

3Sの向上を目指したダム再生推進

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
(International Commission on Large Dams)



ダム工学会 会長

本日の話題提供のポイント

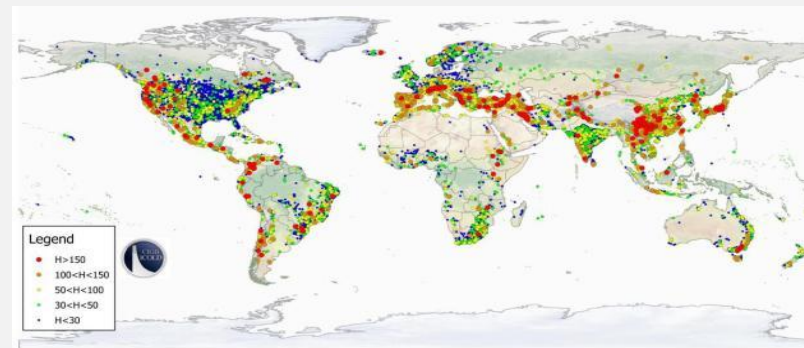
- **ダムを巡る世界の動向（国際大ダム会議（ICOLD））**
- **3 Sの向上を目指したダム再生**
- **産学共同研究部門の設立趣旨**
- **関連するプロジェクト（SIP, Bridge）**
- **電力ダムのダム再生に向けて（3つのSの向上）**

世界の動向（国際大ダム会議（ICOLD））

エネルギー転換および気候変動適応策におけるダムの役割

1. 既存ダムの持続可能性の向上

- ・ 60,000 基の既存ダムの維持管理は重要
- ・ 高経年ダムの安全性は大きな懸念事項
- ・ 将来の使用に対応するために、既存施設を効率的に水管理、保守、修復、再設計
- ・ 土砂管理手法の改善が必要



世界のダム

World Register of Dams (ICOLD)

2. 持続可能な新しいダム貯水池の建設

- ・ ダム建設に伴う二酸化炭素排出量の削減
- ・ 土砂管理のための新しいアプローチ
- ・ 新しいタイプのダム：河道外貯水池、海上ダム、ダムのかさ上げ など
- ・ 生物多様性の保全/改善

3. 社会的受容性の獲得

- ・ 環境・社会的影響の緩和
- ・ 利害関係者間の利益の公平な分配
- ・ 解決策（代替案）ごとの公平な比較
- ・ 一般社会、メディア、意思決定者とのコミュニケーションの改善

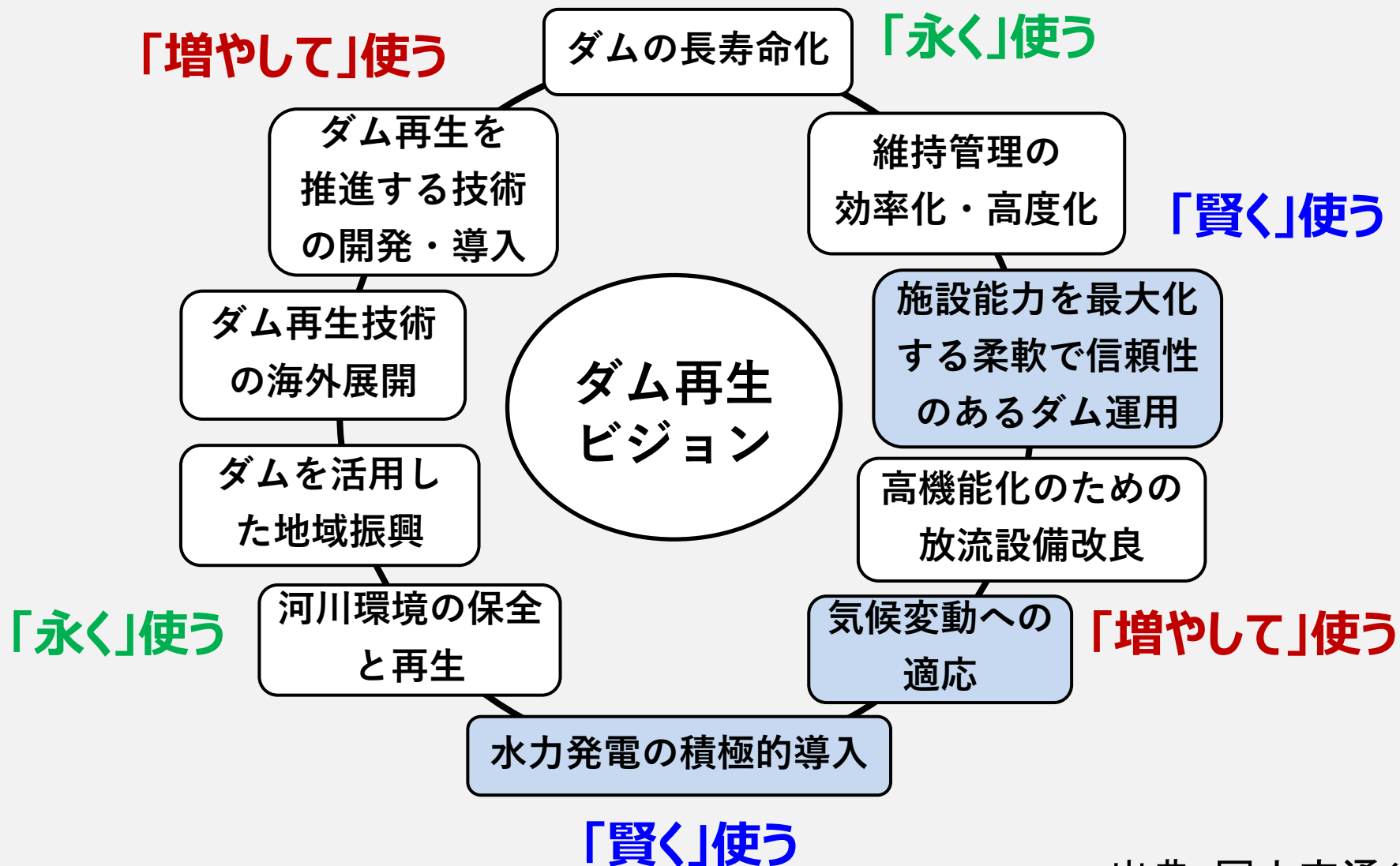
出典：Lino（ICOLD総裁）

- 企業、住民**
不動産取引時の水害リスク情報
提供、金融商品を通じた浸水対
策の促進

あらゆる関係者による
流域環境の保全
【水でつながる豊かな環境の最大化】

- 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

ダム再生ビジョン（2017）のコンセプト



ダム再生の目的 (Three S)

Safety, Smart use and Sustainability

ダムの安全

- ・ ダム構造（堤体）の安全性（耐震、漏水など）
- ・ ゲートの安全性（流木・堆砂などによる閉塞防止）
- ・ 洪水吐の放流能力（ダム設計洪水流量）

運用高度化

（賢く、増やして使う）

- ・ 洪水調節
- ・ 渇水管理
- ・ エネルギー転換
- ・ 再生可能エネルギー
- ・ 揚水発電

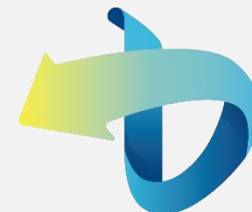
持続可能性（永く使う）

- ・ 貯水池土砂管理
- ・ 貯水池水質管理
- ・ 生物（魚類など）の連続性確保
- ・ 生物多様性

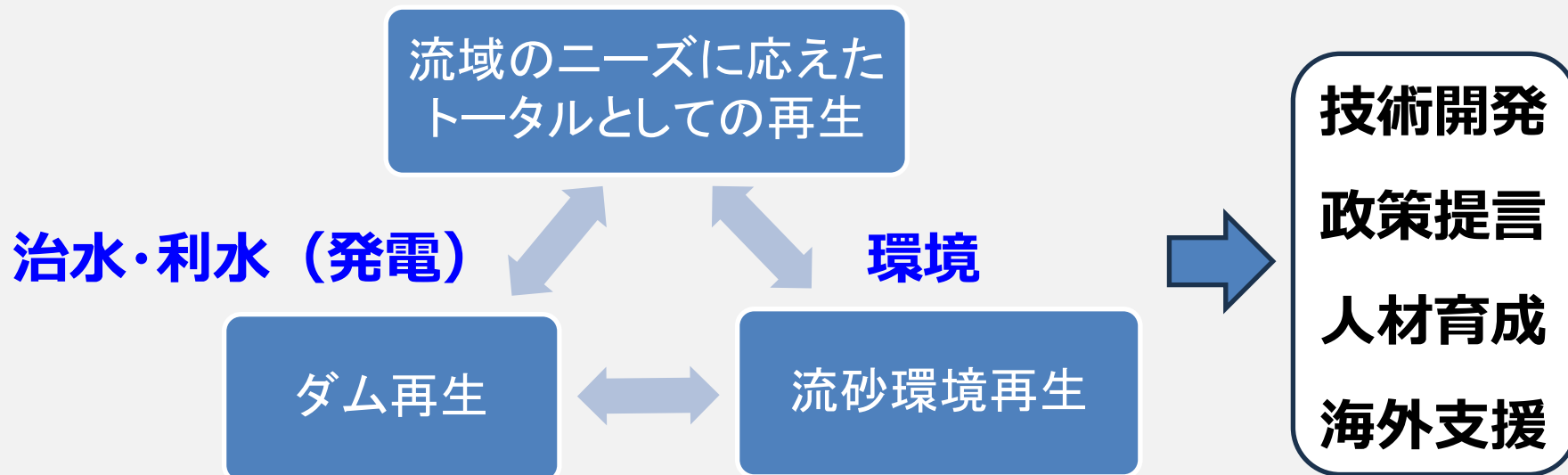


(設立趣旨)

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。



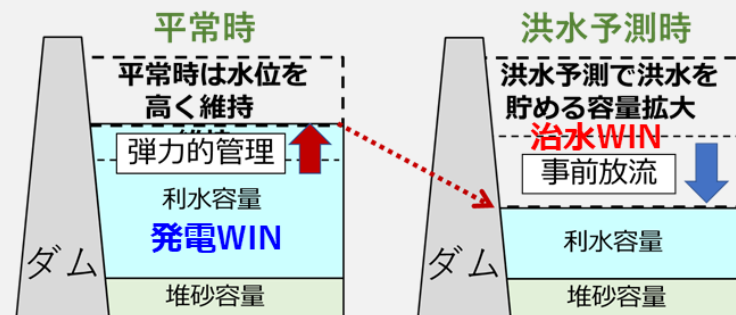
ダム再生・流砂環境再生
技術開発プロジェクト



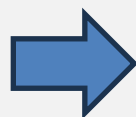
(参加機関) 関西電力(株)、電源開発(株)、中部電力(株)、九州電力(株)
(株)建設技術研究所、(株)ニュージェック、西日本技術開発(株)
(一財)水源地環境センター(WEC)、(一財)ダム技術センター(JDEC)

設立の背景（ダム再生の必要性）

- 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」

ダム再生の技術

・ ソフト対策（賢く使う）

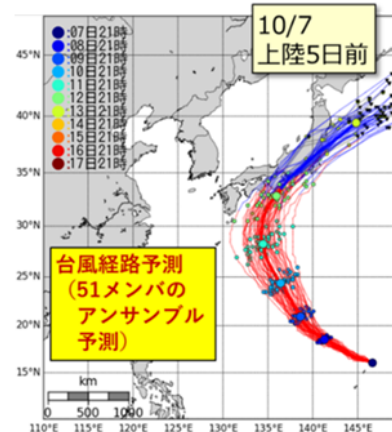
- 最新の気象予測を用いた降雨・流量予測手法の高度化
（長時間アンサンブル降雨予測）

- （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）

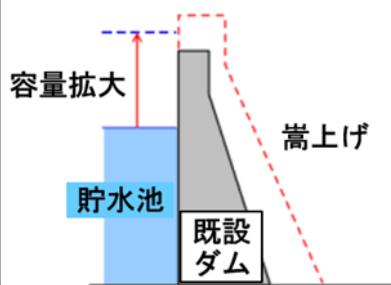
- 既設ダムの嵩（かさ）上げ
- （効果）洪水調節容量の増大
- 放流設備の増設，放流トンネルの増設
- （効果）洪水調節容量の有効活用

2019年台風19号時の
長時間アンサンブル予測

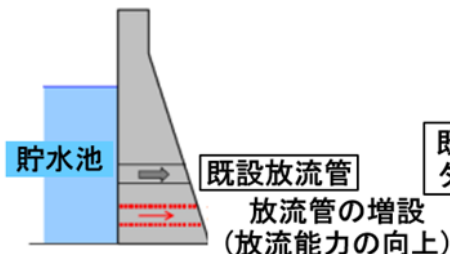


- 堤体嵩（かさ）上げ → 洪水調節容量増大
- 放流設備強化など
 - ・ 低い貯水位で大きな放流が可能 → 洪水ピークカットのための容量が温存可能
 - ・ 洪水初期に無駄に貯水しない

