



産学共同研究部門 設立記念シンポジウム  
2024.5.30



1

# 流域治水およびカーボンニュートラルに資する ダム再生技術の研究開発拠点 ～ダムを、「賢く」、「増やして」、「永く」使うために～

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

## 角 哲也 特定教授（京都大学名誉教授）

1985 京都大学大学院工学研究科修士課程修了  
建設省土木研究所 ダム部水工水資源研究室 主任研究員  
京都大学大学院工学研究科 助教授  
京都大学防災研究所 教授



## 有光 剛 特定准教授（関西電力(株)）

2007 大阪大学大学院工学研究科（博士後期課程）修了  
研究開発室 電力技術研究所 シニア・リサーチャー  
再生可能エネルギー事業本部 水力エンジニアリングセンター  
国内水力グループ 土木課長



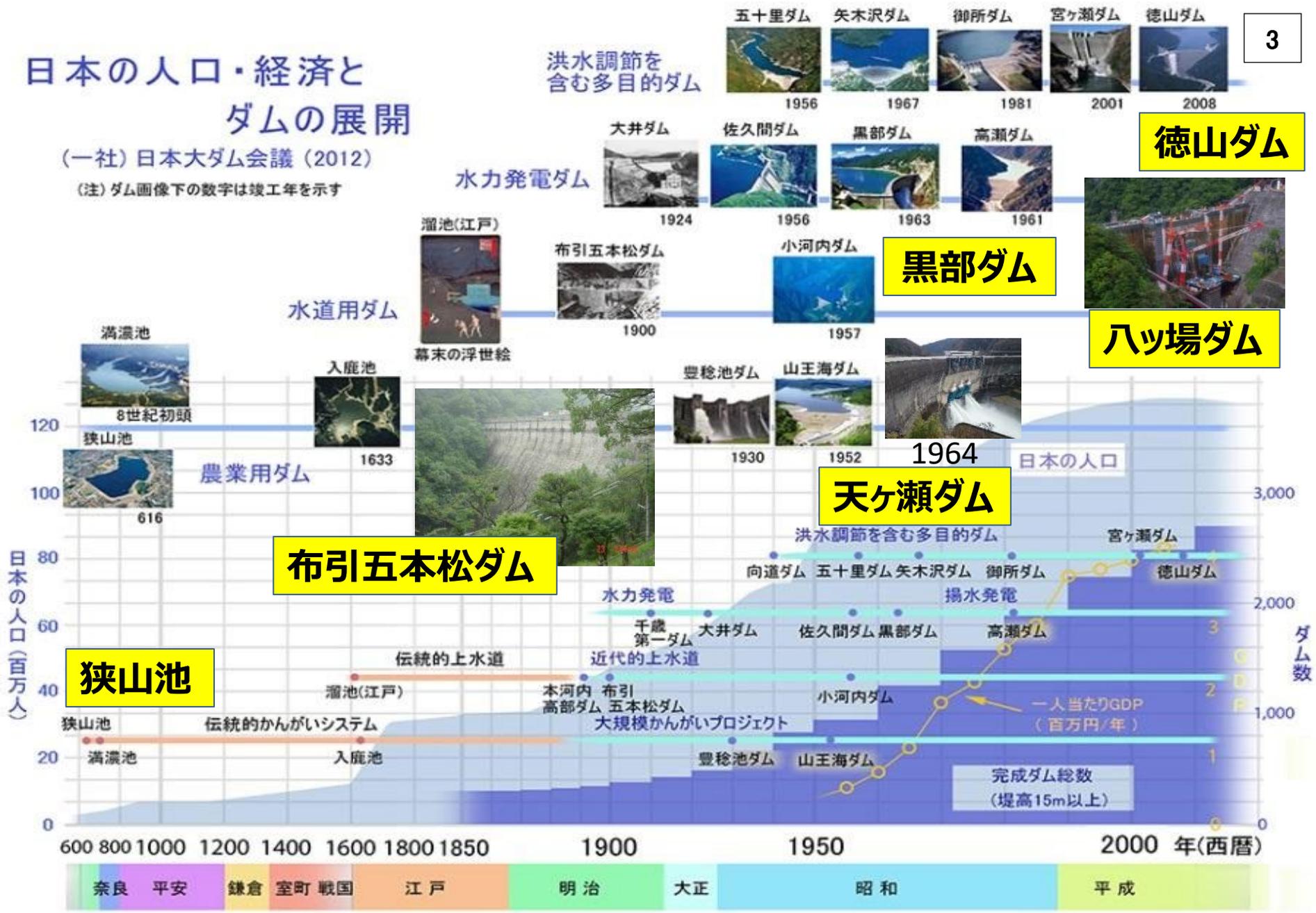
## 恩田 千早 特定准教授（電源開発(株)）

2019 京都大学大学院工学研究科（博士後期課程）修了  
スリランカ国アッパー・コトマレ水力事務所  
土木建築部 企画業務室 兼 人事労務部 人財開発室  
土木建築部 ダム再生推進室 室長代理



# 日本の人口・経済と ダムの展開

(一社)日本大ダム会議 (2012)  
(注) ダム画像下の数字は竣工年を示す



[データ] 人口: 「人口から読む日本の歴史」 鬼頭宏 2000年 GDP: 内閣府「国民経済計算年報」(2007年版) 完成ダム数: 「ダム便覧」(財)日本ダム協会 による

# ダムをめぐる社会情勢

H30(2018) 西日本豪雨  
R1(2019) 東日本台風  
R2(2020) 球磨川水害

洪水時操作（緊急放流）  
守られている社会  
限界を超える場合  
の情報発信

水力発電は重要な  
国産再生可能  
エネルギー  
あって当たり前  
になっていないか？

ダムに対  
する過信  
と不信

降雨激化  
気候変動

防災 &  
カーボン  
ニュートラ  
ル

インフラ  
老朽化  
持続的  
管理

## ダム再生の目指すところ

洪水調節機能の向上と  
再エネ（水力）拡大

ダムの長寿命化と  
環境対策

永く、賢く、  
増やして使う

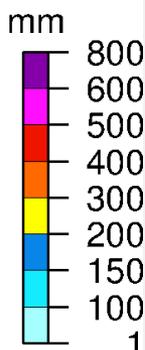
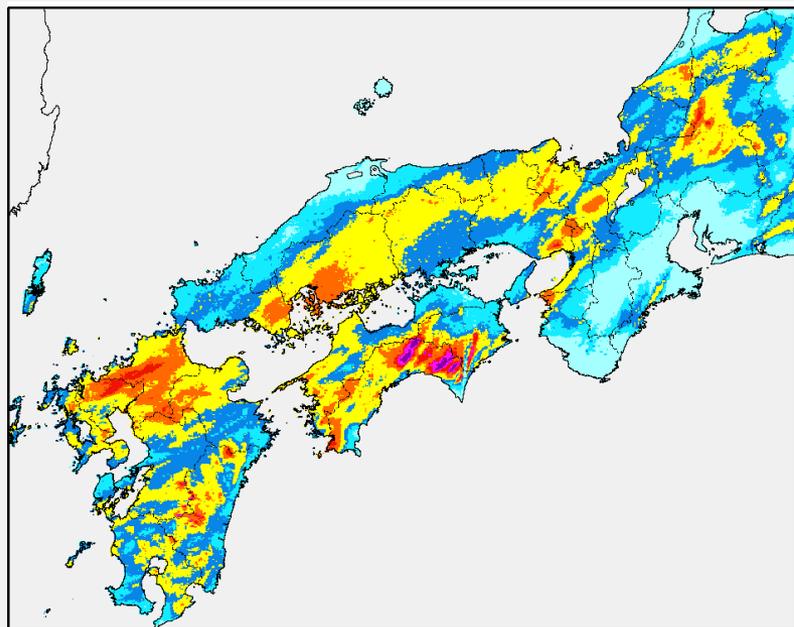
グリーンなダムに

### 菅首相施政方針演説（2021.1.18）

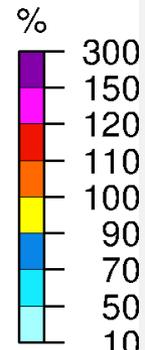
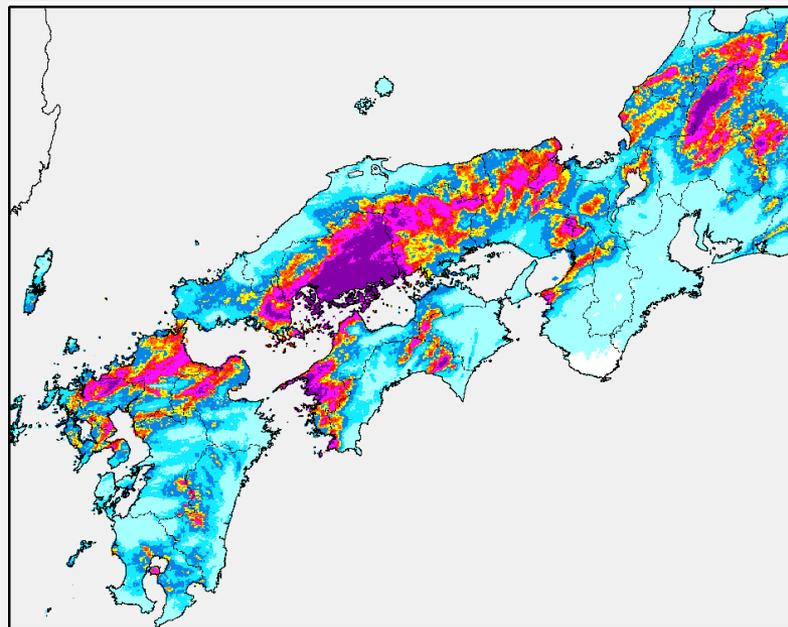
- ・ 災害対策・国土強靱化 → 大雨予測の精緻化、ダムの事前放流
- ・ グリーン社会の実現 → デジタル技術によりダムの発電を効率化

# 平成30年7月（西日本）豪雨（2018）

## 24時間雨量最大値



## 24時間雨量既往最大比



最大24時間雨量集計期間：2018年6月28日0時～7月9日0時  
既往最大値：2006年5月～2018年6月の最大値

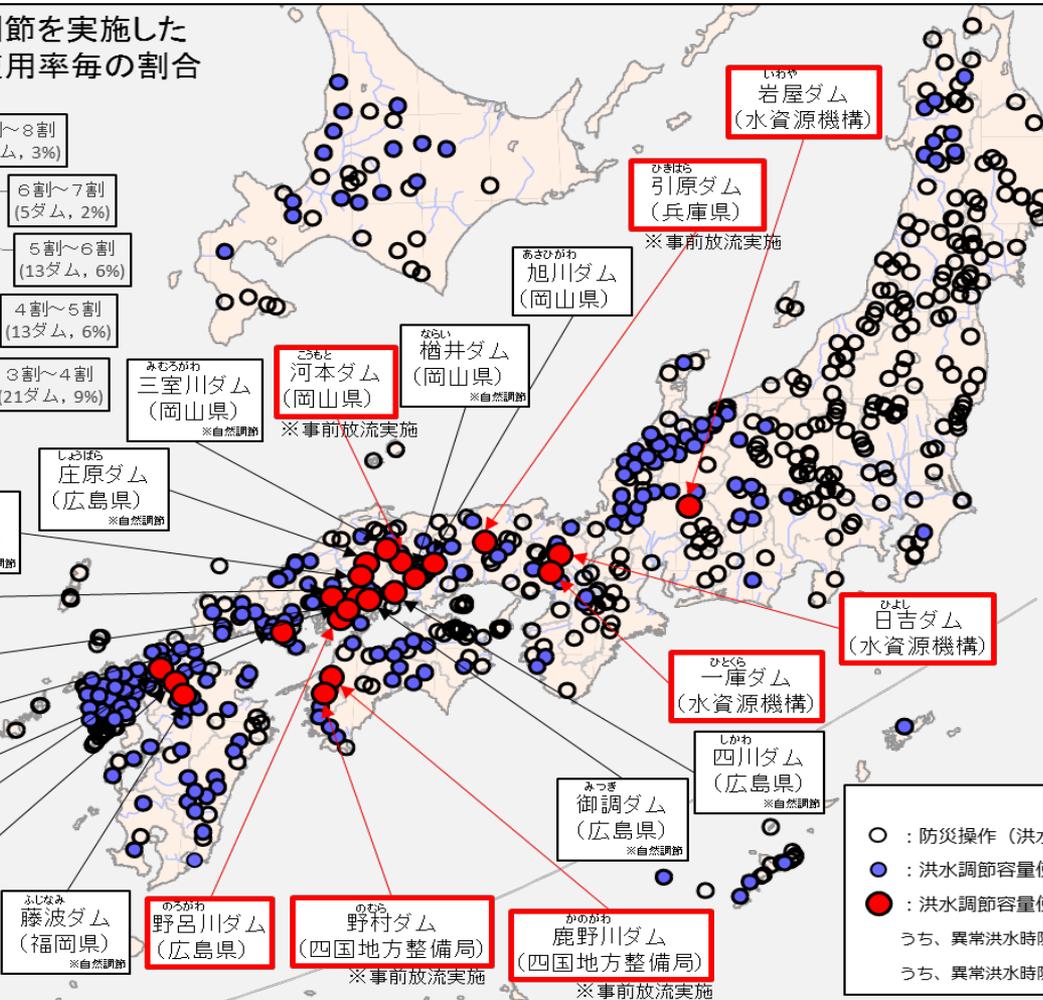
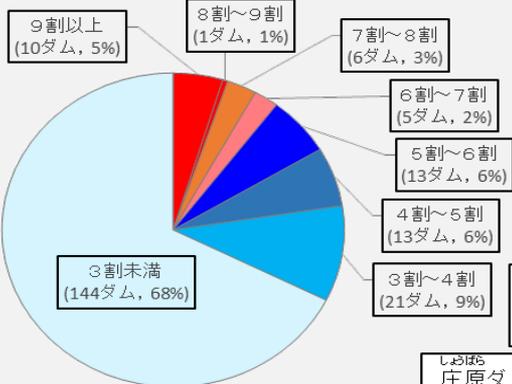
提供：日本気象協会

24時間雨量の最大値と既往実績との倍率は有効  
100%以上、150%程度に達すると大きな災害発生  
24時間雨量が大きくても既往実績が大きい流域は大きな災害にならない（インフラ整備済）

## 平成30年7月豪雨におけるダムの状況や特徴

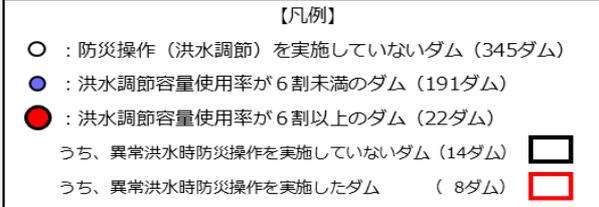
○平成30年7月豪雨で洪水調節を行った213ダムのうち、22ダムは洪水調節容量の6割以上を使用。

平成30年7月豪雨で洪水調節を実施した213ダムの洪水調節容量使用率毎の割合



### <22ダムの特徴>

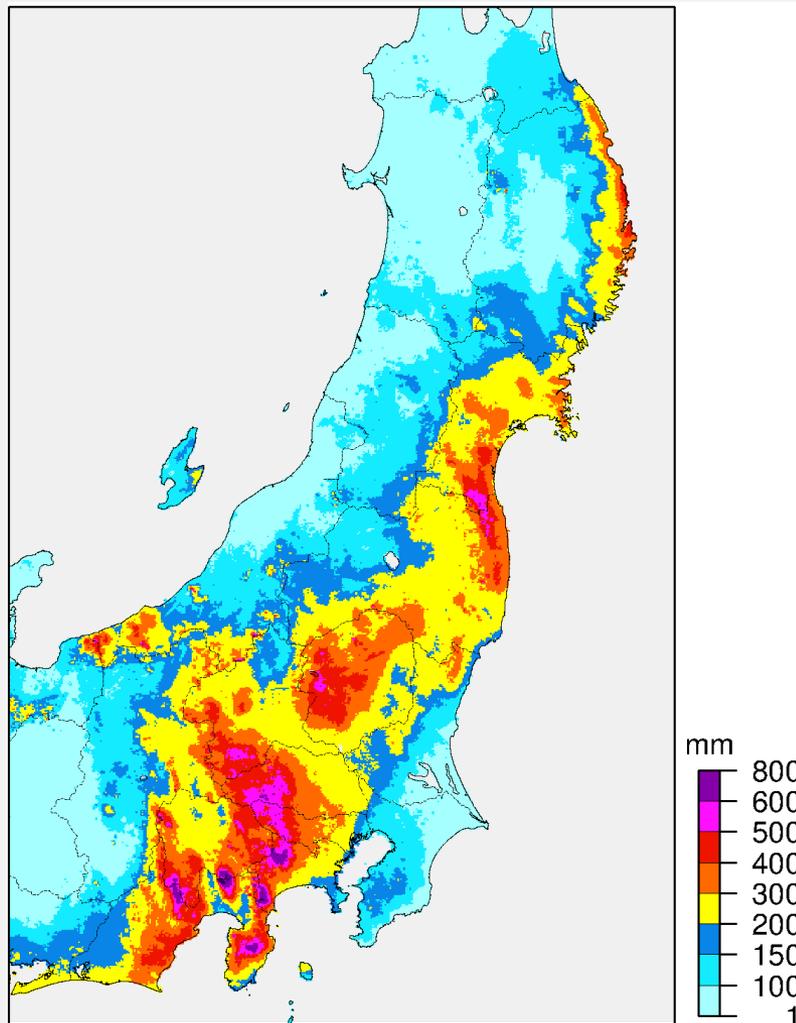
- 長時間にわたる降雨による複数のピーク流量を形成する洪水により、洪水調節容量を長時間にわたり使用し続けたダム。
- 急激な降雨の増大による鋭いピーク流量を形成する洪水により、洪水調節容量を短時間で一気に使用したダム。
- 事前放流を実施してもなお洪水調節容量を使い切り、異常洪水時防災操作へ移行したダム。
- 下流河川の流下能力等に応じた暫定的な操作規則において、洪水調節容量を使い切り、異常洪水時防災操作へ移行したダム。



