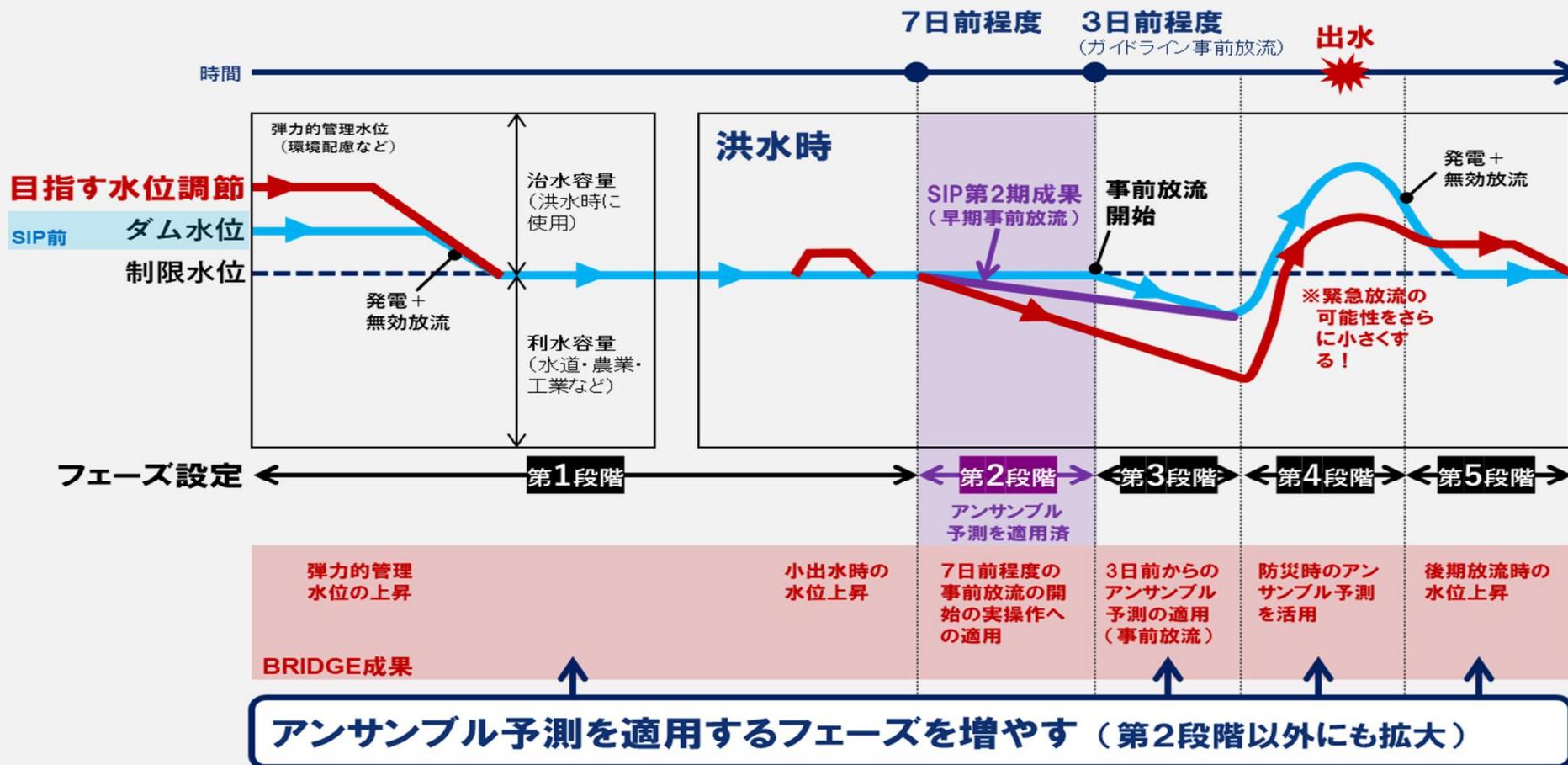
SIP2期で試行を開始したダムにおけるルールの策定と検証とフィードバックを行う。「長期アンサンブル降雨予測を活用したダム操作を実施するための活用ガイドライン(案)」を作成。

長期アンサンブル降雨予測

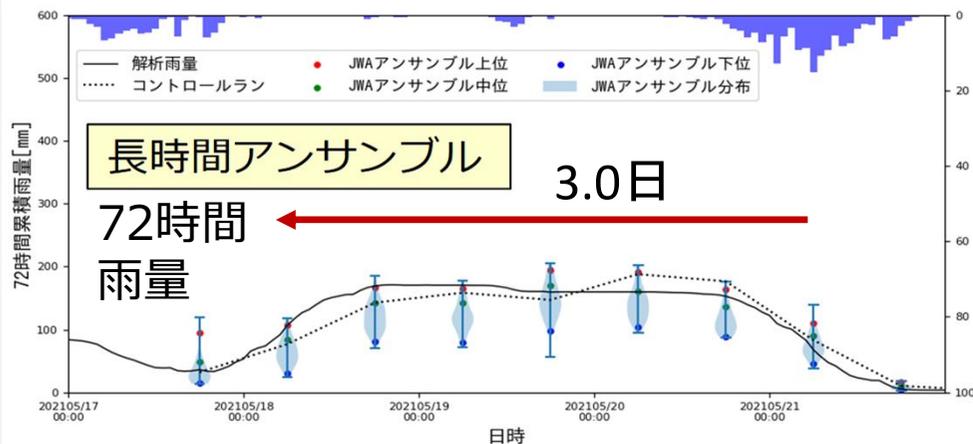
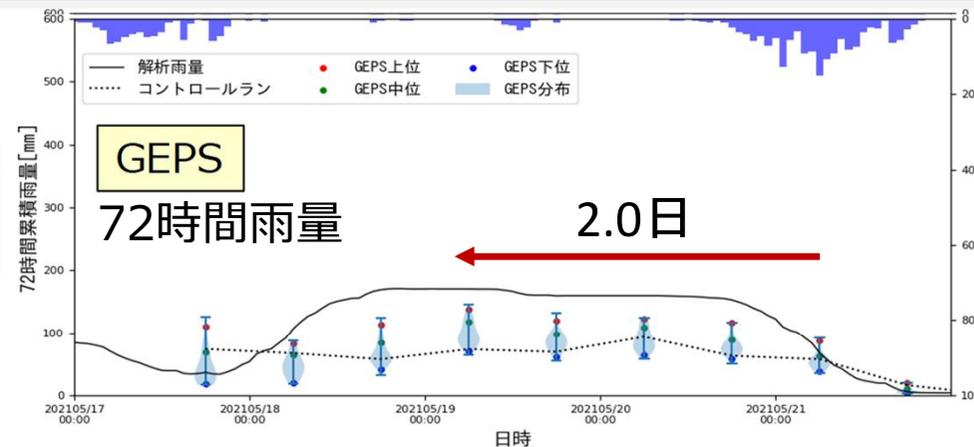
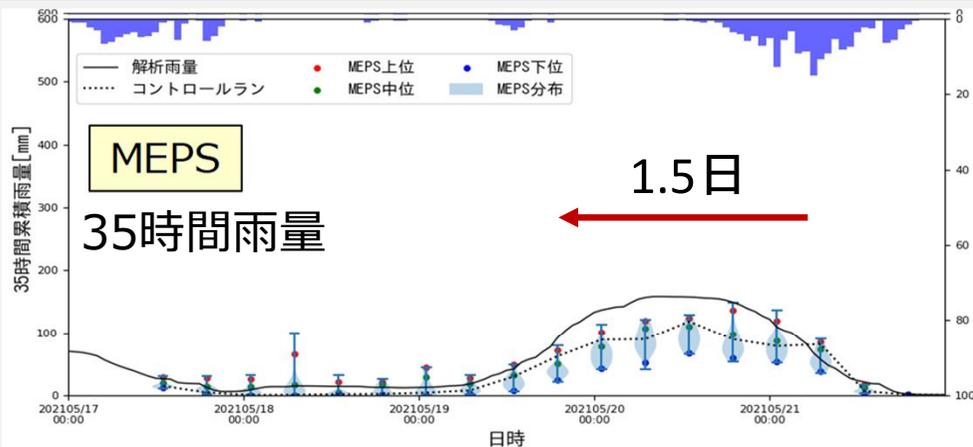
わずかなばらつきのある複数の初期値を用いて複数の予測を行い、最も起こりやすい現象や最悪シナリオを予測・・・※ダムの事前放流に向けた説明に必要あり。

①適用するフェーズを増やす

SIP第2期で適用された第2段階から、さらに他の段階にアンサンブル予測を適用へ



①適用するフェーズを増やす（出水前から洪水調節後の後期放流までの全体のステージで治水および増電効果を向上）、②適用するダムタイプを増やす（都道府県管理の多目的ダムや大規模水道ダム、さらに揚水発電を含むような複数の発電ダム群などへも展開）、③適用するためにルール化する（アンサンブル予測を用いたダム操作の裏付けとなる活用ガイドラインを策定）、ための研究開発を推進。



