



# 水道ダムを、「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)

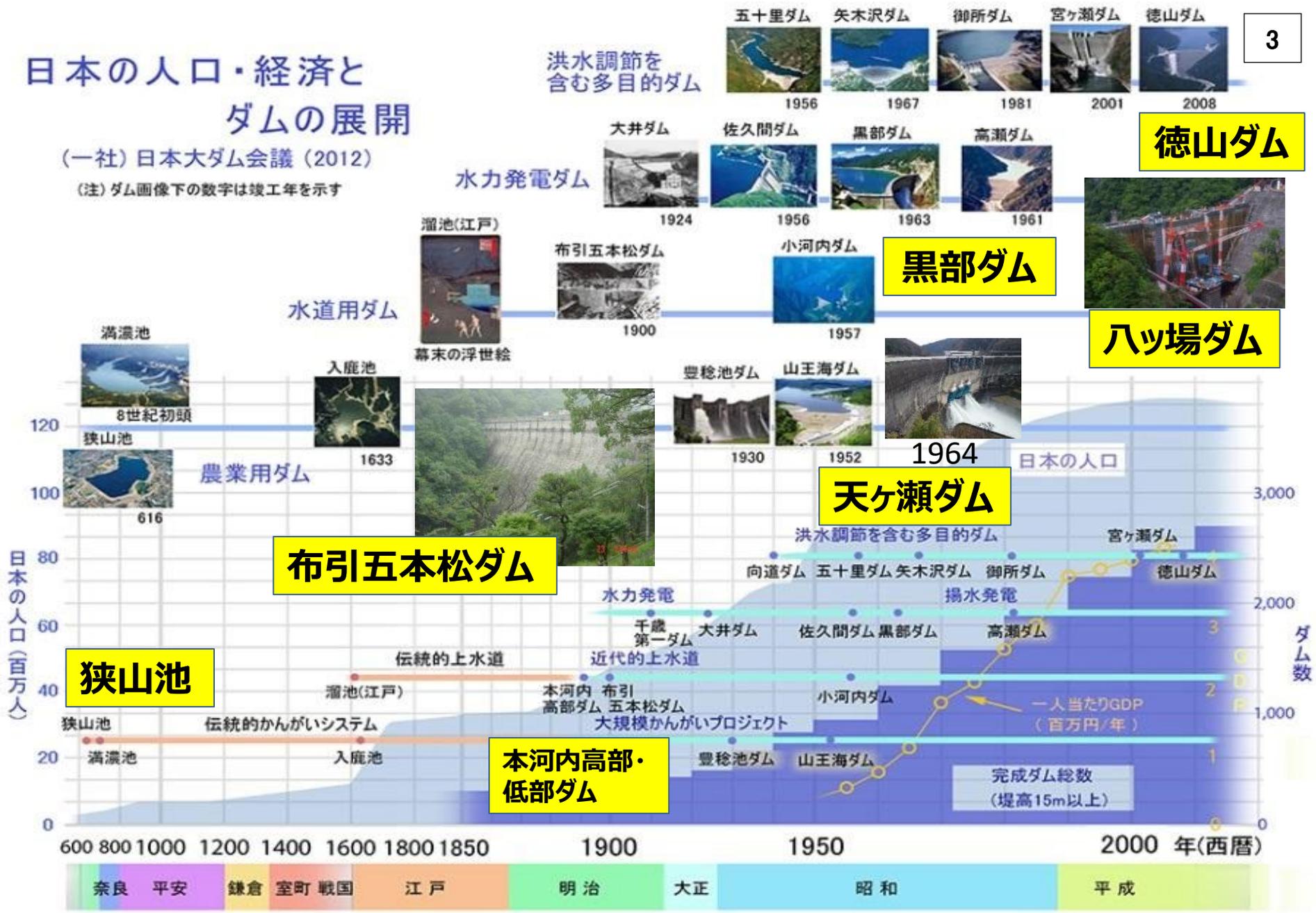


ダム工学会 会長

- **ダムのアセットマネジメント**
- **狭山池の歴史、再開発、仏教伝来、スリランカとのつながり、異常渇水対策、土砂管理**
- **布引五本松ダム、土砂バイパストンネル、阪神淡路大震災、堤体補強、土砂掘削、神戸空港、ブラタモリ**
- **長崎水害、緊急ダム再編、長崎モデル**
- **ダムの課題(世界の潮流(ICOLDの話題))**
- **ダム再生ビジョン・流域治水・流砂系総合土砂管理  
流域総合水管理**
- **京都大学産学共同研究部門の紹介・目指すところ**

# 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



徳山ダム



ハツ場ダム

黒部ダム

天ヶ瀬ダム

布引五本松ダム

狭山池

本河内高部・低部ダム

[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

# 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

## 更新期間によるダムの施設区分とマネジメントの重点

更新期間	施設等	マネジメントの重点	備考
短期 数年～数十年	機械設備 電気設備 建築物	点検, 整備, 補修, 更新のトータル費用の 低減	サービス水準向上 技術革新対応
長期 数十年～ 数百年	貯水池 (堆砂)	長寿命化 ライフサイクルコストの低減	適切な対策をすれば 更新時期は延びる
超長期 (不明)	ダム堤体	点検 維持管理費用の低減 リスクアセスメント	適切な管理をすれば更新が 超長期不要となり更新費用 の現在価値が評価できない
偶発的	貯水池法面 地すべり 地震対応等	点検 緊急時対応	一定レベルまでは 建設時に対応

小林潔司, 角 哲也, 森川一郎, (2007). 堆砂対策に着目したダムにおけるアセットマネジメントの適用性検討, 河川技術論文集 13 65-68

# アセットマネジメント技術（小林潔司）

- 点検技術
  - インベントリー データベース
  - Tool box
  - 劣化曲線
  - LCC 評価
  - 計算モデル
- 
- プロセス評価
  - 政策評価 (outcome/output/input)
  - 劣化過程を考慮したアセットマネジメント
  - 市民参加

ダム堆砂がアセットマネジメントの  
要点とすれば

堆砂測量技術

堆砂データ

（量・質・堆砂形状）

堆砂進行予測

ダムの中長期堆砂対策計画

堆砂対策シナリオ

便益評価 （治水・利水・  
環境）

市民に対する説明責任

↓

堆砂対策に着目したダムのアセットマネジメント

## 河川部門の健康診断結果

施設	河川（堤防）	河川（構造物）	ダム（本体）	ダム（貯水池）
2024 年度評価	C ▼	D ▼	B ▼	B ▼
2020 年度評価	C ▼	D ▼	B ▼	—

- ダムの貯水容量は有限であり、ダムの機能を長期にわたり維持するためには、ダムごとの堆砂特性を踏まえて効率的・効果的な対策が重要
- ダムによって遮断された土砂の流れが、下流の河川や海岸の環境を劣化させている問題も顕在化。総合土砂管理の観点から適切な土砂供給が必要
- 令和4年度末時点で、国土交通省所管の約570基のうち、計画堆砂量を超過ダムが66基
- ダムの洪水調節容量に見込んでいる余裕の範囲を超えているダムが22基
- 今後は、気候変動の影響により、降雨強度や気温の変化等による流入土砂量の増加により、堆砂の進行が進むダムが増加する可能性あり
- アセットマネジメントの確立、新工法の導入等、効率的・効果的な堆砂対策が重要



美和ダム（1958年竣工）、  
土砂バイパストンネル  
（2005年竣工）

## インフラ健康診断書

河川部門  
2024



洪水時の堤防  
（江戸川、平成13年  
台風第15号出水）

出典：土木学会インフラ健康診断 2024

## 道路部門



施設	橋梁	トンネル	路面 (舗装)
2024 年度評価	B →	C →	C →
2020 年度評価	C ↘	D ↘	C ↘

## 鉄道部門



施設	橋梁	トンネル	軌道
2024 年度評価	B → (-)	B → (-)	B → (-)
2020 年度評価	B →	B →	B →

## 港湾部門



施設	係留施設 (岸壁や棧橋など)	外郭施設 (防波堤など)	臨港交通施設 (道路、橋梁、 トンネルなど)
2024 年度評価	C ↘	C ↘	C ↘
2020 年度評価	C →	C →	—

## 河川部門



施設	河川 (堤防)	河川 (構造物)	ダム (本体)	ダム (貯水池)
2024 年度評価	C ↘	D ↘	B ↘	B ↘
2020 年度評価	C ↘	D ↘	B ↘	—