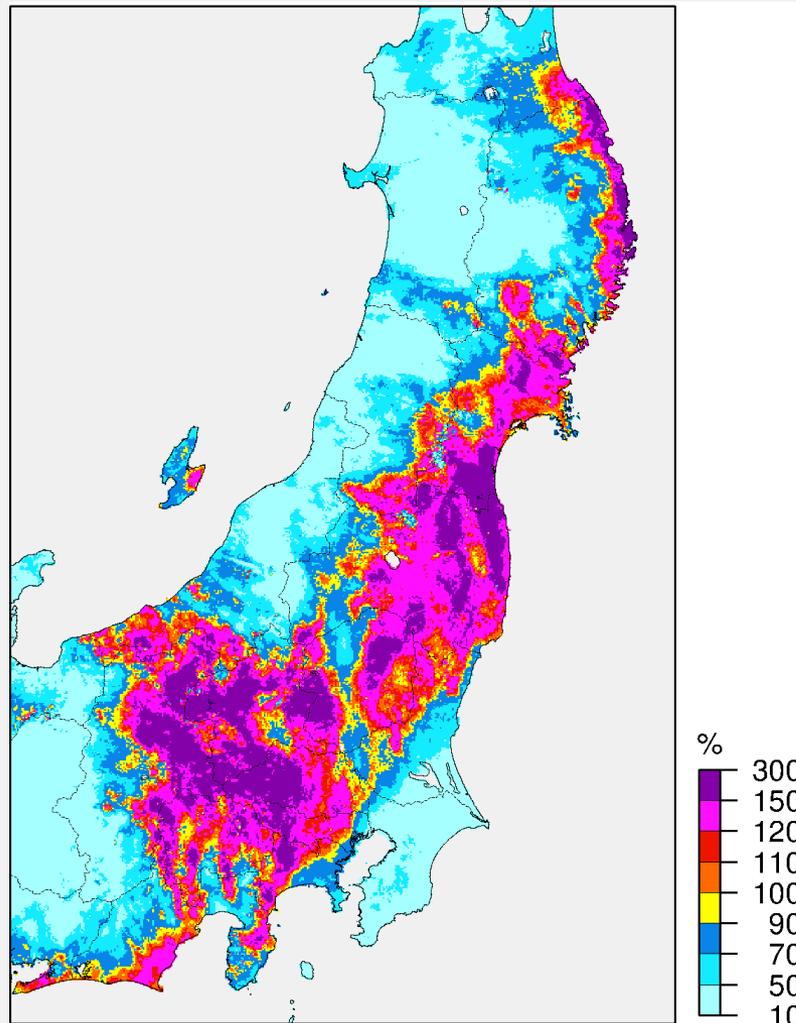
※本資料に掲載した数値は速報値であるため、今後の精査等により変わる場合があります

# 令和元年東日本台風（第19号）（2019）

## 24時間雨量最大値



## 24時間雨量既往最大比

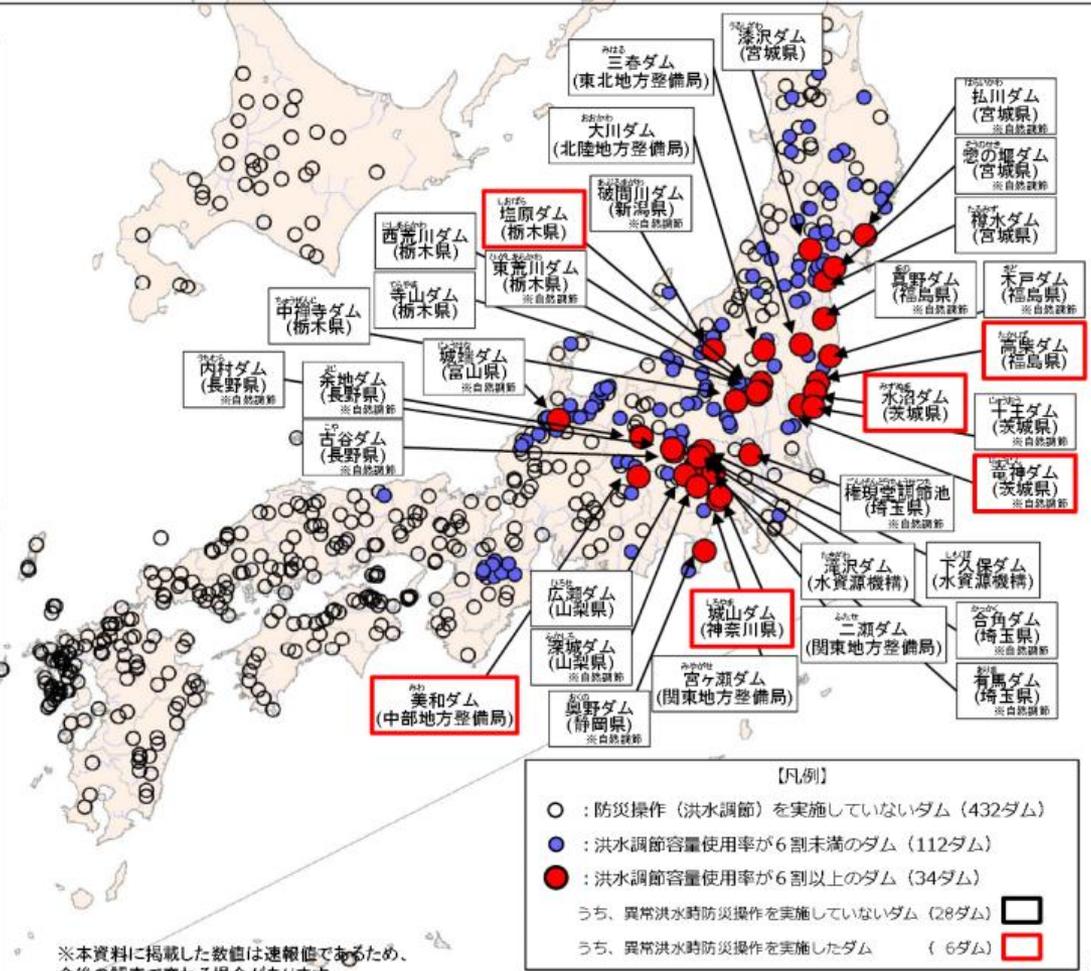
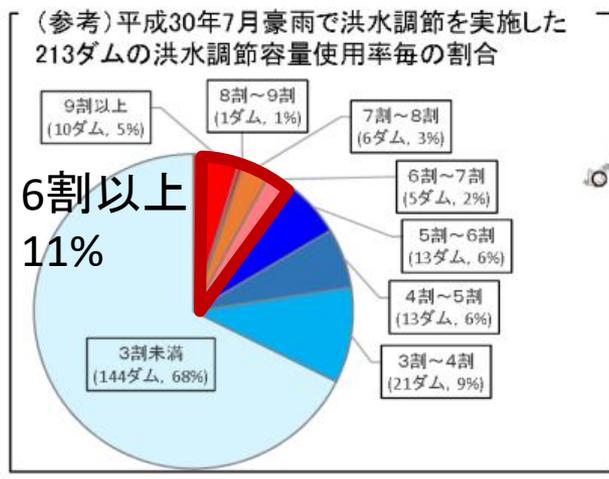
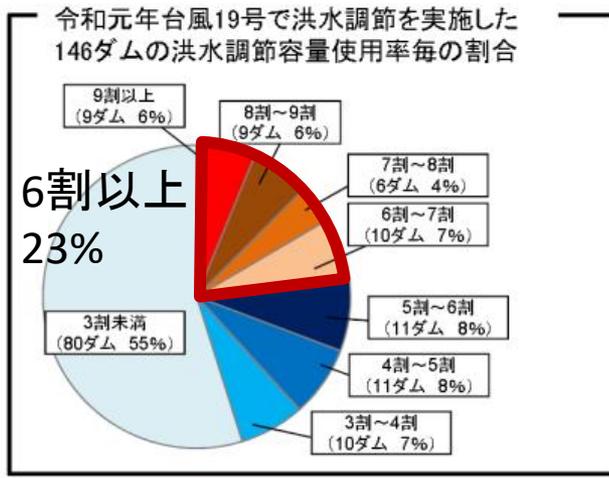


最大24時間雨量集計期間：2019年10月3日0時～10月14日0時  
既往最大値：2006年5月～2019年9月の最大値

提供：日本気象協会

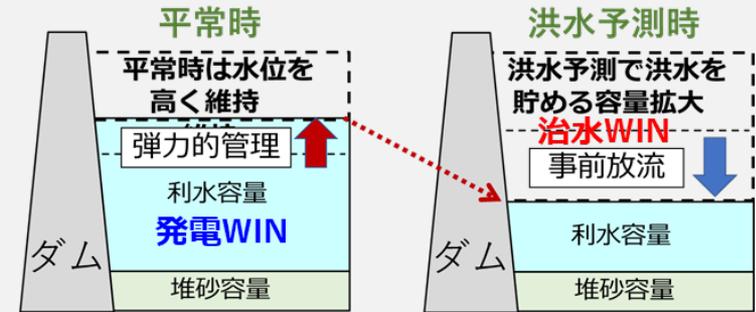
出典：国土交通省

○令和元年台風第19号において、国土交通省所管ダムでは、146ダムで洪水調節を実施。  
○このうち、34ダムは洪水調節容量の6割以上を使用。異常洪水時防災操作に移行したダムは6ダム。

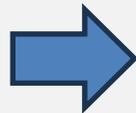


平成30年7月西日本豪雨に比べて、洪水調節容量を6割以上貯留したダムが多い（34＞26）  
その割に、異常洪水時防災操作に移行したダムは少ない（6＜8）  
出典：国土交通省

- 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」

# ダムの資産を次世代に良好につなぐために

治水  
利水（上水・農水・  
工水・発電等）

ダムは水を貯める器  
社会のニーズに応じて  
適応・再編可能  
水利権・コスト  
アロケーション

利水ダムの治水  
貢献(事前放流)

ダム本体  
コンクリート・ロックフィル  
ゲート設備（鋼構造物）  
機械設備（開閉装置）  
電気設備（ダムコン）

ダム堆砂  
ダム湖水質  
生物の縦断連続性

構造的  
安定性

持続可能  
なダムの  
条件

社会的  
適合性

環境  
適合性

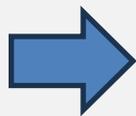
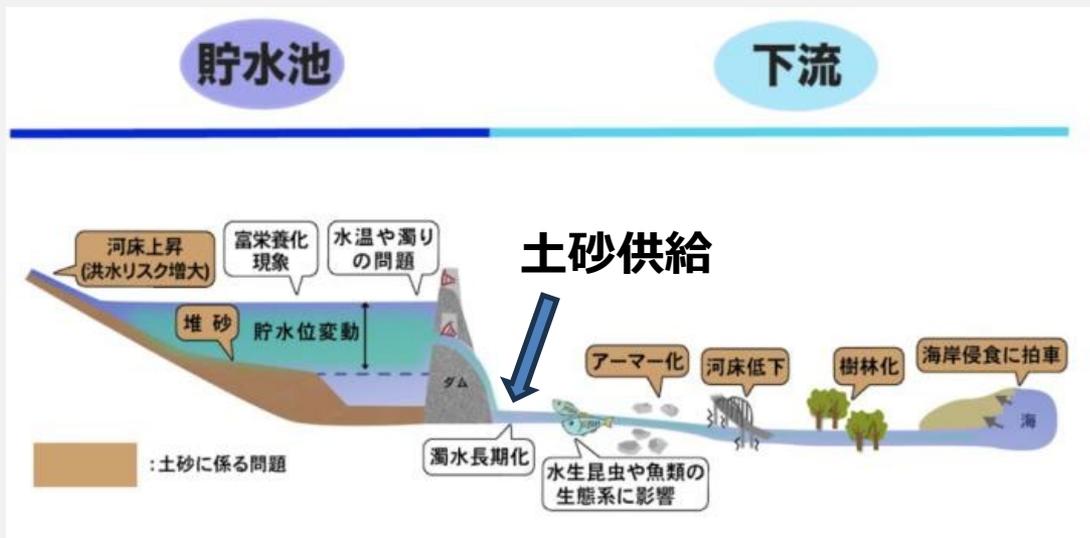
ダムの体力（外力増大に対する耐力（気候変動・地震））  
ダムの健康度（経年劣化（ダム堆砂など））

ダムのアセットマネジメント

- 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」

- **河道の変化**
  - 砂州の固定化, 滞(みお)筋の深掘れ
  - 河床の低下
  - 河道内の樹林化
- **河床材料の変化**
  - アーマー化(河床材料の粗粒化)
  - 細かい空隙の減少(目詰まり)
  - 河床材料の固化
- **ダム湖由来有機物の流下が増加**
  - 礫表面の付着層の発達

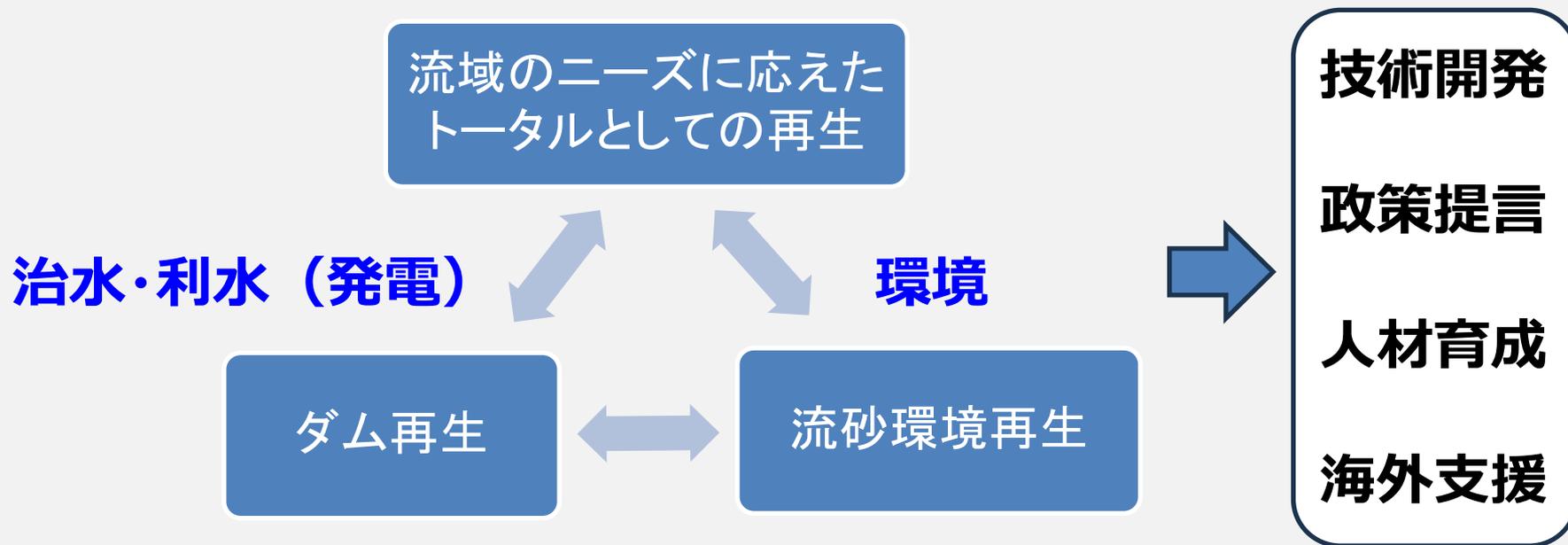


- 河川流域では、ダム建設のみならず、砂防ダムや、かつて盛んに行われた砂利採取などにより土砂の連続性が大きく低下
  - 海岸浸食や河川環境が劣化（河道内樹林化、魚類生息場・産卵場減少）
  - 現状評価を行い、土砂収支をバランスさせる仕組みが必要



流砂系：河川から海岸までを含めた土砂が流れる系をまとめたもの

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。



関西電力株式会社、電源開発株式会社、中部電力株式会社、九州電力株式会社、株式会社建設技術研究所、株式会社ニュージェック、西日本技術開発株式会社、一般財団法人水源地環境センター(WEC)、一般財団法人ダム技術センター(JDEC)



ダム再生・流砂環境再生  
技術開発プロジェクト



京都大学



関西電力

power with heart



中部電力



九州電力



株式会社 建設技術研究所



ダム技術センター  
Japan Dam Engineering Center

# 「流域治水」 および 「ハイブリッドダム」

- ・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 氾濫をできるだけ防ぐ・減らすための対策**

**雨水貯留機能の拡大** 集水域  
 [国・市町村、企業、住民]  
 雨水貯留浸透施設の整備、ため池等の治水利用

**流水の貯留** 河川区域  
 [国・県・市町村・利水者]  
 治水ダムの建設・再生、利水ダム等において貯留水を事前に放流し洪水調節に活用

[国・県・市町村]  
 土地利用と一体となった遊水機能の向上

持続可能な河道の流下能力の維持・向上  
 [国・県・市町村]  
 河床掘削、引堤、砂防堰堤、雨水排水施設等の整備

**氾濫水を減らす**  
 [国・県]  
 「粘り強い堤防」を目指した堤防強化等

**② 被害対象を減少させるための対策**

リスクの低いエリアへ誘導/  
 住まい方の工夫  
 [国・市町村、企業、住民]  
 土地利用規制、誘導、移転促進、不動産取引時の水害リスク情報提供、金融による誘導の検討

**氾濫域**  
 浸水範囲を減らす  
 [国・県・市町村]  
 二線堤の整備、自然堤防の保全

**流域治水に貢献するダム運用高度化**



**③ 被害の軽減、早期復旧・復興のための対策**

**土地のリスク情報の充実** 氾濫域  
 [国・県]  
 水害リスク情報の空白地帯解消、多段階水害リスク情報を発信

**避難体制を強化する**  
 [国・県・市町村]  
 長期予測の技術開発、リアルタイム浸水・決壊把握

**経済被害の最小化**  
 [企業、住民]  
 工場や建築物の浸水対策、BCPの策定

**住まい方の工夫**  
 [企業、住民]  
 不動産取引時の水害リスク情報提供



**ダム運用高度化のイメージ** ハイブリッドダム

**治水・利水容量を明確に区分・運用**

ダム  
 洪水調節容量  
 利水容量

予測技術の活用  
 雨量予測 + ダム流入量予測

**治水機能の強化**  
 洪水を貯めることができる空間が増える  
 気候変動への適応

**予測を活用した柔軟な運用**

大雨が降ると予測される時は水位を下げる  
 水力発電の推進

晴天が続くと予測される時は水位を上げる  
 水力発電に使える水量が増える  
 気候変動の緩和

**気象予測を活用したダム運用高度化(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

## ダム再生の発展・加速に向けた方策

これまで実施してきた取組をより一層加速し、ダム再生を推進する上での課題を踏まえ、ダム再生を発展・加速

### (1) ダムの長寿命化

- ◆ 堆砂状況等に応じた対策の推進、新たな工法の導入検討
- ◆ 複数ダムが設置されている水系において、工事中の貯水機能の代替として他ダムの活用を検討
- ◆ 長寿命化計画の策定・見直し、機械設備等の計画的な保全対策

### (2) 維持管理における効率化・高度化

- ◆ 維持管理の高度化に必要な設備等の建設段階での設置を標準化
- ◆ i-Constructionの推進により、建設生産システムの効率化・高度化を図り、建設段階の情報を維持管理で効果的・効率的に活用
- ◆ 水中維持管理用ロボット、ドローン、カメラ等を用いた点検の推進
- ◆ 不測の事態における操作の確実性向上等へ遠隔操作の活用を検討

### (3) 施設能力の最大発揮のための柔軟で信頼性のある運用

- ◆ ダム湖への流入量予測精度向上等の技術開発・研究
- ◆ 洪水調節容量の一部を利水に活用するための操作のルール化に向けた総点検
- ◆ 複数ダム等を効果的・効率的に統合管理するための操作のルール化の検討

### (4) 高機能化のための施設改良

- ◆ 施設改良によるダム再生を推進する調査に着手
- ◆ ダム洪水調節機能を十分に発揮させるため、流下能力不足によりダムからの放流の制約となっている区間の河川改修等の重点的実施
- ◆ 放流能力を強化するなどのダム再開発と河道改修の一体的推進
- ◆ 代行制度を創設し、都道府県管理ダムの再開発を国等が実施
- ◆ 「ダム再開発ガイドライン（仮称）」の作成、各種技術基準の改定等
- ◆ 施設改良にあたって比較的早い段階から関係団体と技術的意見交換
- ◆ ダム群再編・ダム群連携の更なる推進、複数ダムが設置されている水系において、工事中の貯水機能の代替として他ダムの活用を検討
- ◆ 既存施設の残存価値や長寿命化による投資効果の評価手法の研究
- ◆ ダム管理の見える化、リスクコミュニケーション