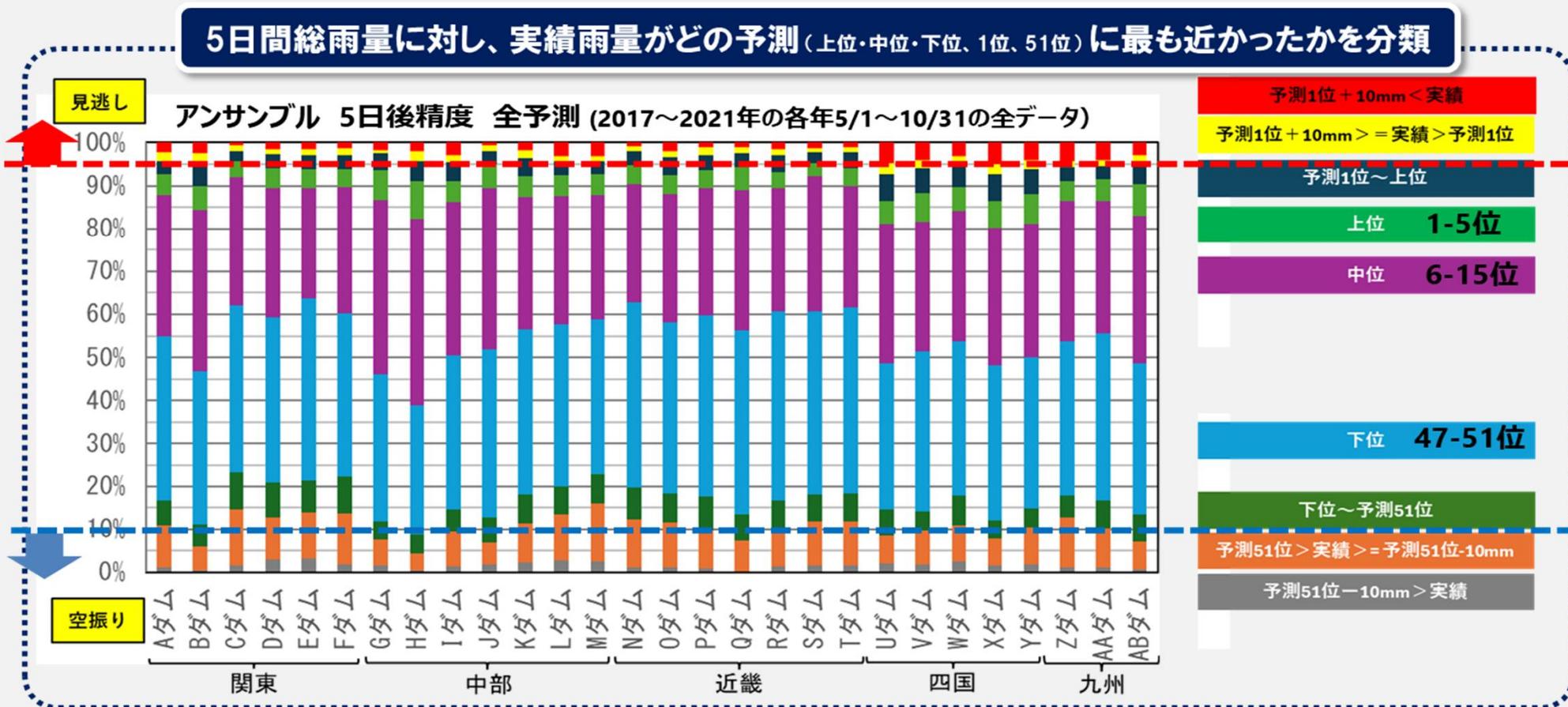
— 解析雨量
 コントロールラン
 ● 上位
 ● 中位
 ● 下位
 ■ 分布

※MEPSは35時間雨量
 GEPSと長時間アンサンプルは72時間雨量

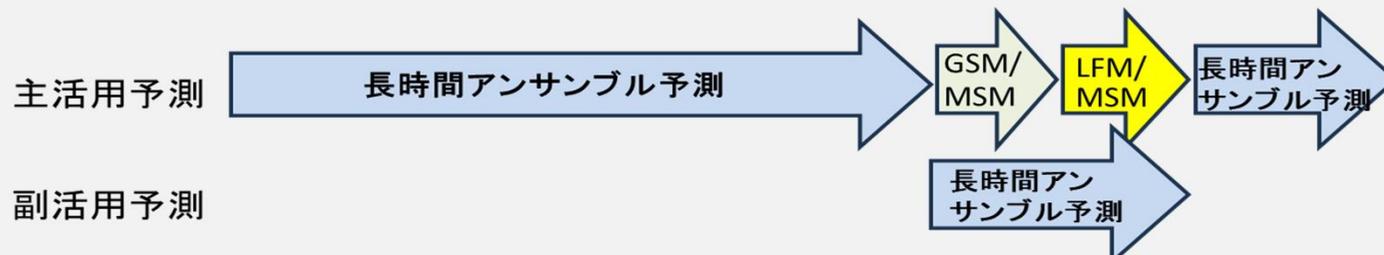
- **GEPSは長時間アンサンプルと比較すると全体的にやや過小予測傾向で見逃しが多い。**
データの解像度の差が大きい（長時間アンサンプル:25km→5kmにDS)(GEPS:27km)
- **MEPSは39時間先まで先が見通せない（直前にならないと立上らない(間に合わない)）**
- **長時間アンサンプルの51メンバーでは、6-15 位平均(中位)または1-51 位平均(全平均)が精度良好**

上位・中位・下位、1位、51位の5パターンの5日間総降雨量に対して、実績雨量がどの予測に最も近かったかを分類

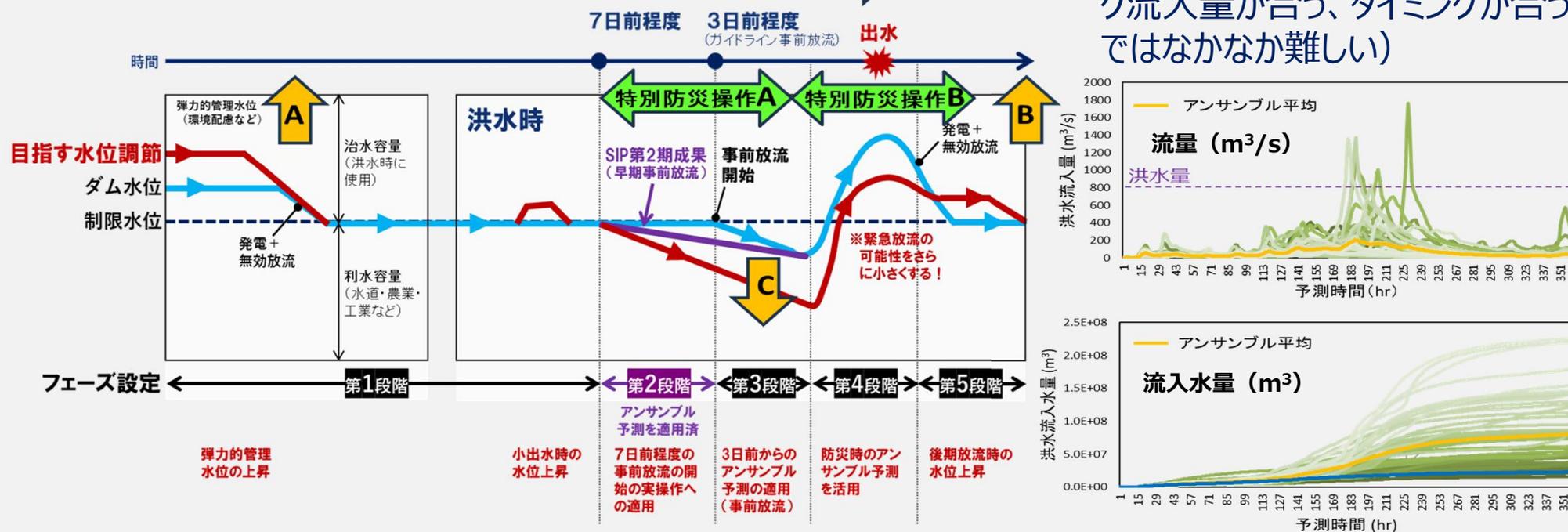
木谷ら (2023). 長時間アンサンプル降雨予測による事前放流の早期開始判断と回復可能性の検証, 河川技術論文集 29



- 5日間総雨量で見ると下位予測または中位予測が実績雨量に近い
- 見逃しとなる過小予測（実績 > 予測1位）は概ね5%以下
- 回復しない可能性がある過大予測（51位 > 実績）は概ね10%以下。その場合も多くは51位-10mm以内であり、その影響（空振り）は限定的