## 農業水利部門



施設	農業用ダム	頭首工(取水堰)	基幹的水路	その他施設
2024 年度評価	B →	B ↗	開水路：B → 管水路：C →	C →

インフラ健康診断 2024 より新設

## 電力部門



施設	発電用ダム本体	水圧鉄管
2024 年度評価	A →	B →

インフラ健康診断 2024 より新設

## 水道部門



施設	管路	浄水施設
2024 年度評価	D →	A →
2020 年度評価	C →	—

## 下水道部門



施設	管路施設
2024 年度評価	B →
2020 年度評価	B ↘

出典：土木学会インフラ健康診断 2024

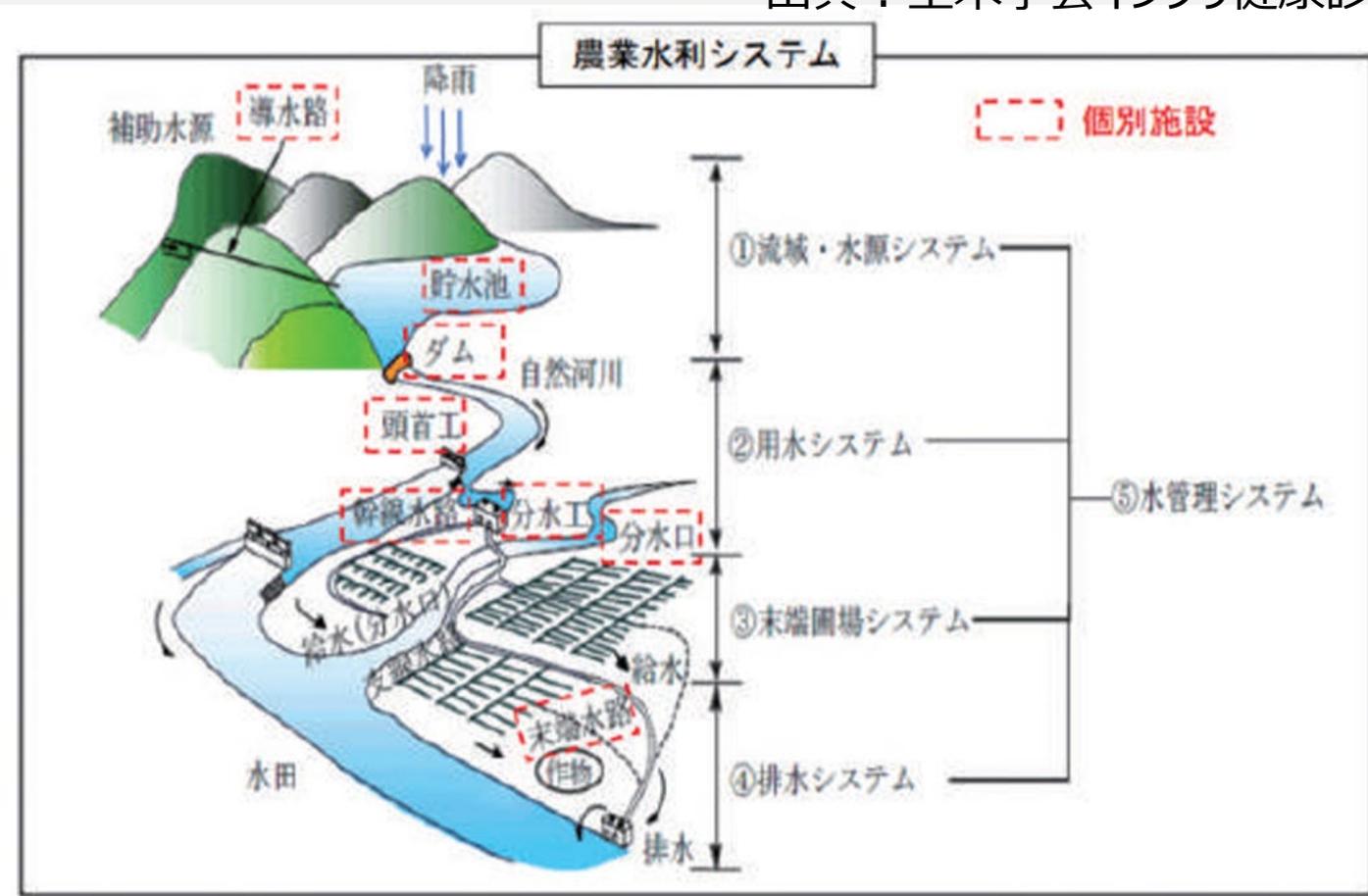
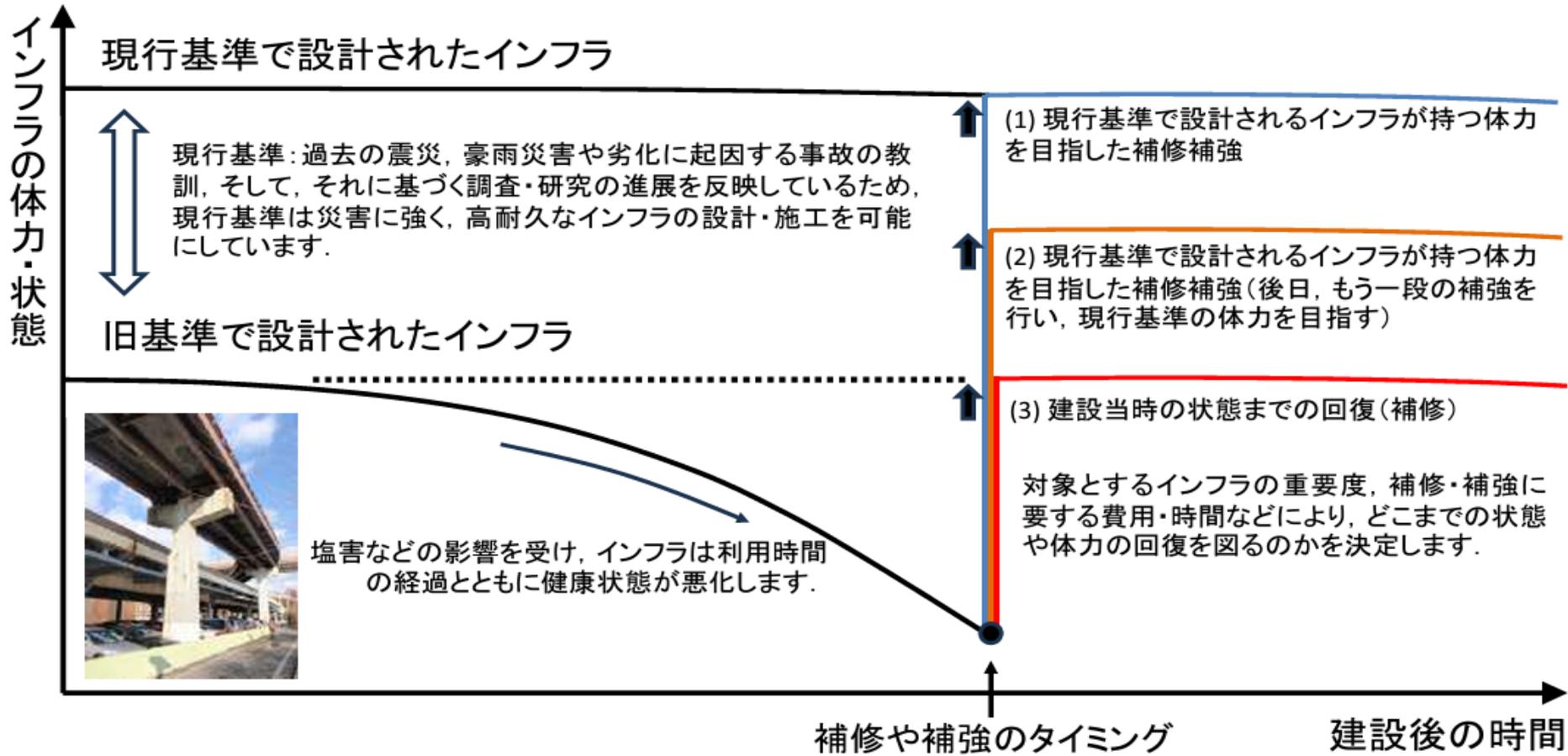


図 農業水利施設（システム）の俯瞰図（イメージ）



これに対して、水道部門は水源が欠落している

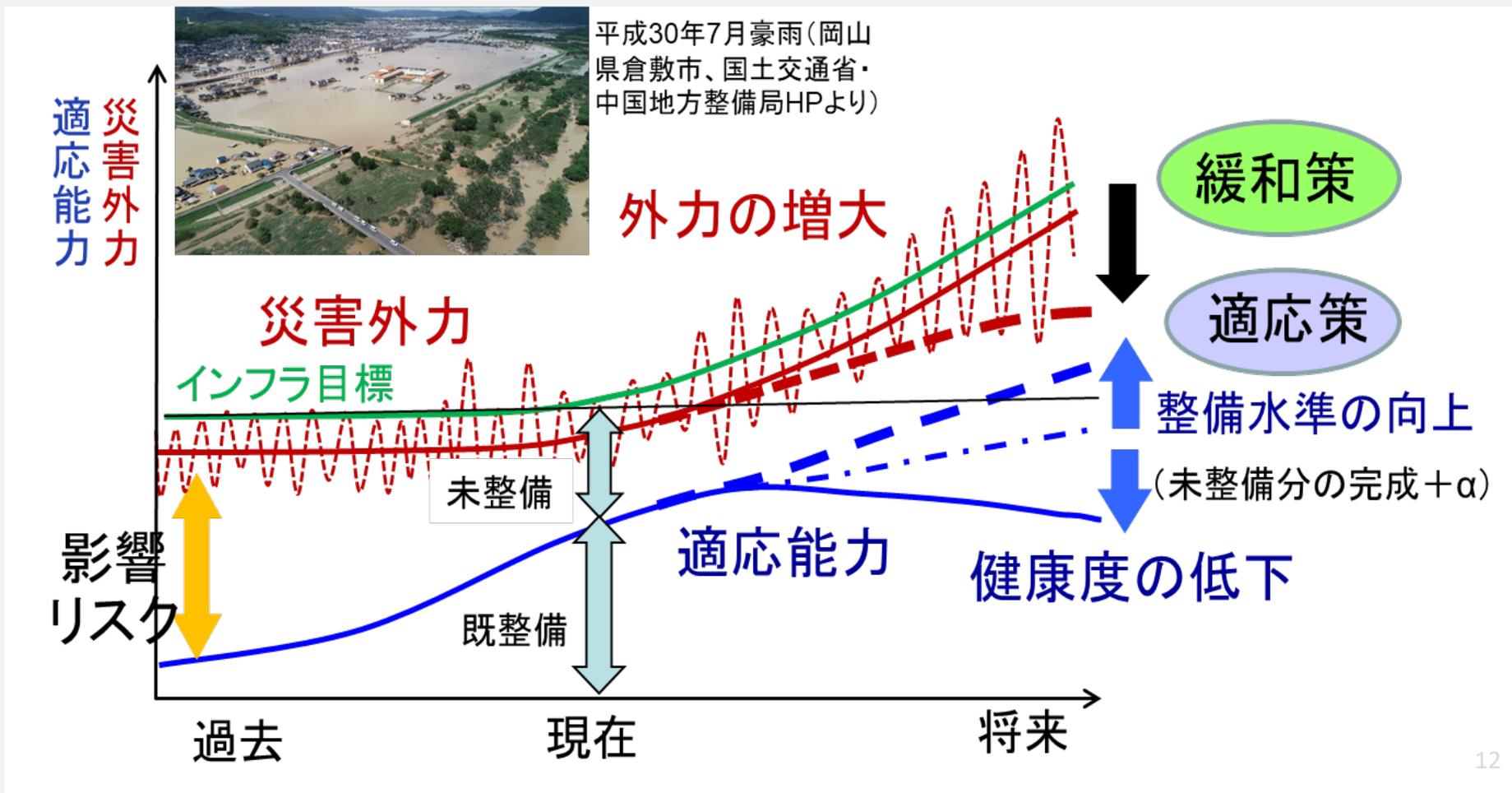
出典：土木学会インフラ健康診断 2024



← **経年劣化に対する機能回復と、社会のニーズに対する要求性能の向上に対する対応のバランスが必要 (特に気候変動適応など)**

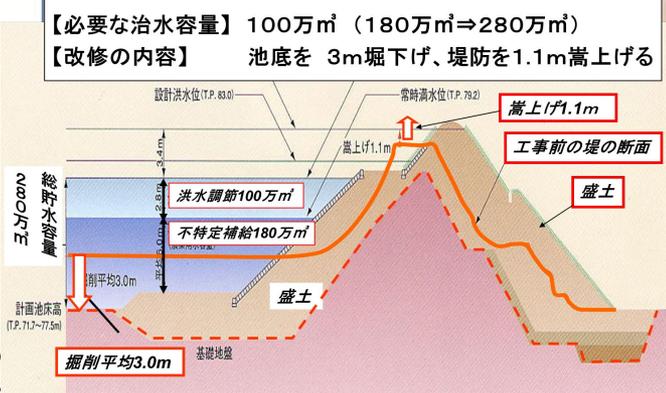
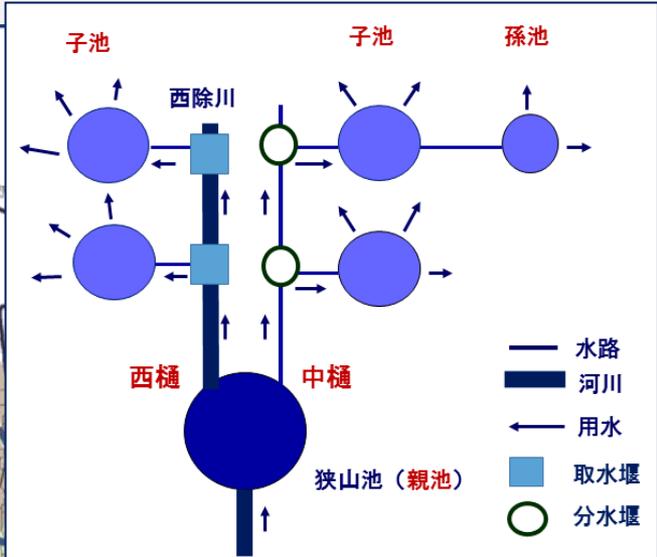
# 気候変動の緩和策・適応策のイメージ