### (5) 気候変動への適応

- ◆ 事前放流や特別防災操作のルール化に向けた総点検
- ◆ 事前放流等で活用した利水容量が十分に回復しない場合における利水者への負担のあり方の検討、利水者等との調整
- ◆ ゲートレスダムにゲートを増設するなどの改良手法や運用方法の検討
- ◆ 将来の再開発が容易に行えるような柔軟性を持った構造等の研究
- ◆ 計画を超える規模の渇水を想定した対応策の研究
- ◆ 洪水貯留パターンなど長期的変化への適応策の研究

### (6) 水力発電の積極的導入

- ◆ 治水と発電の双方の能力を向上させる手法等の検討や、洪水調節容量の一部を発電に活用するための操作のルール化に向けた総点検
- ◆ 「河川管理者と発電事業者の意見交換会（仮称）」の設置
- ◆ ダム管理用発電、公募型小水力発電の促進、プロジェクト形成支援

### (7) 河川環境の保全と再生

- ◆ 河川環境改善に関する施策について、効果の検証と河川環境の更なる改善手法の調査・研究
- ◆ 総合的な土砂管理を推進する体制の構築

### (8) ダムを活用した地域振興

- ◆ 既存制度の運用改善の検討、水源地域活性化のための取組推進
- ◆ 水力エネルギーの更なる活用が地域活性化に活かされる仕組の検討

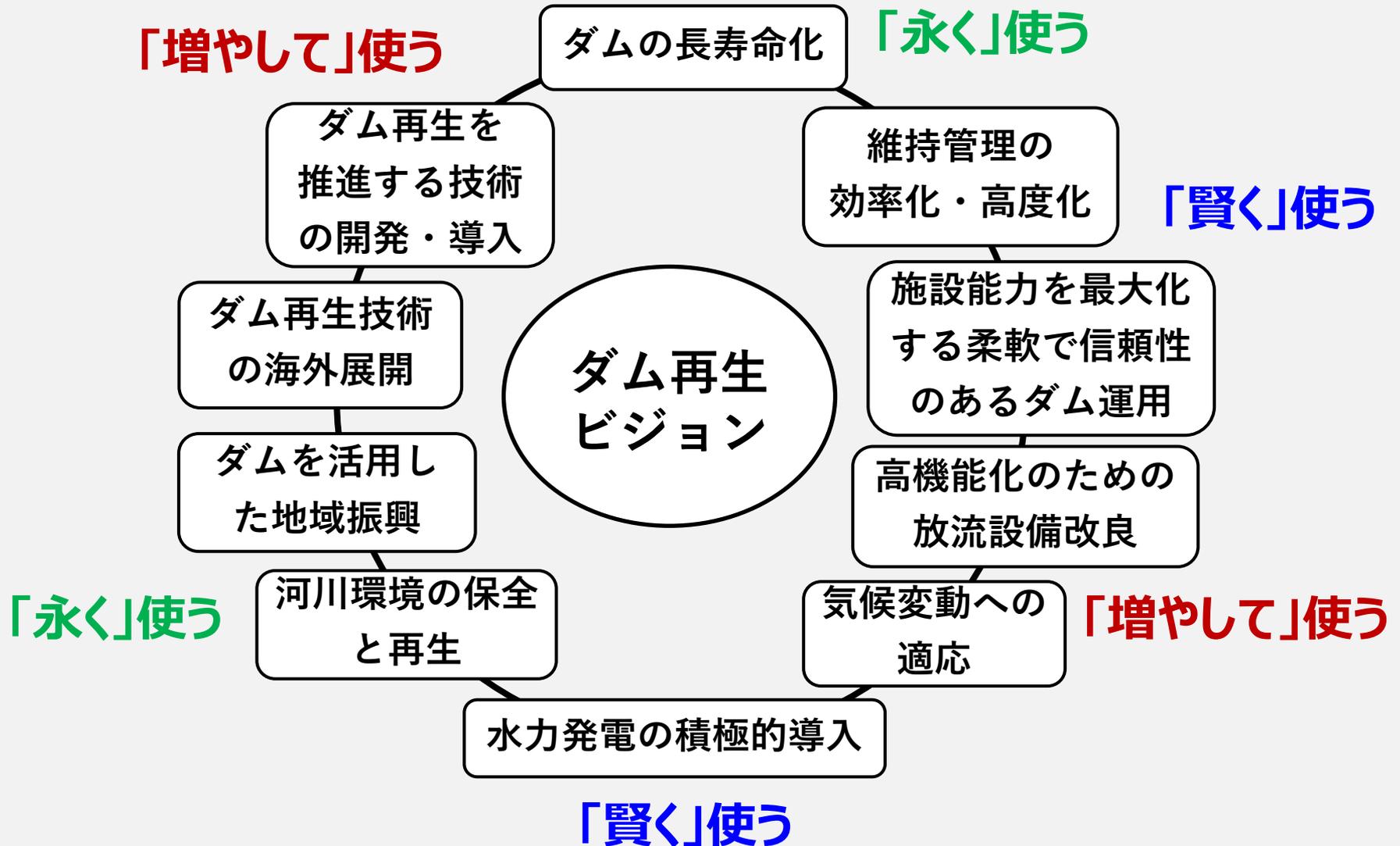
### (9) ダム再生技術の海外展開

- ◆ ダム改造技術や堆砂対策技術などダム再生技術の海外展開
- ◆ 既存組織の活用や制度の拡充を含めた推進体制構築の検討

### (10) ダム再生を推進するための技術の開発・導入

- ◆ 先端的な技術の開発・導入、官民連携した技術開発の推進
- ◆ 他分野を含め最新技術の積極的導入
- ◆ 人材確保・育成、技術継承などのあり方、大学等との連携を検討

# ダム再生のコンセプト



# ダム再生の技術

- **ソフト対策（賢く使う）**

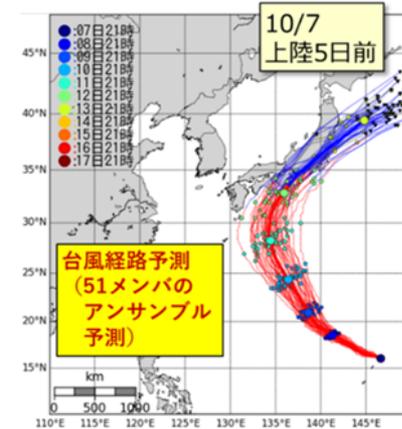
- **最新の気象予測を用いた降雨・流量予測手法の高度化（長時間アンサンブル降雨予測）**

- **（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）**

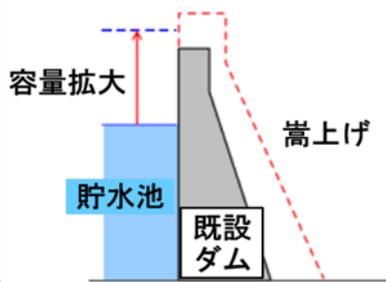
- **既設ダムの嵩（かさ）上げ**
  - **（効果）洪水調節容量の増大**
  - **放流設備の増設，放流トンネルの増設**
  - **（効果）洪水調節容量の有効活用**

2019年台風19号時の長時間アンサンブル予測

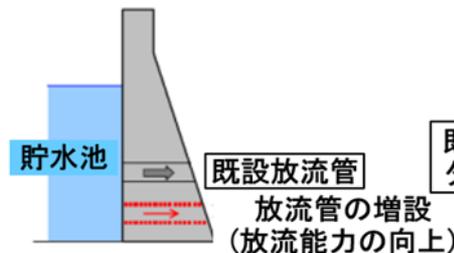


- 堤体嵩（かさ）上げ → 洪水調節容量増大
- 放流設備強化など
  - ・ 低い貯水位で大きな放流が可能 → 洪水ピークカットのための容量が温存可能
  - ・ 洪水初期に無駄に貯水しない

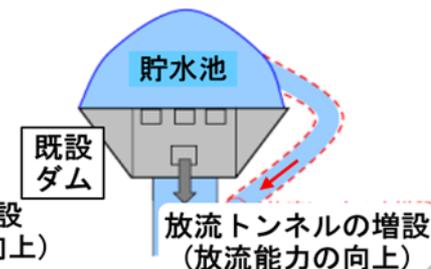
既設ダムの嵩上げ  
（容量の増大）

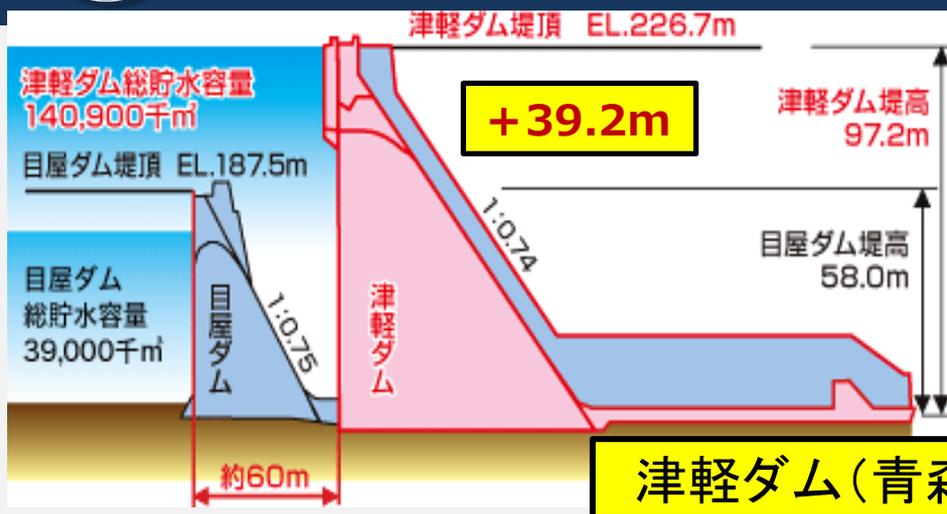


放流管の増設  
（放流能力の向上）



放流トンネルの増設  
（放流能力の向上）





**津軽ダム(青森県)**

・既設丸山ダムの下流47.5mの位置に、24.3m嵩上げして建設。

■ダム標準断面図

**新桂沢ダム(北海道)**



**+24.3m**



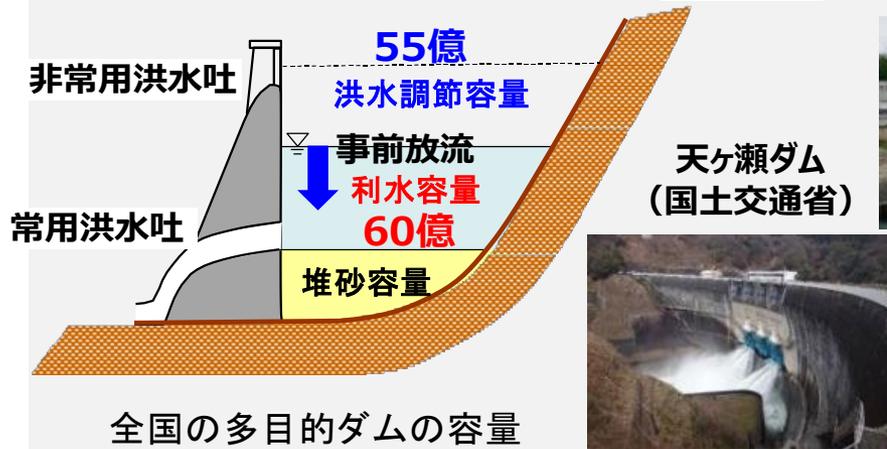
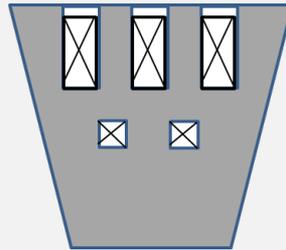
**新丸山ダム(木曾川)**

# 多目的ダムと利水ダムの違い

全国のダムは1470箇所、約180億 m<sup>3</sup>の有効貯水容量、うち洪水調節容量は約55億m<sup>3</sup>のみ

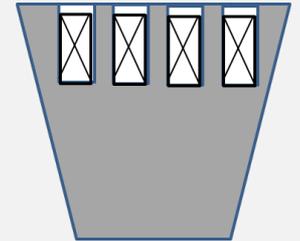
## 多目的ダム

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)



全国の利水ダムの容量

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

**利水容量125億m<sup>3</sup>の活用が重要**

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

合計: 約 55億m<sup>3</sup> (約3割)

合計: 約180億m<sup>3</sup>

出典: 国土交通省

# 放流設備の増設の事例

## 鶴田ダム(鹿児島)



再開発事業に伴う主な工事は1)洪水を調節するための放流管3条を新たに設置する増設放流管、2)増設放流管から洪水を流す増設減勢工、3)増設放流管、増設減勢工を造るための地山の掘削、4)増設減勢工と同様の減勢方式とするための既設減勢工改造、5)発電を行うための発電取水管2条の付け替えの5つである。

増設放流管と増設減勢工をつくるために地山を掘削します。

**法面掘削**

現在の放流設備より低い位置に、内径4.8mの放流管を新たに3本増やします。

**増設放流管**

発電するための水位が変わるため、内径5.2mの管を現在より低い位置に2本付け替えます。

**付替発電管**

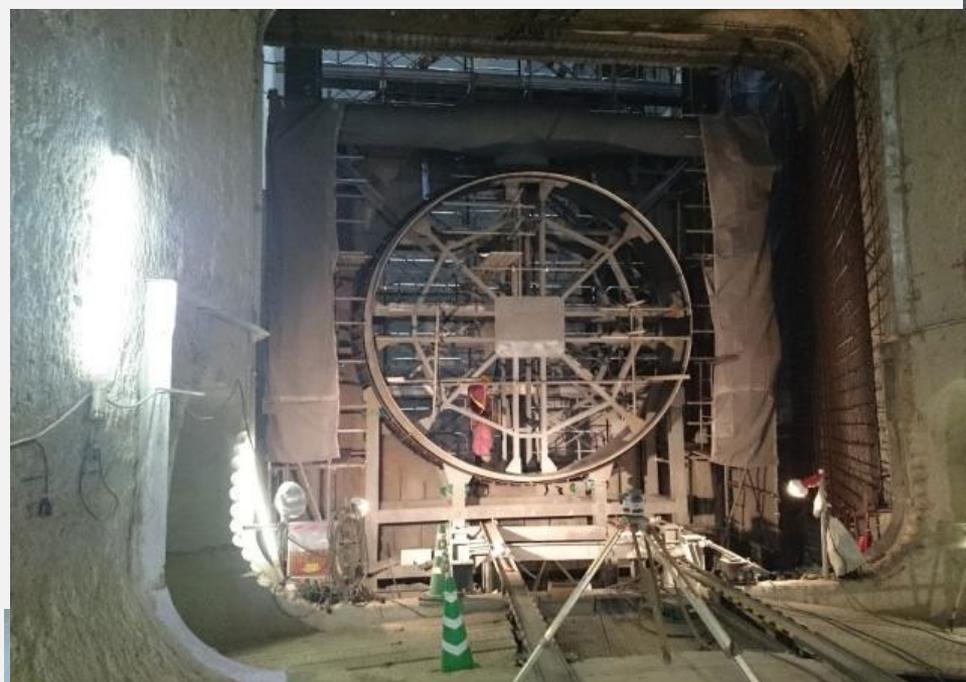
**増設減勢工**

増設した放流管から流れる水の通り道を造ります。(約200m)

**既設減勢工改造**

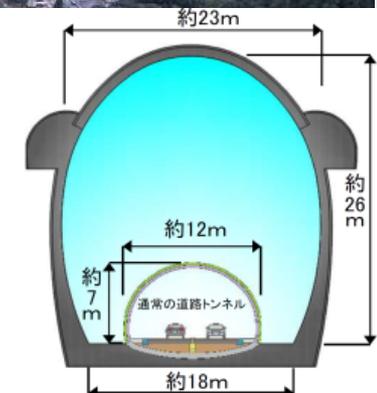
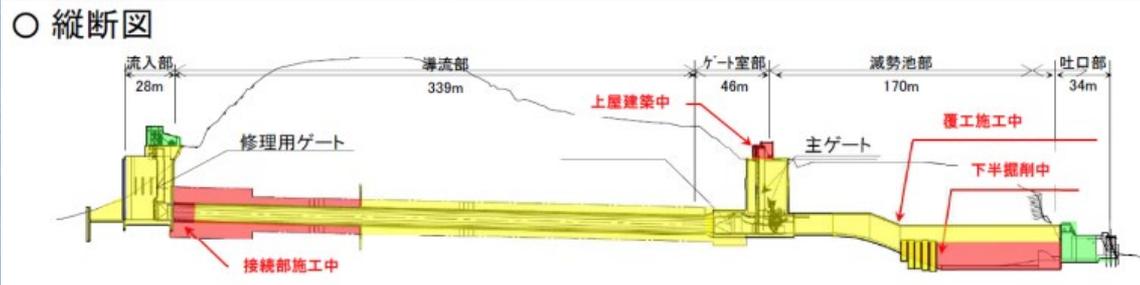
現在ある放流管から流される水の通り道を改良します。