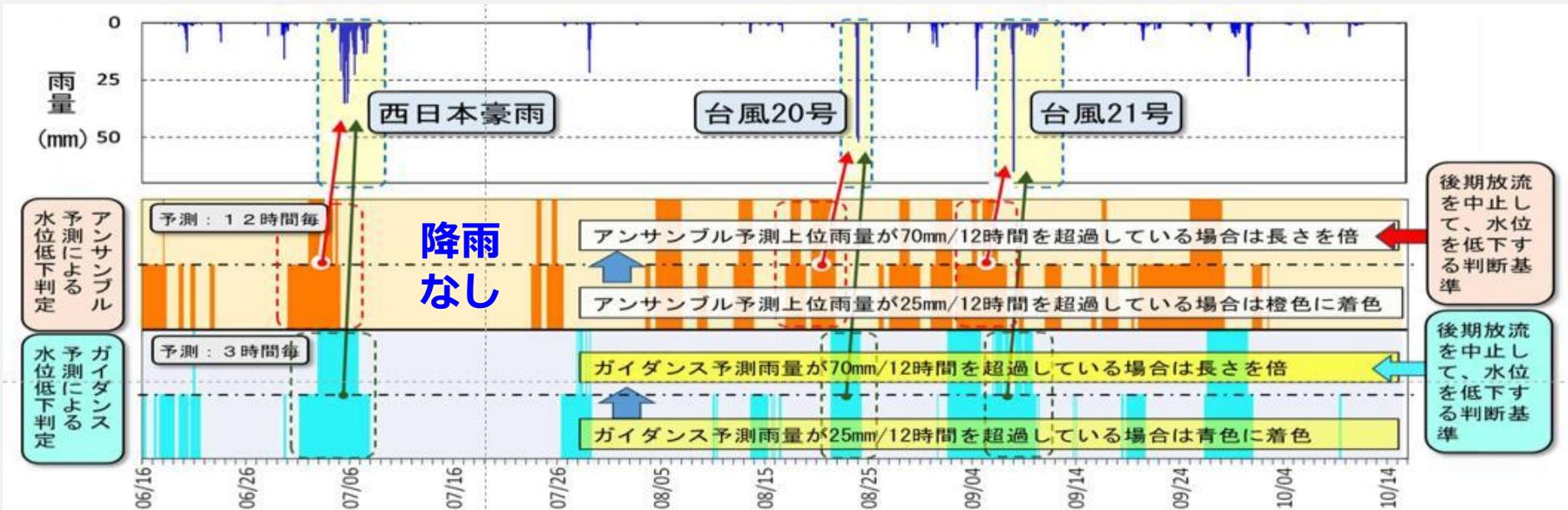
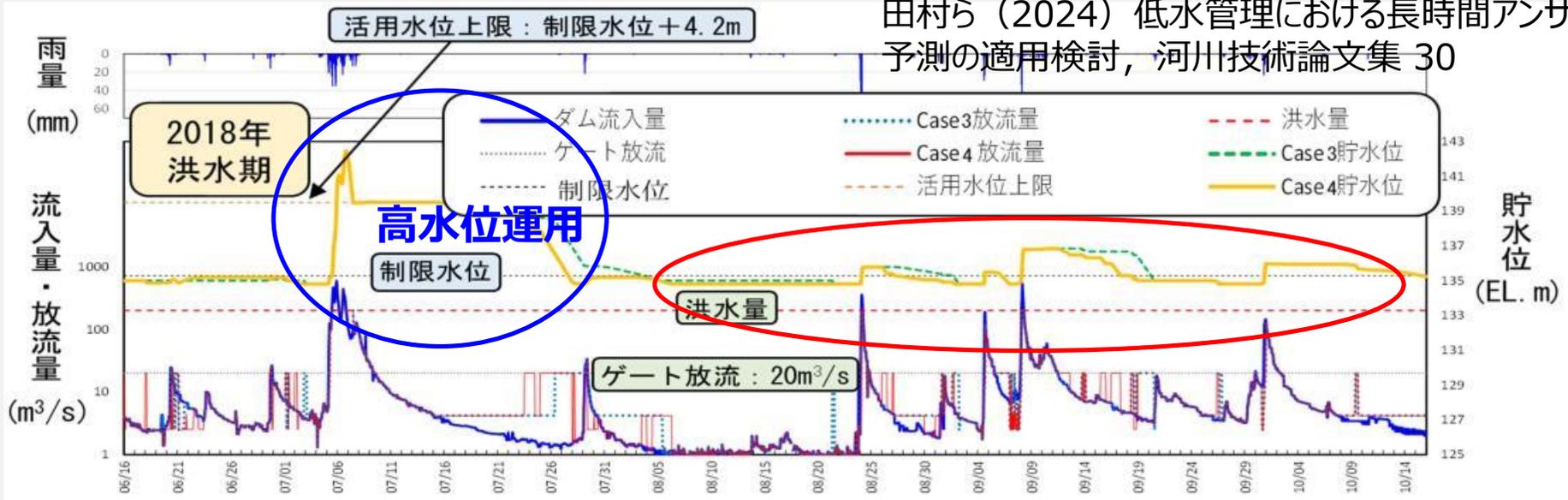


アンサンブル予測は、波形を的中させるのではなく、積算雨量(mm) → 流入水量 (m³) の幅のあたりを付けるために使う (波形：ピーク流入量が合う、タイミングが合うまではなかなか難しい)



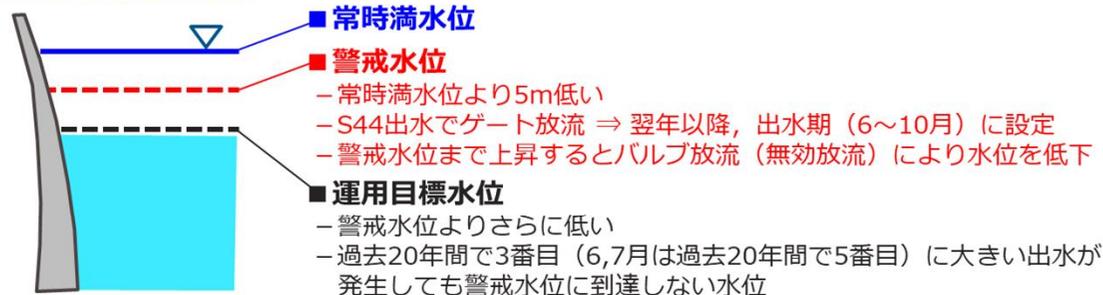
- **第1段階 (A)** , **第5段階 (B)** の貯留水位 (容量) の上限 (治水リスクのチェック) (洪水調節容量10割水位に対して、どこまで上げられるか?)
- **第2,3段階**の事前放流の目標水位 (C) (利水リスク (水位回復確率) のチェック) (利水容量に対して、どこまで下げられるか?)
- **第3,4段階**の特別防災操作への活用 (特別防災操作A,B) (洪水規模、下流の氾濫リスク、ダム容量、今後の降雨見通しを考慮し、早期に実施判断)

田村ら (2024) 低水管理における長時間アンサンブル予測の適用検討, 河川技術論文集 30



長時間アンサンブル予測により、洪水が当面発生しないことが予測される場合の**高水位運用** (○)、洪水発生を認識した**発電を使った早期の事前放流** (○) と、の両面の運用高度化が可能

黒部ダムの現行の運用

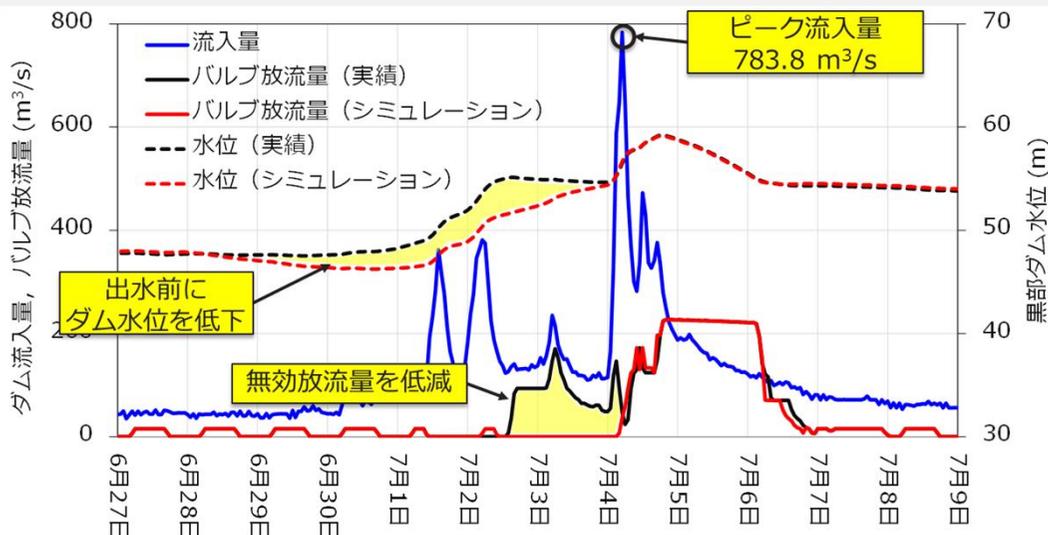


「運用目標水位の基準となる出水」以上の規模の出水が発生した場合には、警戒水位に到達する可能性

アンサンブル降雨予測を用いて「黒部ダム週間流入量」を算定

（対象期間：予測・発電計画の立案・水位低下に要する時間を考慮し、7～13日後）

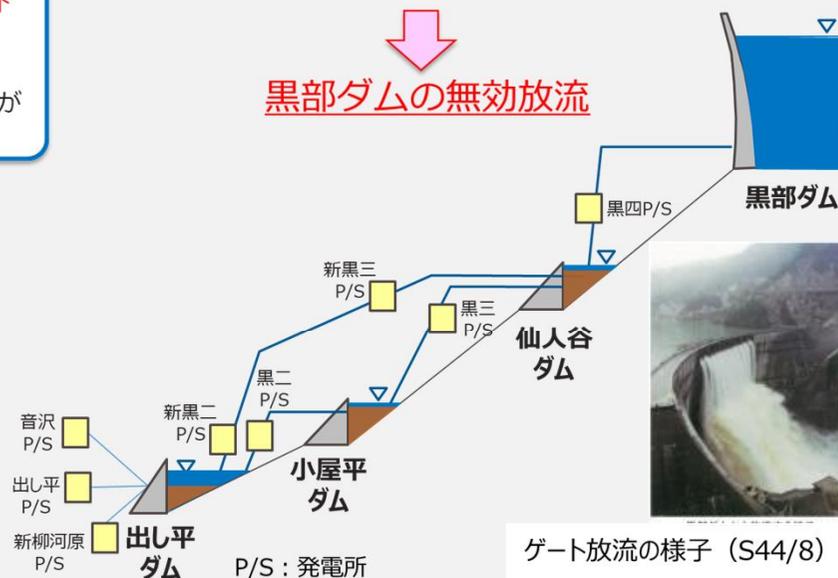
- ・ 「警戒水位に到達する出水」を早期に予測 ⇒ 発電による先使い
- ・ 降雨がないことを確実に予測 ⇒ 高水位で運用