(出典:土木学会インフラ健康診断)



必要となる緩和策をとった場合でも、災害外力は増加することが予測されており、リスクを軽減、回避、分散する適応策を進めるとともに、健康度を低下させないことが重要

# 狭山池と連珠式水分配システム



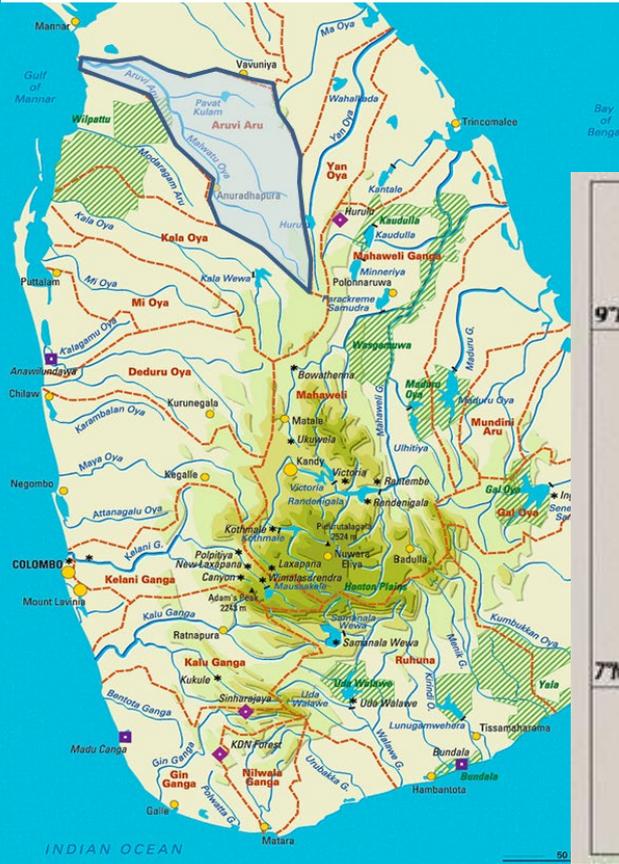
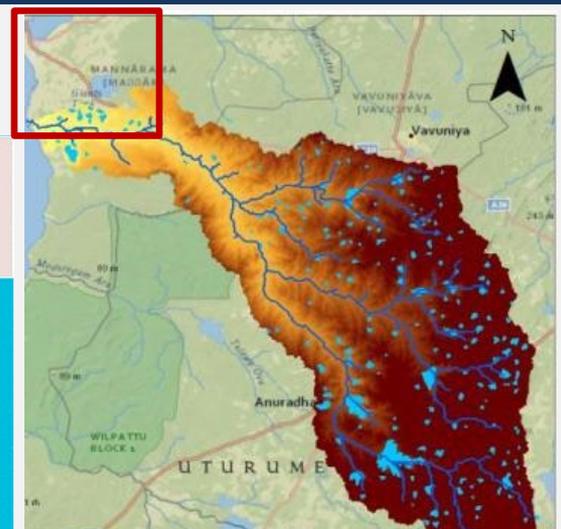
# アジア・モンスーン地帯のため池

ダム式ため池の情報は、中国（江南）から朝鮮半島（百済）、日本へ伝来。中国では長江デルタの稲作文明として知られている良渚文化期に出現（約 3100～2900BC 頃）。朝鮮半島では江南から三国時代の百済に伝わり（4・5 世紀頃）、616 年築造の狭山池は「東アジアのダム式溜池ロード」の終着点と位置付けられる。なお、その原点はデカン高原やスリランカにあるとも言われる。 出典：小山田宏一



# スリランカの水システム

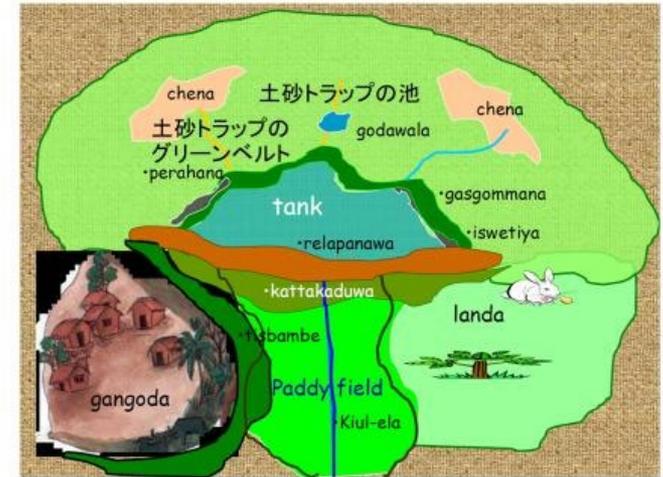
流域面積 3,246 km<sup>2</sup>  
 年間降水量 1200 mm  
 タンクの数 1700箇所以上  
 総貯水量 6億m<sup>3</sup>  
 灌漑面積 654km<sup>2</sup>



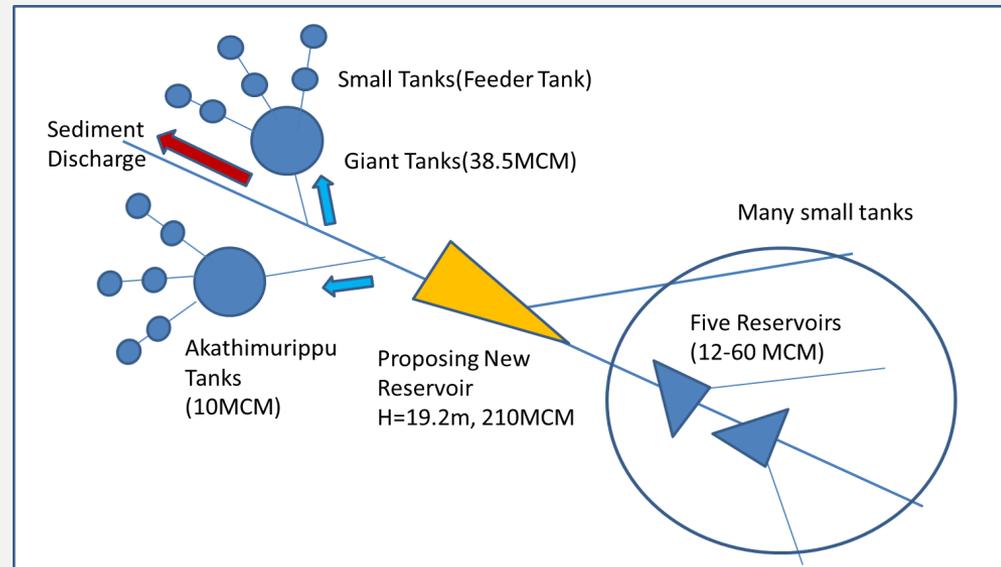
# Twin System (持続可能なシステム)

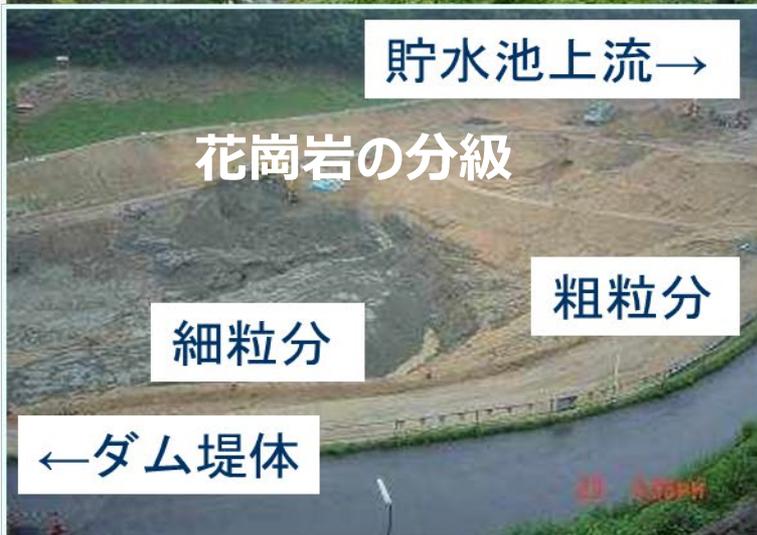
- ツイン栽培 / 土地利用
  - 雨期 / 11-3月
    - 主ため池と配水ため池から灌漑実施
  - 乾期 / 4-8月
    - 主ため池とGiantため池から灌漑実施
    - 配水ため池は乾期中に干し上げ
    - 堆積土砂を掘削・客土に利用し、水田の高収量に貢献