大鶴湖



トンネル式放流設備	
構造	内径 10.3m
計画放流量	600m <sup>3</sup> /s(EL.72.0m)
延長	617m

## 天ヶ瀬ダム(京都)

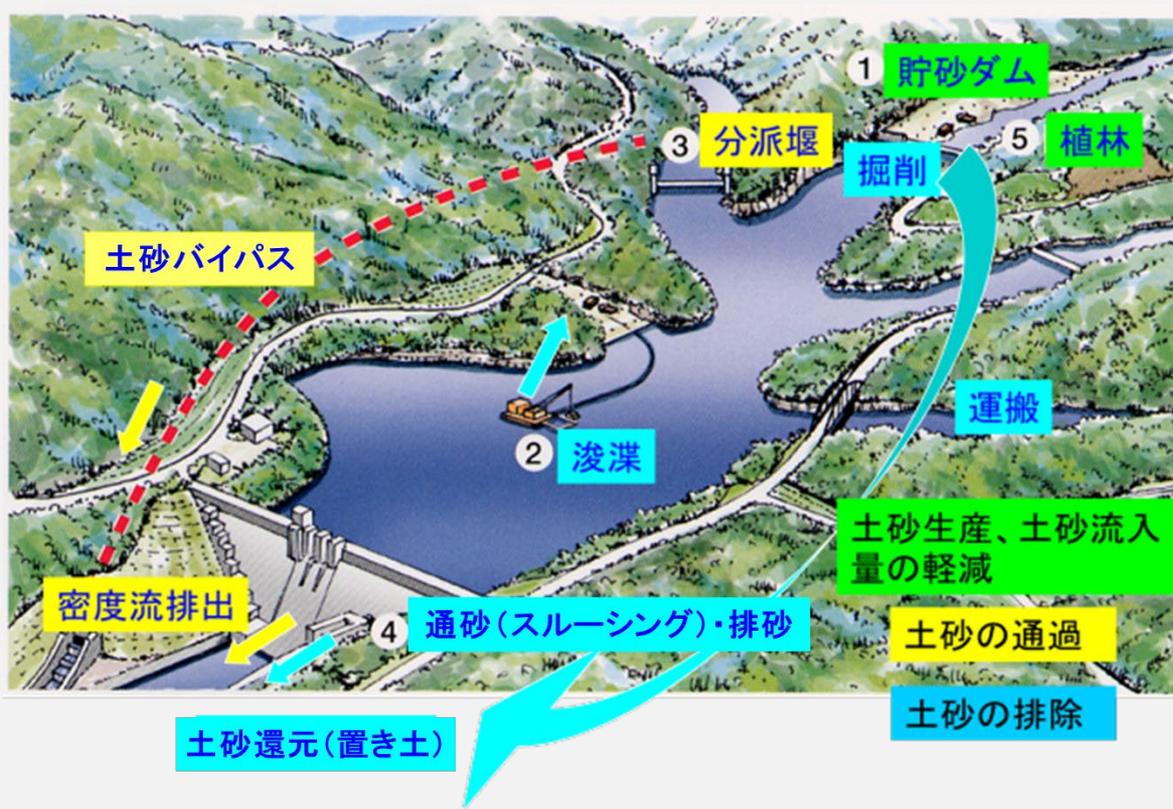


出典: 国土交通省

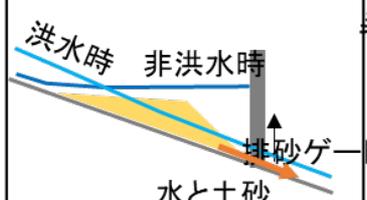
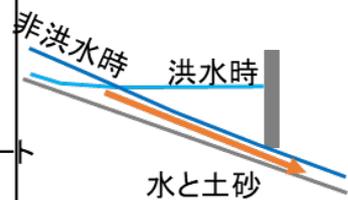
▲一般的な道路トンネルと減勢池部(標準部)との断面比較



- **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）



# ダム堆砂対策手法と下流に対する効果

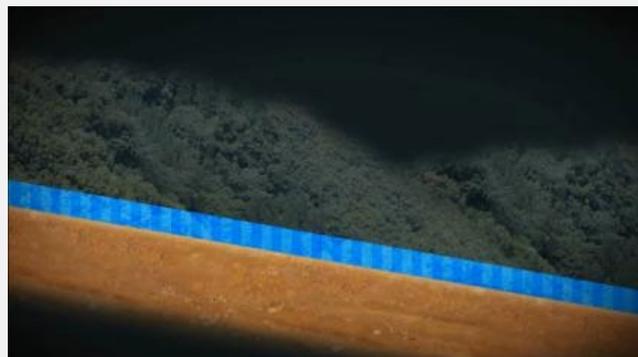
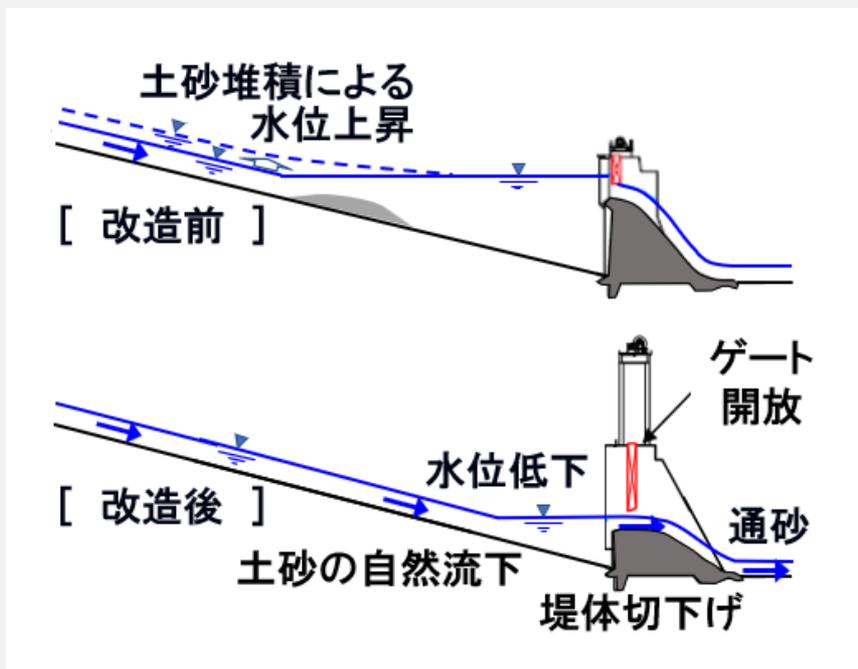
置土	バイパス排砂	フラッシュ排砂/ 通砂	流水型ダム	ダム撤去
				
<p>国交省や水資源機構の多くのダム</p>	<p>美和、小渋、松川(長野)、旭(奈良)、布引五本松(兵庫) スイス6ダム、台湾3ダム</p>	<p>黒部川のダム(富山)、耳川のダム(宮崎)</p>	<p>辰巳(石川)、益田川(島根)、西ノ谷(鹿児島) 世界の多くのダム</p>	<p>荒瀬(熊本) 米国の多くの小ダム</p>

## 各土砂還元事業の特徴

- 土砂輸送量
- 輸送土砂の質
- 排砂時の水質
- ダム機能維持

	置土	バイパス	フラッシュ/通砂	流水型ダム	ダム撤去
土砂輸送量	△	○	◎	◎	◎
輸送土砂の質	△	○	△	◎	○
排砂時の水質	△	○	△	◎	○
ダム機能維持	◎	◎	○	△	×

2005年の台風14号で大規模土砂流出，貯水池内の堆砂掘削に加えて、ダム本体改造（山須原、西郷）、ダム運用変更（大内原ダム）による再開発を実施



## Part I 日本の河川とダム

- 第1章 日本におけるダム開発と堆砂問題
- 第2章 総合土砂管理
- 第3章 ダム再生の動向

## Part II 流域土砂管理の科学

- 第4章 ダムのリスクマネジメントとアセットマネジメントとしての土砂管理
- 第5章 ダム下流の河道管理と土砂
- 第6章 河道土砂管理のための流砂・河床変動の数値解析
- 第7章 土砂還元（置き土）のモデル化
- 第8章 河川の環境管理としての土砂管理

## Part III 進む土砂管理

- 第9章 日本の土砂還元（置き土）の最新事情
- 第10章 土砂バイパスによる土砂供給効果
- 第11章 黒部川における連携排砂の歴史と現状
- 第12章 天竜川流砂系の総合土砂管理
- 第13章 耳川のダム通砂を支えた産官学民のカルテット
- 第14章 那賀川における持続的土砂管理へ向けた取り組み

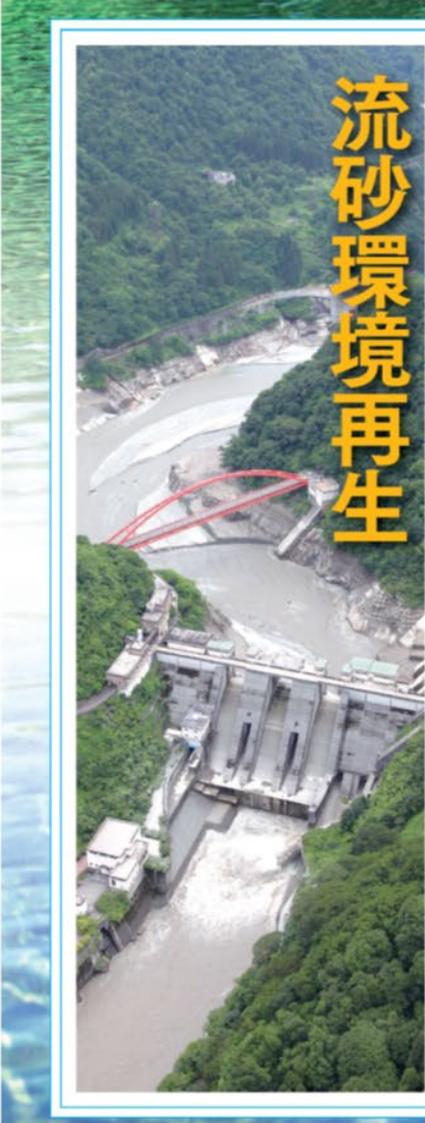
座談会 これからのダムの土砂管理：流砂環境の再生に向けて

### 15コラム：

- 土砂生産・流出と気候変動
- Hungry Water, Bed Load Budget
- 土砂資源マネジメント
- 樹林化と礫河原再生と土砂管理
- 荒瀬ダム撤去と干潟再生
- DNAメタバーコーディング
- 土砂管理と計測技術
- 流水型ダム，土砂管理と地元連携
- 土砂供給効果の予測・評価手法
- 土砂管理の経済評価， RESCONモデル
- ，意思決定問題と多基準分析



ダムと環境の科学



IV 流砂環境再生

## ダムと環境の科学

# IV

角 哲也・竹門康弘 編著  
天野邦彦・一柳英隆

---

ISBN978-4-8140-0499-7  
C3351 ¥6300E

定価：本体6,300円(税別)

京都大学学術出版会

角 哲也  
竹門 康弘  
編著

天野 邦彦  
一柳 英隆

京都大学  
学術出版会

# 流砂環境再生（ダムと環境の科学Ⅳ）

長安ロダム・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



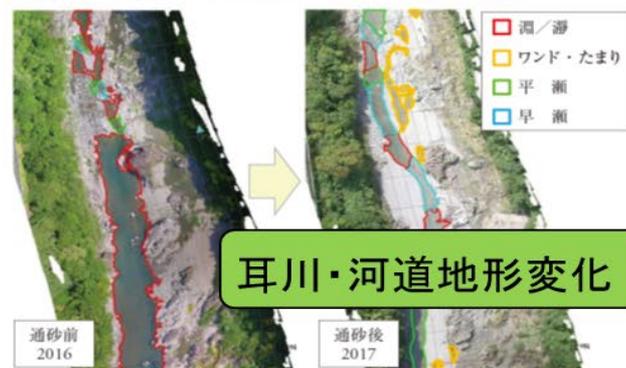
山須原ダム・通砂



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

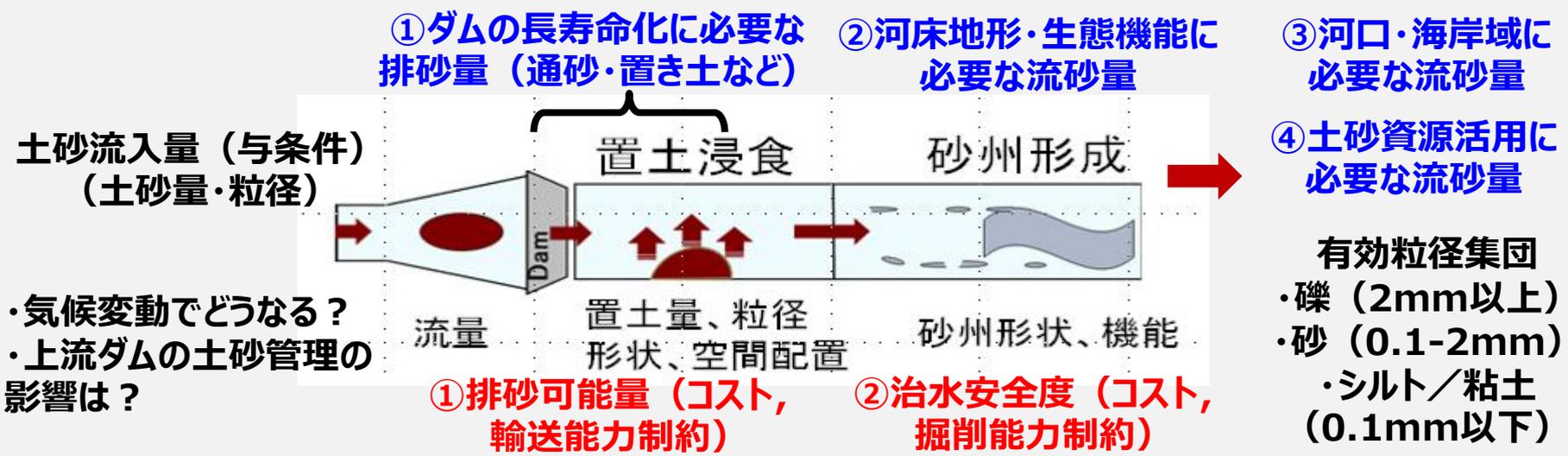


耳川・湧水環境



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。

- **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



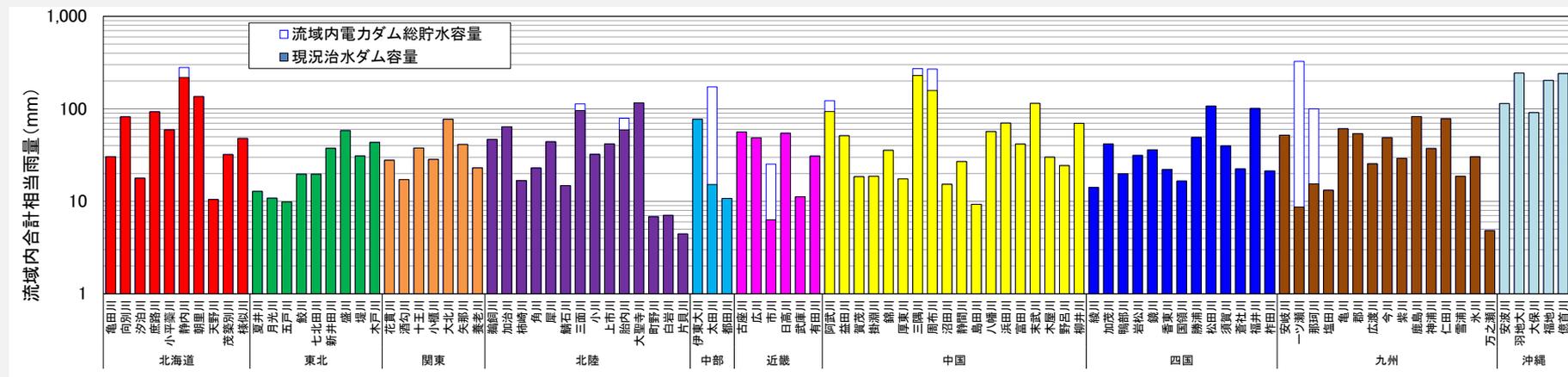
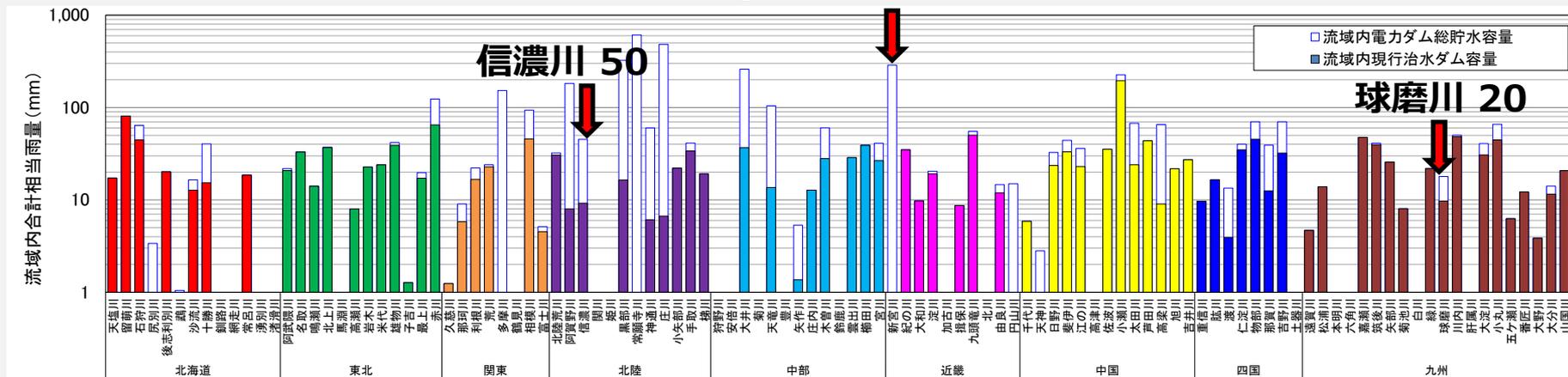
# 研究領域のミッションのまとめ

- 流域治水およびカーボンニュートラルの両面から、重要な水資源開発施設であるダムの高度運用が必要
- 一方、ダムの長寿命化のための堆砂対策は、流砂系の総合土砂管理の要として重要な位置を占めており、下流河川への土砂供給の観点からも重要性が増大
- これらダムの高度運用と堆砂対策を柱とする長寿命化の実現には、「ダムの再生」と「流砂環境の再生」の両面からの技術開発が必要
- そのために、以下が必要
  - ①流域における既存ダムの現状評価と「ダム再生」ポテンシャル評価技術の開発
  - ②ハード技術（放流設備や排砂設備などの施設改造）の開発
  - ③ソフト技術（気象予測、土砂流入予測、貯水池内や下流河川における土砂動態予測、AIを用いた洪水・土砂管理技術など）の開発
  - ④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
- 本研究領域では、このような現状の課題と今後解決すべき方向性を見据え、「ダムの再生」と「流砂環境の再生」の技術開発と人材育成、さらに社会的意義の発信、これら技術による海外支援を行う、ための研究拠点を設立

**相当雨量 = ダムの洪水調節容量 / 流域面積**

## 一級水系

新宮川 300  
(ただし、全て利水ダム)

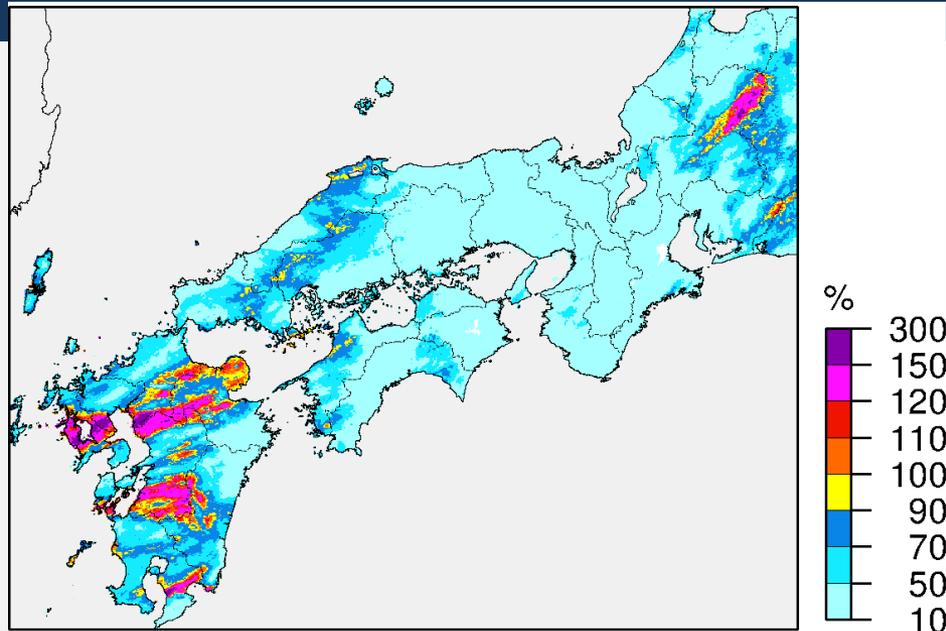
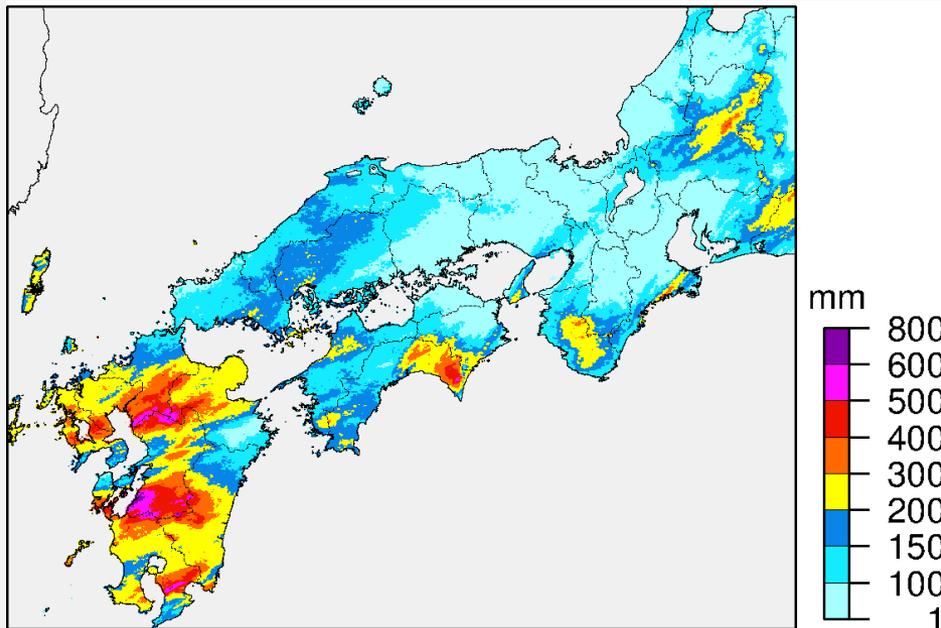


## 二級水系

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.