【黒部ダム独自の治水協力】

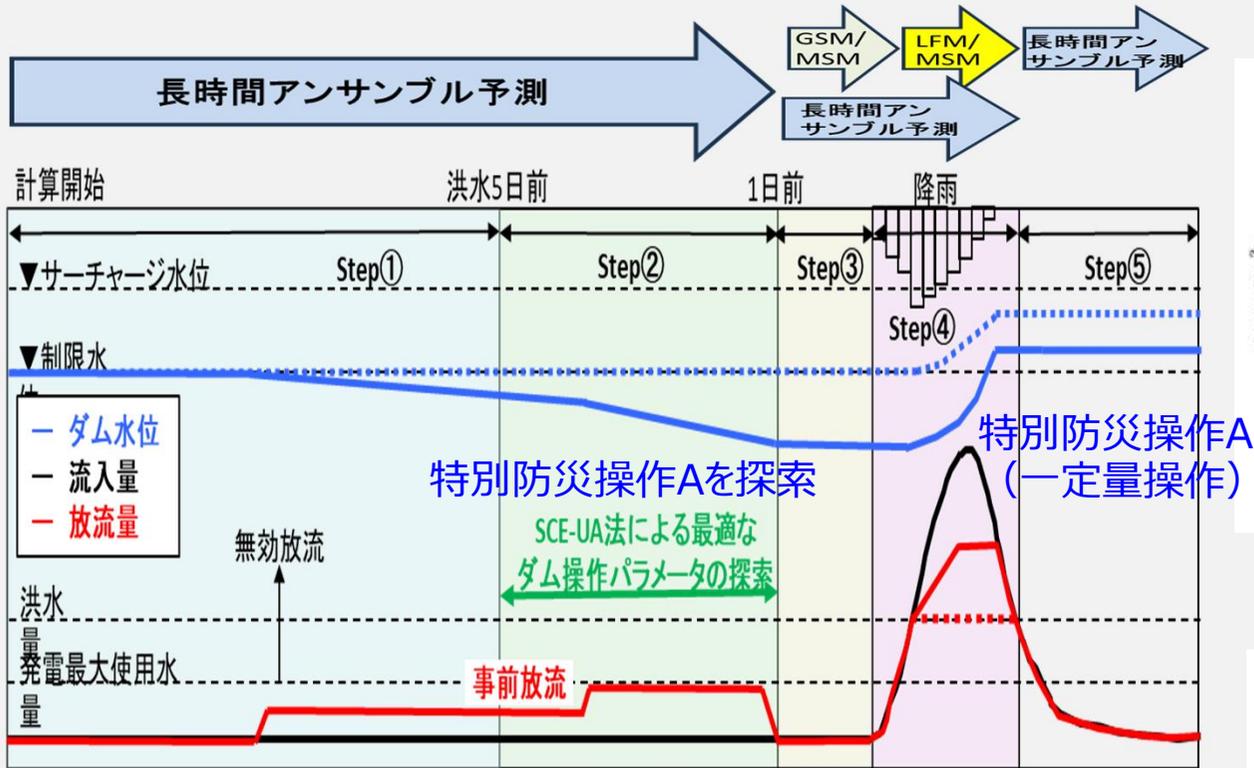
- ・ S44年の出水でゲート放流
- ・ 出水期に警戒水位（常時満水位-5m）を設定
- ・ 警戒水位まで上昇⇒バルブ放流で水位低下

黒部ダムの無効放流



- ・ 黒部ダムからの無効放流量を約10,000m³（15%）削減
- ・ 無効放流量の減少を発電電力量に換算 ⇒ 13GWhの増電

洪水を予測してより確実に水位低下（治水協力）することも可能



Step①

- アンサンプル降雨予測に基づいて、10日以内に回復可能な分だけ、事前放流を行う
- 最適化計算は行わない

Step②

- 5日以内に「流入量 > 洪水量」を予測
- ①と同様に事前放流を行う
- SCE-UA法による最適化計算開始(1日1回)

Step③

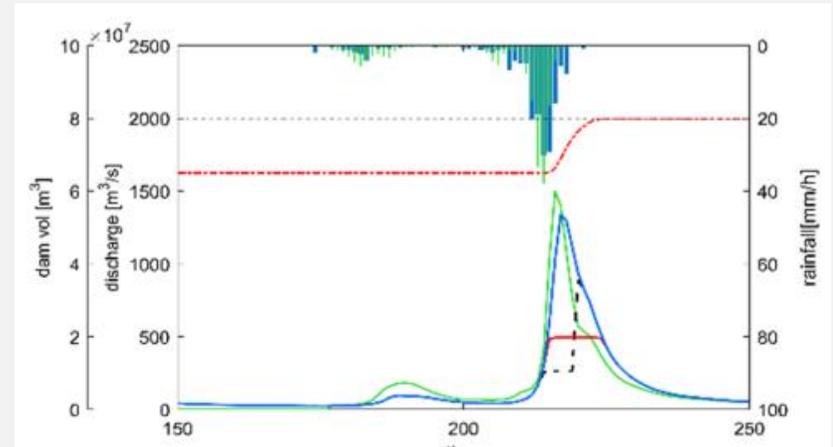
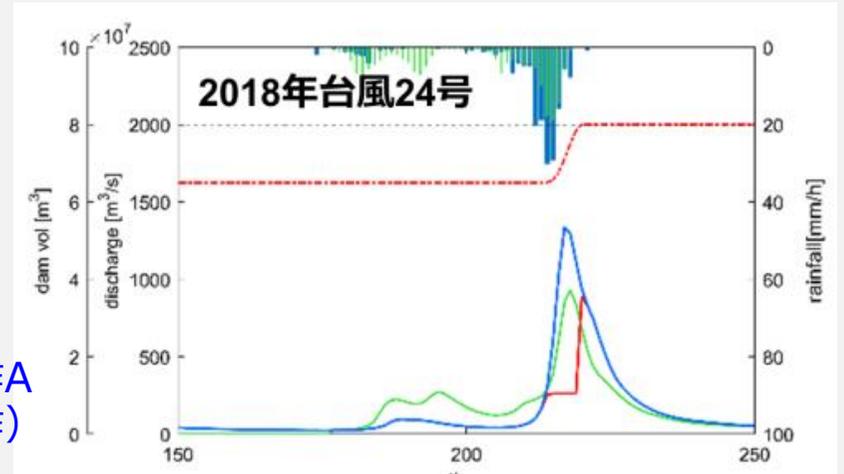
- 24時間以内に「流入量 > 洪水量」を予測
- 前日の最適化結果を設定(最適化ストップ)
- 放流量 = 流入量(事前放流ストップ)