## スリランカのため池の土砂管理 (土砂トラップ／グリーンベルト)



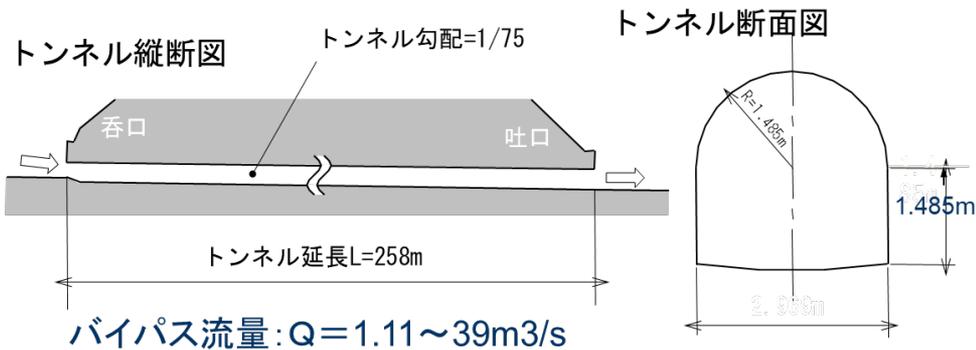
- ツイン貯留
  - 主タンクの修復/緊急時は、配水ため池の水を最初に灌漑に使用。主ため池の水を配水ため池に放出
- 今後の開発
  - 洪水を貯めて干ばつに利用するため、上流にダムを新設 (気候変動適応策)





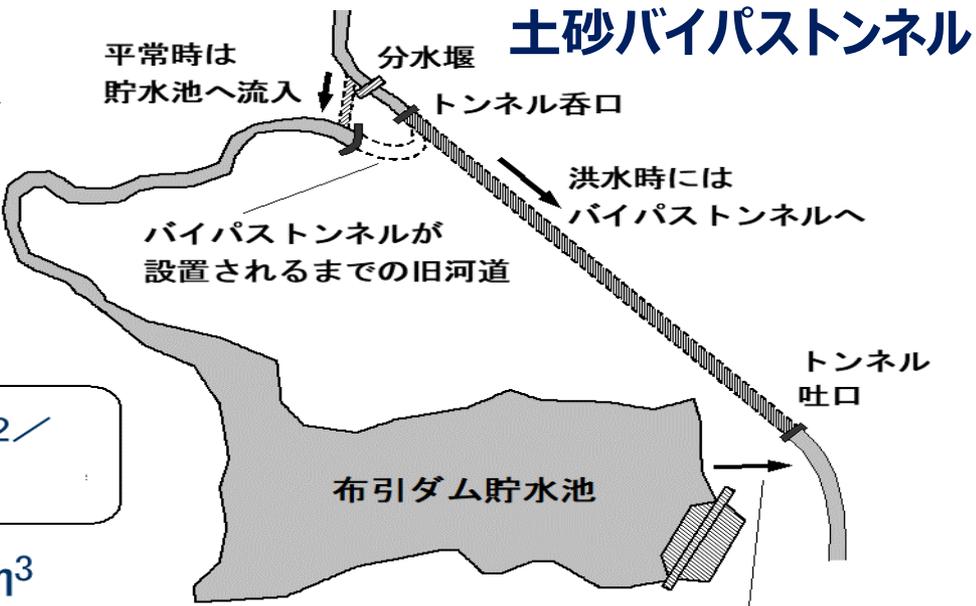
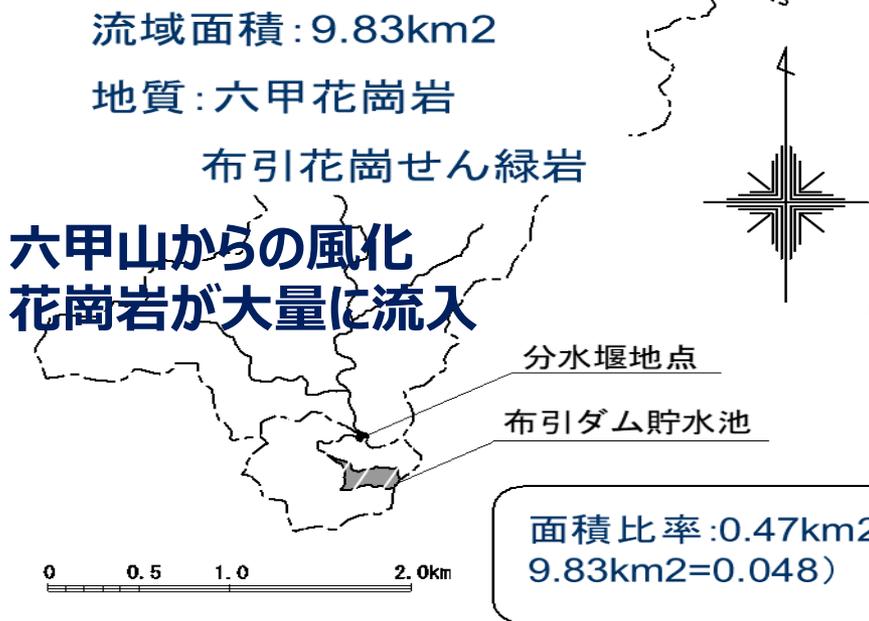
阪神大震災後の  
堤体補強  
(上流に腹付)

# 布引五本松ダムの土砂バイパス 明治41年(1908)に建設 (ダム完成8年後)



バイパス流量:  $Q=1.11\sim 39\text{m}^3/\text{s}$

## 土砂バイパストンネル



有効容量: 759,521m<sup>3</sup>  
貯水池満水面積: 56,547m<sup>2</sup>  
水深: 29.81m

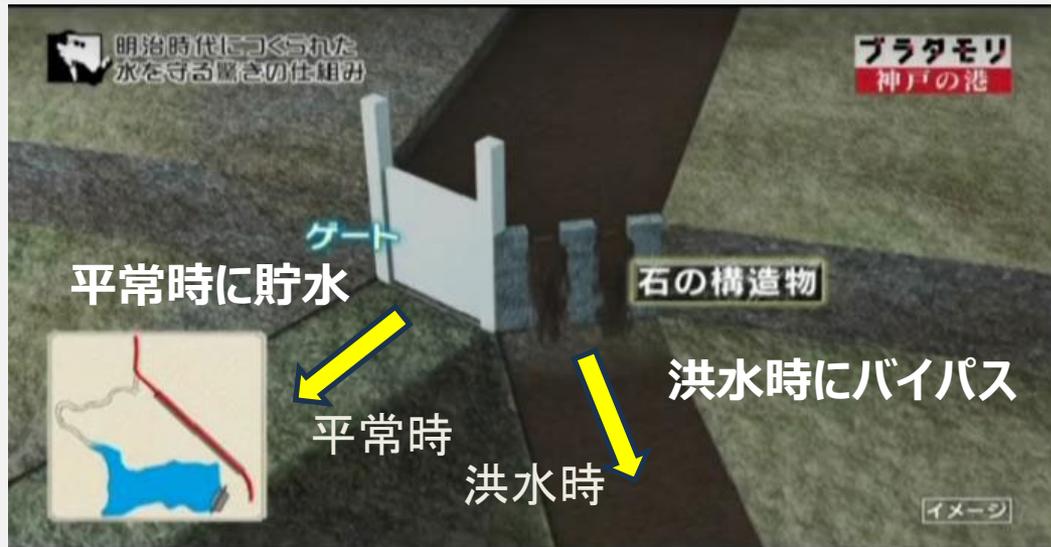
角哲也ら: バイパス設置による貯水池土砂管理効果の定量的把握、河川技術論文集 10、197-202, 2004

平常時は余水吐きから下流へ

土砂バイパスにより流入土砂が激減 (長寿命化 (30年で満砂→1000年ダム) )

# ブラタモリ（神戸の港編：2017.2.18）

出典：NHK



土砂バイパスにより流入土砂が激減（長寿命化（30年で満砂→1000年ダム））

洪水時にバイパス、平常時も砂濾過させて流入

- 流入する有機物も激減
- 貧栄養
- 赤道を越えても腐らない
- 神戸の港の水道価値

# 神戸の土砂バイパス3兄弟 (先人の知恵)

## Sediment Bypass in Kobe

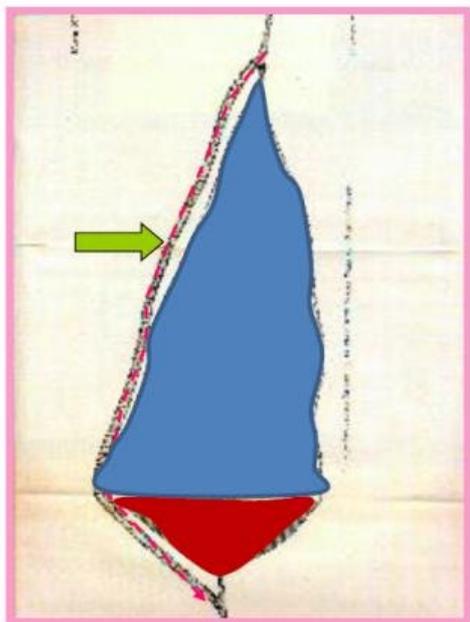
(Plan View)

W. K. Burton

Printed by Crosby

Lockwood, London in 1894

“Water Supply of Towns”



Nunobiki Reservoir

布引五本松ダム  
(1900→1908)



高橋洋行主任技師  
土木博士  
藤次郎 佐野

佐野藤次郎



Karasuhara Reservoir

烏原貯水池(1905)



武庫の池(1917)

出典:神戸市水道局 松下 眞

# 長崎の水資源（ダム役割）の変遷

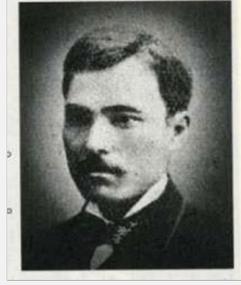
## 幕末から 明治中期 の虎列刺 の流行



アメリカ軍艦ミシシッピ号が  
長崎に入港  
安政5年(1858)  
西南の役(長崎にコレラ発生) 県令  
北島秀朝死亡 明治10年(1878)

長崎に真性コレラ発生  
明治18年  
全国で発生: 明治19年6月  
下旬突然長崎港で発生し  
たコレラは病勢猛烈  
明治23年  
長崎英国船にコレラ患者  
明治24年

年	患者数	死者
文政5年(1822)		流行
安政5年(1858)		流行
明治10年(1878)	13,816	8,027
(明治12年(1880))	162,637	(105,786)
明治14年(1882)	9,389	6,237
(明治15年(1883))	51,631	(33,784)
明治18年(1886)	13,824	(9,329)
明治19年(1887)	155,923	(108,405)
明治23年(1890)	46,019	(35,227)
明治24年(1891)	11,142	(7,760)