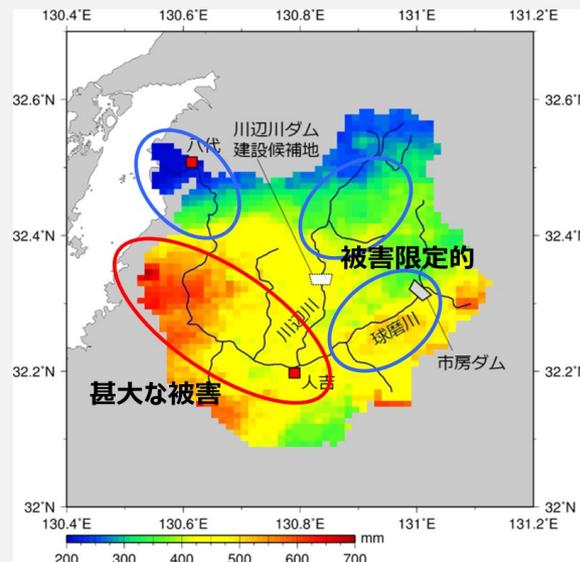
## 24時間雨量既往最大比

### 24時間雨量最大値



最大24時間雨量集計期間：2020年  
7月3日0時～8月1日0時  
既往最大値：2006年5月～2019年  
12月の最大値

提供：日本気象協会



令和2年7月熊本水害降雨分布

## 評価方法：

① **流域面積500km<sup>2</sup>程度以下を目安に，水系内を10流域程度に分割（サブ流域）**

② **サブ流域単位での貯留能力を評価**  
**流域相当雨量 = ダム群の合計洪水調節容量 / 流域面積合計**

③ **外力とする雨量は，全国の水系を対象としたDAD解析により設定されている想定最大規模降雨（計画降雨継続時間48時間）を使用。**

**上記の流域相当雨量，想定最大規模降雨を用いて、比較定数  $\alpha_{ca}$  を計算**

$$\text{比較定数 } \alpha_{ca} = \frac{\text{想定最大規模降雨 (mm)}}{\text{流域相当雨量 (mm)}}$$

**ダム群の合計洪水調節容量（事前放流、新規ダムも考慮）（m<sup>3</sup>） / 流域面積（km<sup>2</sup>）**

### 凡例（水系基本情報）

- ：流域界
- ：河川
- ▽：既存治水ダム地点
- ▽：既存利水ダム地点
- ▽：新規治水ダム建設計画地点
- ：基準地点
- ：主要地点

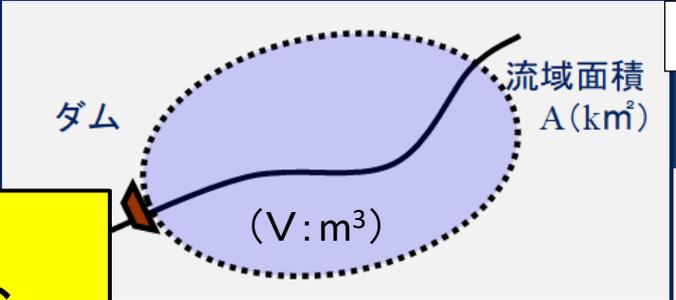
### 凡例（氾濫河川情報）

- ：国管理本川氾濫地点
- ▲：県管理本川氾濫地点
- ：国管理1次支川氾濫地点
- ▲：県管理1次支川氾濫地点
- ▲：県管理2次支川氾濫地点
- ▲：県管理3次支川氾濫地点



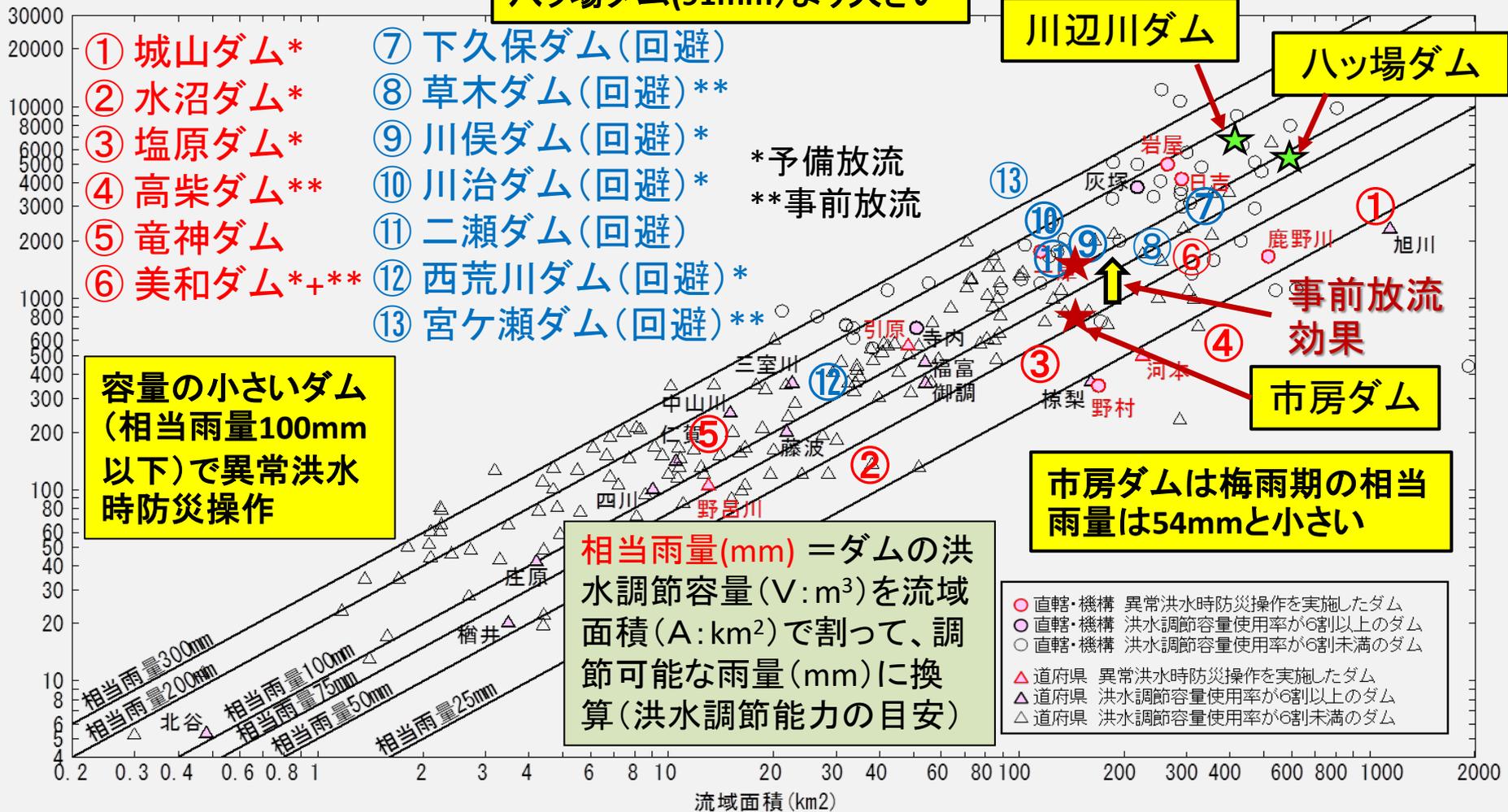
球磨川水系のブロック分割

（中西ら，流域の貯留能力を踏まえた流域治水方策に関する研究，河川技術論文集第28巻，2022）



川辺川ダムは178mmと、  
相当雨量でも大きな実力、  
ハツ場ダム(91mm)より大きい

○ダムの相当雨量(ダムの洪水調節容



※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

# 流域の貯留能力を踏まえた流域治水方策 (球磨川水系の場合)

### 凡例 (水系基本情報)

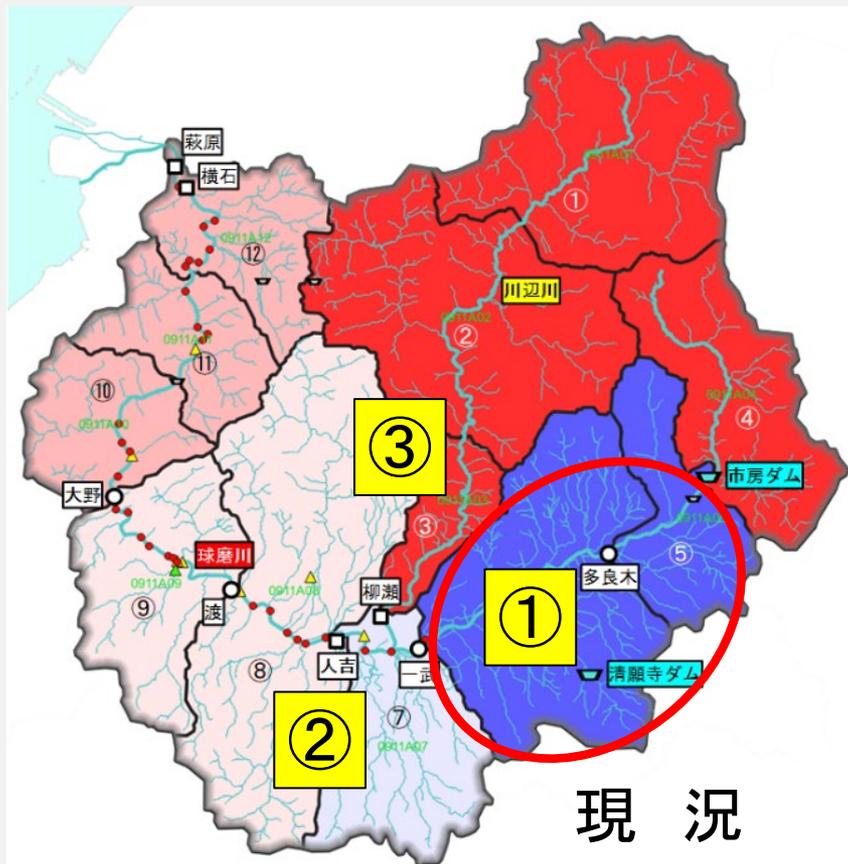
- : 流域界
- : 河川
- ▽: 既存治水ダム地点
- ▽: 既存利水ダム地点
- ▽: 新規治水ダム建設計画地点
- : 基準地点
- : 主要地点

### 凡例 (氾濫河川情報)

- : 国管理本川氾濫地点
- ▲: 県管理本川氾濫地点
- : 国管理1次支川氾濫地点
- ▲: 県管理1次支川氾濫地点
- ▲: 県管理2次支川氾濫地点
- ▲: 県管理3次支川氾濫地点

### 凡例 (修正比較定数 $\alpha_{ca}$ )

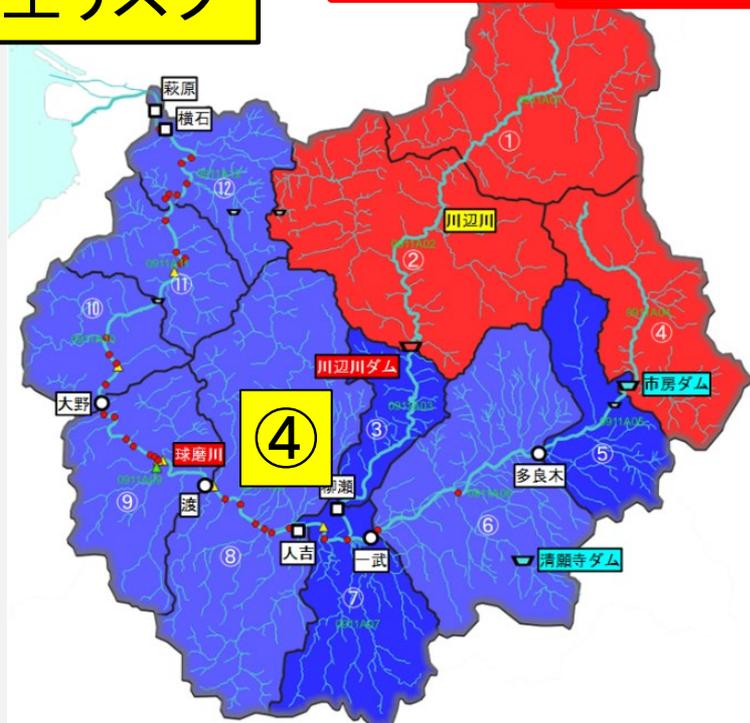
- |                           |                            |
|---------------------------|----------------------------|
| ■: $\alpha_{ca}=0\sim5$   | ■: $\alpha_{ca}=50\sim60$  |
| ■: $\alpha_{ca}=5\sim10$  | ■: $\alpha_{ca}=60\sim70$  |
| ■: $\alpha_{ca}=10\sim20$ | ■: $\alpha_{ca}=70\sim80$  |
| ■: $\alpha_{ca}=20\sim30$ | ■: $\alpha_{ca}=80\sim90$  |
| ■: $\alpha_{ca}=30\sim40$ | ■: $\alpha_{ca}=90\sim100$ |
| ■: $\alpha_{ca}=40\sim50$ | ■: $\alpha_{ca}=100\sim$   |



$\alpha_{ca} > 40$   
災害発生リスク

現況

- ①: 市房ダム下流は安全度が高い ( $\alpha_{ca}$ : 10-20)
- ②: 人吉から球磨村はリスク大 ( $\alpha_{ca}$ : 40-60)
- ③: 川辺川下流もリスク大 ( $\alpha_{ca}$ : 100以上)
- ④: 川辺川ダム完成後は大きく向上 ( $\alpha_{ca}$ : 5-20)



既存ダム事前放流+新規ダム考慮

# 流域の貯留能力を踏まえた流域治水方策 (信濃川水系の場合)

- : 流域界
- : 河川
- ▽: 既存治水ダム地点
- ▽: 既存利水ダム地点
- ▽: 新規治水ダム建設計画地点
- : 基準地点
- : 主要地点

凡例 (氾濫河川情報)

- : 国管理本川氾濫地点
- ▲: 県管理本川氾濫地点
- : 国管理1次支川氾濫地点
- △: 県管理1次支川氾濫地点
- ▲: 県管理2次支川氾濫地点
- ▲: 県管理3次支川氾濫地点

凡例 (修正比較定数  $\alpha_{ca}$ )

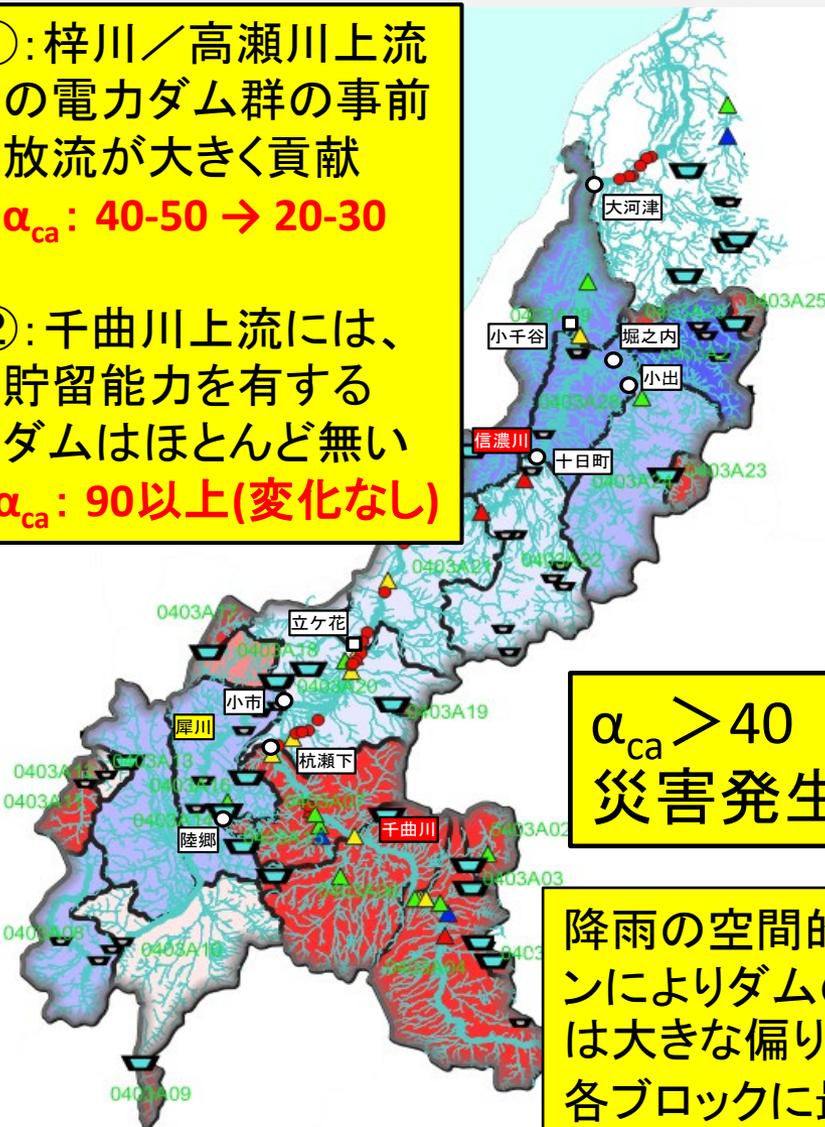
- |                           |                            |
|---------------------------|----------------------------|
| ■: $\alpha_{ca}=0\sim5$   | ■: $\alpha_{ca}=50\sim60$  |
| ■: $\alpha_{ca}=5\sim10$  | ■: $\alpha_{ca}=60\sim70$  |
| ■: $\alpha_{ca}=10\sim20$ | ■: $\alpha_{ca}=70\sim80$  |
| ■: $\alpha_{ca}=20\sim30$ | ■: $\alpha_{ca}=80\sim90$  |
| ■: $\alpha_{ca}=30\sim40$ | ■: $\alpha_{ca}=90\sim100$ |
| ■: $\alpha_{ca}=40\sim50$ | ■: $\alpha_{ca}=100\sim$   |