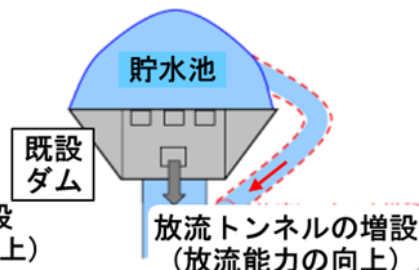
既設ダムの嵩上げ
（容量の増大）



放流管の増設
（放流能力の向上）



放流トンネルの増設
（放流能力の向上）

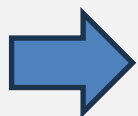


設立の背景（流砂環境再生の必要性）

- 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」

関係するプロジェクト

・ダム再生（ダム運用高度化）

- 研究開発とSociety 5.0との橋渡しプログラム（BRIDGE）（2023-2025）
 - ・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（2023-2027）
 - ・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

・流砂環境再生（ダム堆砂対策）

- SIP第3期 スマートインフラマネジメントシステムの構築（2023-2027）
 - ・サブ課題A「革新的な建設生産プロセスの構築」の概要
 - a-2: 人力で実施困難箇所での施工・計測（ダム堆砂のモニタリングと遠隔浚渫）

アンサンブル予測とは

数値予報の課題解決手法

- ・観測値（初期値）に誤差がある
初期値にばらつきを与えて、複数の予測計算を実施
- ・予測誤差を0にできない
複数の予測結果（メンバー）が存在することで、予測の幅や確率情報が得られる

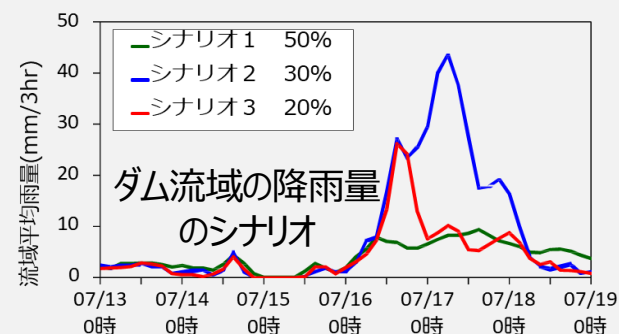
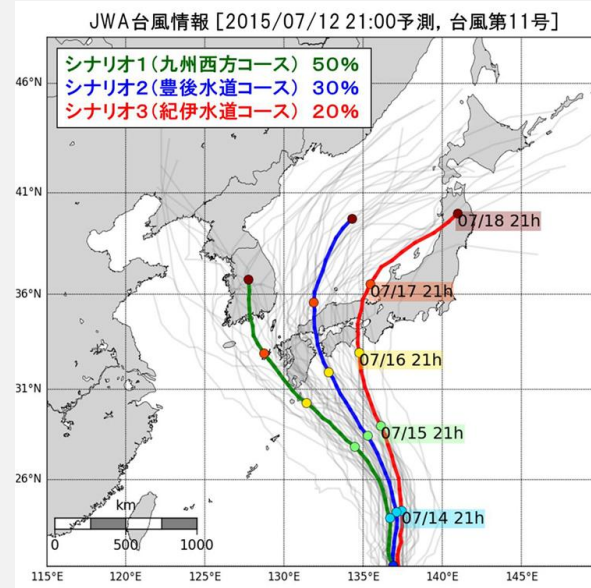
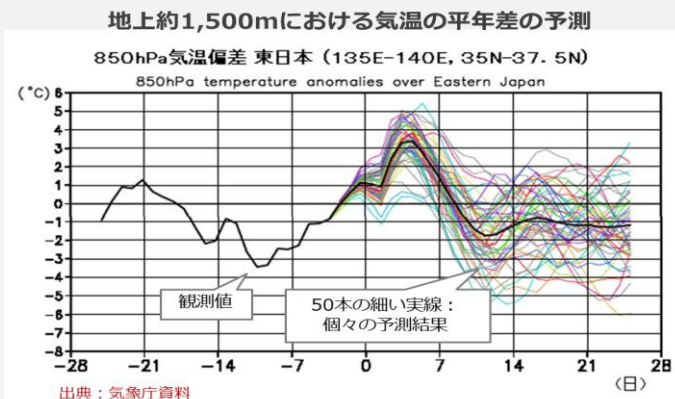
JWAアンサンブル

項目	長時間アンサンブル 降雨予測 (SIP/BRIDGEで活用)	ECMWF*1 (元データ)	気象庁 (週間アンサンブル)	気象庁 (メソアンサンブル)
格子解像度	日本域 約5km	全球 0.1°(約10km)	全球 1.25° 日本域 0.375°(約40km)	日本域 約5km
予報時間	15日先	15日先	11日先	39時間先
出力時間間隔	1時間	3時間	3時間	3時間
更新間隔	2回/日	2回/日	2回/日	4回/日
メンバー数	51メンバー	51メンバー	51メンバー	21メンバー
備考	長時間アンサンブル降雨予測ではダウンスケーリングにより地形性降雨を表現			格子解像度や予報時間はMSMと同じ仕様

※1：ヨーロッパ中期予報センター

((一財)日本気象協会)

- ✓ 気象庁のアンサンブルと比較し、予測時間長・解像度でECMWFに優位性
- ✓ SIP/BRIDGEでは独自に頻度バイアス補正とAI技術による時空間ダウンスケーリングを実施して活用 【1時間雨量・5km格子（一部1km格子）】



シナリオ別（確率情報付き）の
雨量予測データ

- ・防災体制の判断
- ・最悪シナリオの把握

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）

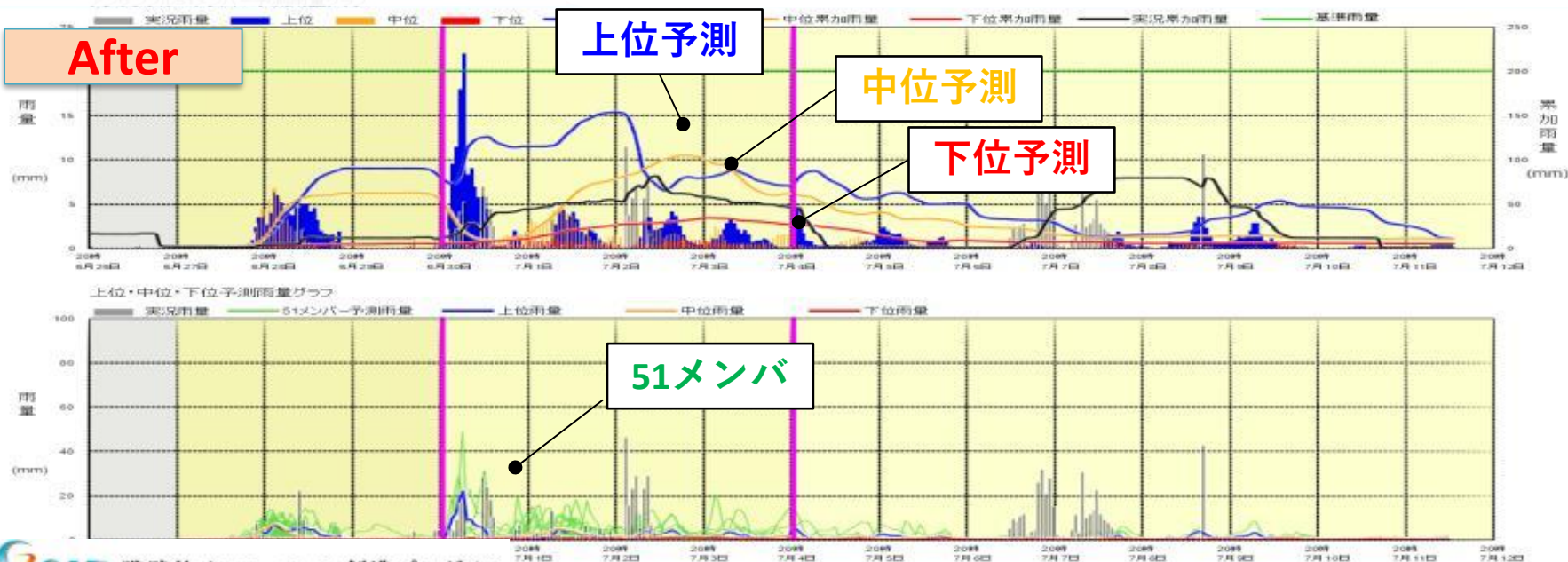
After

長時間アンサンブル予測(15日間)

- ✓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）

After



ダムの目的：治水（洪水対策）と 利水（水利用）

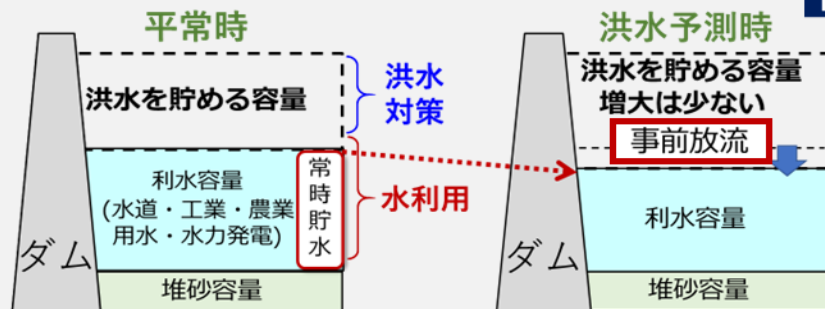
京都大学、（独）水資源機構、（一財）日本気象協会

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）

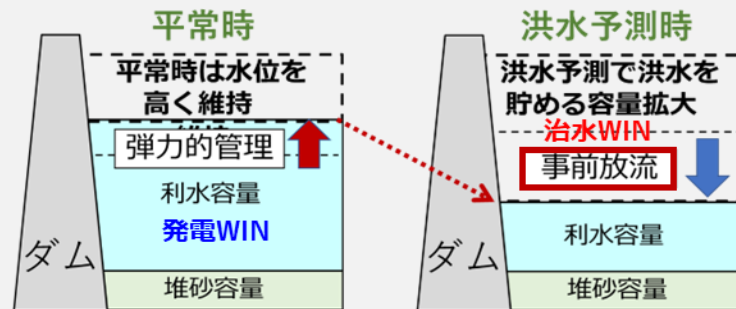
▽ GSM（84時間）は予測不安定 ▽ MSM（39時間）は時間不足



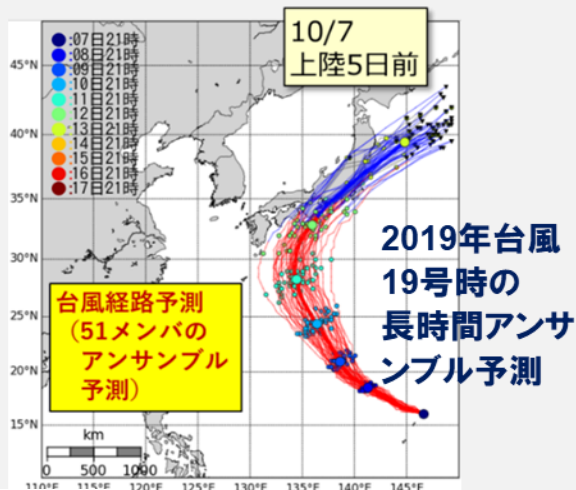
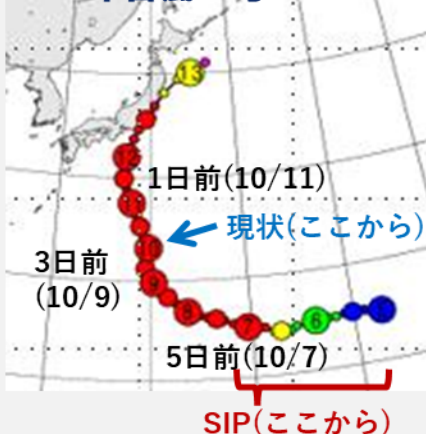
SIP: ECMWF（51メンバー・15日先）活用

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

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)

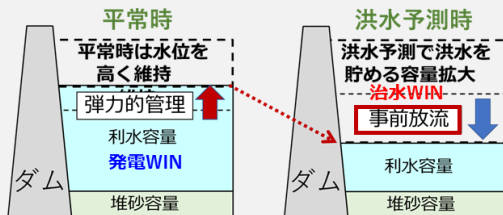
- 多目的ダム (主に水資源機構) の事前放流の拡大
- 発電ダムとの治水WIN-利水WINの構築
- 社会実装に向けたダム操作ルールへの検討