Step④

- ③で定めたパラメータに基づいて洪水調節を行う

Step⑤

- 放流量 = 流入量



長時間アンサンプル予測により、洪水規模、ダム容量を考慮し、①事前放流の必要性有無、②最適洪水調節操作 (= 特別防災操作) の実施を判断

岡本ら (2024) アンサンプル降雨予測を利用した多目的ダム運用の最適化に関する研究, 河川技術論文集 30

ダムのタイプごとのモデルケースを作り、横展開することで適用できるダムの数を増やす

SIP第2期の成果

全国80ダム以上に情報配信
 国、水資源機構が管理する多目的、発電ダム
 にアンサンブル長期予測を適用



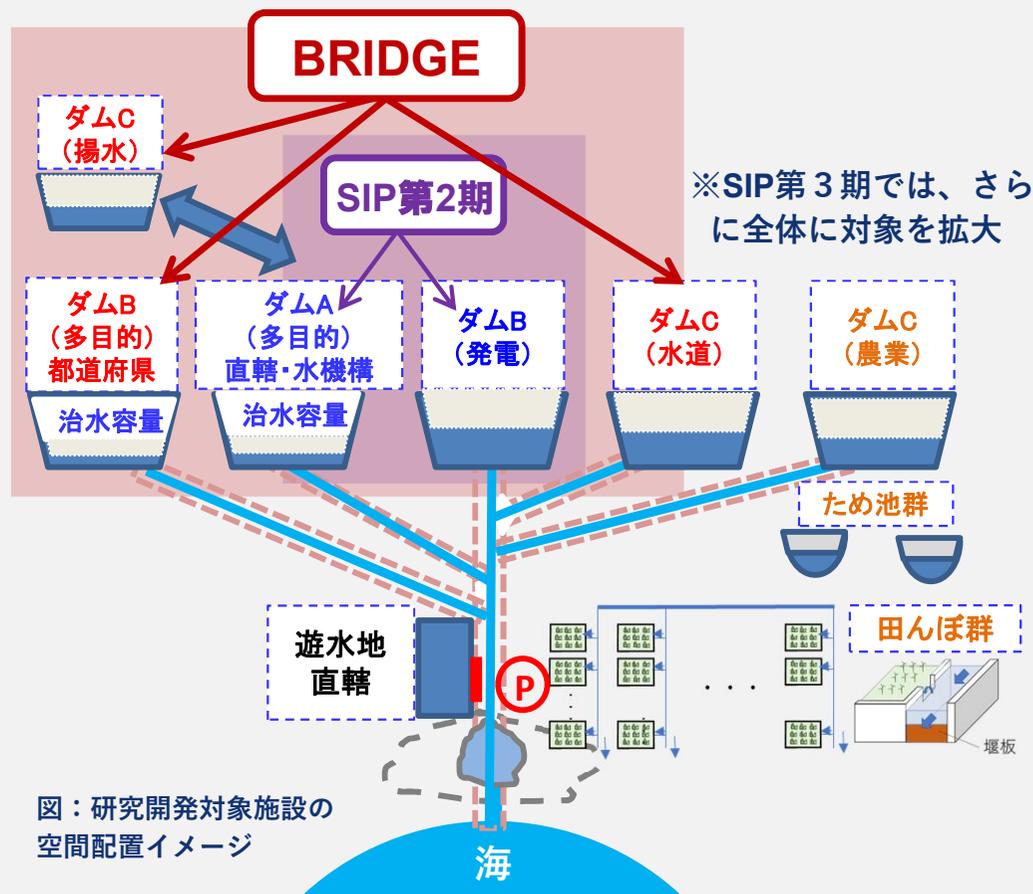
BRIDGEで拡大する適用対象

- ◎都道府県管理ダム ◎揚水式発電ダム
- ◎大規模水道ダム

表：ダムのタイプと数、容量（参考：全国の集計）

ダムのタイプ	数	治水容量	利水容量
国・水資源機構管理の多目的ダム	129	55億m ³	60億m ³
都道府県管理ダム（多目的ダム）	443		
発電ダム	818	-	68億m ³
水道ダム	77	-	

それぞれのタイプのモデルダムに、アンサンブル予測を適用
 → ダムのタイプごとのモデルケースを作る



図：研究開発対象施設の空間配置イメージ

- ✓ 長時間アンサンブルに加え、ガイダンス、MEPS、GEPSの予測情報を閲覧可能
- ✓ 2023年5月以降のデータを格納しており、確認可能

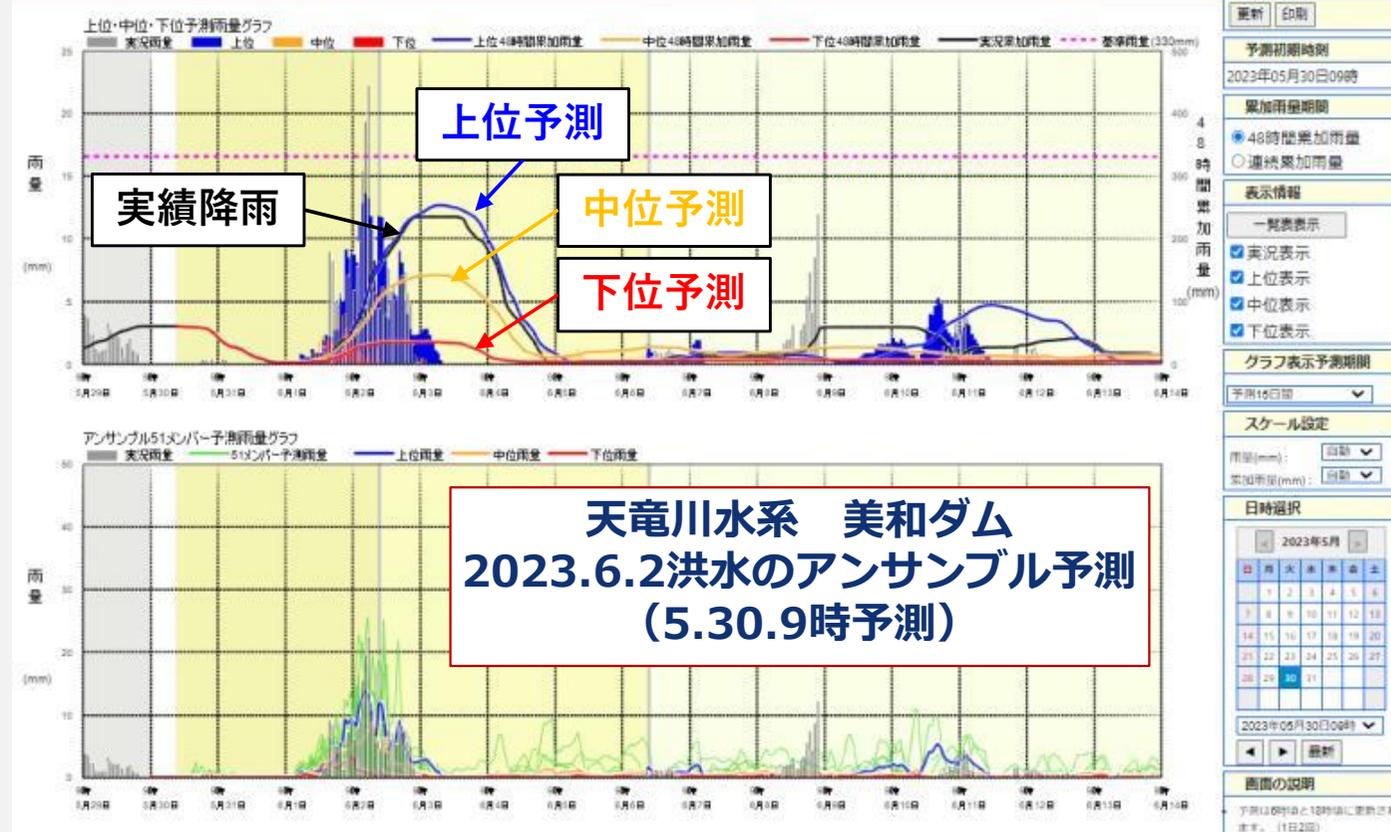


■ 対象流域

	流域	流域面積
		km ²
①	裾花ダム流域 (②は除く)	185
②	奥裾花ダム流域	65
③	美和ダム流域	311
④	高遠ダム流域 (③は除く)	66
⑤	松川ダム流域	60
⑥	御所平取水口	
⑦	小渋川取水口	



JWAアンサンブル予測【美和ダム】 2023年05月30日18時更新 (過去データ表示中 予測初期時刻: 2023年05月30日09時)



更新 印刷

予測初期時刻
2023年05月30日09時

累加雨量期間
48時間累加雨量
連続累加雨量

表示情報
一覧表表示
実況表示
上位表示
中位表示
下位表示

グラフ表示予測期間
予測15日間

スケール設定
雨量(mm): 自動
累加雨量(mm): 自動

日時選択
2023年5月
日 月 火 水 木 金 土
1 2 3 4 5 6
7 8 9 10 11 12 13
14 15 16 17 18 19 20
21 22 23 24 25 26 27
28 29 30 31

2023年05月30日09時

最新

画面の説明
予測は09時と18時に更新されます。(1日2回)

兵庫県および神戸市水道ダムに長時間アンサンブル予測を配信



兵庫県青野ダム

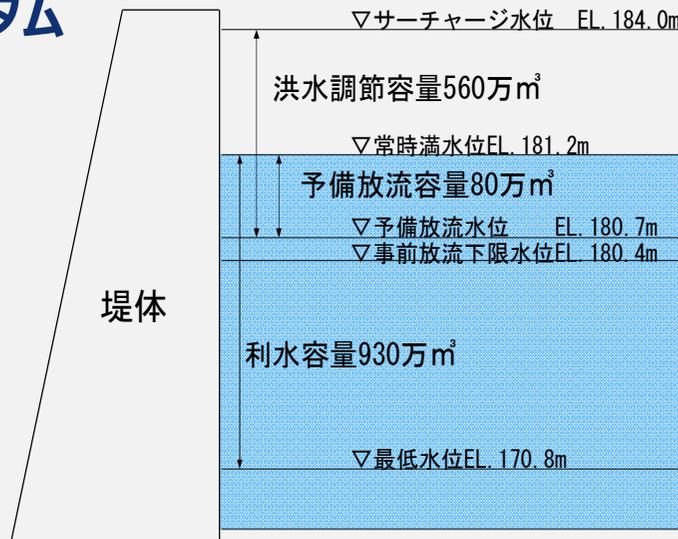


	流域	流域面積
①	青野ダム	52 km ²
②	千苅ダム	95 km ²
③	武田尾残流域	270 km ²

神戸市水道局
千苅ダム



兵庫県青野ダム

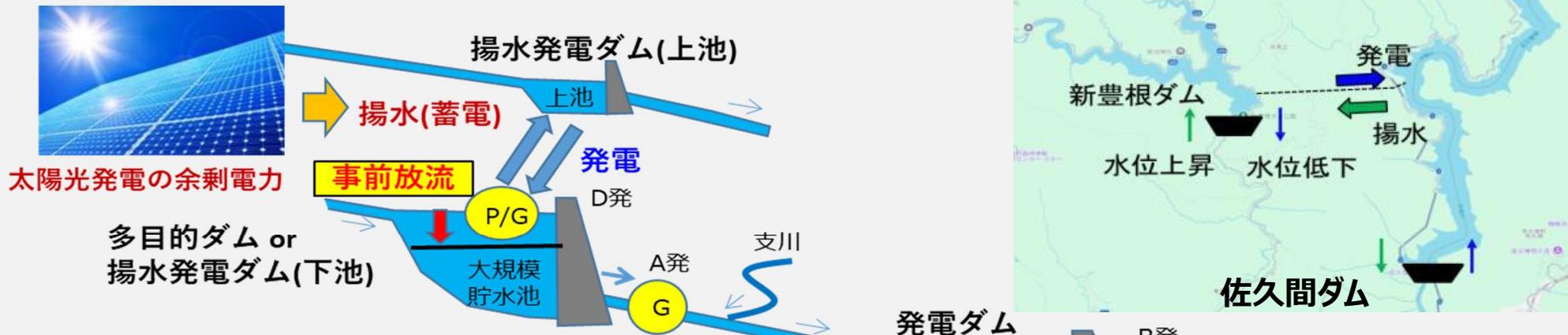


- 【基準降雨量】**
- 予備放流：
今後12時間15mmかつ実況累加
+今後12時間80mm
 - 事前放流：
今後12時間70mmかつ実況累加
+今後12時間80mm