①: 梓川／高瀬川上流の電力ダム群の事前放流が大きく貢献

$\alpha_{ca}$ : 40-50 → 20-30

②: 千曲川上流には、貯留能力を有するダムはほとんど無い

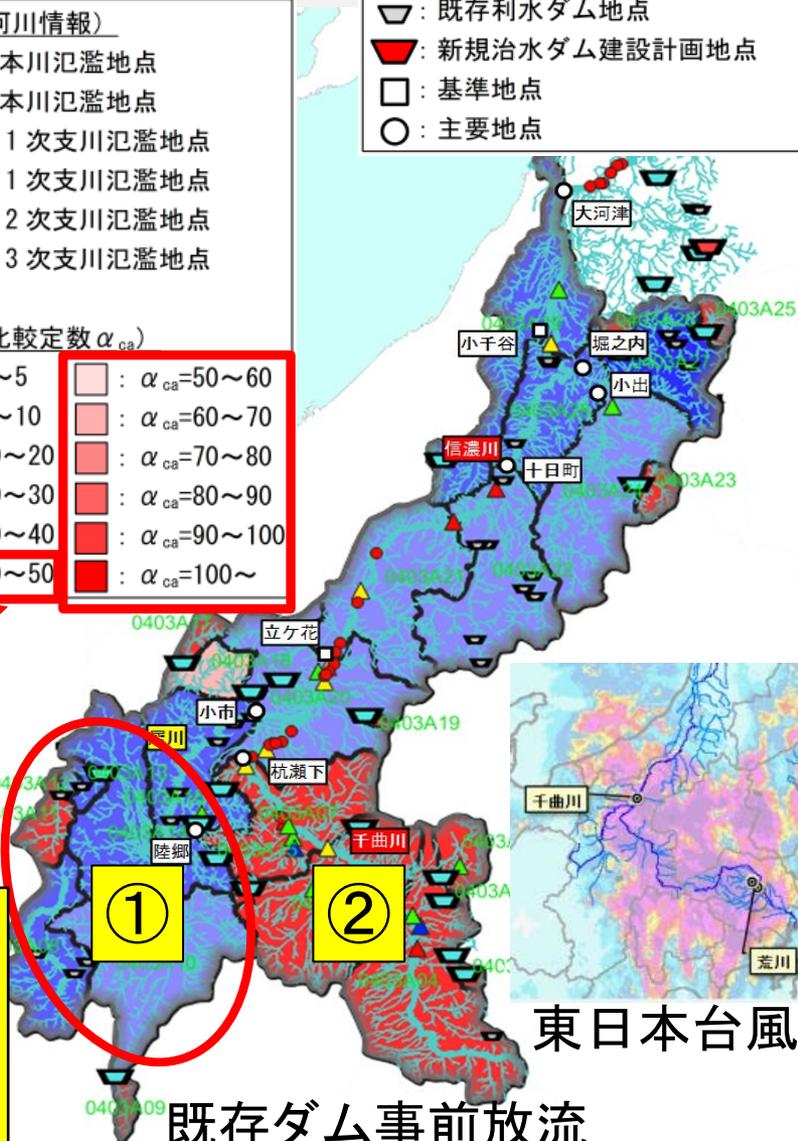
$\alpha_{ca}$ : 90以上(変化なし)



現況

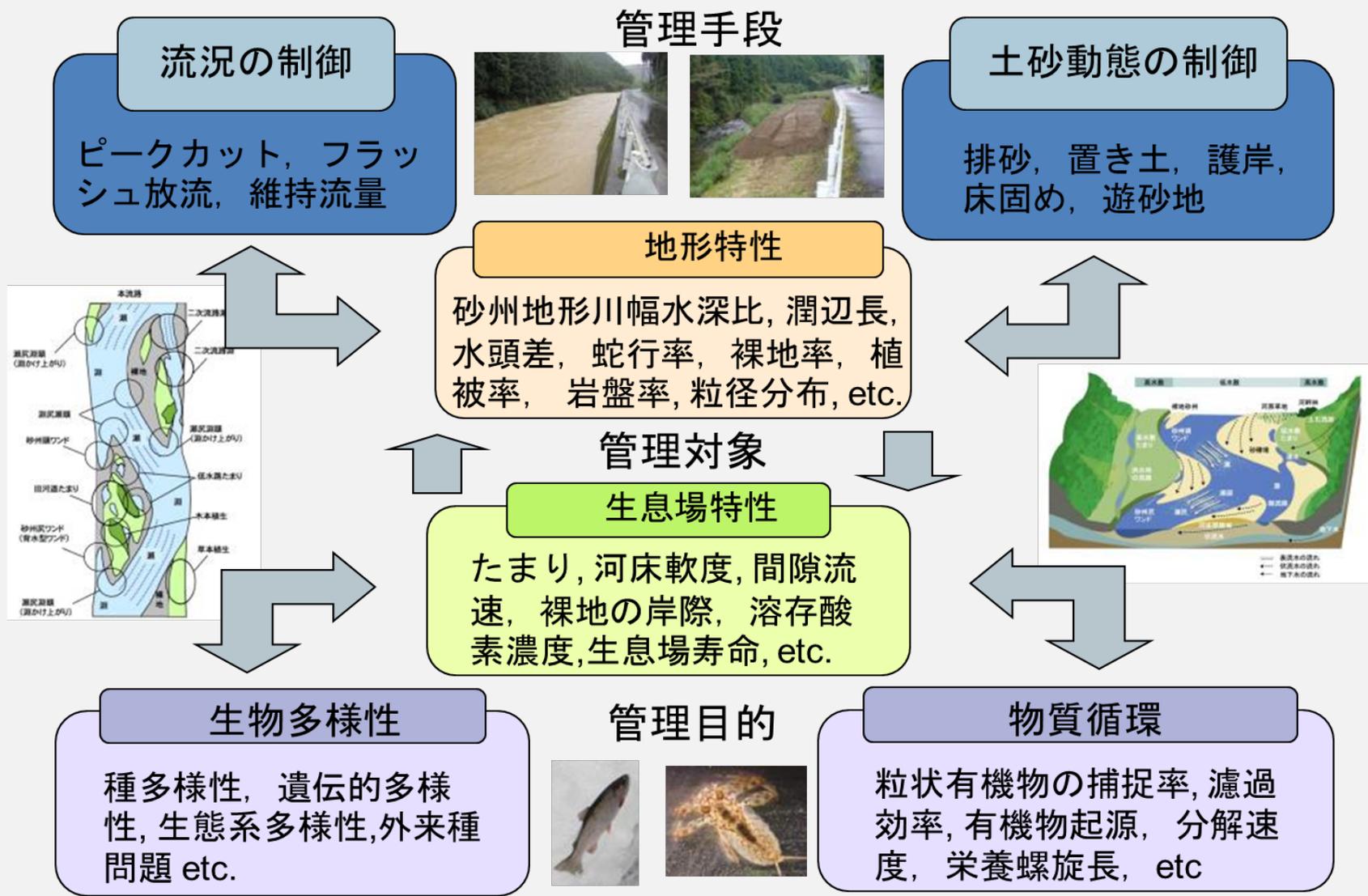
$\alpha_{ca} > 40$   
災害発生リスク

降雨の空間的なパターンによりダムの効果には大きな偏り  
各ブロックに最低限の貯留機能を確保すべき



既存ダム事前放流  
+ 新規ダム考慮

東日本台風



砂州地形、  
瀬淵の回復

河床地形

河川水温の  
多様性

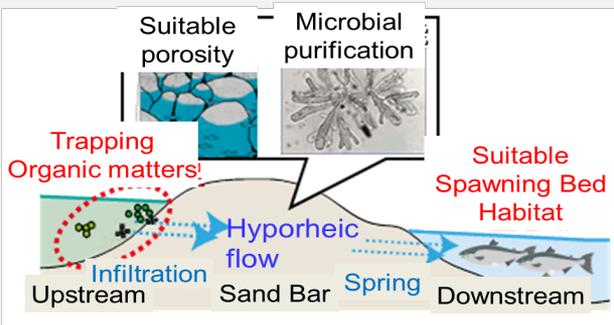
流下粒状有機物、  
濁質のフィルタ  
リング

多様な生息場の  
形成(魚の餌場、  
休息場、産卵場  
など)

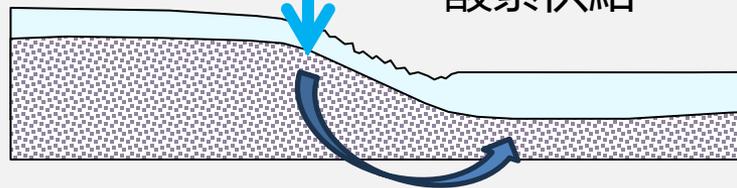
地球温暖化  
対策(適応策)

ダム影響の軽減  
対策(水質対策)

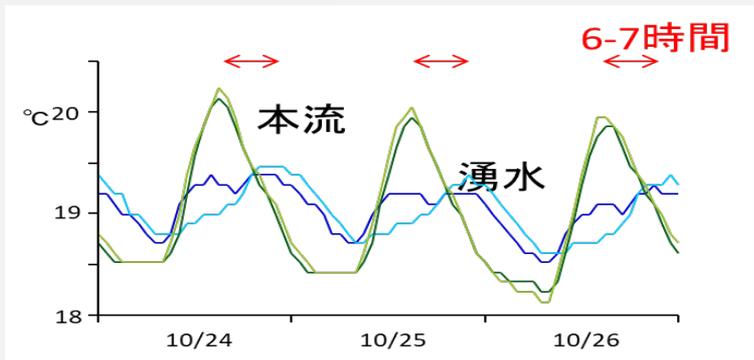
ダム影響の軽減  
対策・生物多様  
性保全対策

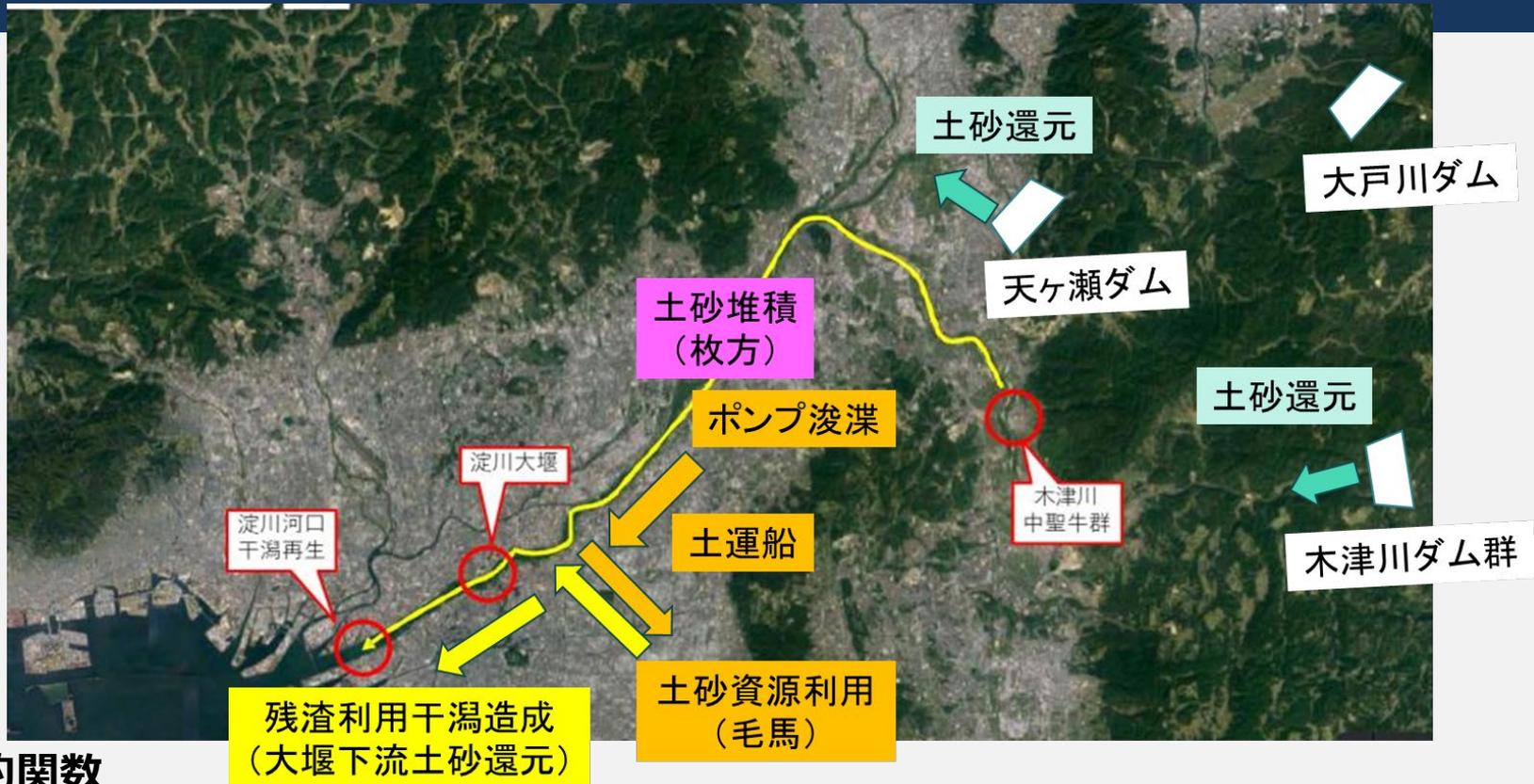


アユ産卵床の好適地  
浮石 + 潜り込み  
= 酸素供給



河道内湧水  
は濁度が低く、  
水温上昇が  
緩和





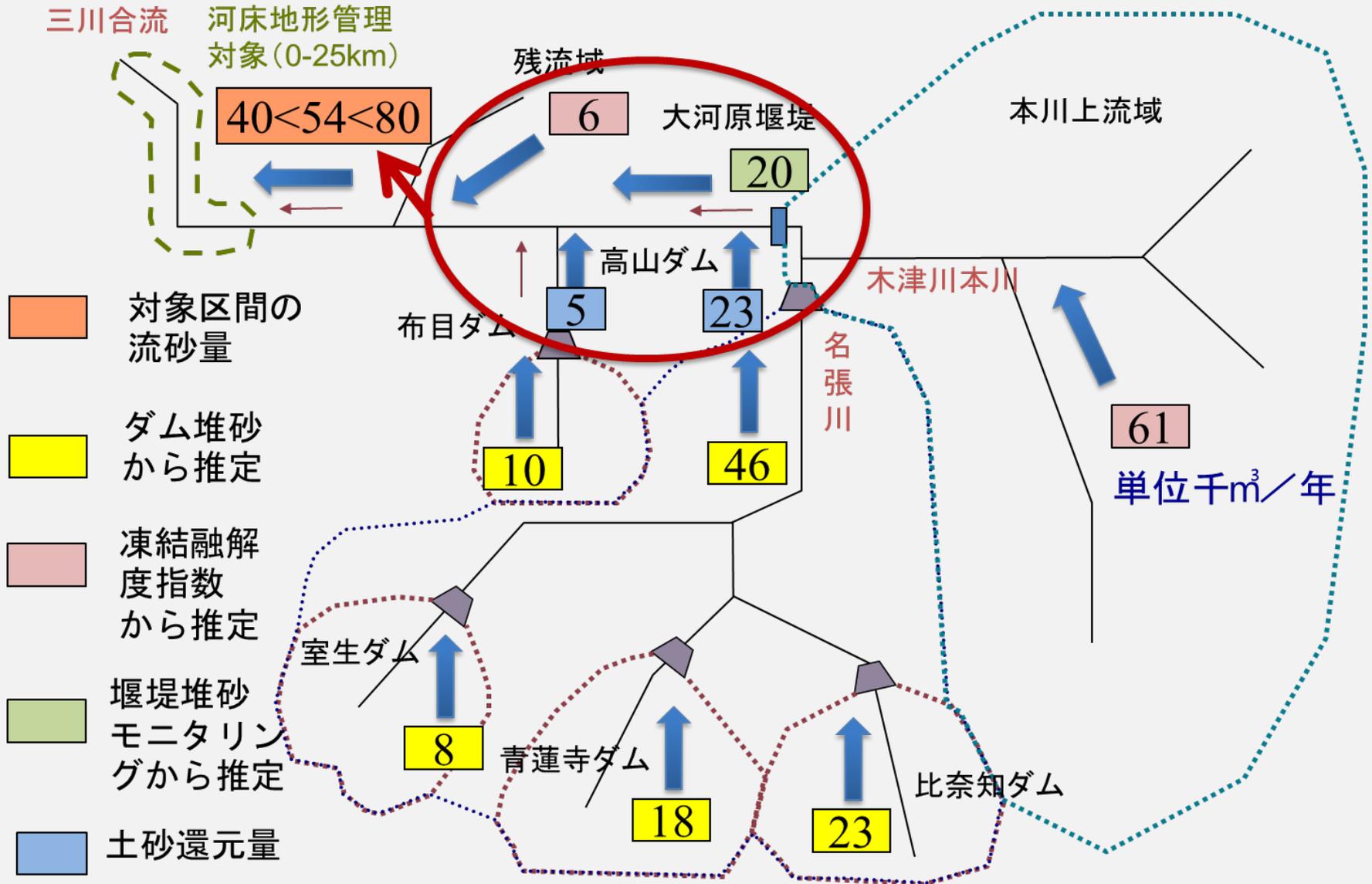
## 目的関数

- 高山ダム、天ヶ瀬ダムから出来るだけ多く土砂排出したい (ダム管理の視点)
- 木津川、宇治川の河道環境、河口部の干潟の再生・維持を行いたい (環境の視点)
- 淀川産の良質な砂を有効活用したい (土砂資源管理の視点)