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

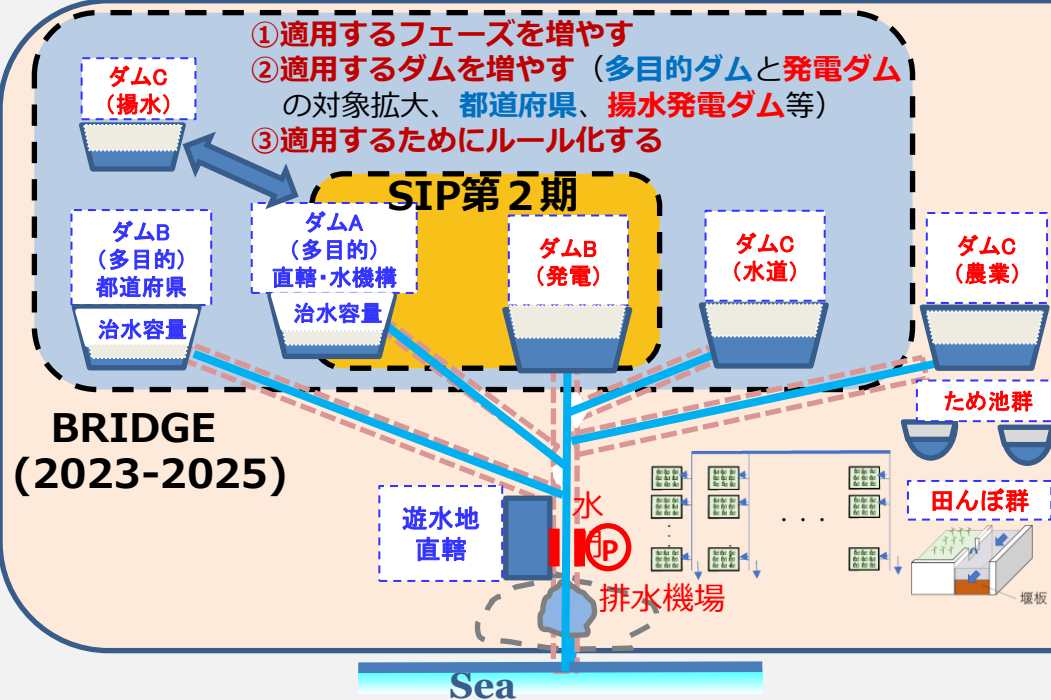
コア技術: ダム群連携最適操作シミュレータ

SIP第2・3期とBRIDGE課題の対象施設の空間配置

① 適用するフェーズを増やす

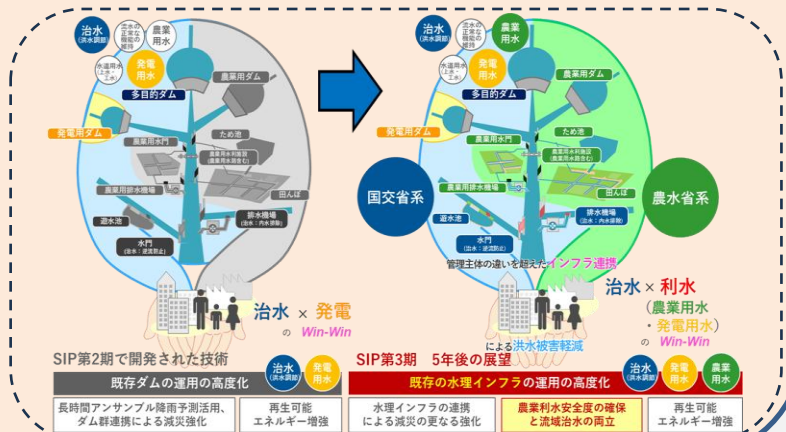
② 適用するダムを増やす (多目的ダムと発電ダムの対象拡大、都道府県、揚水発電ダム等)

③ 適用するためにルール化する



SIP第3期 (2023-2027)

- 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
- 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

(2023-2025)

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

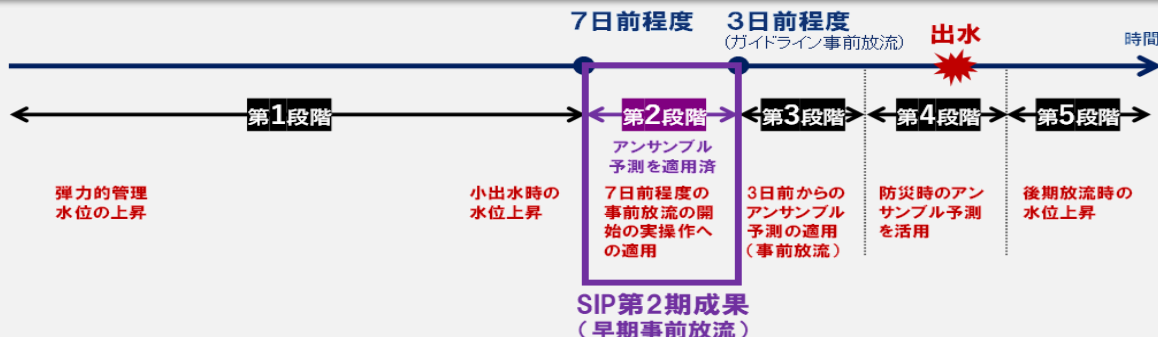
3本柱の取組で流域治水機能と再生可能エネルギーの増強を全国展開

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。

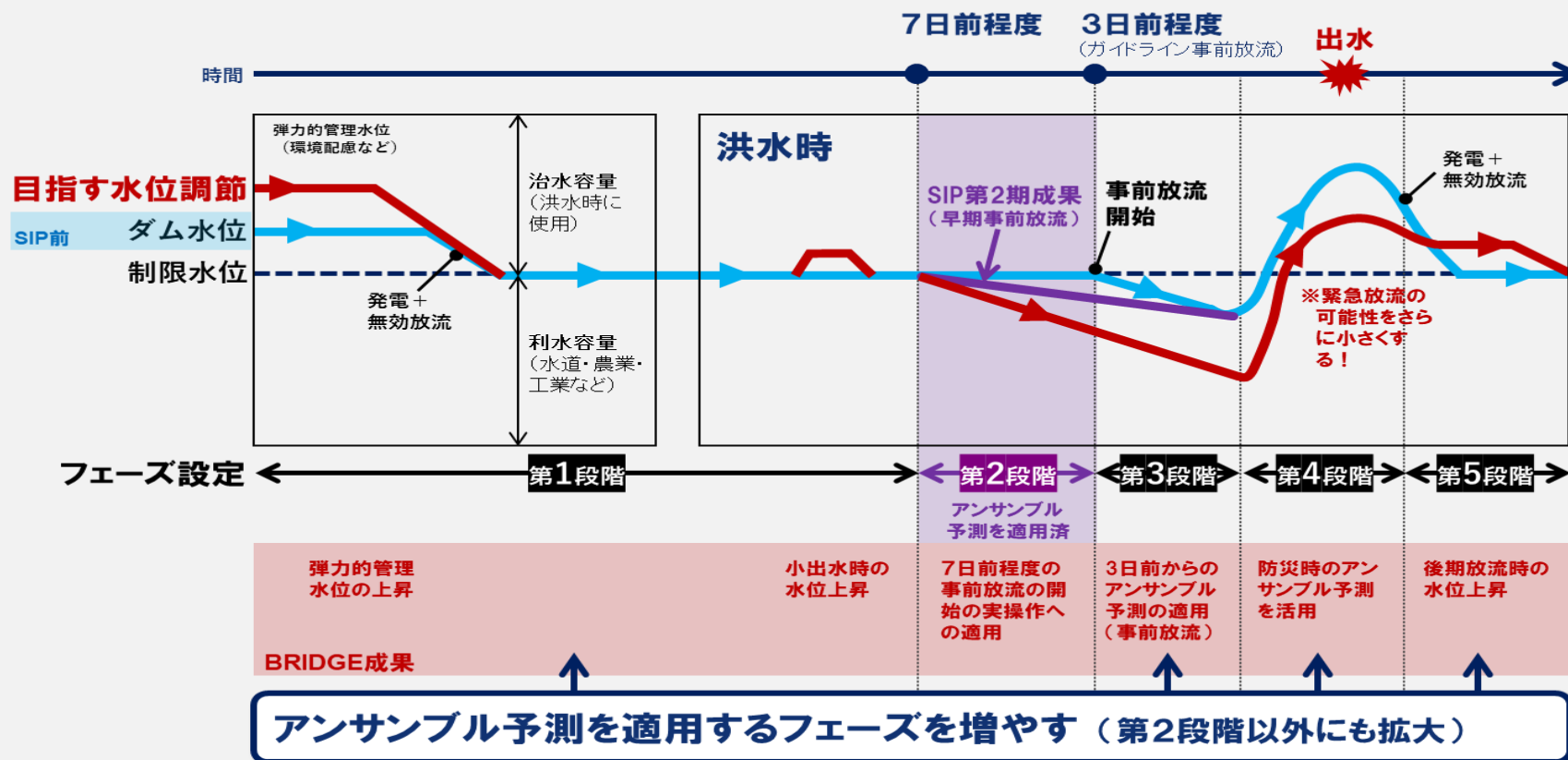
長期アンサンブル降雨予測

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

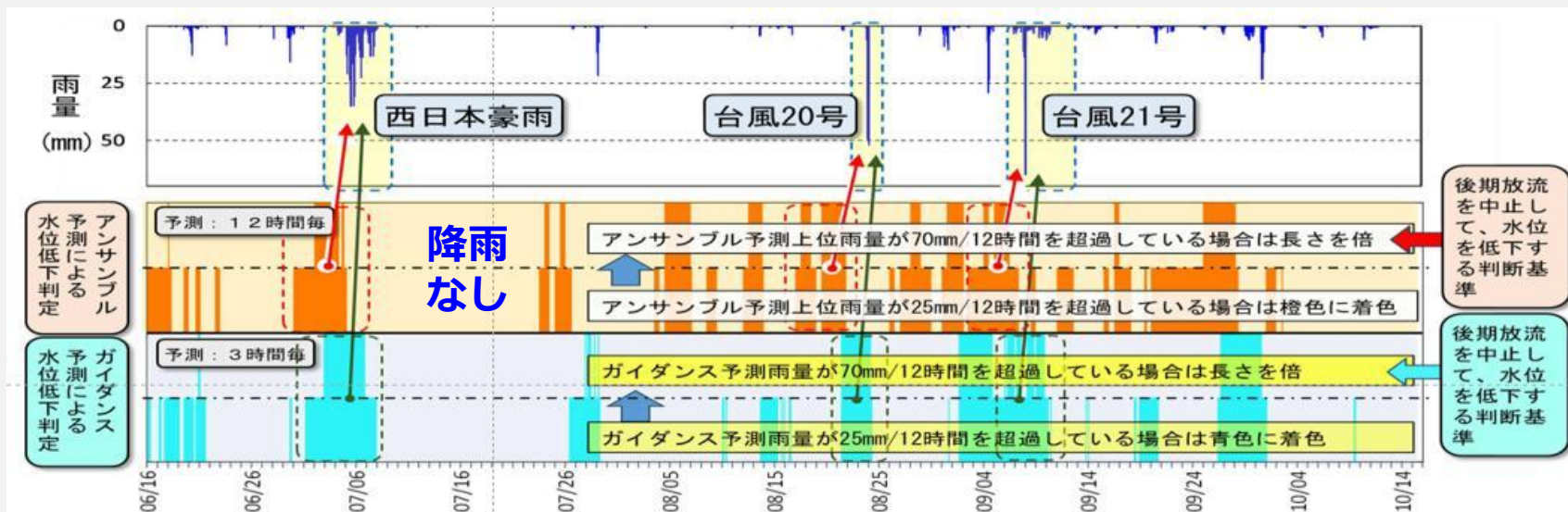
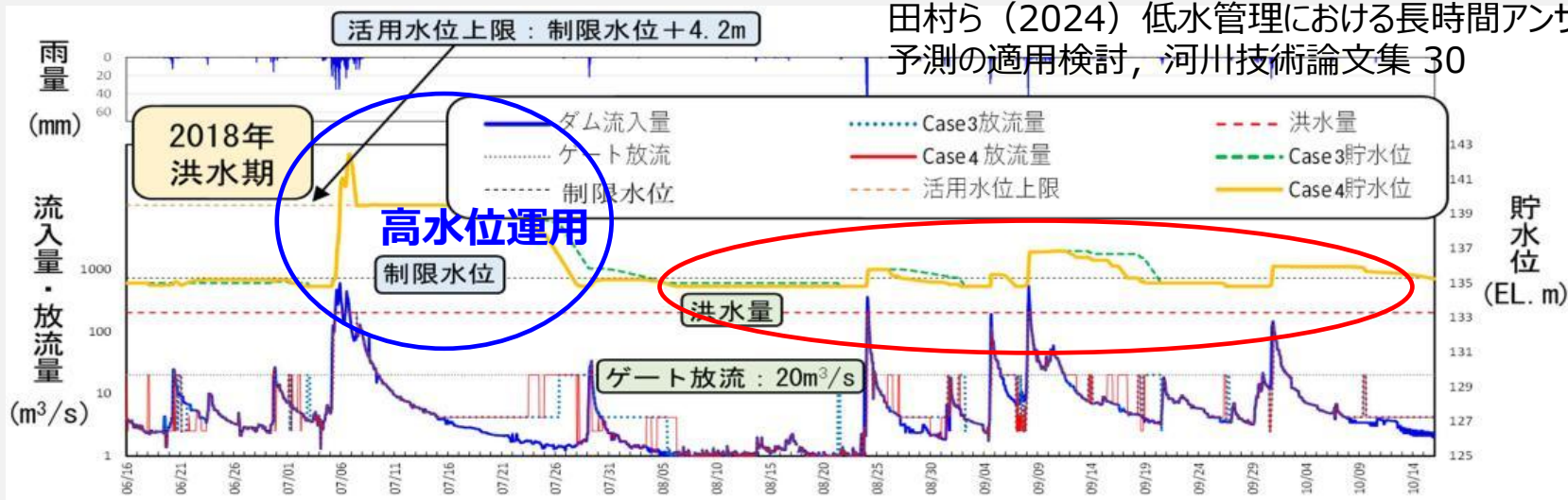
①適用するフェーズを増やす