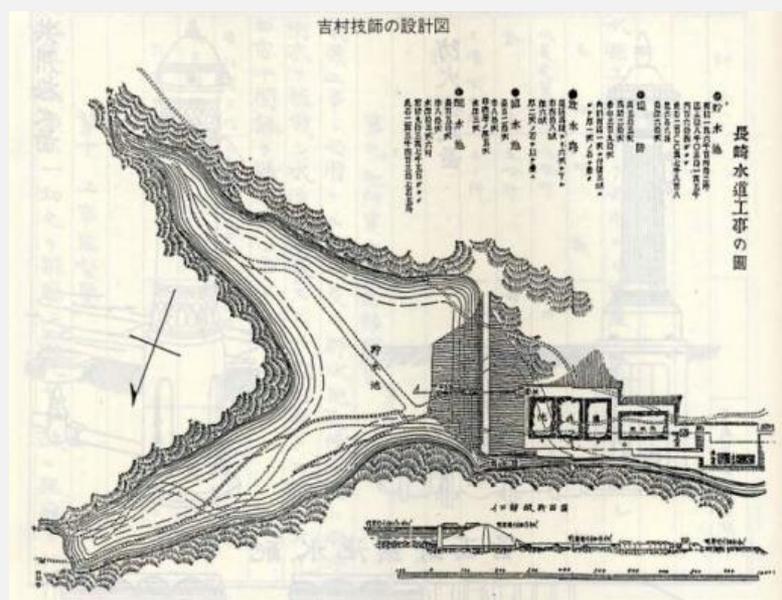
長崎区長  
金井俊行

長崎県令  
日下義雄



吉村長策

創設長崎水道  
本河内高部ダム  
(明治24年3月完成)



出典: 長崎大学名誉教授 岡林 隆敏

# 国内における粗石コンクリートダムの経緯

粗石コンクリートによるダム施工は、1870年代に始まり鋼製型枠と運搬機械の導入による現在に近いコンクリート施工法が普及する1920年代まで(欧米では1910年代まで)続いた。

重力式コンクリートダム (堤高15m以上)	竣工 年	堤高 m	重力式コンクリートダム (堤高15m以上)	竣工 年	堤高 m
布引五本松ダム(兵庫県)	1900	33.3	小荒ダム(新潟県)	1923	23.0
本河内低部ダム(長崎県)	1904	28.3	帝釈川ダム(広島県)	1923	62.1
西山ダム(長崎県)	1904	31.8	曲淵ダム(福岡県)	1923	37.3
立ヶ畑ダム(兵庫県)	1905	33.3	山田池ダム(兵庫県)	1923	27.3
黒部ダム(栃木県)	1912	28.7	大井ダム(岐阜県)	1924	53.4
草木ダム(兵庫県)	1913	24.8	中岩ダム(栃木県)	1924	26.3
飯豊川第1ダム(新潟県)	1915	36.9	久山田ダム(広島県)	1924	22.5
乙原ダム(大分県)	1916	17.2	由良川ダム(京都府)	1924	15.2
大又沢ダム(神奈川県)	1917	18.7	一の沢ダム(北海道)	1926	20.3
本庄ダム(広島県)	1917	25.4	落合ダム(岐阜県)	1926	33.3
千本ダム(島根県)	1918	15.8	黒又ダム(新潟県)	1926	24.5
千歳第3ダム(北海道)	1918	23.6	小ヶ倉ダム(長崎県)	1926	41.2
千苅ダム(兵庫県)	1919	42.4	転石ダム(長崎県)	1927	22.7
千歳第4ダム(北海道)	1919	21.9	1924年に完成した大井ダム以降、現仕様に近いマスコンクリートの採用が進む		
桂ヶ谷ダム(山口県)	1923	13.4			

100周年  
ダム群

# 長崎の水資源（ダム役割）の変遷

歴史的  
水道施設

治水

利水

環境

長崎大水害を受け、  
多目的ダム化

治水

利水

環境

## 長崎豪雨災害1982年（昭和57年）7月23～24日

- 長崎県西彼杵郡長与町：時間雨量187mm（日本記録）
- 長崎市時間雨量：127.5mm 日雨量：527mm
- 長崎県死者・不明者：299名・5名  
（うち、長崎市死者・不明者：257名・5名）
- 各地で土砂崩れ、土石流が発生した 中島川、浦上川、八郎川などが氾濫（眼鏡橋も流出）。商店街、家屋の甚大が被害が発生。



多くの自動車が出し、その後の現代的な水害の先駆けとなった。

出典：長崎大学名誉教授 岡林 隆敏

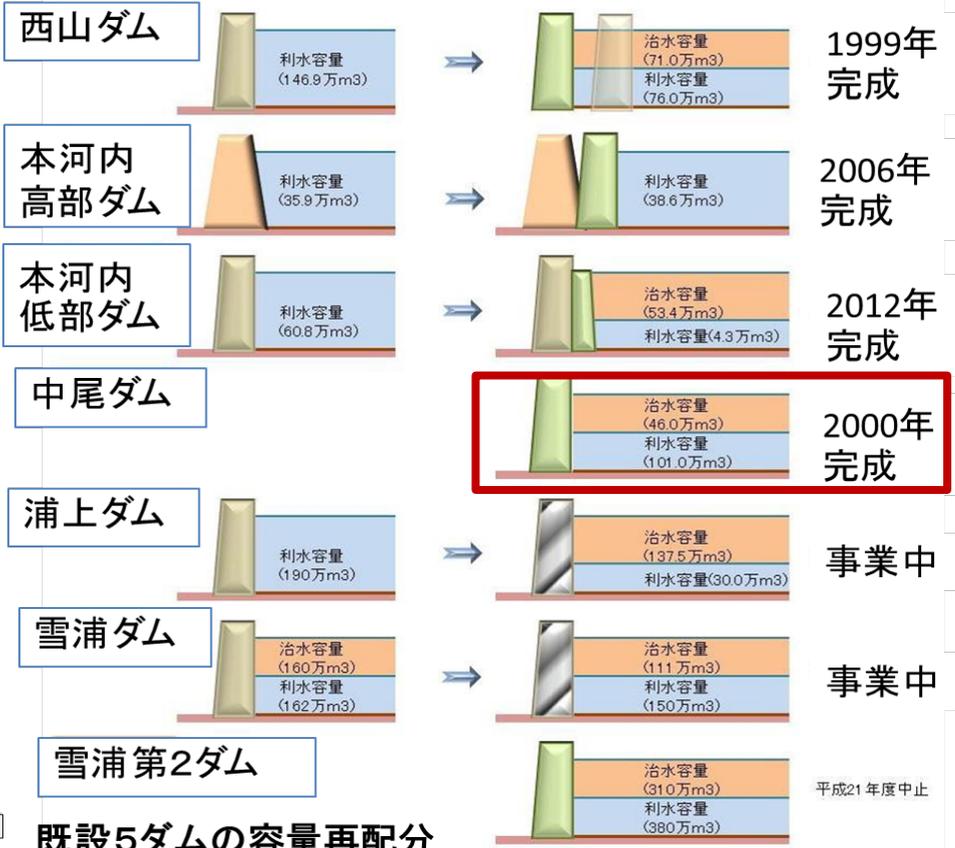
# 長崎のダム再開発（長崎方式）の先進性

既存の水道用水ダムに洪水調節機能を持たせるために、**新規の多目的ダム建設**を行い、**既存の利水容量の振替え**を行いながら、歴史的建造物である利水ダムの再開発を実現

## ダム群容量再配分 1983年

1982年長崎大水害を契機に、既設ダム群の再開発による中島川と浦上川の抜本的な治水対策が検討された。

1983年度「長崎水害緊急ダム事業」採択

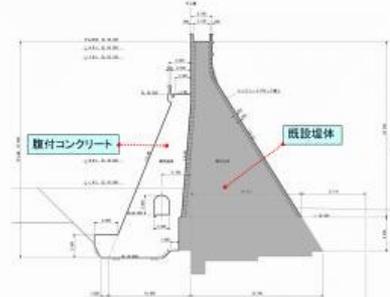


既設5ダムの容量再配分と新規2ダム建設

**何故、1年間でこれだけの事業計画を策定できたのか？**

- ◎国費(治水費)支出を優先した。
- ◎既設ダム大幅容量増を組み込まなかった。

土木学会水シンポジウム長崎 (2014)