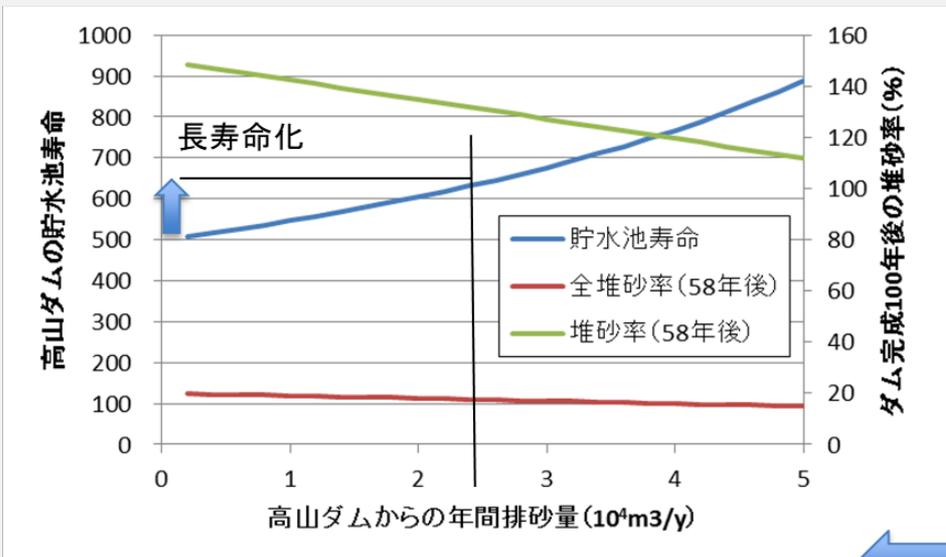
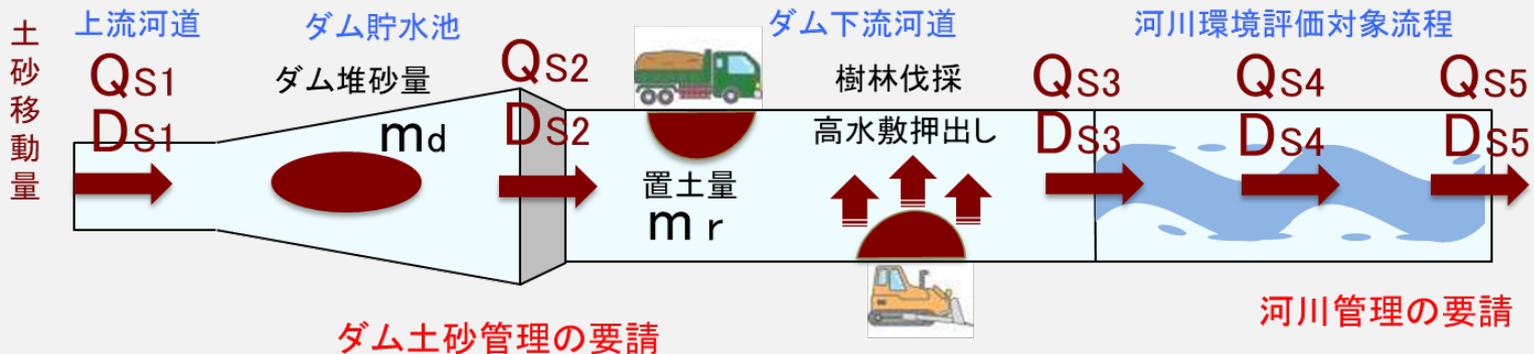
## 制約条件

- 木津川、宇治川を安全に通過させられる土砂量 (治水の視点)
- 淀川 (大堰上流、枚方) から浚渫 - 輸送 - 処理可能な土砂量 (土砂管理の視点)

# 木津川流域の土砂管理の目標



# 木津川流域の土砂管理の目標

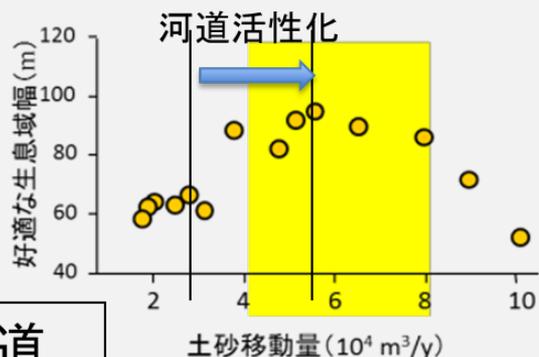


上流からの土砂供給(5.4万)  
=木津川本川(2万) + 残流域(0.6万)  
+ 高山ダム(2.3万) + 布目ダム(0.5万)

ダムと河道  
管理の連携

タナゴ類の生息環境の形成  
維持するためには年間4-8  
万 $m^3$ の土砂移動量が適正

木津川における  
年間土砂移動量との関係

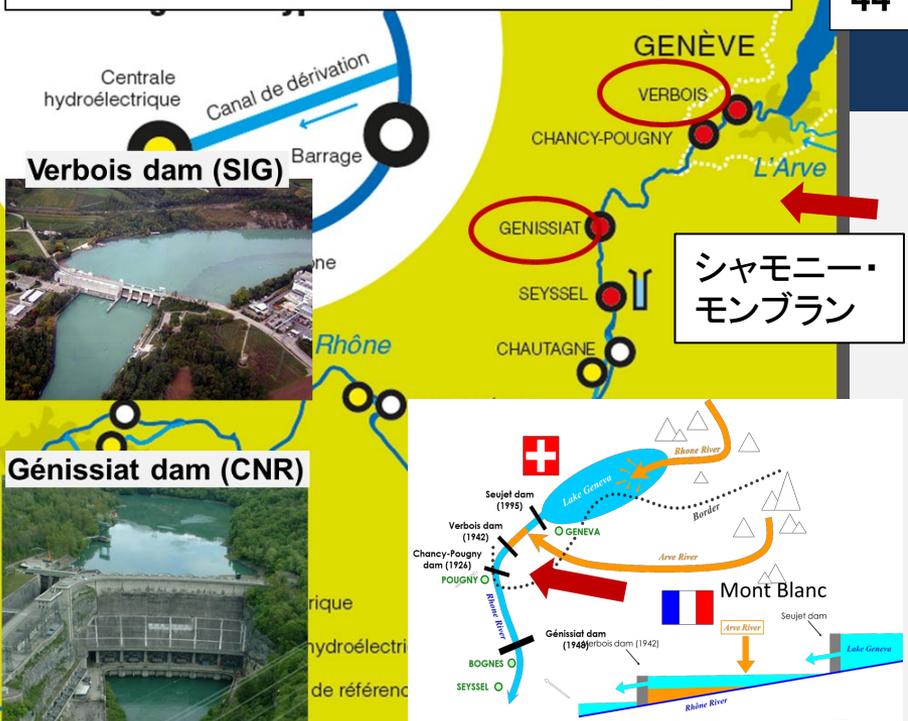


1970-1980年代  
現在の流砂量

# 天ヶ瀬ダムの土砂管理

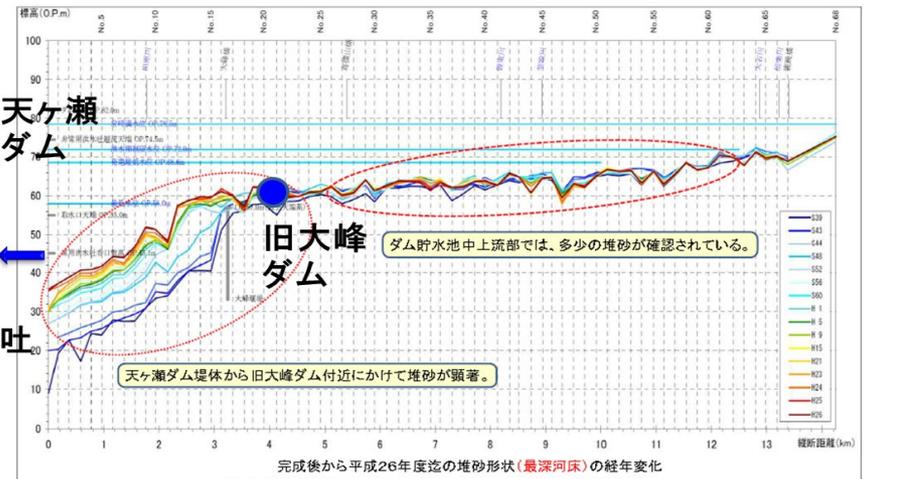


ベルボアダム：高さ34m、貯水容量13百万m<sup>3</sup>、発電100MW  
 ジェニシアダム：高さ104m、貯水容量60百万m<sup>3</sup>、発電420MW



## 天ヶ瀬ダムでの現状と課題(経年堆砂量)

・天ヶ瀬ダム堤体から旧大峰ダム付近にかけて堆砂が顕著。  
 ・ダム貯水池中上流部では、多少の堆砂が確認されている。



- ・天ヶ瀬ダムのダム再生の最後のピース (通砂機能)
- ・豊富な琵琶湖からの水量活用
- ・レマン湖の水量を活用しているローヌ川の連携排砂

## • 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）

# SIP第2期国家レジリエンス（防災・減災）の強化

## ダム目的：治水（洪水対策）と 利水（水利用）

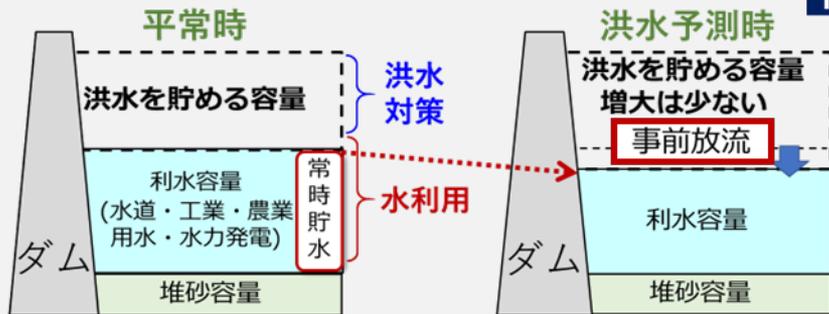
京都大学、(独)水資源機構、(一財)日本気象協会

### 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

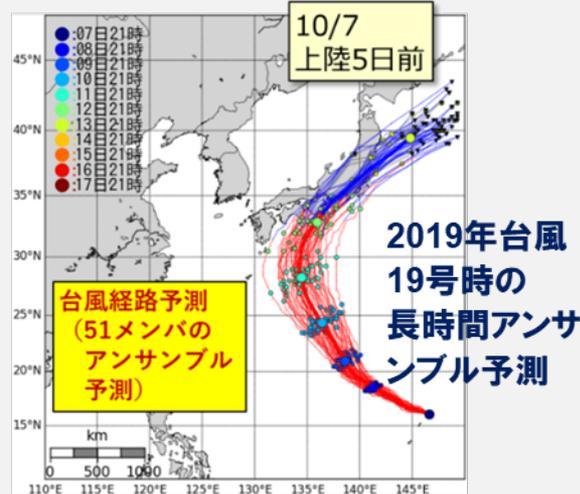
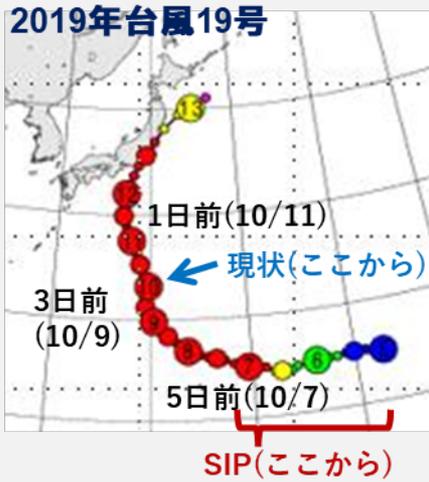
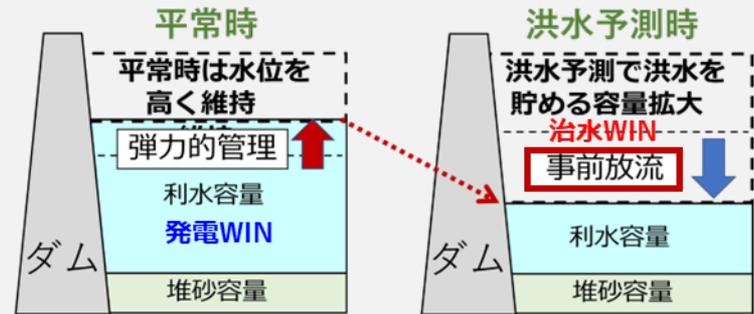


### SIP: ECMWF (51メンバー・15日先) 活用

**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

SIP技術



## 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

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



## 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

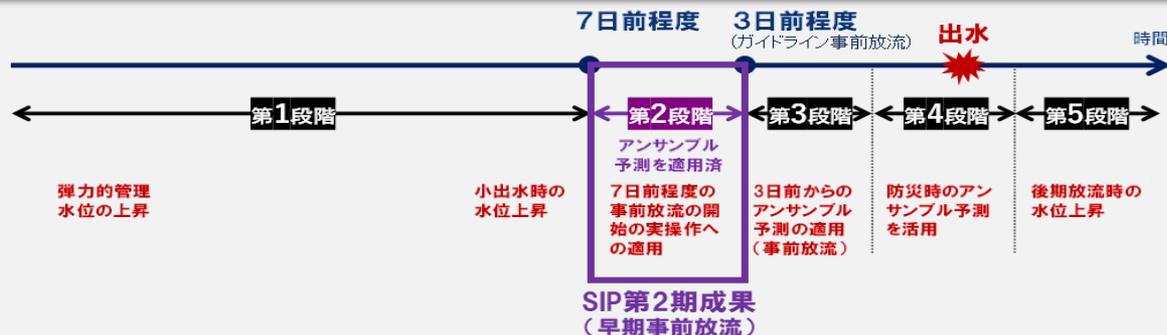
3本柱の取組で流域治水機能と再生可能エネルギーの増強を全国展開

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

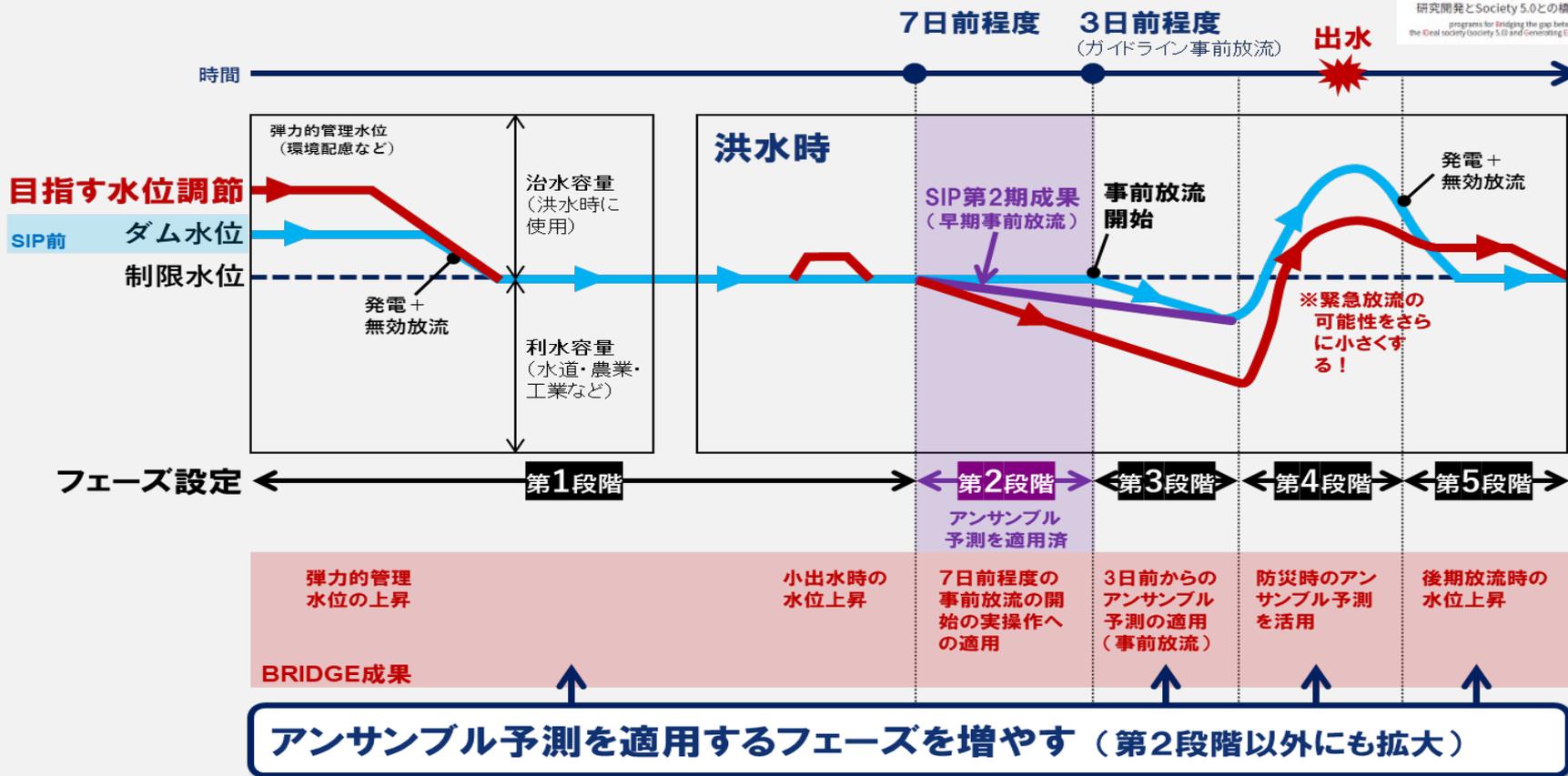
SIP2期で試行を開始したダムにおけるルールの策定と検証とフィードバックを行う。「長期アンサンブル降雨予測を活用したダム操作を実施するための活用ガイドライン(案)」を作成。