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



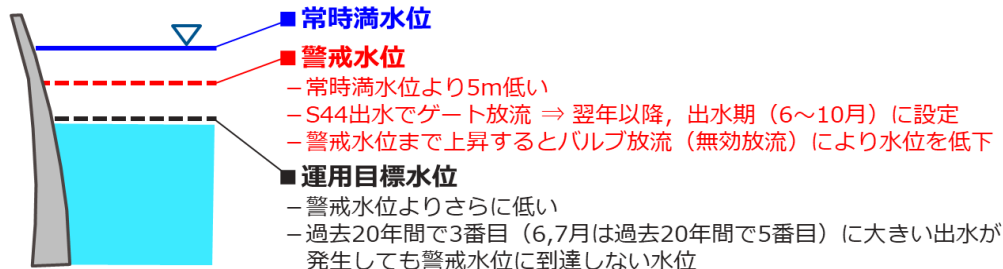
①適用するフェーズを増やす（出水前から洪水調節後の後期放流までの全体のステージで治水および増電効果を向上）、②適用するダムタイプを増やす（都道府県管理の多目的ダムや大規模水道ダム、さらに揚水発電を含むような複数の発電ダム群などへも展開）、③適用するためにルール化する（アンサンブル予測を用いたダム操作の裏付けとなる活用ガイドラインを策定）、ための研究開発を推進。

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

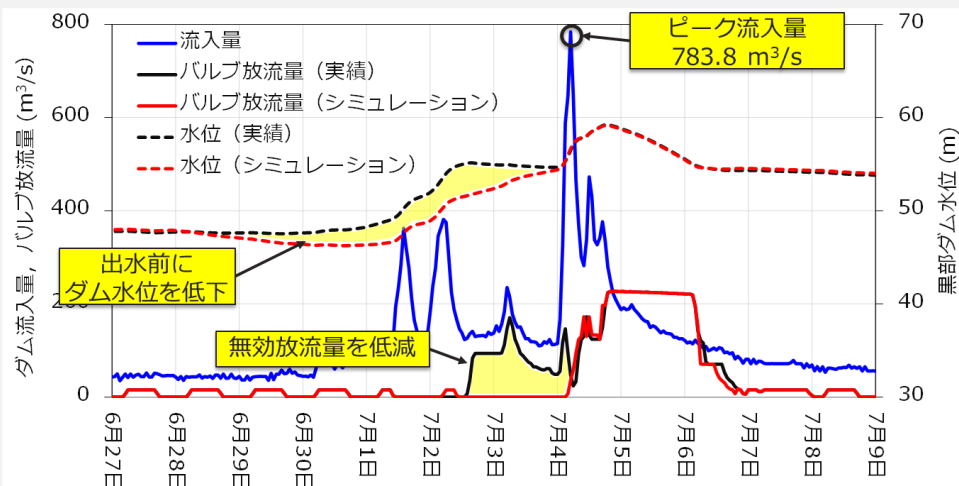
黒部ダムの現行の運用



「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)

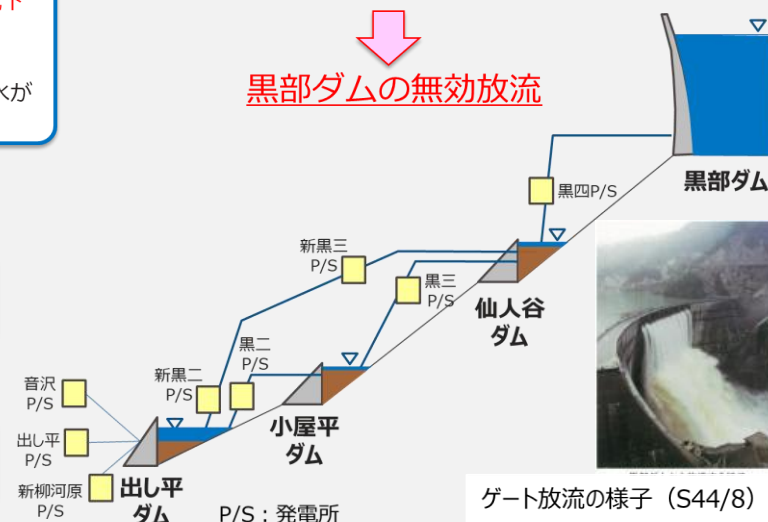
- ・「警戒水位に到達する出水」を早期に予測 ⇒ 発電による先使い
- ・降雨がないことを確実に予測 ⇒ 高水位で運用



【黒部ダム独自の治水協力】

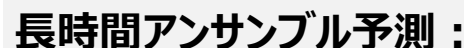
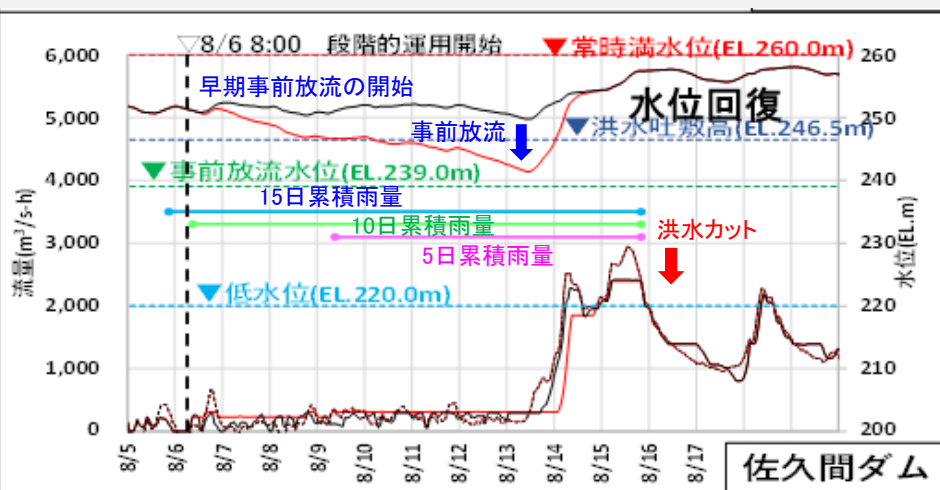
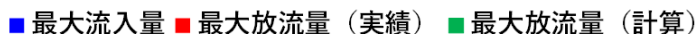
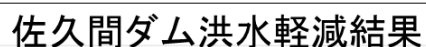
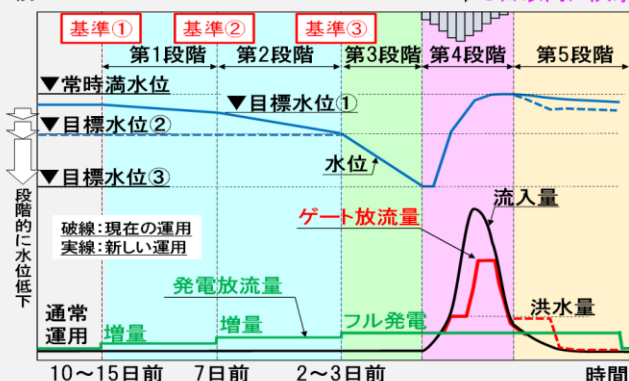
- ・ S44年の出水でゲート放流
- ・ 出水期に警戒水位（常時満水位-5m）を設定
- ・ 警戒水位まで上昇⇒バルブ放流で水位低下

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

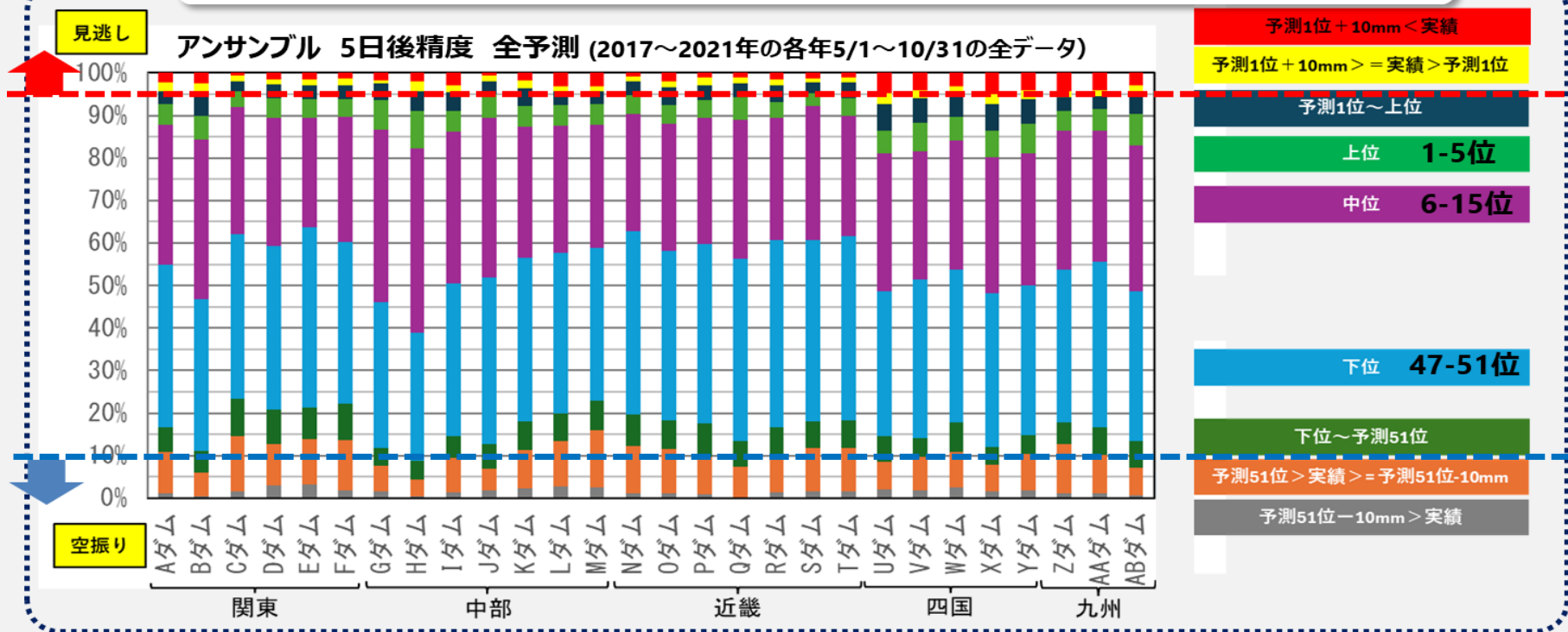


- アンサンブル平均(51本の平均)
- 15、10、5日累積雨量を活用
- 洪水の早期予測、早期事前放流
- 洪水カットと無効放流削減
- 増電ポテンシャル

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). 長時間アンサンブ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日間総雨量に対し、実績雨量がどの予測（上位・中位・下位、1位、51位）に最も近かったかを分類



- 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

- 「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
- 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、長時間で総流入量大の洪水に威力発揮

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）

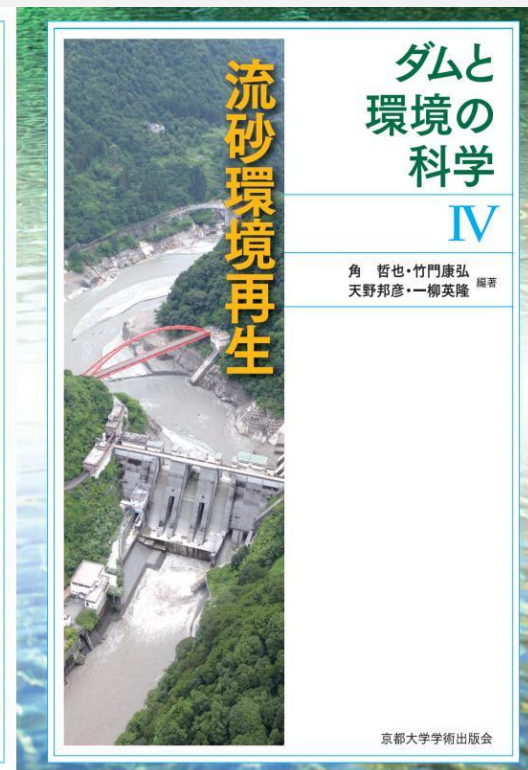
流砂環境再生技術

・堆砂対策（永く使う）

- 掘削およびダム下流への土砂還元（置き土）
- 土砂バイパス、通砂（スルーシング）など
 - （効果）ダムの貯水容量の維持
 - （効果）下流へ土砂供給（流砂遮断の解消）
（河床低下・海岸侵食対策，河川環境改善）