本河内低部ダム

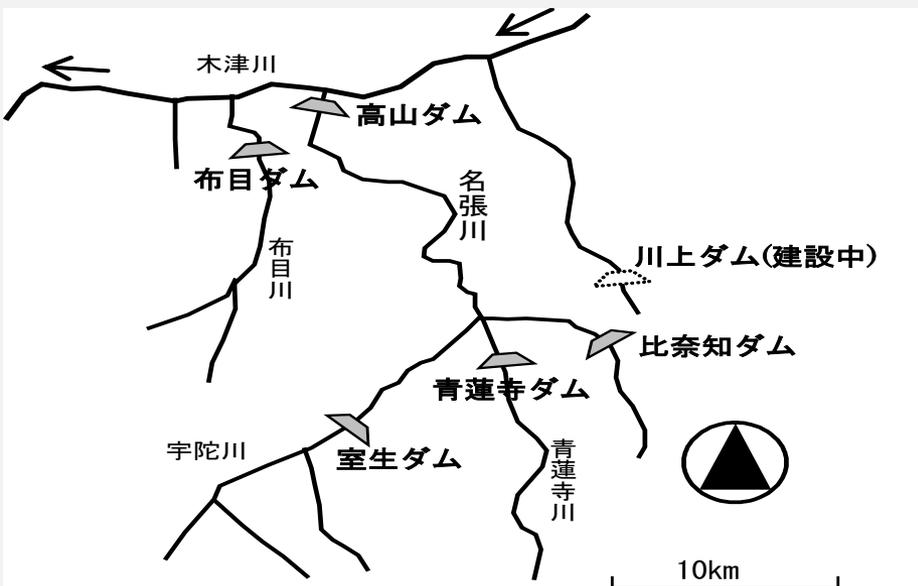


角哲也、岡林隆敏：ダムのアセットマネジメント-長崎大水害を踏まえたダム群再開発「長崎方式」の先進性-、土木学会誌Vol.100 No.3、2015

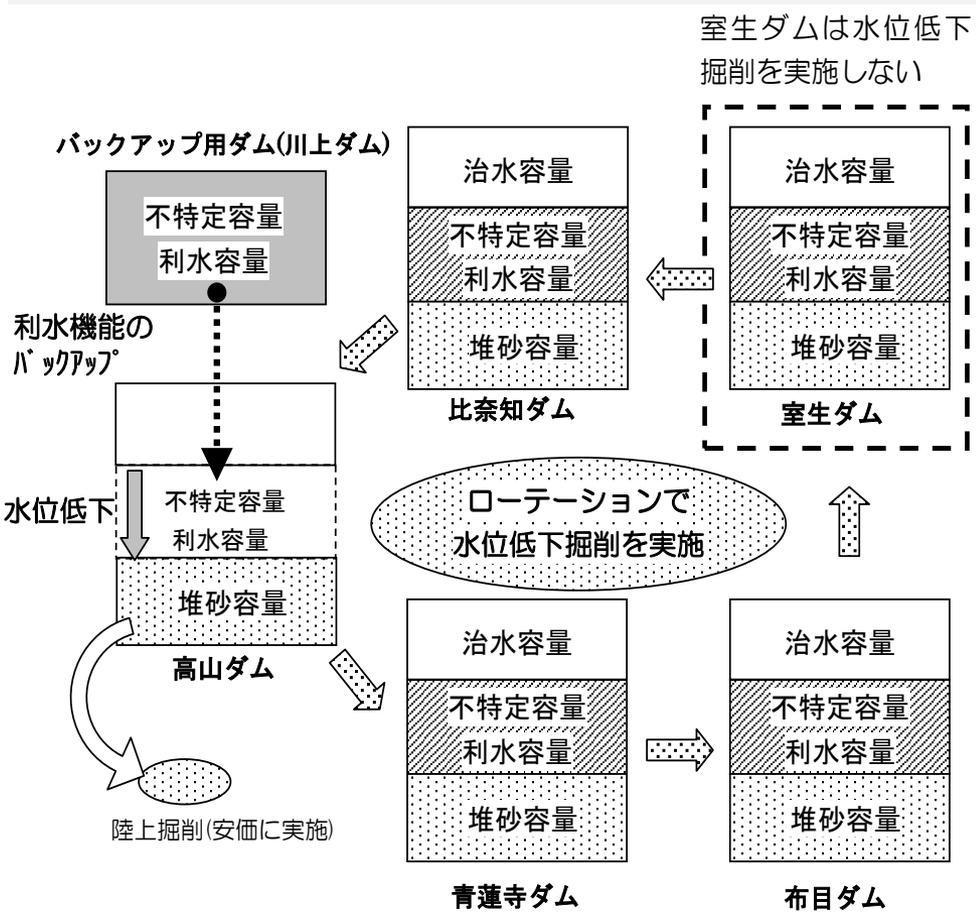
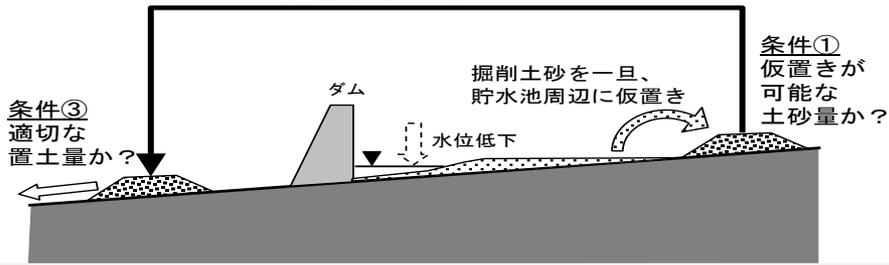
# 木津川ダム群のバックアップシステム(N + 1)

スリランカや狭山池のバックアップシステムや  
長崎水害緊急ダム事業などの系譜

新規の川上ダムの利水容量を原資に、  
既存ダムの定期的な堆砂掘削を実現  
(持続可能なシステムの構築)



条件②  
下流へのトラック交通量が  
問題とならないか？

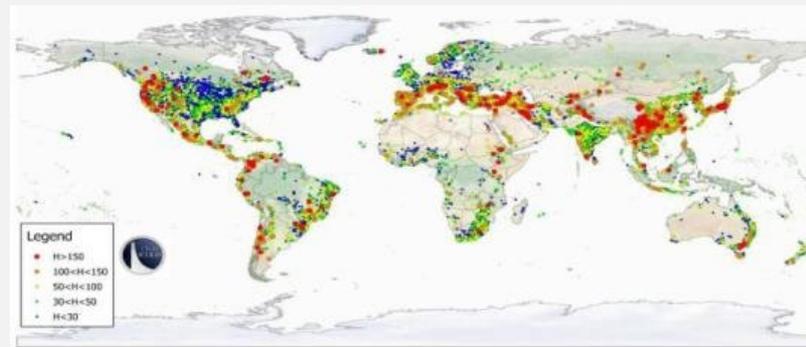


角 哲也ら, 堆砂対策に着目したダムにおけるアセットマネジメントの適用性検討, 大ダム: 210 123-127, 2010

※ 例えば, 高山ダムを水位低下掘削する場合

### 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
- 老朽化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）

- ・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)**

<p><b>① 氾濫をできるだけ防ぐ・減らすための対策</b></p> <p><b>雨水貯留機能の拡大</b> <span style="background-color: #4CAF50; color: white; padding: 2px;">集水域</span></p> <p><u>[国・市町村、企業、住民]</u></p> <p>雨水貯留浸透施設の整備、ため池等の治水利用</p>	<p><b>② 被害対象を減少させるための対策</b></p> <p><b>リスクの低いエリアへ誘導 / 住まい方の工夫</b> <span style="background-color: #FFC107; padding: 2px;">氾濫域</span></p> <p><u>[国・市町村、企業、住民]</u></p> <p>浸水範囲を減らす <u>[国・県・市町村]</u></p> <p>二線堤の整備、自然堤防の保全</p>	<p><b>③ 被害の軽減、早期復旧・復興のための対策</b></p> <p><b>土地のリスク情報の充実</b> <span style="background-color: #FFC107; padding: 2px;">氾濫域</span></p> <p><u>[国・県]</u></p> <p>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</p> <p><b>避難体制を強化する</b> <u>[国・県・市町村]</u></p> <p>長期予測の技術開発、リアルタイム浸水・決壊把握</p> <p><b>経済被害の最小化</b> <u>[企業、住民]</u></p> <p>工場や建築物の浸水対策、BCPの策定</p> <p><b>住まい方の工夫</b> <u>[企業、住民]</u></p> <p>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</p>
<p><b>流域治水に貢献するダム運用高度化</b></p>  <p>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</p> <p><u>[国・県・市町村]</u></p> <p>土地利用と一体となった遊水機能の向上</p> <p>持続可能な河道の流下能力の</p>		

**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**

**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

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

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

出典: 「気

**流域総合水管理(水循環基本計画 R6.8.30)**

**流域総合水管理**

あらゆる関係者による **流域治水**

【水災害による被害の最小化】

(治水×利水)

あらゆる関係者による **水利用**

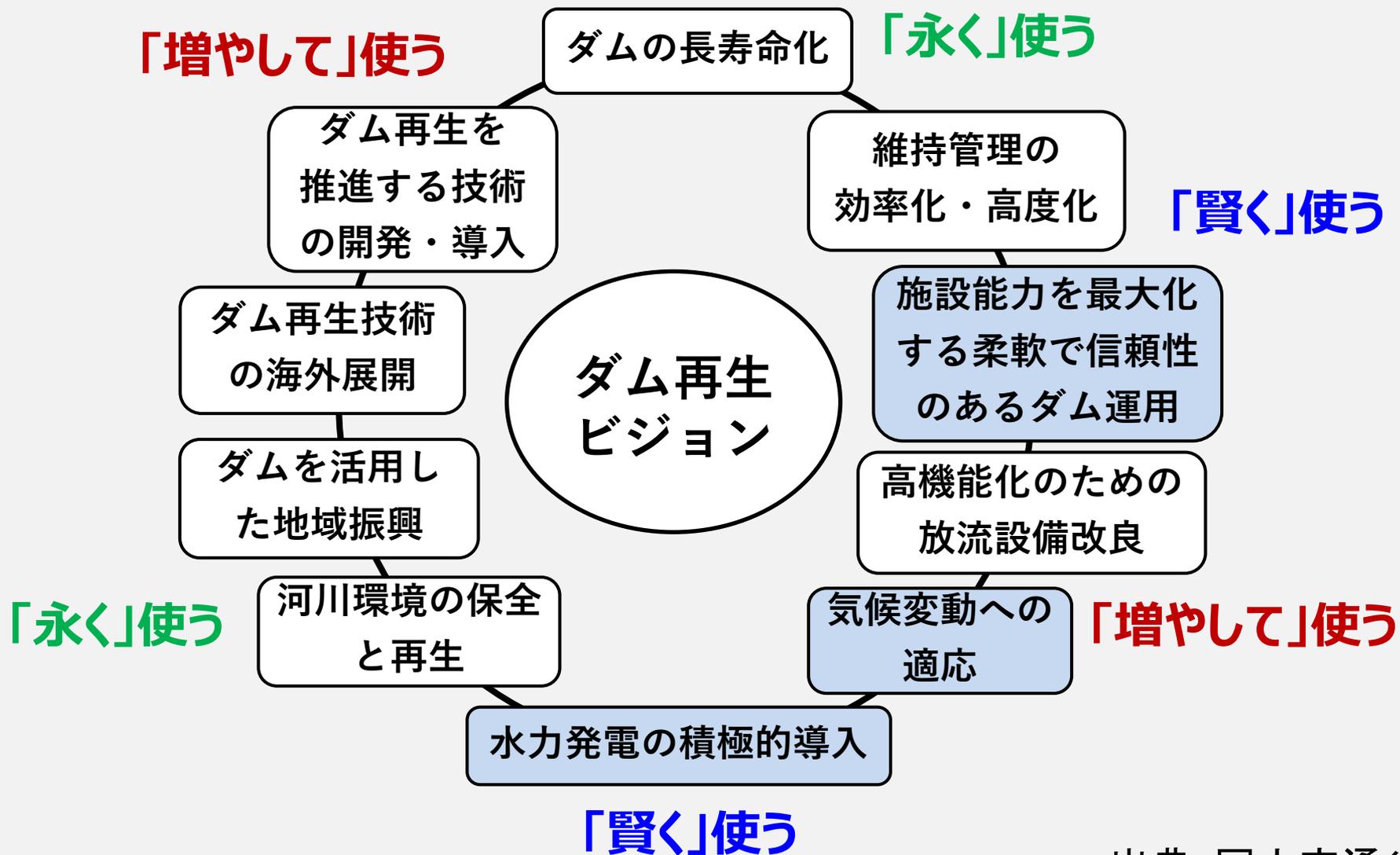
【水の恵みの最大化】

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・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。

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。



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

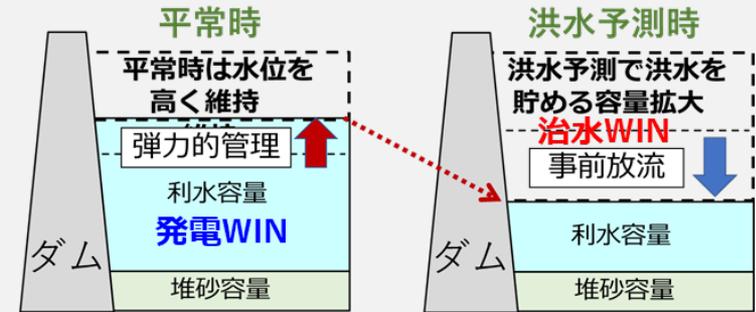
流砂環境再生

技術開発  
政策提言  
人材育成  
海外支援

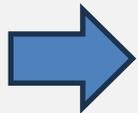
(参加機関) 関西電力(株)、電源開発(株)、中部電力(株)、九州電力(株)、建設技術研究所、(株)ニュージエック、西日本技術開発(株)、(一財)水源地環境センター(WEC)、(一財)ダム技術センター(JDEC)