#### 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

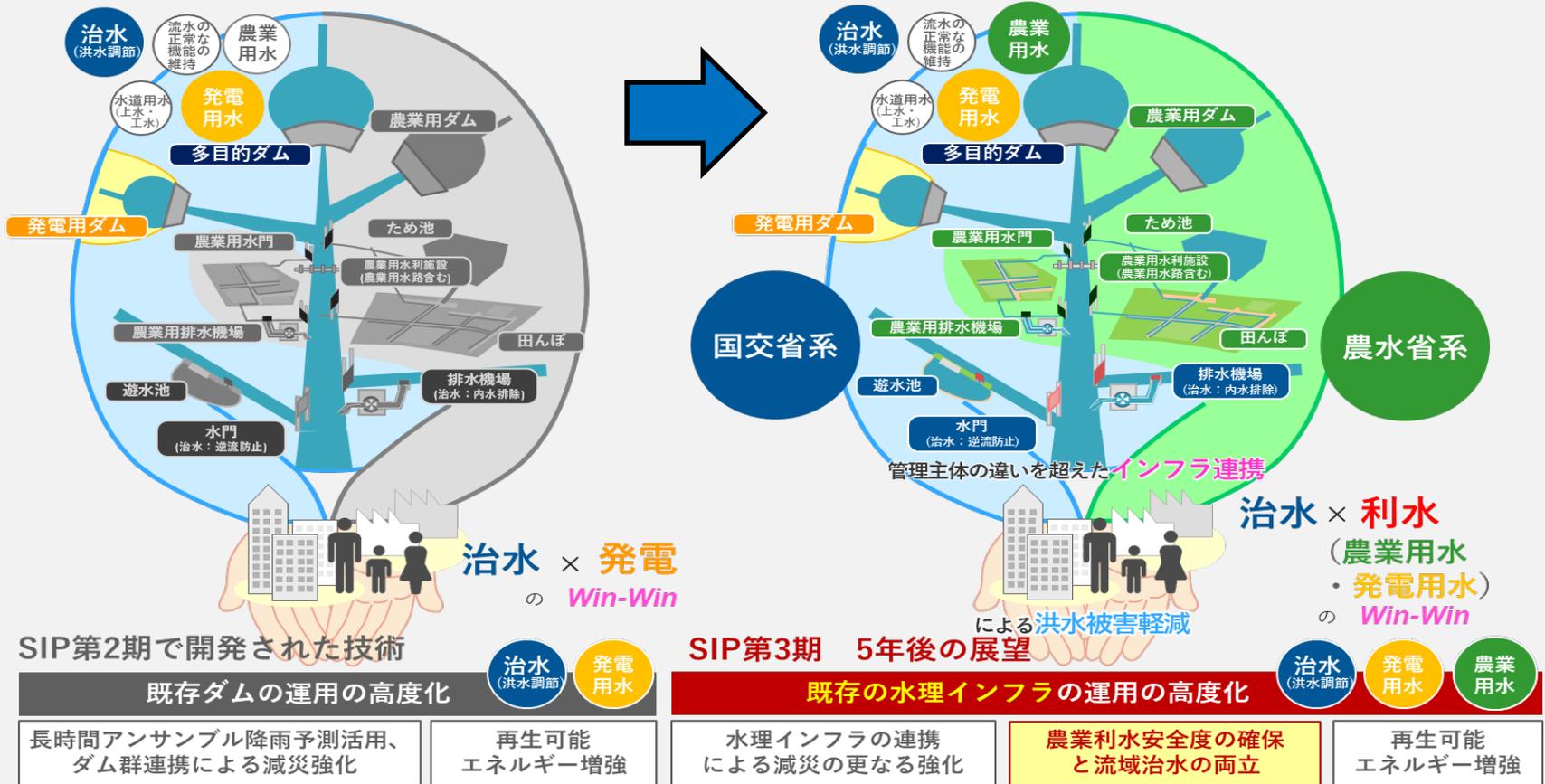


①適用するフェーズを増やす (出水前から洪水調節後の後期放流までの全体のステージで治水および増電効果を向上)、②適用するダムタイプを増やす (都道府県管理の多目的ダムや大規模水道ダム、さらに揚水発電を含むような複数の発電ダム群などへも展開)、③適用するためにルール化する (アンサンブル予測を用いたダム操作の裏付けとなる活用ガイドラインを策定)、ための研究開発を推進。

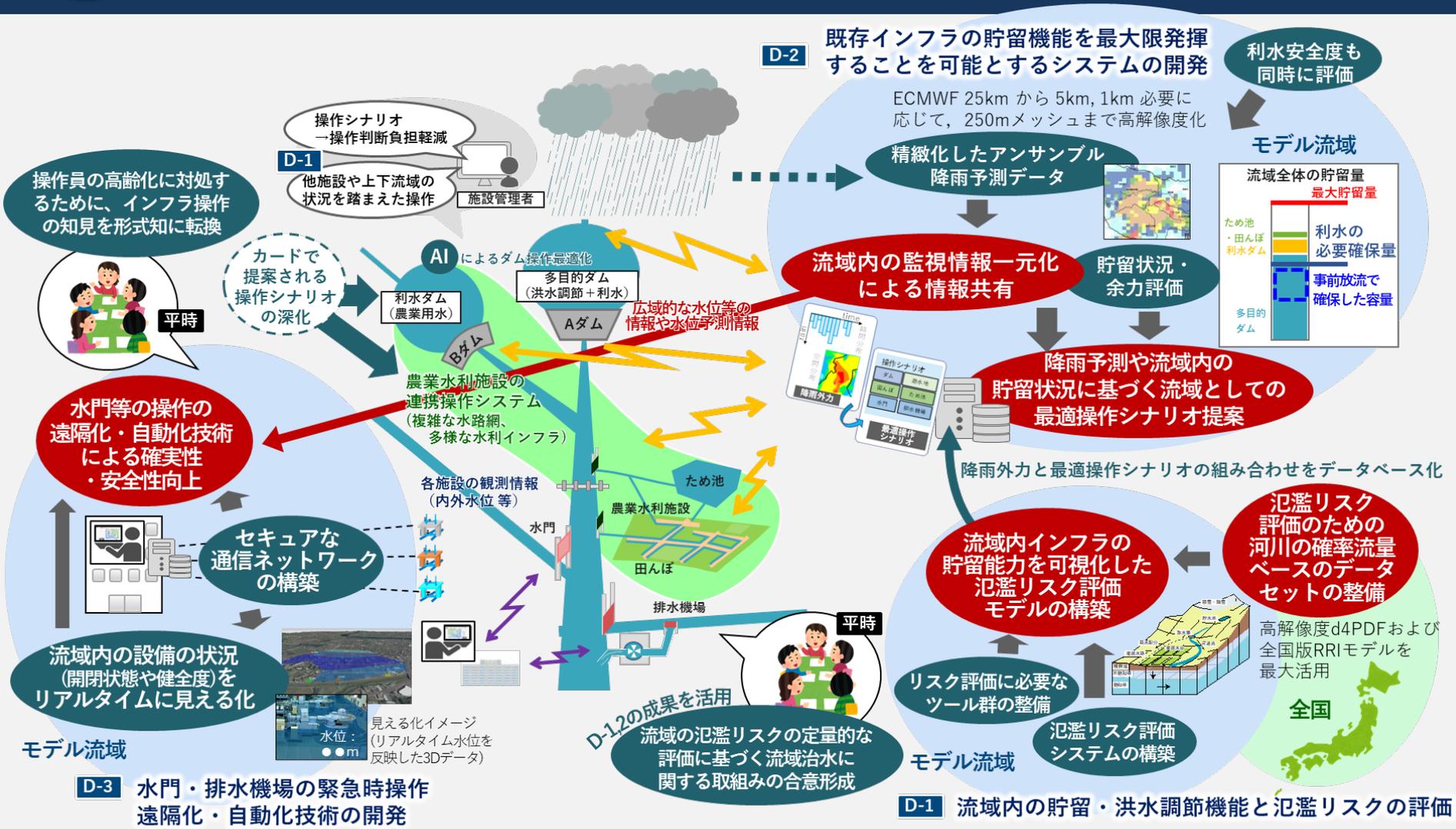
# SIP第3期スマート防災ネットワークの構築

## ■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

京大防災研, 水源地環境センター(WEC), 国土技術研究センター(JICE), 日本気象協会, 農研機構, 土研, 筑波大, IHI



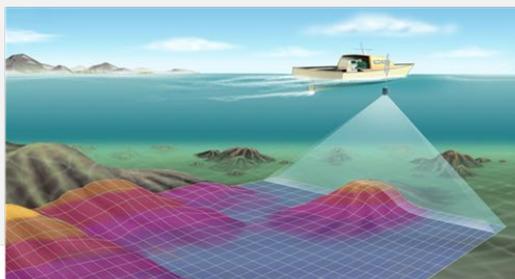
# SIP第3期スマート防災ネットワークの構築



**サブ課題D** いかなるときも流域内の既存インフラの貯留機能を最大限活用することで水害被害軽減を実現

## a-2: 人力で実施困難箇所への施工・計測 (ダム堆砂のモニタリングと遠隔浚渫)

土木研究所, 水源地環境センター(WEC), 大成建設, 農研機構, 京大防災研, セアプラス, 水資源機構, 信州大学



三次元堆砂測量技術の遠隔化・自動化



サイホン効果を用いた  
潜行吸引式排砂装置  
土木研究所



農業用ダムへの適用  
農研機構

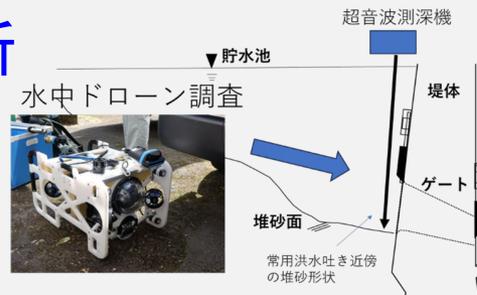


ダム堆砂測量の自動化や堆積土砂に含まれる異物（沈木など）の事前把握、さらに、こうしたデータを活用した土砂の掘削や浚渫作業の自動化や遠隔化などの技術開発を推進。

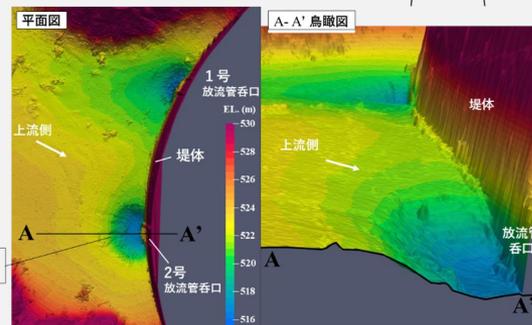
### 貯水池内の堆砂モニタリング技術の革新



3次元堆砂測量の遠隔化  
および自動化 (スマート  
MB) (セアプラス)



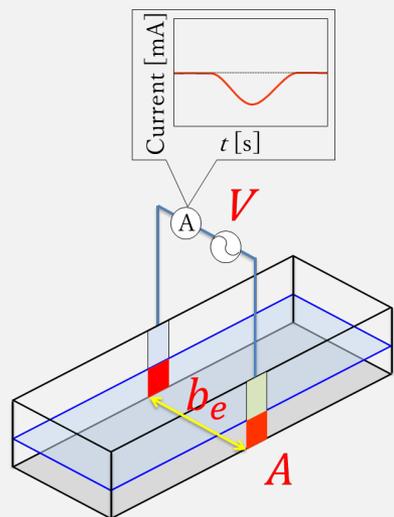
洪水時の局所洗掘をピンポイントかつ連続的に計測できるようにすることで、堆砂進行や排砂効果を動的に把握



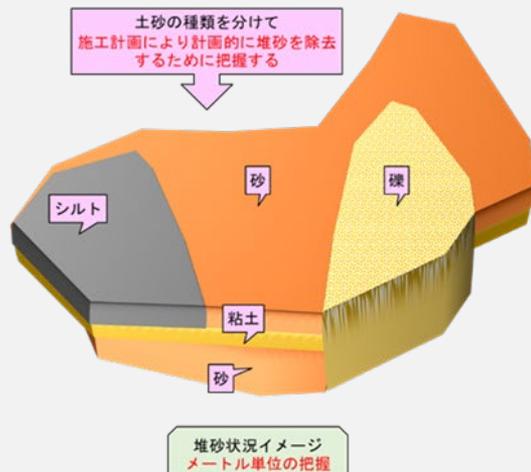
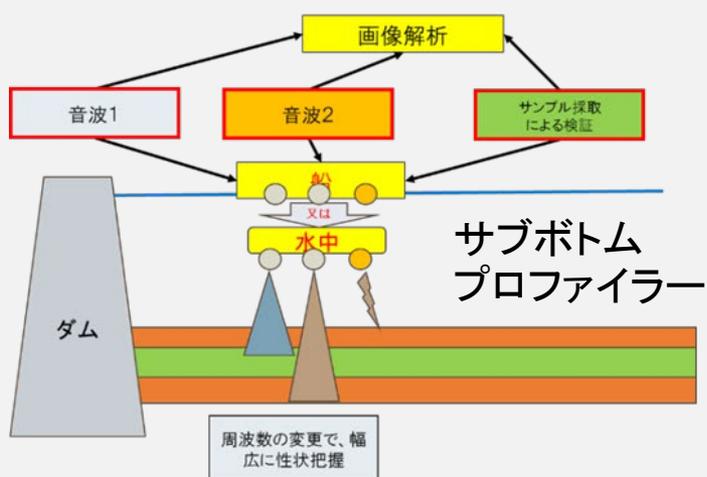
裾花ダムゲート近傍のH30測量結果

ピンポイント堆砂測量  
システムの開発(京大)

同心円状にFCが形成



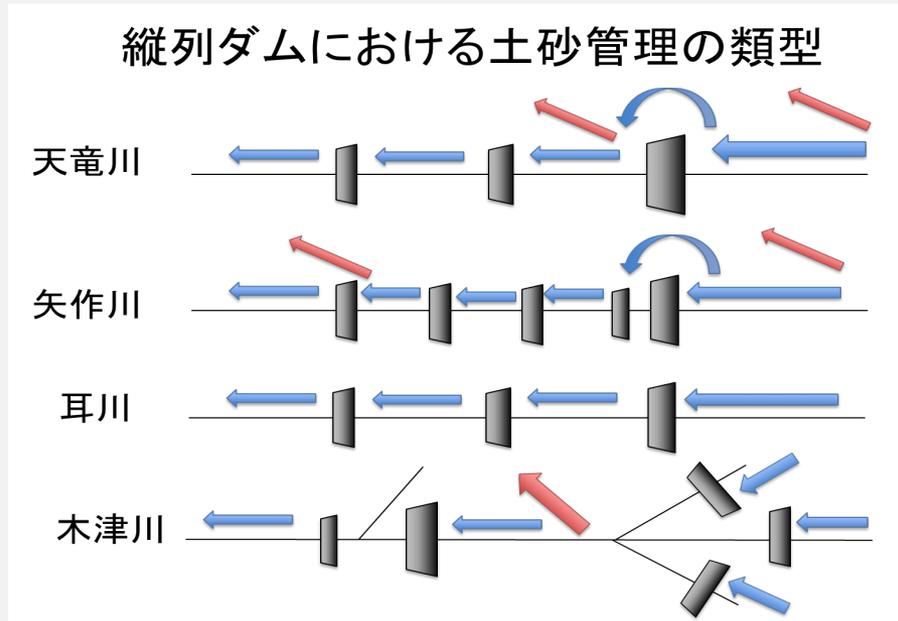
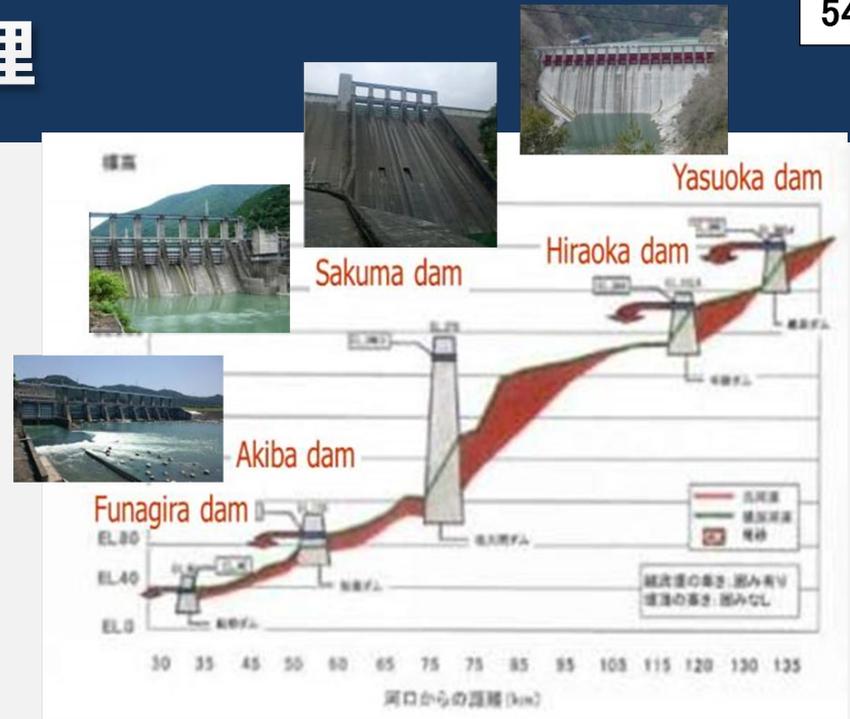
電極法を用いた流砂量  
計測技術(信州大)



堆砂性状モニタリング技術(水資源機構)

- ダムサイトは資源(有限) → 治水／利水の観点から**最適配置 (再開発／再編)**
- 治水価値
  - 流域面積に対する洪水貯留の実力 (**相当雨量 (mm)**) および下流基準点に対する貢献度 (**流域面積支配率**) の両面から重点化
- 発電価値
  - ベースロード価値(kWh), 調整力価値(kW), 危機管理価値( $\Delta$ kW)
  - **いかに溢水 (発電機を通らない無効放流) を減らすか**
- 今後の方向性
  - 水系全体の複数ダムの組合せ最適化 (ソフト／ハード) (**流域マネジメント**)  
**治水(win)、エネルギー(win)、地域活性化 (win)**
  - **持続可能なシステムを目指す (堆砂対策が最優先)**
    - ダム通砂, 発電排砂のすすめ (全体最適, 水車の摩耗対策)
  - **気候変動への適応** (治水のみならず、利水 (発電含む) 影響も)  
異常渇水、積雪量減少 (豪雪 (ドカ雪) / 少雪の変動性増加)
    - **適応策としての貯水量の確保 (嵩上げなど拡大策, 堆砂対策)**
    - 調整力および危機管理価値を高めるための**揚水発電所の再評価・高度利用、新規建設** (ウクライナ危機で世界は大きく変化)
    - 長雨の場合、逆に、晴天で太陽光が余剰する場合など、一般水力 (特に、大規模貯水池)、**揚水の活用方法最適化**

- **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

- 日本には約3,000基のダムがあると言われますが、新設ダムを作ってきた世代は卒業し、今やダム管理世代が中心となっています。
- ダムに関する社会的関心が高まっている一方で、ダムの新規建設事業は限られ、これを担うダム技術者も限定されており、このままではダムの安全性や有効性を高めるような改造工事を日本人の手で実施できないような事態も懸念されます。
- 本拠点は、このような危機感がベースにあります。
- 「ダム再生」、「流砂環境再生」を実現させるには、既存ダムの管理上の課題を整理するとともに、現在のダムの「治水」「利水」の目的をさらに融合させて、新たな価値を創造する「パラダイムシフト」が必要です。
- 本拠点では、産学連携の枠組みを活かしながら、これらを実現するための新しい技術の開発と、これを担う次代の人材育成を目指していきたいと思えます。

1. **ダムの長寿命化に貢献する**  
-堆砂対策
2. **環境適合にかなう**  
-ダム長寿命化と河川環境改善を一体として考える「流砂環境再生」
3. **危機管理にかなう**  
-ダムの安全性向上（土砂・流木による洪水吐き機能低下の防止）
4. **経済性にかなう**  
-現在機能および将来ポテンシャルの両方を考慮して投資効果判断
5. **技術革新を促す**  
-ダム操作のDX, ダム改造に関する基幹技術の飛躍的なイノベーション
6. **再生可能エネルギー供給にかなう**  
-発電 kW（出力）、kWh（発電量）に加えて $\Delta$ kW（調整力）価値
7. **地域創生にかなう**  
-ドイツのシュタットベルケ、地元自治体の参画、地域の社会的課題解決
8. **人材育成にかなう**  
-国内外の旬なプロジェクトで集中的に人材育成  
-既存インフラの付加価値を高める柔軟な発想力の育成
9. **さまざまな管理主体と連携する**  
-利水ダムの治水協力（流域治水）、治水ダムの利水協力（流域利水）

雑誌河川（巻頭言） 既存ダムの機能強化  
が目指すべき方向性 2022.9



# 産学共同研究部門 設立記念シンポジウム 2024.5.30



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

## MESSAGE

### 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



京都大学  
KYOTO UNIVERSITY



京都大学防災研究所  
Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University



ダム再生・流砂環境再生  
技術開発プロジェクト

#### 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](mailto:info.damupgrading@dpri.kyoto-u.ac.jp)