神戸市水道局千苅ダム

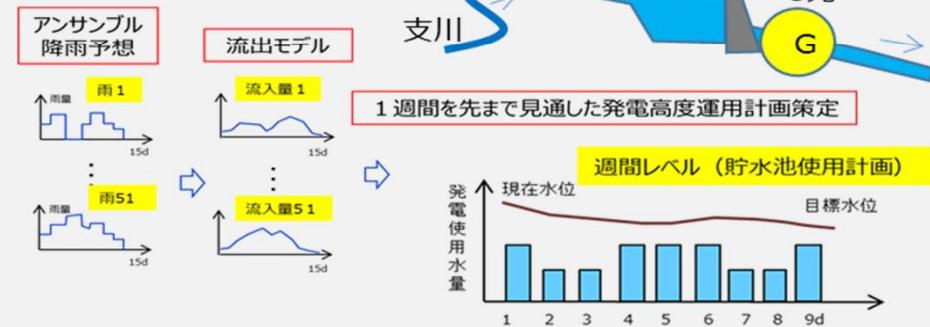
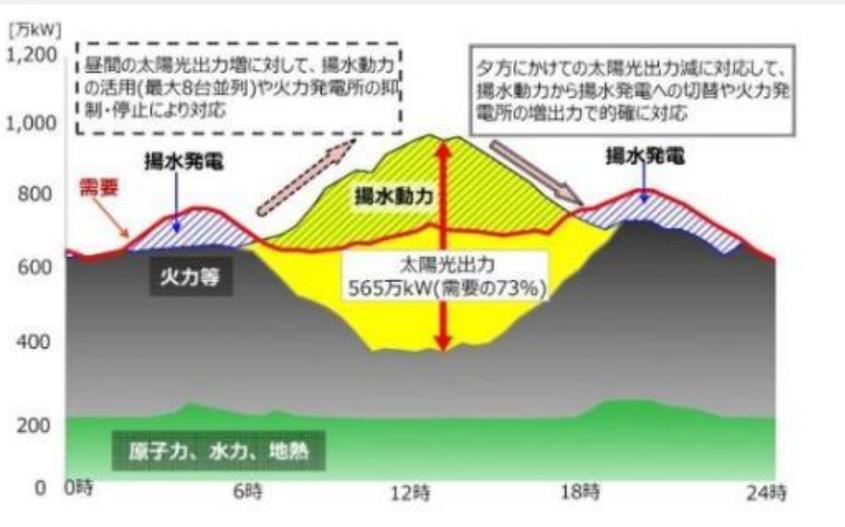
(H=42.4m, V=11,717千m³, 1919年完成)
(洪水調節用ゲート設置2022年)

- 兵庫県は、武庫川の治水対策の強化のために、水道専用ダムを管理する神戸市と治水活用を協議
- 水道専用ダムを改良して治水活用容量を約100万m³確保
- 水道ダムの利水安全度を低下させずに、治水に貢献する方法として、長時間アンサンブル予測の適用性を確認中



新豊根(上池)と佐久間(下池)の関係

新豊根の運用	新豊根の水位	佐久間の水位
発電時	低下	上昇
揚水時	上昇	低下

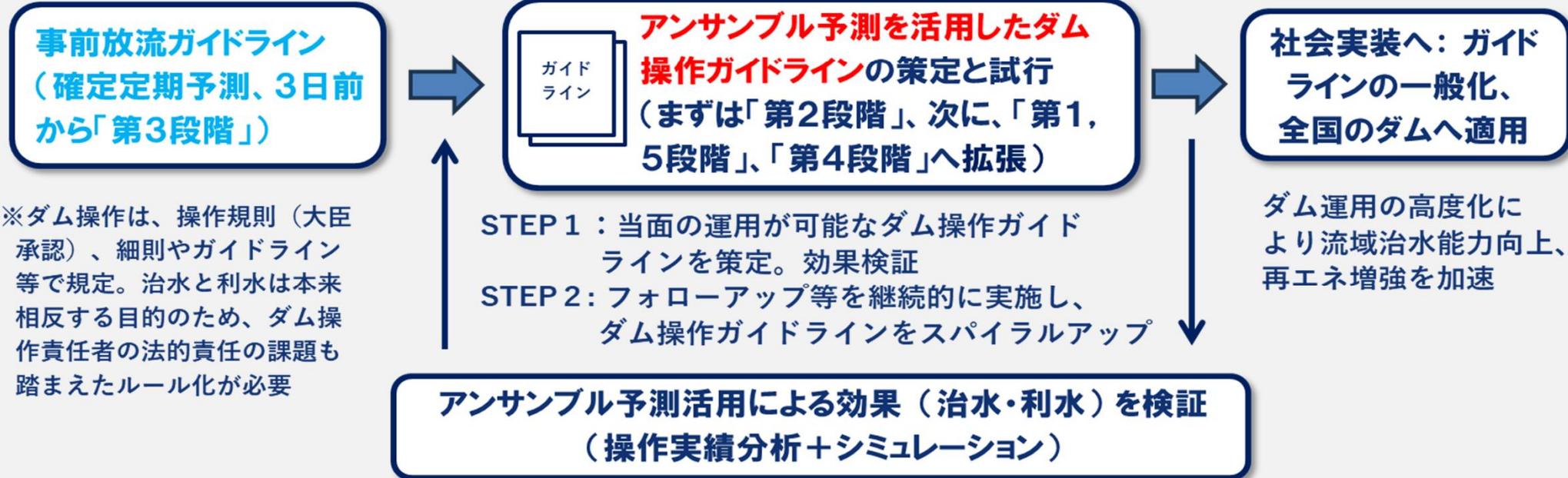


揚水発電への活用イメージ

- ✓ 事前放流時や洪水時に揚水することで、下池の水位を低下させて洪水調節容量を確保することが可能。
- ✓ 課題は、揚水原資（電気代）。長時間アンサンブル予測には、降雨量のみならず、気温や日射量の情報も含まれており、晴天－曇天－雨天時の太陽光発電の発生量を予測しながら、揚水発電の運用最適化が可能

九州地方の揚水発電の働き
 (昼間の太陽光の余剰電力を蓄電し、朝夕に発電)

(課題) SIP 2期で開発された長時間アンサンプル予測を用いたダム操作は大きな技術革新。メリットは明確。ただし、高次の社会的責任を問われるダムの現場では、操作のルールの法的裏付けが必要 (この社会受容性を高めることが社会実装のラストワンマイル)



※ダム操作は、操作規則 (大臣承認)、細則やガイドライン等で規定。治水と利水は本来相反する目的のため、ダム操作責任者の法的責任の課題も踏まえたルール化が必要

ダム運用の高度化により流域治水能力向上、再エネ増強を加速

予測活用前・後のシミュレーションを実施 活用による効果・メリット

単独ダム	多目的 (木曾川(単独))
水系一貫	多目的 (木津川 (並列・縦列)) 利水 (大井川・天竜川(縦列))

- ✓ 下位予測の活用により事前放流の空振り軽減
- ✓ 無効放流の軽減による発電量増大
- ✓ 水位低下の確実度の向上による治水効果の向上
- ✓ 緩やかな水位低下により急激な事前放流が解消
- ✓ シームレスなダム操作の実施

※事前放流の空振り確認 (水資源機構28ダム)

事務連絡
令和6年4月23日

北海道開発局 河川情報管理官 殿
各地方整備局 河川管理課長 殿
沖縄総合事務局 河川課長 殿
独立行政法人水資源機構 ダム管理課長 殿

水管理・国土保全局
河川環境課流水管理室 企画専門官

ダムの高度運用への長時間のアンサンブル降雨予測等の活用について

既存ダムにおける事前放流や発電に資する水位運用高度化等、運用によりダムの機能を強化する取組（以下、「ダムの高度運用」という。）においては、予測降雨量として短期間降雨予測に加えMSMやGSM等を用いているところである。近年、長時間の予測や確率的な予測を行う、長時間のアンサンブル降雨予測を用いたダムの高度運用の研究が進められるなど、降雨予測技術の進展に応じた更なるダムの高度運用の取り組みの可能性が広がっている。

については、下記を参考に、長時間のアンサンブル降雨予測などを積極的に活用し、更なるダムの高度運用に取り組まれない。

なお、ダムの操作は、これまで通り、操作規則・細則及び実施要領等に基づき実施するものであり、長時間のアンサンブル降雨予測等の活用にあたっては、予測情報の特性をよく理解した上で、治水に支障の無い範囲での活用を基本とするが、必要に応じて実施要領を見直す場合は流水管理室に相談すること。