ダムと環境の科学
IV
流砂環境再生
角 哲也・竹門康弘
天野邦彦・一柳英隆 編著
京都大学
学術出版会



流砂環境再生（ダムと環境の科学Ⅳ）

長安口ダム・置き土



ダムが遮断した土砂をいかに下流に届けるか
流砂環境の改善につながる
土砂管理を考える

治水・利水機能を維持しつつ、環境と調和させる新たな道

京都大学学術出版会

流域の問題には、多すぎる水（洪水）、少なすぎる水（渇水）もあれば、多すぎる土砂（災害）、少なすぎる土砂（河床低下、海岸侵食、河川環境劣化）もある。

瀬淵構造・生息場多様性



室生ダム・置き土

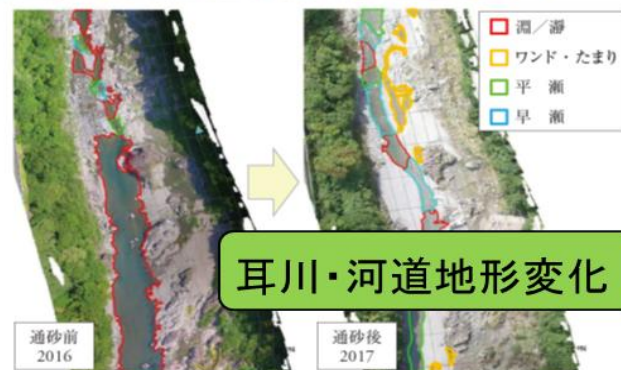


山須原ダム・通砂



天竜川・湧水環境

耳川・河道地形変化



宇奈月ダム
排砂ゲート

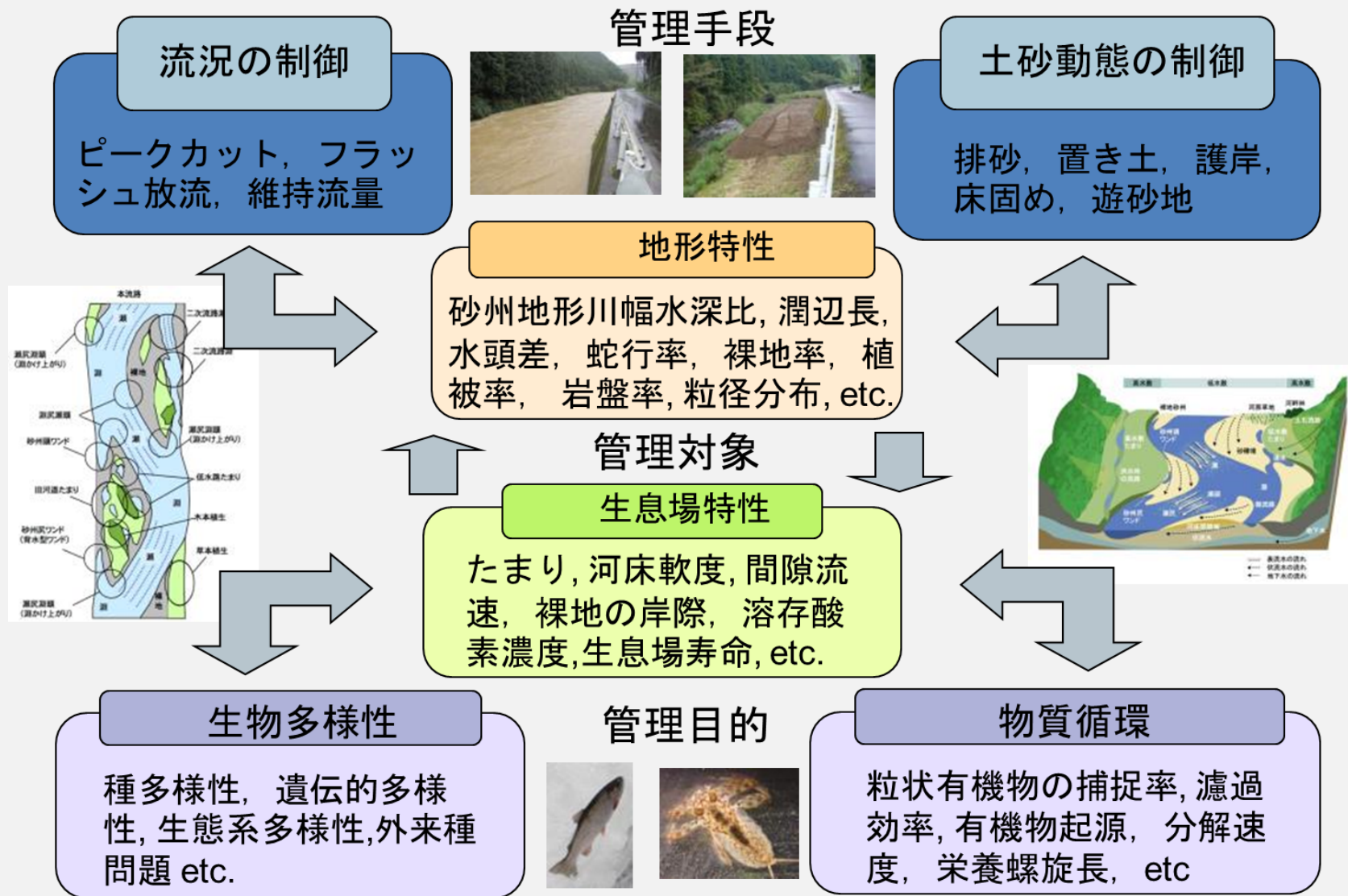


耳川・湧水環境



本書は、ダムによる流水の貯留とトレードオフの関係にある土砂の連続性遮断の問題を、流砂系の総合土砂管理の枠組みとして改めて考えるとともに、その一番の鍵を、「ダムの土砂管理＝河川の流砂環境の再生」と定義し、これを進めるための科学的考察と実践の最前線の分析に取り組んだ。

ダムの土砂管理と流砂環境の再生を調和させる 応用生態工学的なアプローチの開発



土砂供給による効果

砂州地形、
瀬淵の回復

河床地形

河川水温の
多様性

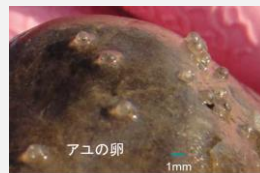
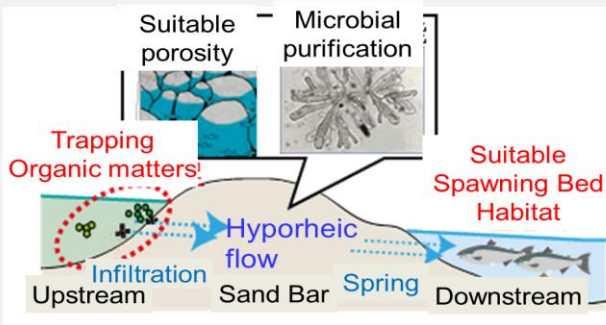
流下粒状有機物、
濁質のフィルタ
リング

多様な生息場の
形成(魚の餌場、
休息場、産卵場
など)

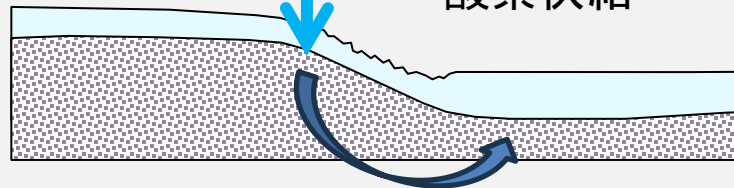
地球温暖化
対策(適応策)

ダム影響の軽減
対策(水質対策)

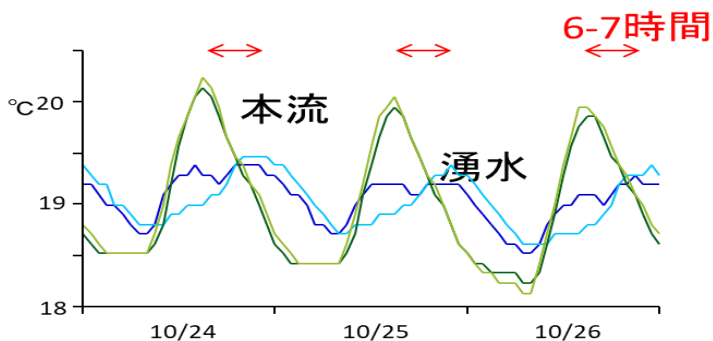
ダム影響の軽減
対策・生物多様
性保全対策



アユ産卵床の好適地
浮石+潜り込み
=酸素供給

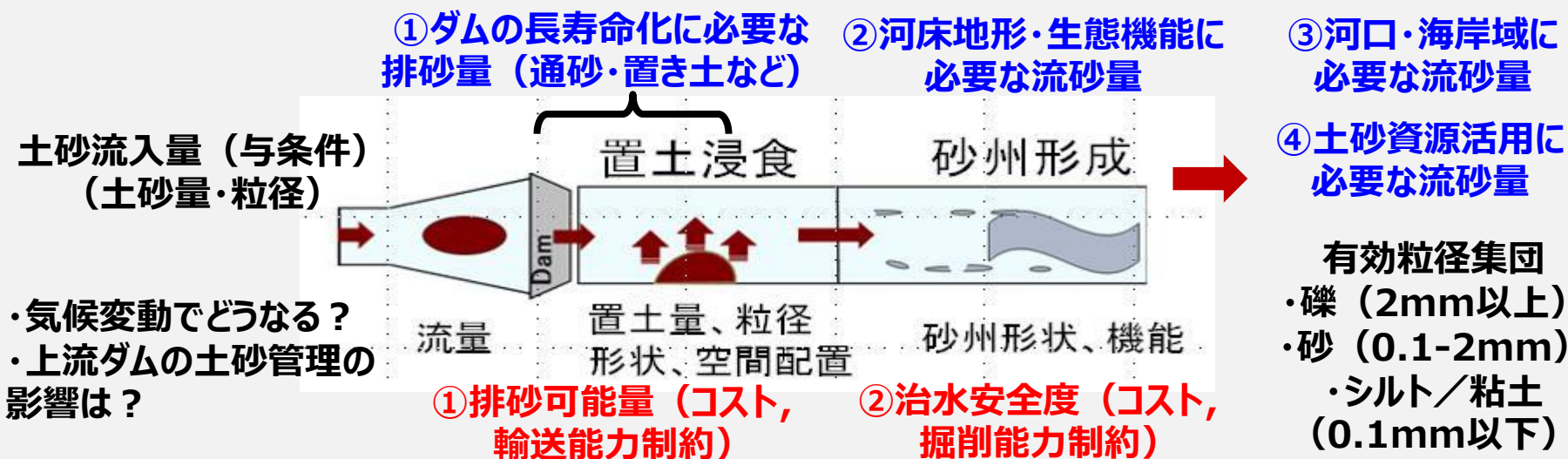


河道内湧水
は濁度が低く、
水温上昇が
緩和

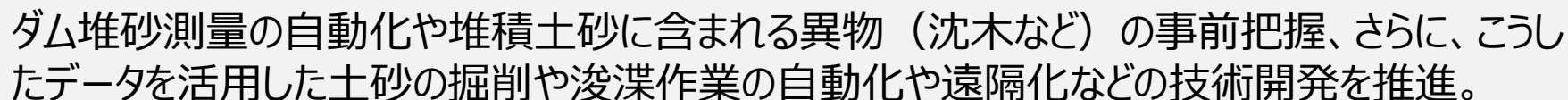


流砂環境再生のポイント

- ・ **貯水池の持続的管理**（次世代への水資源インフラのバトンタッチ）のために、土砂管理は重要
- ・ 「**ダム**の土砂管理＝河川の流砂環境の再生」と定義する必要あり
- ・ 総合土砂管理は「**連立不等式の問題**」として考える
 - － 砂防、ダム、河川、海岸、環境があり、利水者や港湾管理者など、さまざまな関係者がそれぞれプラス、マイナスの意見あり。これらをどう定式化できるか
 - － それぞれの条件ごとに、許容可能で、かつ、目的を達成できる範囲（土砂量と粒径（**有効粒径集団**））は、いくらからいくらまでか、その上で、**お互いが最終的にWin-Winになれるような「連立不等式の解」**をいかに見つけるか、という問題