# 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。



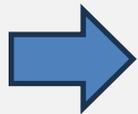
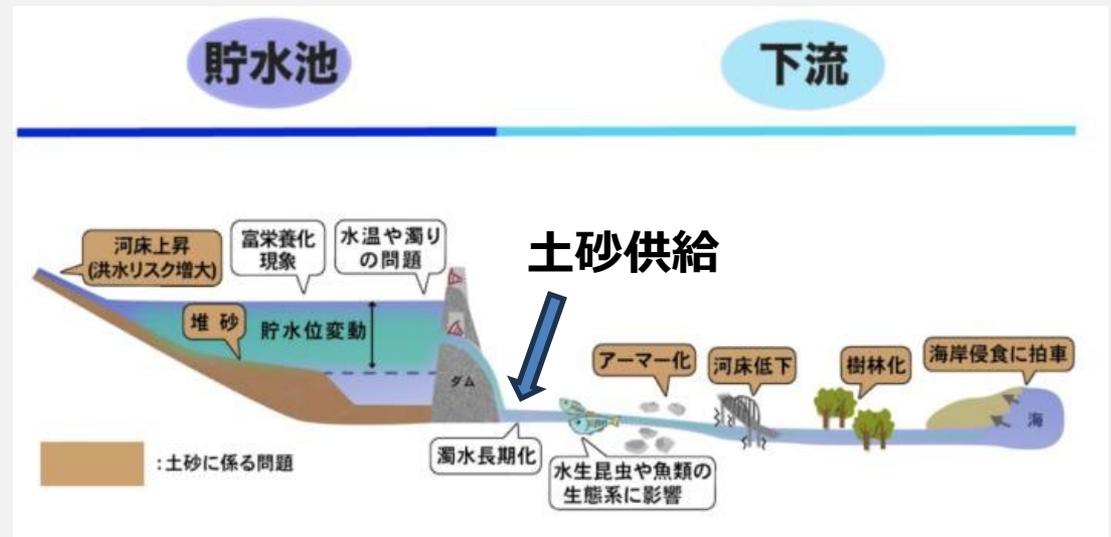
「治水」と「利水」のWIN-WINをもたらすための  
ダムを「賢く」、「増やして」使うための「ダム再生技術」

# 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」

# ダムの再生、運用高度化の技術

- **ソフト対策（賢く使う）**

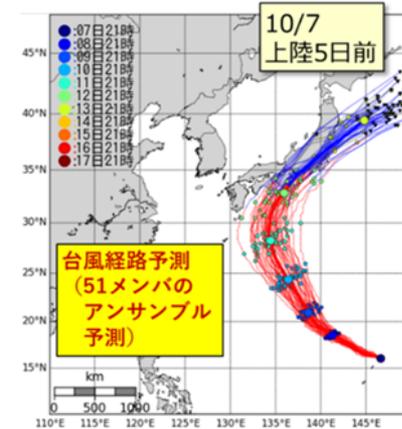
- **最新の気象予測を用いた降雨・流量予測手法の高度化（長時間アンサンブル降雨予測）**

- **（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）**

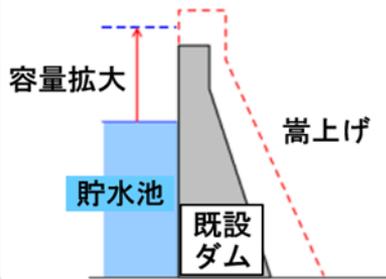
- **既設ダムの嵩（かさ）上げ**
    - **（効果）洪水調節容量の増大**
  - **放流設備の増設，放流トンネルの増設**
    - **（効果）洪水調節容量の有効活用**

2019年台風19号時の長時間アンサンブル予測

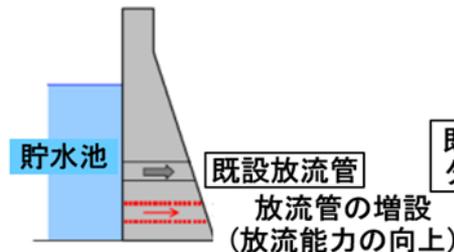


- 堤体嵩（かさ）上げ → 洪水調節容量増大
- 放流設備強化など
  - ・ 低い貯水位で大きな放流が可能 → 洪水ピークカットのための容量が温存可能
  - ・ 洪水初期に無駄に貯水しない

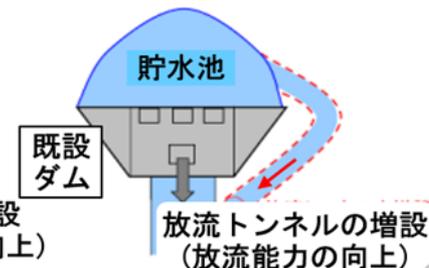
既設ダムの嵩上げ  
(容量の増大)



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)



## ダムの目的：治水（洪水対策）と 利水（水利用）

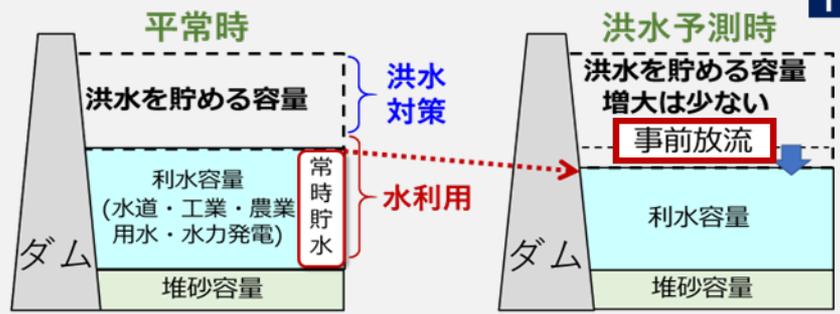
京都大学、（独）水資源機構、（一財）日本気象協会

### 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）

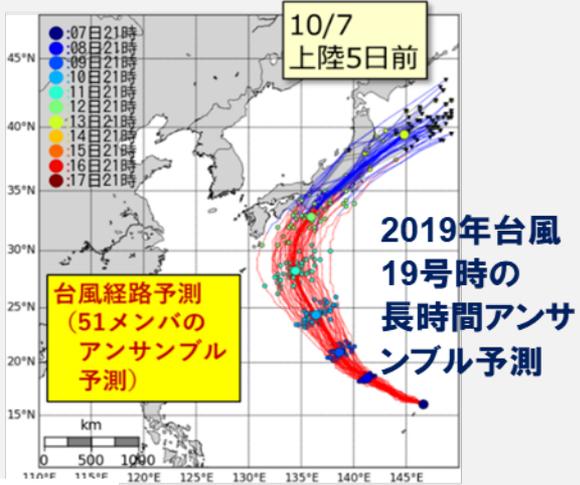
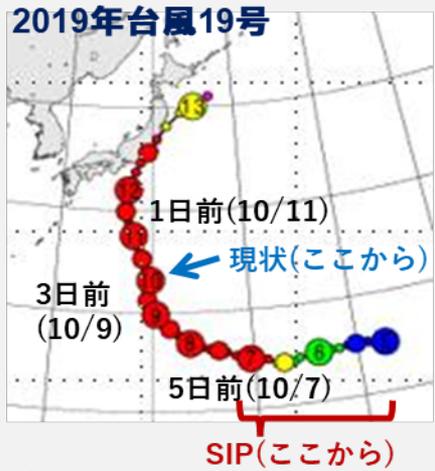
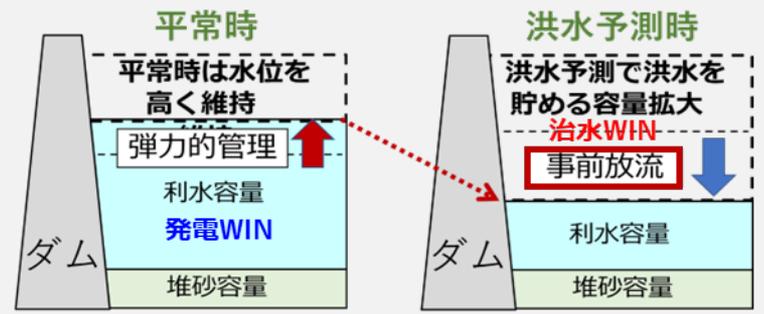
▽ GSM（84時間）は予測不安定   ▽ MSM（39時間）は時間不足