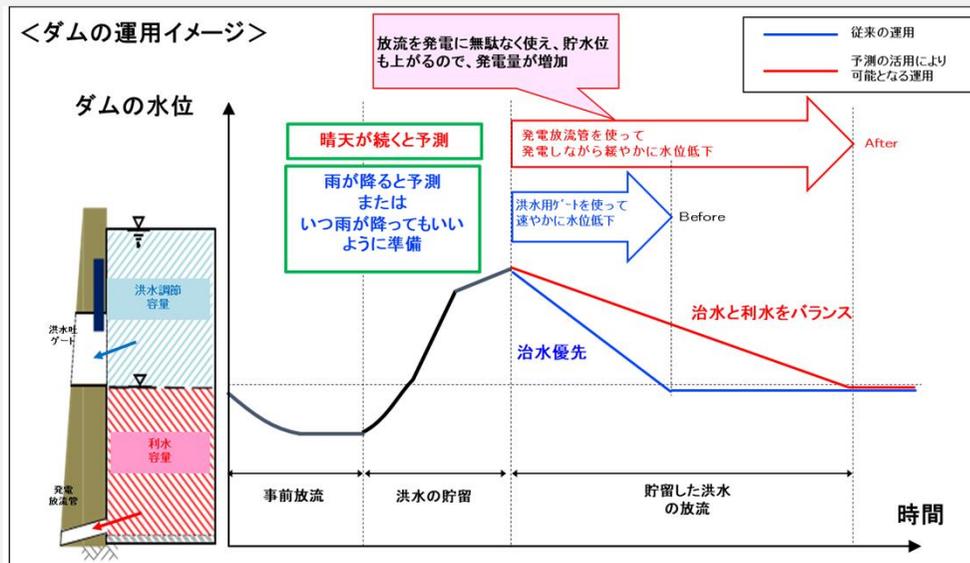
記

1. 事前放流での活用

以下のような活用が考えられる。

（活用イメージ）

事前放流の実施判断を行う3日前より以前において、長時間のアンサンブル降雨予測の上位予測^{※1}において事前放流の基準降雨量を超過する降雨が予測される場合に、GSM、

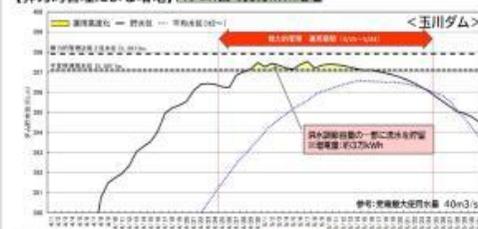


ダムの運用高度化の試行実績（令和5年度）

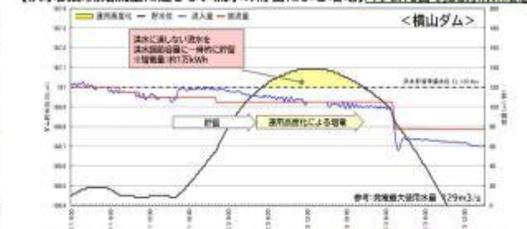
令和5年12月末時点
暫定値

- 令和5年度は、国土交通省及び水資源機構が管理する73ダム^{※1}（当初：72ダム）において運用高度化の試行を実施し、降雨等の条件が整った18ダムで延べ30回の試行運用を行った。
- そのうち、16ダム延べ24回で合計1,162万kWh^{※2}（一般家庭約2,800世帯の年間消費電力に相当^{※3}）の増電効果が得られた。
- ※1 令和5年度に管理移行した川上ダム（水鏡橋）を追加し、73ダムにて試行を実施
- ※2 増電量及び実施ダム数は、令和5年12月末時点の試算であり、今後の精査で数値が変わることがある。
- ※3 一世帯が1年間に消費する電力の平均値：4,175kWh（環境省「家庭部門のCO2排出実態統計調査（2021年度）」より）

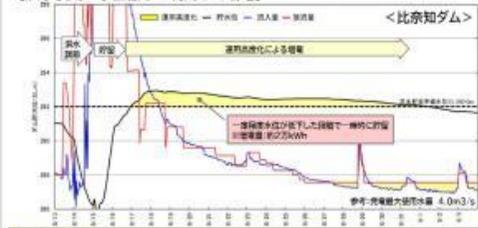
【弾力的管理による増電】1ダム1回・約3万kWh増電



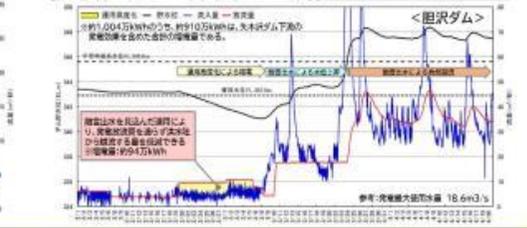
【洪水調節開始流量に達しない洪水の貯留による増電】7ダム10回・約38万kWh増電



【洪水後期の水位低下を利用した増電】10ダム11回・約117万kWh増電



【融雪出水を見込んだ水位低下による増電】2ダム2回・約1,004万kWh増電



＜今後の課題＞
 ■ 長期降雨予測の活用と予測精度の向上による増電量の拡大
 ■ 下流ダムも含めた増電効果も含めた運用の検討
 ■ 融雪出水を見込んだ水位低下時の利水関係との利害調整 等

- 現在、ダム運用高度化の社会的効果（増電効果）について試算を開始
- まだまだ安全運転での試算で、さらなる増電効果を期待
- どのようなダムで増電が期待できるのか、さらにどのような運用上の工夫が可能な
のか（水系のシリーズダムの効果的な連携など）、について要検討

776億kWh^{※1}  791億kWh（15億kWh増）

※2

※3

- ① 多目的ダム：約1.07%増、約1.57億kwh/年増電
- ② 電力ダム：約1.79%増、約13.87億kwh/年増電

- ① 経済効果約139億円/年^{※4}
- ② 約37.5万世帯分の電力量^{※5}
- ③ 水力発電所375MW相当^{※6}
（近年の新設水力約40個分）

④ 太陽光発電との比較(必要面積)：約700万m²、山手線内側面積の約11%^{※7}

⑤ CO₂排出量の削減(石炭火力発電との比較)：135万トンCO₂^{※8}
→ 森林のCO₂吸収能力：13.5万ha (1,350km²)^{※9} 東京都面積 (2,200km²) の約61%

(試算の前提) ※1 2021年度におけるエネルギー需給実績(確報)：資源エネルギー庁総務課戦略企画室

※2：水力発電を実施している多目的ダム及び電力ダムを抽出し、BRIDGE高度運用との差による年増電割合を算出

※3：多目的ダム(305ダム)発生電力量146.7億kwh(2021年：国土交通省)及び電力ダム発生電力量629.3億kWh(※1をもとに算出)に※2の年増電割合を掛け、年間増電量を算出

※4：FIT/FIP買取単価9円/kwh(2024年度水力【既存導水路活用型】5,000kW以上30,000kW未満)により算出

※5：1世帯あたり年間消費量(4,000kWh)で算出 ※6：最近の水力発電所規模を平均して1万kWで算出

※7：太陽光パネルの平均効率18%、平均日照時間5時間(5時間×365日=1,825時間)、
必要なパネル容量=15億kwh/1,825h=822,000kW、1kWの太陽光パネル必要面積(約8.5m²)
必要な敷地面積=822,000kW×8.5m²/kW=約700万m²、山手線内側面積を約63km²として算出

※8：石炭火力発電所のCO₂排出係数 約0.9kg CO₂/kWhにより算出

※9：森林のCO₂吸収能力 年間約10トンCO₂により算出

- 予測が当たる、当たらない、の議論から → どうやって使うか、の議論を期待
- 「アンサンブル予測」はよくわからない → まずは、「長時間予測」を使う、と考えて欲しい
- 「長時間予測」のメリットは明確 → 早期の体制立上げ、体制解除の見通し、洪水の規模感、事前放流の必要性、渇水時の貯水量回復見込み、など、メリットは満載
- 「長時間予測」は不確実性が残る → なので、「アンサンブル=予測の幅」、が必要
- 完全に乗り換える必要はない → 他の予測との組合せが可能
 - ・ 長時間アンサンブル → GSM、MSM → 降水短時間予測
 - ・ 最近は、気象庁も「アンサンブル予測（GEPS、MEPS）」を配信
- いずれにしても、長時間アンサンブルを見続けることが重要（先が見える価値は必ずある）
- ダム操作に困っている現場ほど威力を発揮する可能性あり
 - ・ 予備放流ダム（現在でも、何らかの基準を持っているはず。これを更新する）
 - ・ 弾力的管理や、洪水後期放流の検討ダムはマッチする
 - ・ 水系の縦列ダム群の要、特に上流に大規模（利水）ダム、下流にシリーズ発電ダム
 - ・ 発電能力（最大取水量）の高いダム、ハイブリッドダムの議論と調和的
 - ・ 二山洪水、前線＋台風、台風＋台風など、長時間で総流入量の大きくなる洪水に威力を発揮
 - ・ 渇水時の貯水容量回復予測にも有効（いつ、どれくらいの降雨量が期待できるか、出来ないか）

まとめ、ダム操作の変革（パラダイムシフト）の考え方



	Before（従来予測）	After（長時間アンサンブル予測）
予測精度	予測が当たらない → 使えない	予測には幅がある
予測安定	GSM(84時間)は 予測不安定 , MSM(39時間)は 時間不足	長時間アンサンブル予測は15日間、51メンバー、 安定している
管理者意識	はずれるのが怖い → 当たるようなタイミングまで動かない → 間に合わない → 精一杯やったのだからOK	だからアンサンブル → アンサンブルでも時間、空間のばらつきあり → ばらつき（幅の大きさ）、これが重要な情報
無効放流	最後はダムのコンジットゲートを開ければ下げられる → 壮大な無効放流	早期に事前放流（先行放流） → 発電拡大、洪水後期放流も有効活用
縦列ダム	上流にダム、前期降雨あり → 流入量が増加 → 下げ切ることができない	下流ダムから順次水位低下 → 水系全体の安全度向上・発電最大化
地すべり制約	地すべりにより水位低下速度が制約	地すべりがある貯水池も水位低下可能