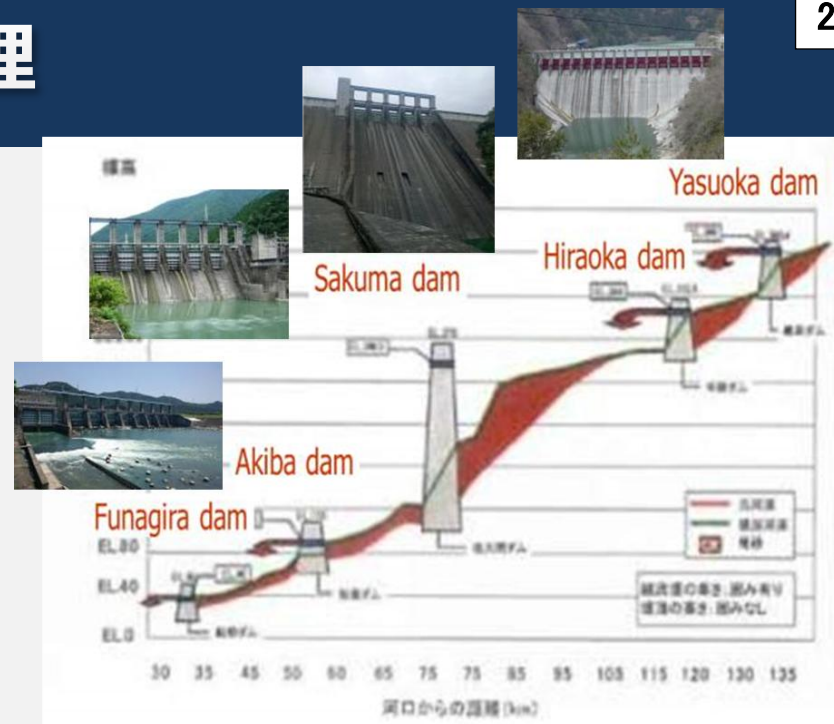


戦略的イノベーション創造プログラム
Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program

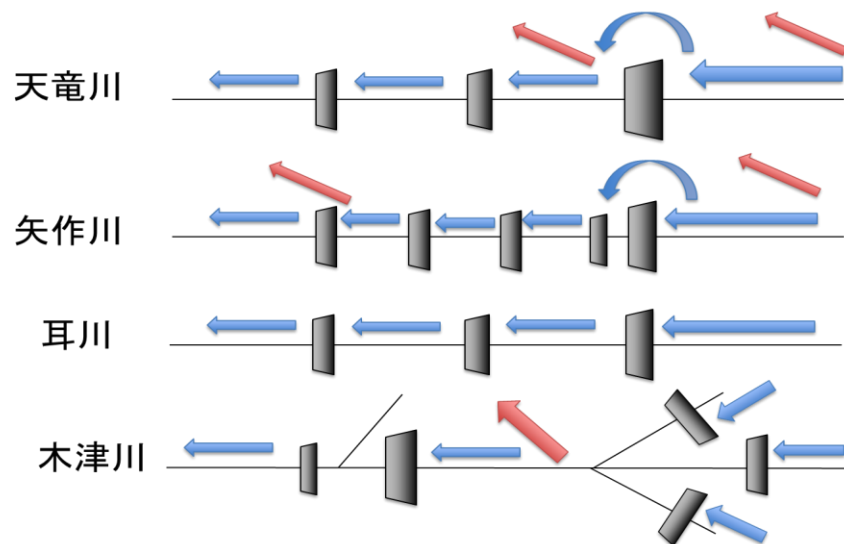


- **技術的課題**
 - 有効な対策オプションの選択
 - 排砂, 通砂, 土砂バイパス, 土砂還元 (置き土) など
 - ゲート改造・操作変更
 - ゲート改造, ゲート新設
 - 目標とする土砂収支, 粒径集団
- **環境課題**
 - 河床地形効果
 - 生態系効果
- **社会課題**
 - コスト分担, 越境課題
 - 下流の付加的な洪水リスク
- **操作／運用課題**
 - 降雨予測
 - ダムの統合操作

ICOLD 堆砂技術委員会テーマ



縦列ダムにおける土砂管理の類型

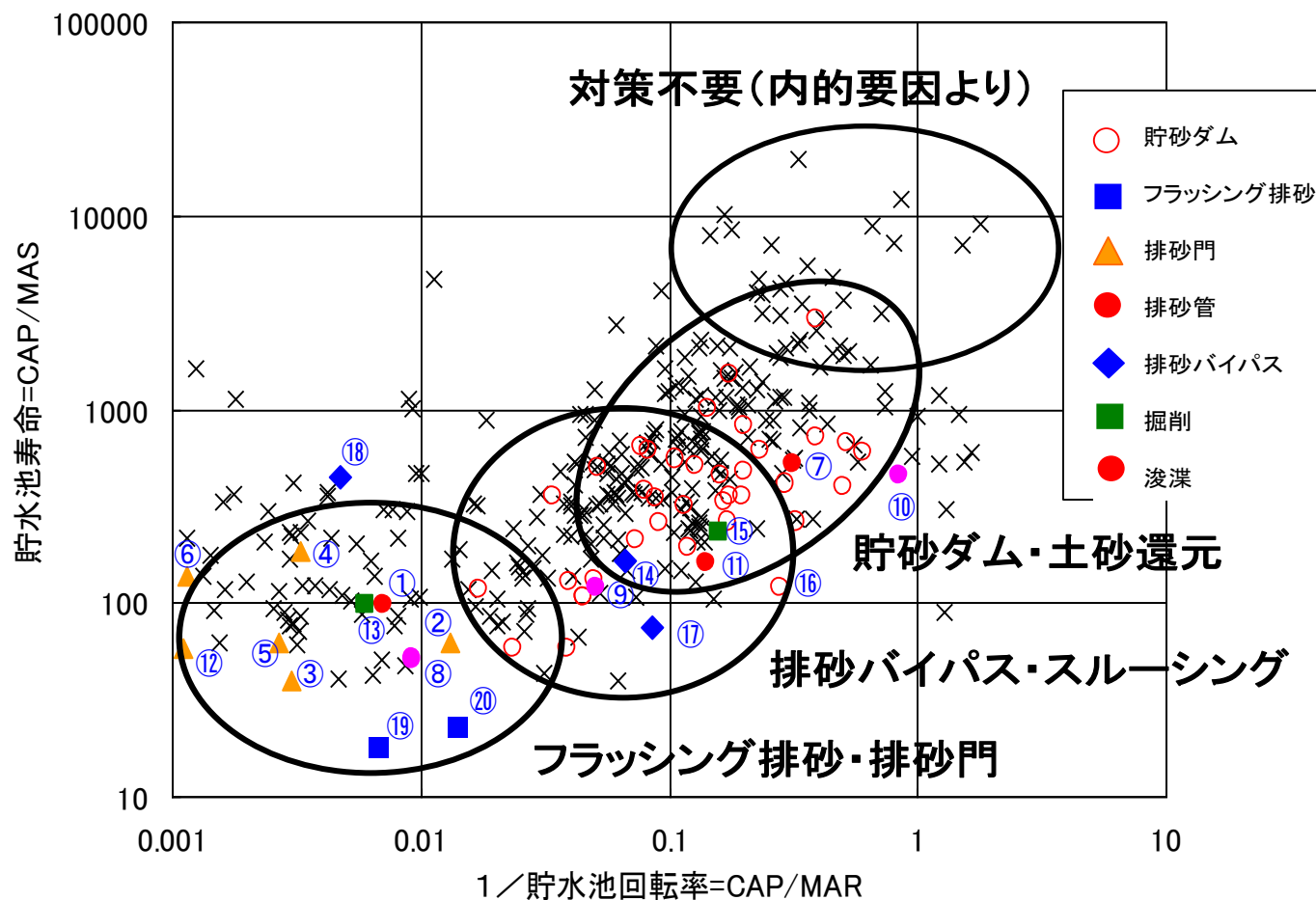


貯水池土砂管理の類型と土砂通過特性

分類		常時湛水	水位低下レベル	土砂通過頻度	土砂通過		適用例
					粗粒分	細粒分	
通常の貯水ダム		○	なし	なし	なし	ほぼなし	—
土砂還元 (置き土)		○	なし	数回／年	一部通過 (集中)	一部通過 (集中)	日本, フランス, スイス, カリフォルニア州
フラッシング排砂		○	全体	1回／年	通過 (集中)	通過 (集中)	黒部川(排砂), 中国, インド, イラン, 中南米 など
通砂 (スルーシング)		○	半分以上低下	数回／年	ほぼ通過 (やや集中)	通過 (分散)	耳川, 瀬戸石, 鯖石川, 黒部川(通砂)など
排砂 バイパス		○	なし	数回／年	ほぼ通過 (分散)	一部通過 (分散)	スイス, 日本(旭, 美和, 小渋, 松川など), 台湾 など
流水型 ダム		なし	全体	—	ほぼ通過 (自然)	通過 (自然)	日本, 米国, オーストリア, スイス など
ダム撤去		なし	—	—	通過	通過	荒瀬, 米国, フランス など

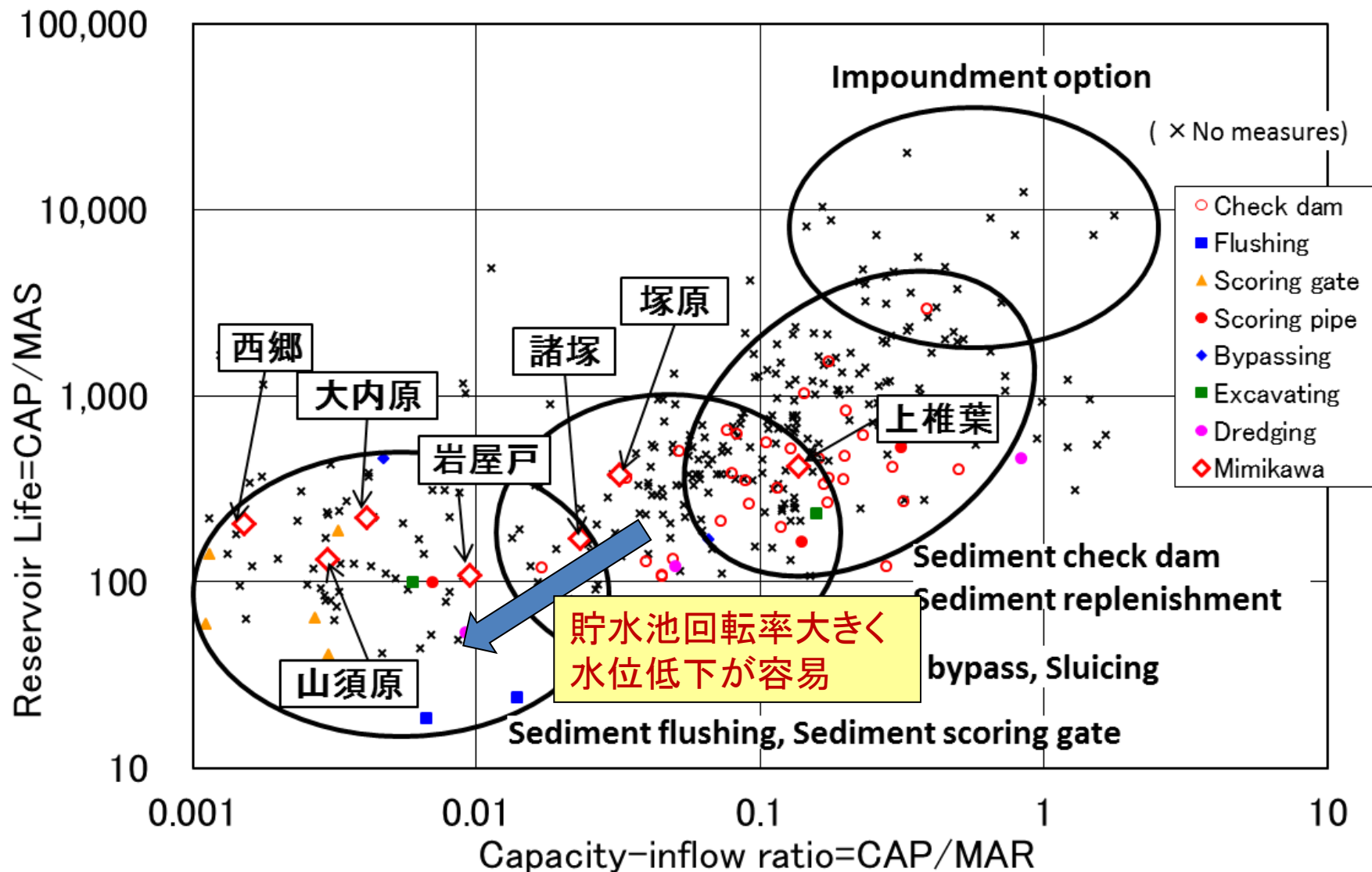
貯水池土砂管理をいかに選択するか

CAP: 総貯水容量, MAR: 年間総流入量, MAS: 年間総流入土砂量



1	大井	D, SP
2	千頭	SG
3	泰阜	SG, D, PF
4	笠置	SG, PF
5	大間	SG, PF
6	常盤	SG
7	三浦	SP
8	平岡	D, PF
9	佐久間	D
10	八久和	E, D
11	井川	SP, E, D, PF
12	山口	SG, PF
13	秋葉	E, D, PF
14	美和	B, E, D, CD
15	牧尾	E, D, CD
16	小洪	E, CD
17	松川	B, E, CD
18	旭	B
19	出し平	F
20	宇奈月	F
CD : 貯砂ダム		
F : フラッシング排砂		
PF : 洪水吐きフラッシング		
SG : 排砂門		
SP : 排砂管		
B : 排砂バイパス		
E : 陸上掘削		
D : 浚渫		