### 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



### 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

# 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)

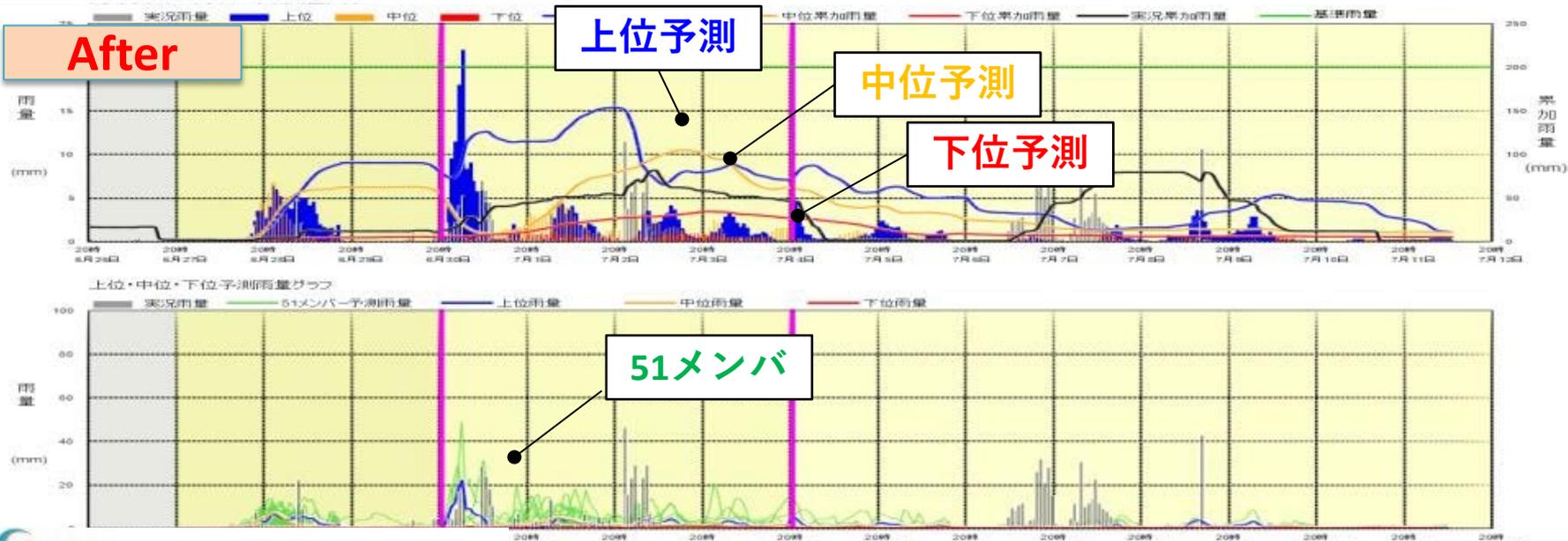
## After

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



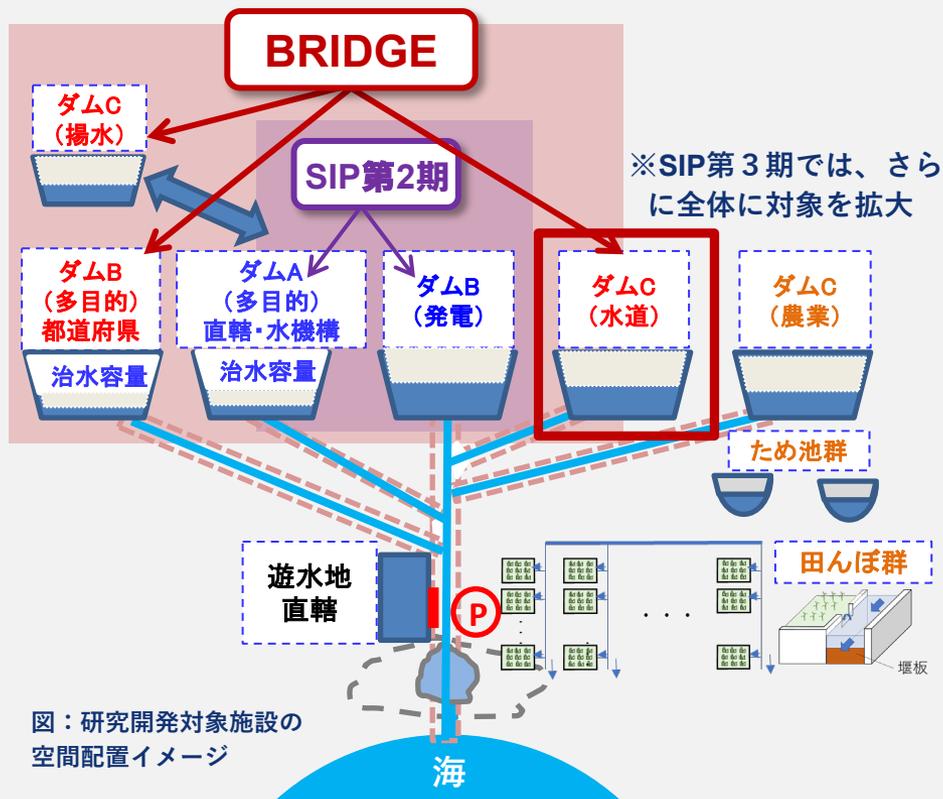
## BRIDGEで拡大する適用対象

- ◎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 <sup>3</sup>	60億m <sup>3</sup>
都道府県管理ダム（多目的ダム）	443		
発電ダム	818	-	68億m <sup>3</sup>
水道ダム	77	-	

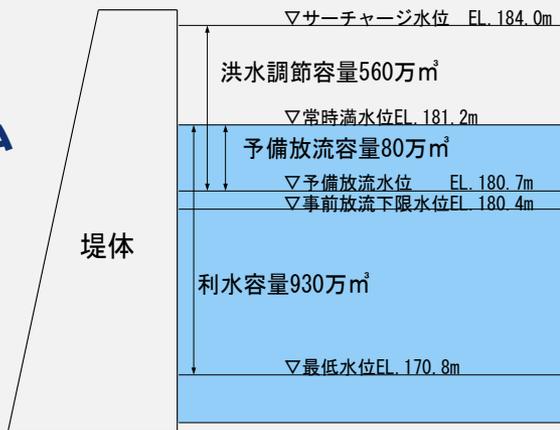
それぞれのタイプのモデルダムに、アンサンブル予測を適用  
→ ダムのタイプごとのモデルケースを作る



図：研究開発対象施設の空間配置イメージ



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



	流域	流域面積
①	青野ダム	52 km <sup>2</sup>
②	千苺ダム	95 km <sup>2</sup>
③	武田尾残流域	270 km <sup>2</sup>

## 神戸市水道局千苺ダム (H=42.4m, V=11,717千 $m^3$ , 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
- 水道用水の安定供給に支障が出る懸念から、神戸市との協議は難航した
- 豪雨被害の激甚化や、水道用水の安定供給に県が協力する姿勢を示したことを受けて連携
- 水道管理者である神戸市の協力を受け、水道専用ダムを改良して治水活用容量を約100万 $m^3$ 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確認中



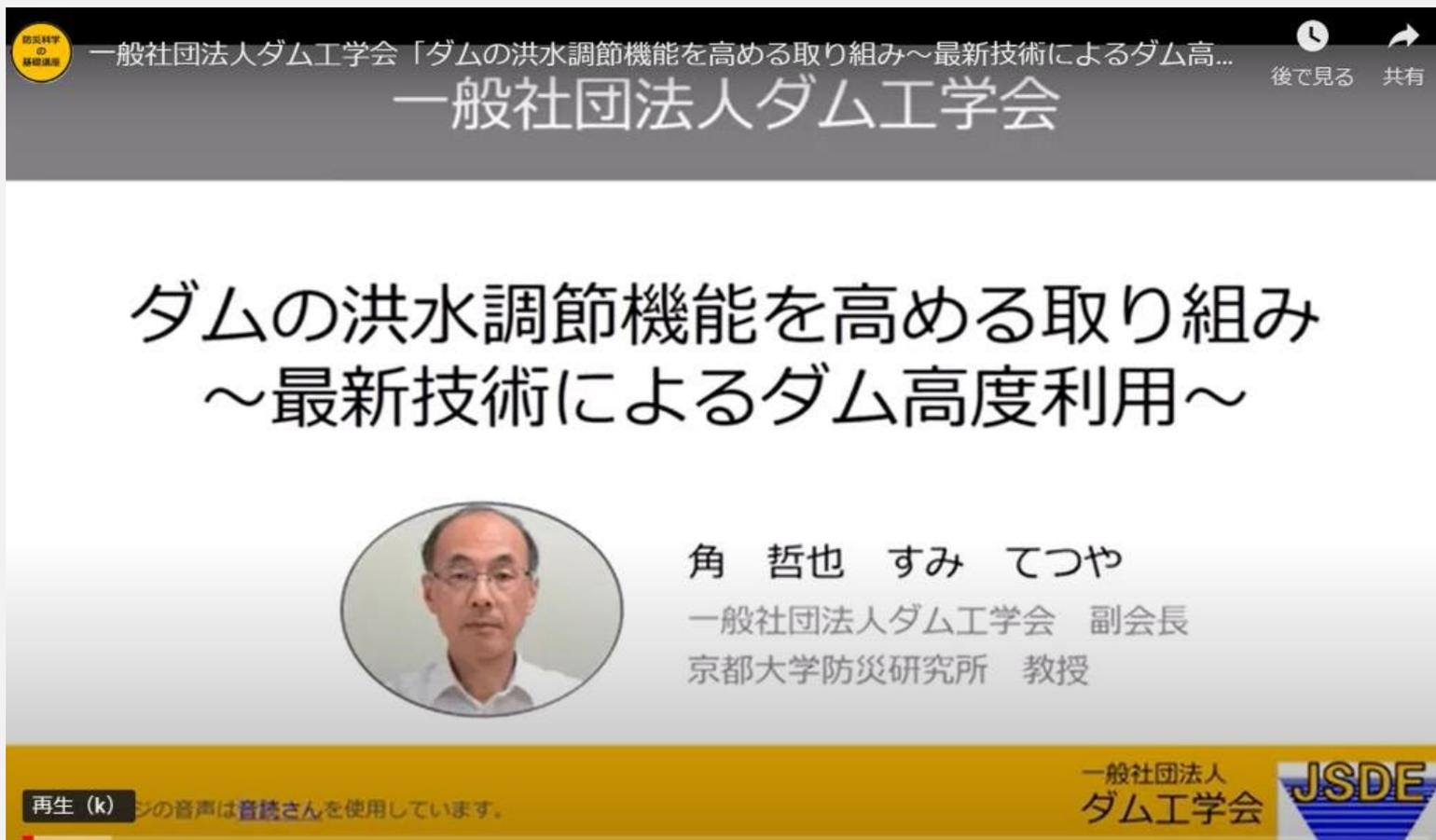
神戸市水道局  
千苺ダム

- **ダムのアセットマネジメントは重要**
  - 特に歴史の長い水道ダムが先陣を切って取り組む必要あり
  - シンガポール（4つの水源：貯水池、河口堰から導水、再生水、海水淡水化）
  - 気候変動により、豪雨災害のみならず、大規模渇水も増加する可能性
  - 諸外国では、渇水対策の方がむしろ大問題（アマゾン川、農作物、コーヒーの世界的な値上がりなど影響顕在化）
  - 森林火災（土地の乾燥化）の増大の懸念（カリフォルニアなど）
- **先人の知恵を活かす必要あり**
  - 狭山池、スリランカ、布引五本松ダム（土砂バイパストンネル）など
  - 長崎のダム再生モデルは世界に誇れるビジネスモデル
  - N+1の発想は「川上ダム：長寿命化容量」で実現
- **世界的に見ても日本のダム管理技術は最先端**
  - ダム再生ビジョン、流域治水、流砂系総合土砂管理、さらに「流域総合水管理」
  - 長時間アンサンブル降雨予測を活用した「事前放流」、水道ダムでも取り組み
  - 水道ダムからの打ち出しが弱い（水源としての持続可能性）、何故か？
  - 人口減少社会で水源は余剰、財源が厳しい、で先送りにしていないか？
  - 水道行政が、下水道と一体となって国土交通省に移管されたのは好機
  - 今一度、「水の安全保障」に立ち返って、水源を含めた投資の必要性を訴える必要あり、そのためのPR、マスコミ戦略、社会的受容性の向上が必要

# 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/>



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) 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