1) **アンサンブル（不確実性の情報）は必須** → **AIと親和性あり（DX、デジタル技術）**

2) 早期に情報を知ることのメリット

① **体制の準備確保**

② **3段ロケット（段階的体制強化、タイムラインと親和性あり）**

③ **カーボンニュートラルへの貢献（発電会社は関心高い、もうかる！）**

④ **洪水がいつまで続くのか、続かないのか（洪水の次の洪水が見える）**

（事前放流の強化必要性？ 空振りの可能性？ が早期に見える、体制早期解除可能）



京都大学防災研究所 産学共同研究部門

ダム再生・流砂環境再生 研究領域



ダム再生・流砂環境再生
技術開発プロジェクト

ダムを、賢く、増やして、
永く使うために

(設立趣旨)

流域治水およびカーボンニュートラルの両面からのダムの運用高度化及びダムの施設改造技術の開発並びに堆砂対策を柱とする長寿命化を実現させることを目的として、「ダムの再生」と「流砂環境の再生」の両面からの技術開発と人材育成、さらに、社会的意義の発信を行うとともに、これら技術による海外支援を行う。

流域のニーズに応えた
トータルとしての再生

治水・利水 (発電)

環境

ダム再生

流砂環境再生

技術開発
政策提言
人材育成
海外支援

国際展開に向けたメッセージ

「ダム再生」「流砂環境再生」は世界の共通課題です。
日本が建設協力してきた東南アジアなどのダムも時代を経て日本を追いかけてきています。
日本で先端技術を開発し輸出することにより、新たな日本の国際貢献となることが期待されます。

提携団体



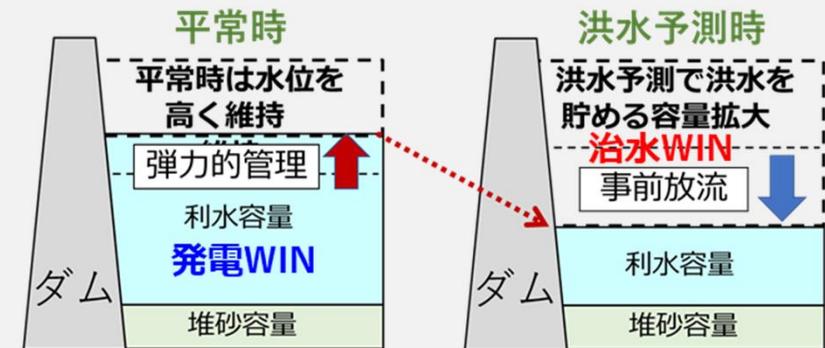
お問合せ

ダム再生・流砂環境再生技術 研究領域

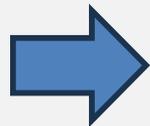
info.damupgrading@dpri.kyoto-u.ac.jp

(参加機関) 関西電力(株)、電源開発(株)、中部電力(株)、九州電力(株)、建設技術研究所、(株)ニュージエック、西日本技術開発(株)、(一財)水源地環境センター(WEC)、(一財)ダム技術センター(JDEC)

- 2018年の西日本豪雨や2019年の東日本台風以降、ダムの緊急放流が増加し、これを防ぐための事前放流が全国的に推進。



- 一方で、現状ではダムの貯水容量には限りがあり、これをさらに有効活用するには、最新の気象予測情報を活用してダムの運用をさらに高度化したり、古いダムを改造して貯水容量を増やしたり、新たな放流設備を設置してより効果的な事前放流を実現させるための技術開発が必要。
- このようなダムの運用高度化によって効果的に貯留された水は、次の洪水を見据えながらゆっくりと発電放流することで増電効果を期待。
- 次の洪水が来ない場合は、ダム水位を上げた柔軟な運用も可能。

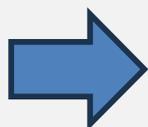


「治水」と「利水」のWIN-WINをもたらすための
ダムを「賢く」、「増やして」使うための「ダム再生技術」

- 一方で、ダムには継続的に土砂が堆積してダムの機能を低下させるとともに、下流河川に本来流れるべき土砂を遮断する環境問題あり。
- これを踏まえて、近年ではダムの長寿命化と下流の河川や海岸に対する環境影響を軽減するための土砂供給をセットで実現する先進的なダムの堆砂対策が推進。



室生ダムにおける土砂供給

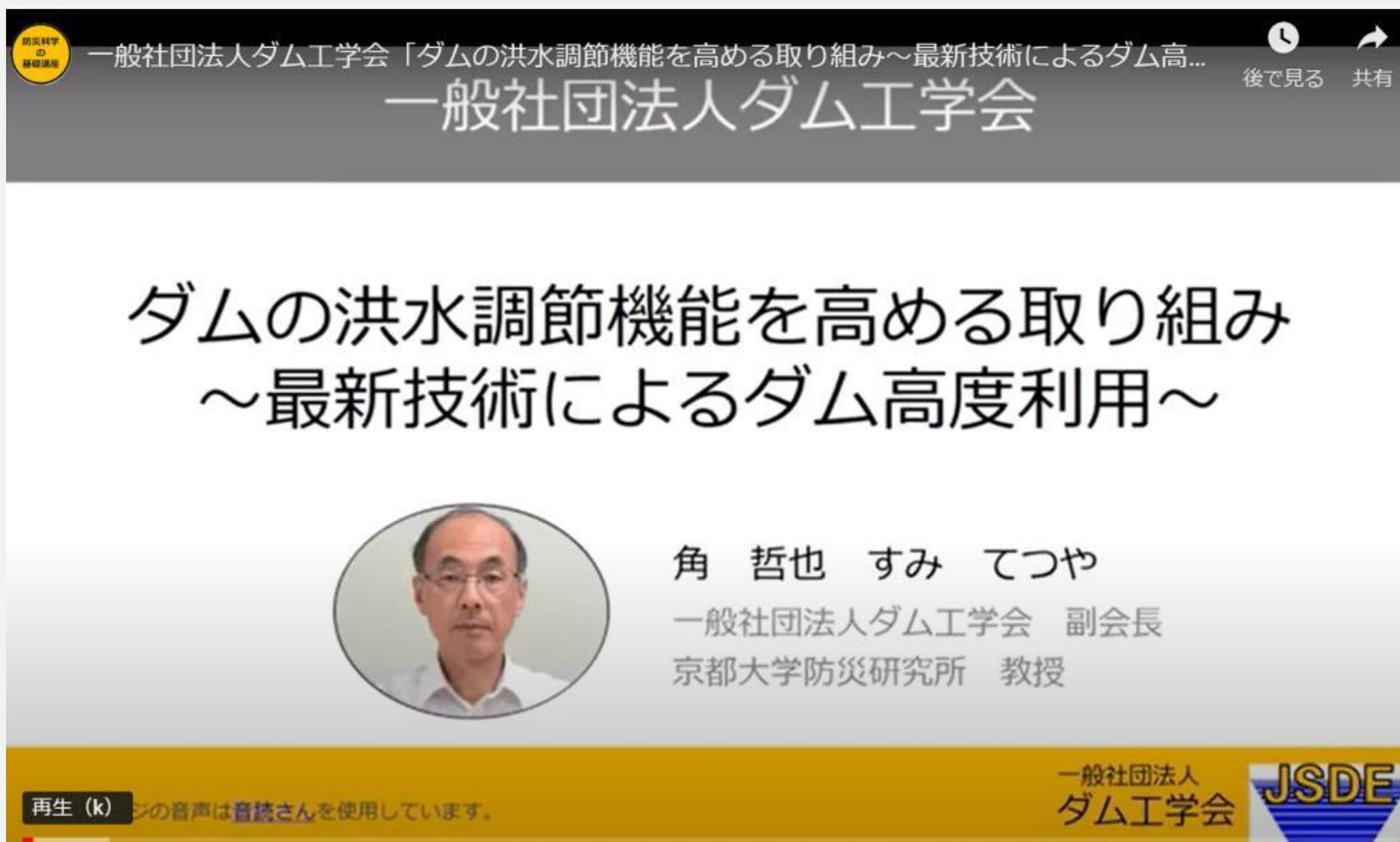


ダムを「永く」使うと同時に、河川や海岸環境の改善のためにダムから効果的に土砂を下流に供給する「流砂環境再生技術」

ダム工学会からの情報発信

- ダム堆砂対策の促進に向けて(提言)
- ダム事前放流の効果的実施に関する提言
- 大規模洪水時におけるダム効果の情報発信に関する提言

<http://www.jsde.jp/>



防災科学の基礎講座 一般社団法人ダム工学会「ダムの洪水調節機能を高める取り組み～最新技術によるダム高...」

一般社団法人ダム工学会

後で見る 共有

ダムの洪水調節機能を高める取り組み ～最新技術によるダム高度利用～



角 哲也 すみ てつや
一般社団法人ダム工学会 副会長
京都大学防災研究所 教授

再生 (k) シの音声は音読さんを使用しています。

一般社団法人
ダム工学会 JSDE