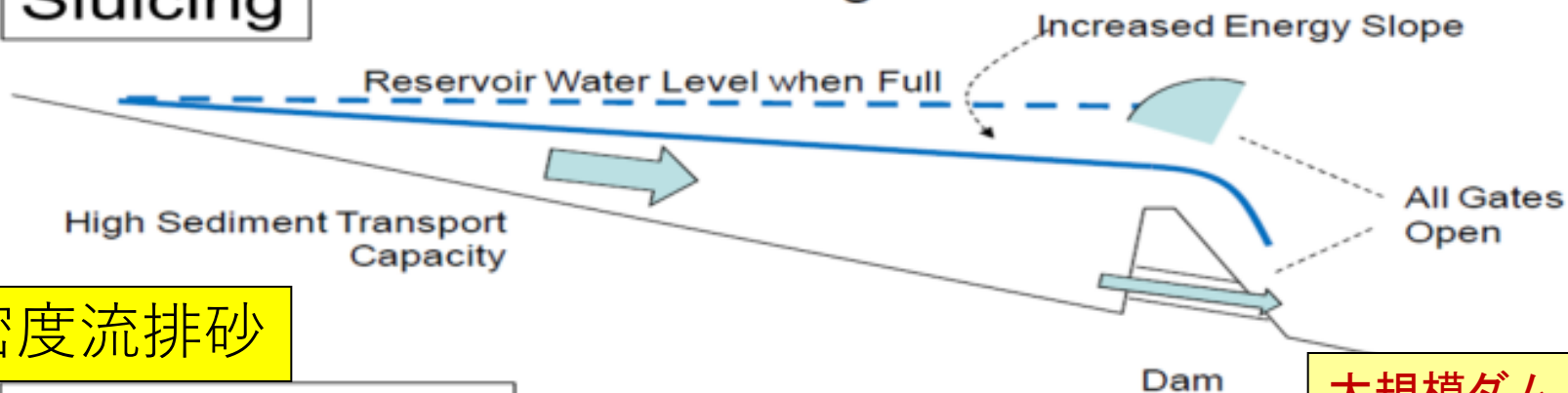
耳川水系ダム群の堆砂対策オプションの選択



通砂

Sluicing

Flood Discharge

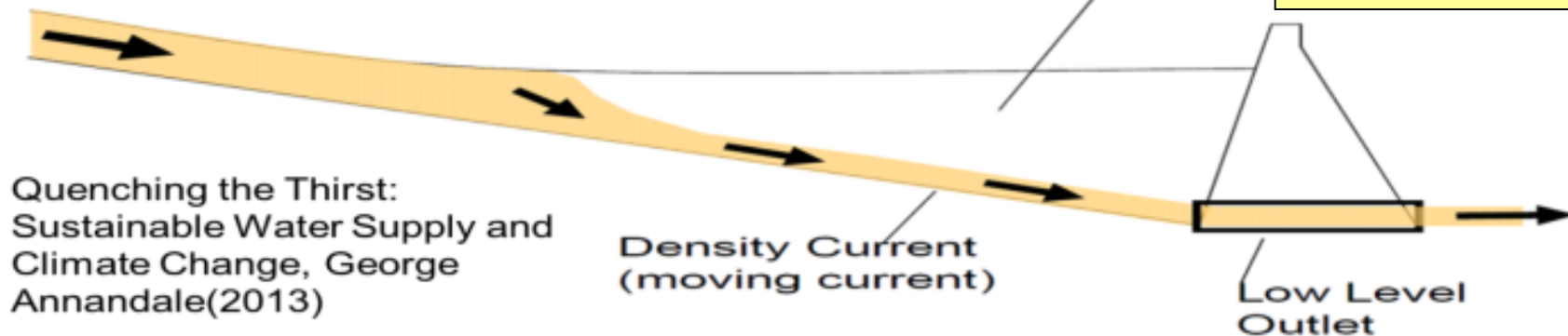


中規模ダム
一時的な水位低下により
粗粒土砂の通過可能性あり

密度流排砂

Density Current Venting

Concept



大規模ダム
水位低下が困難、
細粒土砂のみを通過

瀬戸石ダム（球磨川）のスルーシング検討（1/2）

洪水時の段階的な水位低下に伴う
通砂効果を評価（R2洪水含む）

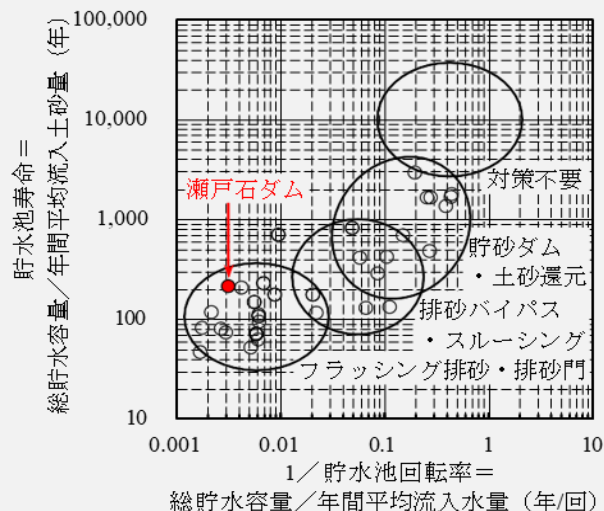


図-1 貯水池土砂管理手法の適用性

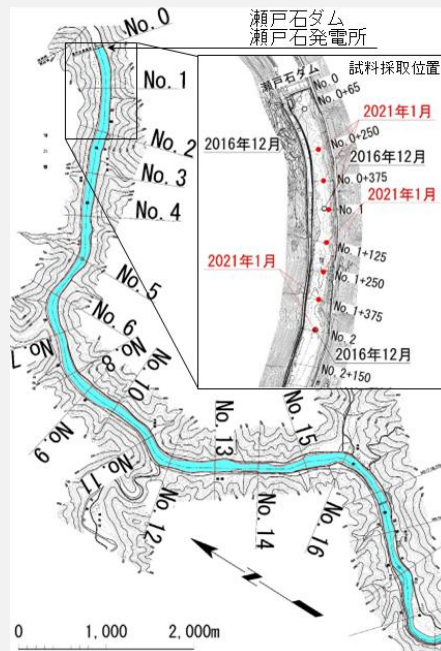


図-4 瀬戸石調整池 平面

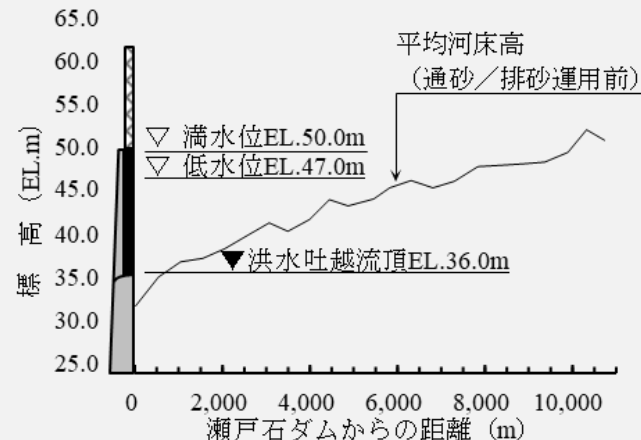


図-2 瀬戸石ダムと運用水位の関係

■ 年最大流量 ○ 堆砂量
● 堆砂量＋堆砂排除量 ▲ 堆砂排除量

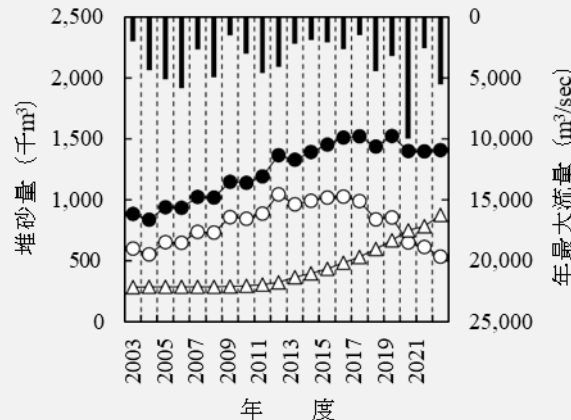


図-6 瀬戸石調整池の堆砂量推移

（堆砂量，堆砂排除量は累計値を示す）

森本・角（2024）：発電用ダムの通砂運用効果推定手法
の適用性と大規模出水における土砂動態特性の検討，
土木学会論文集 80 (16) 論文ID: 23-16086

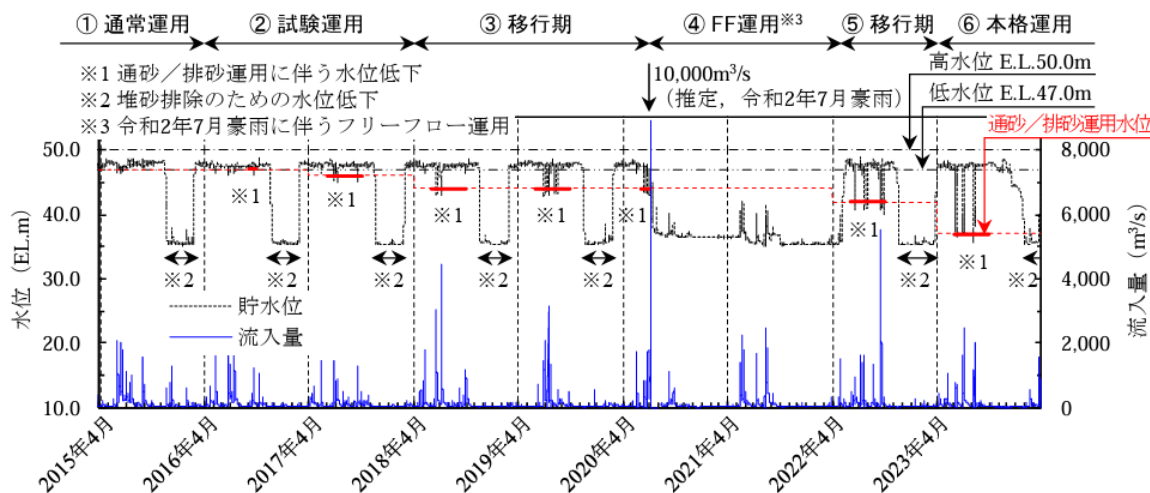


図-1 瀬戸石調整池の運用実績

瀬戸石ダム（球磨川）のスルーシング検討（2/2）

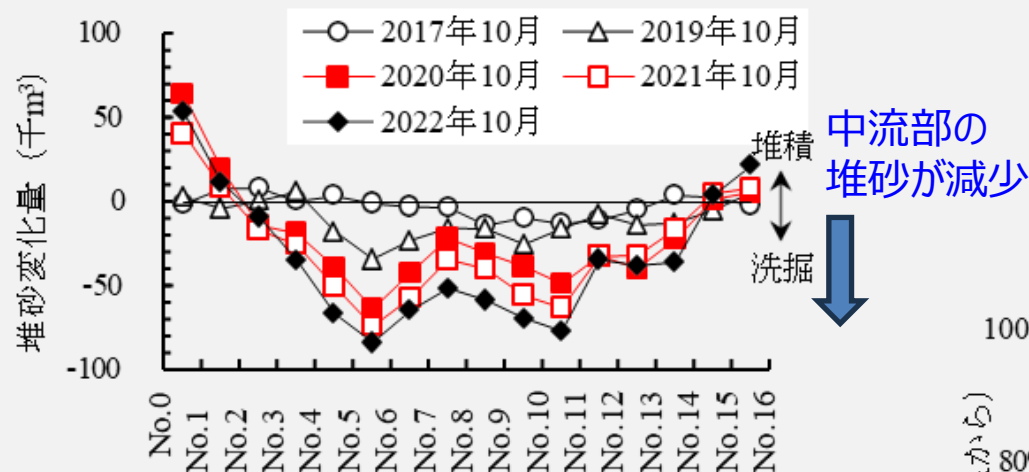


図-9 通砂／排砂運用前（2015年）に対する堆砂変化量

ダム直上流部の堆砂が粗粒化

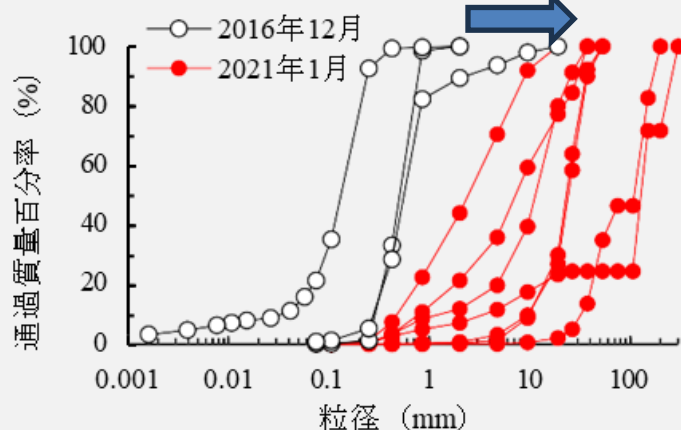


図-10 令和2年7月豪雨前後の粒度分布比較（No.0～2間）

水位低下により堆砂が再移動、細粒土砂のフラッシュと粗粒土砂との入れ替わり、動的な平衡状態

クレスト／河床水深比による通砂評価

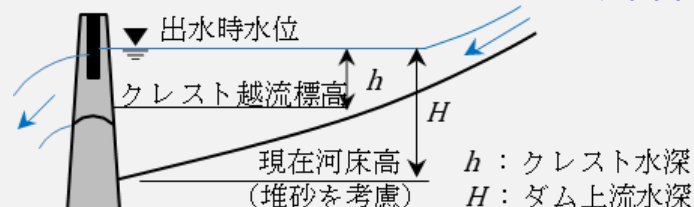


図-5 クレスト／河床水深比 (h/H) のイメージ⁴⁾

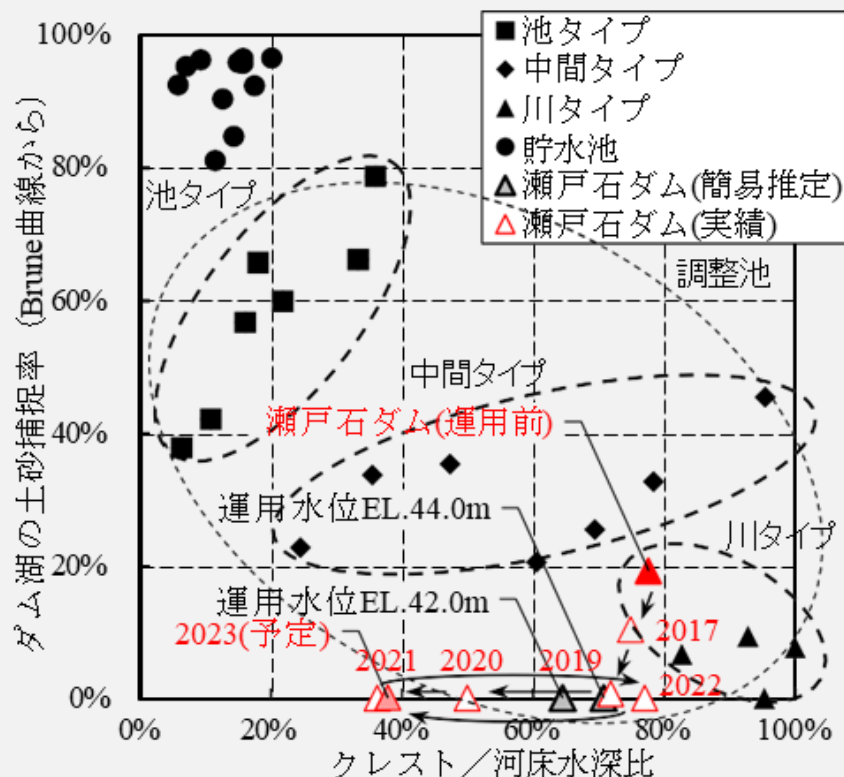


図-12 クレスト／河床水深比と土砂捕捉率の関係³⁾
(瀬戸石ダムにおける通砂／排砂運用実績との照合)

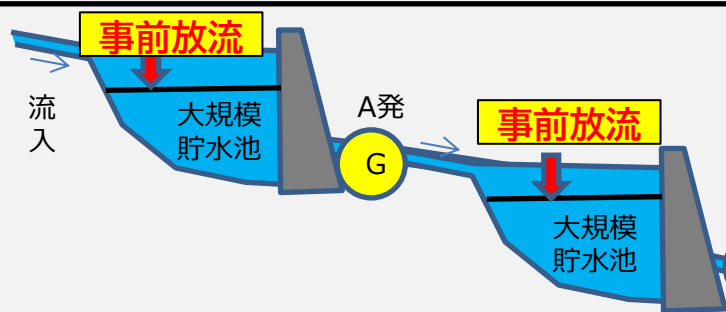
電力ダムの事前放流と堆砂対策（通砂）の強化

利水（電力）ダムの事前放流による治水機能強化

・台風による洪水流入を的確かつ早期に予測することで、河川の上流部の大型ダムの事前放流を拡大し、治水機能強化

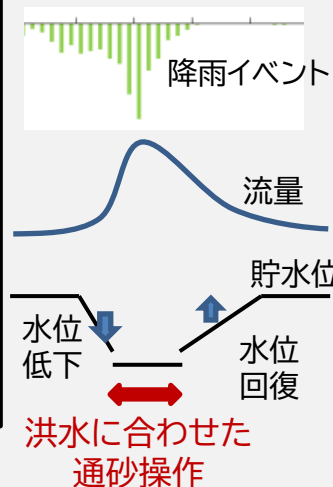
ダムの堆砂対策による治水対策および発電機能の強化

- ・洪水時にダム湖に大量の土砂が流れ込んで堆積すると、ダム湖上流部の河床が上昇し、**周辺の浸水リスクが高まる**
- ・土砂堆積の防止対策として、洪水時に貯水池を水位低下させて土砂を通過させる「**ダム通砂**」が有効。ただし、完全にダム湖を空にするために、早期の洪水予測と、通砂後の確実な貯水回復が鍵
- ・長時間アンサンブル予測は、ダムの通砂操作の確実な運用に貢献（**CNにとって重要な水力発電ダムの治水・利水機能の強化**）

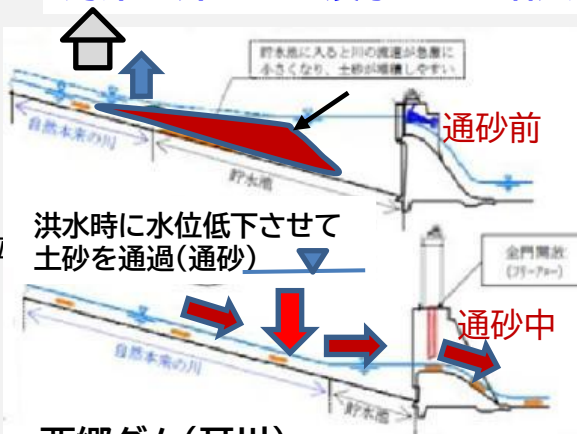


ダムの土砂堆積（堆砂）問題

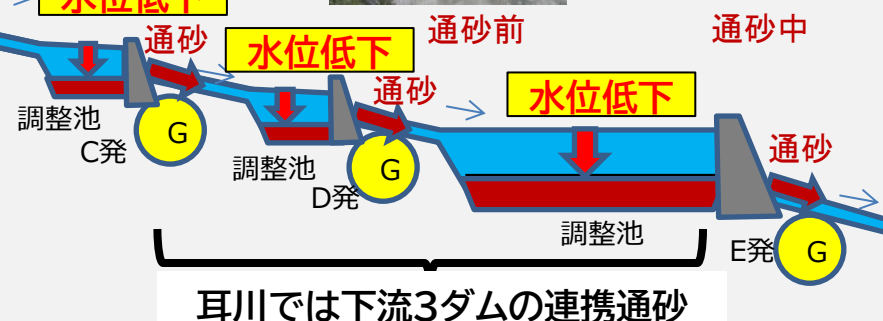
- ・ダム湖に堆積する土砂が年々増大
- ・堆砂増加により、**貯水量減少**、**ダム湖上流の浸水リスク増大**、水力発電障害、下流への土砂供給減少による環境劣化（海岸侵食など）が進行



ダム湖内の堆砂(土砂堆積)
→貯水容量喪失, 上流の
河床上昇による浸水リスク増大



西郷ダム(耳川)



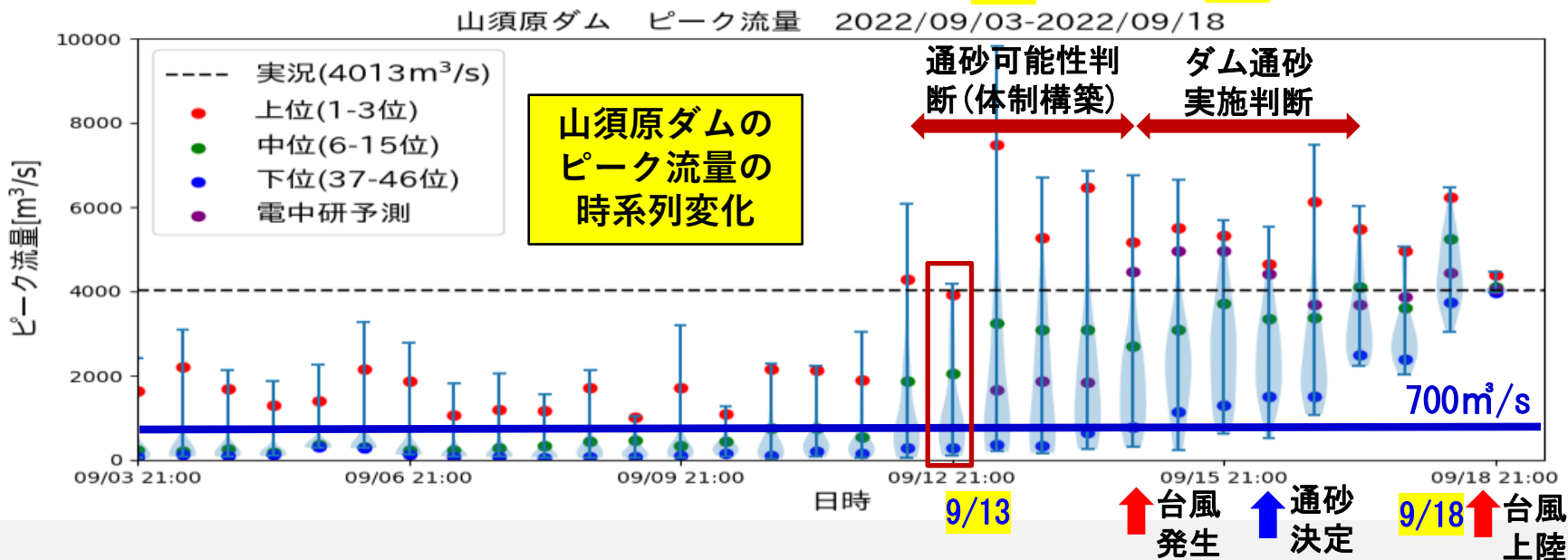
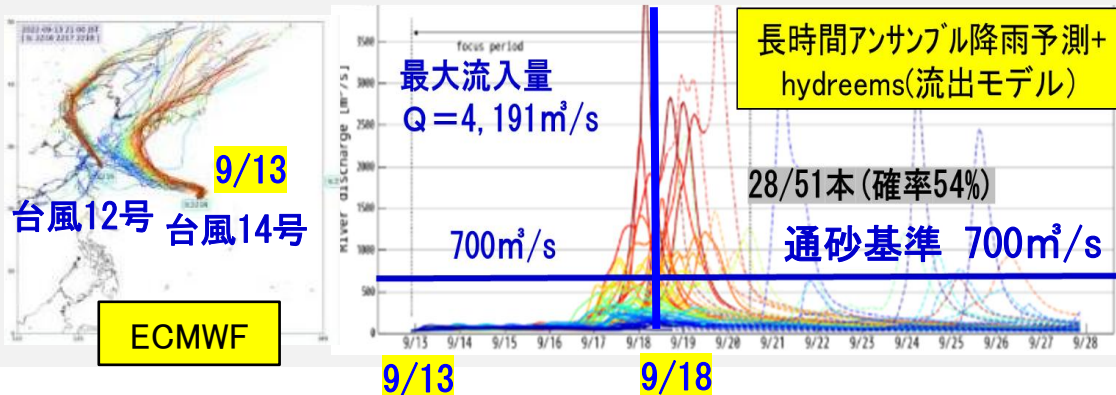
1週間先までの洪水規模を見通した洪水予測により、大規模上流ダムの事前放流と中・下流ダムの堆砂対策（通砂）を実現し、治水機能と利水機能（発電）を強化

2022年台風14号時の山須原ダムの通砂

＜研究成果＞ 台風進路の振れ幅が大きい中で、リードタイムが長く幅のある（アンサンブル）予測情報により、洪水発生（＝ダム通砂の実施判断）の可能性を確率的に把握することに成功（**早期の体制構築に有効**）

治水面では、水量（水位情報へ変換）や台風進路が見えることで、**地域住民の防災・減災意識の向上に有効**

- ・台風12号が発生する中、直前まで発生・接近が予測困難
- ・9/12～9/14(6～4日前)でダム通砂可能性判断(体制構築)
- ・9/15～9/16(3～2日前)でダム通砂の実施判断



電力ダムのダム再生に向けて（3つのSの向上）

- **大きな環境変化（異常洪水の頻発化、将来の気候変動影響、CN）**
 - 既設ダムの洪水調節機能の再評価が重要、将来は災害外力が増大
 - 電力ダムも治水協力（事前放流）を実施
 - ハイブリッドダム、流域総合水管理（治水×利水×環境）
- **ダム再生のすすめ（3つのS：安全性、高度運用、持続可能性）**
 - 安全性：ダム構造（堤体）、ゲート、洪水吐の放流能力
 - 高度運用：降雨・流出予測高度化、事前放流、発電高度運用
 - 持続可能性：堆砂対策（下流環境改善にも貢献、総合土砂管理）
- **では、どうするか？**
 - 長時間アンサンブル予測の活用：治水(多目的)ダムと一緒に、流域の貯留施設の最適利用（流域治水、CN、調整電源機能でも有効活用）
 - 堆砂対策を加速化（通砂、カスケード問題、河床地形（砂州）管理、河川維持土砂量、置き土の組み合わせも重要（練習版））
 - 流域内のダムの特性に応じた（洪水管理＋土砂管理）の導入
 - 長時間アンサンブル予測は、通砂による水位低下（トリガー情報）、確実な貯水量回復（空振り防止）にも有効

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。

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。
日本が持つ技術と経験は、世界に必要とされています。



ダム再生・流砂環境再生
技術開発プロジェクト



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

(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)ニュージェック、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)