

紀伊半島大水害以降のダムの運用と治水対策の必要性



京都大学防災研究所 角 哲也

本日の話題

- ・ 台風12号が、なぜあれ程の大水害をもたらしたのか?
- ・ダムの役割と効果、運用向上の課題
- ・ 持続可能なダムを目指して(濁水対策、総合土砂管理)
- ・今後に向けて



風屋ダム



二津野ダム



二津野ダム下流の河道

ダムの役割と効果、運用向上の課題

H30 西日本豪雨 ダム再生の目指すところ R1 東日本台風 球磨川水害 **R2** 洪水調節機能の向上と 洪水時操作(緊急放流) 再エネ(水力)拡大 降雨激化 守られている社会 限界を超える場合 気候変動 ダムの長寿命化と の情報発信 環境対策 防災 & 水力発電は重要な 永く、賢く、 カーボン インフラ 国産再生可能 増やして使う ニュートラ 老朽化 ダムに対 エネルギー ル する過信 持続的 あって当たり前に と不信 グリーンなダムに 管理

菅首相施政方針演説(1/18)

なっていないか?

- ・災害対策・国土強靭化 → 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

持続可能なダムを目指して

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

利水ダムの治水協力(事前放流)

構造的 安定性 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)

持続可能 なダムの \ 条件 /

社会的 適合性 環境 適合性 ダム堆砂 ダム湖水質 生物の縦断連続性

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

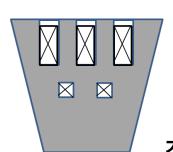
ダムのアセットマネジメント

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 m3の有効貯水容量、うち洪水調節容量は約55億m3のみ

多目的ダム

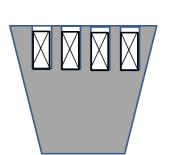
戦後に増加。限られたダムサイトを 治水と利水に有効活用する発想。 洪水調節を行うために、中段に常用 洪水吐、上段に非常用洪水吐 洪水貯留に備えて事前放流が可能



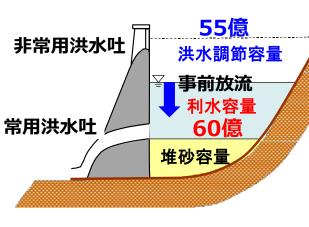
利水ダム(発電ダムなど)

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

洪水吐



大井ダム(関西電力)



天ヶ瀬ダム (国土交通省)



発電所

事前放流 ※ 利水容量 68億 堆砂容量

全国の多目的ダムの容量

全国の利水ダムの容量

(百万m3) (百万m3) (百万m3) 570 5,509 5,985 11,494	ダム数	洪水調節容量	利水容量	合計
570 5,509 5,985 11,494		(百万m3)	(百万m3)	(百万m3)
	570	5,509	5,985	11,494

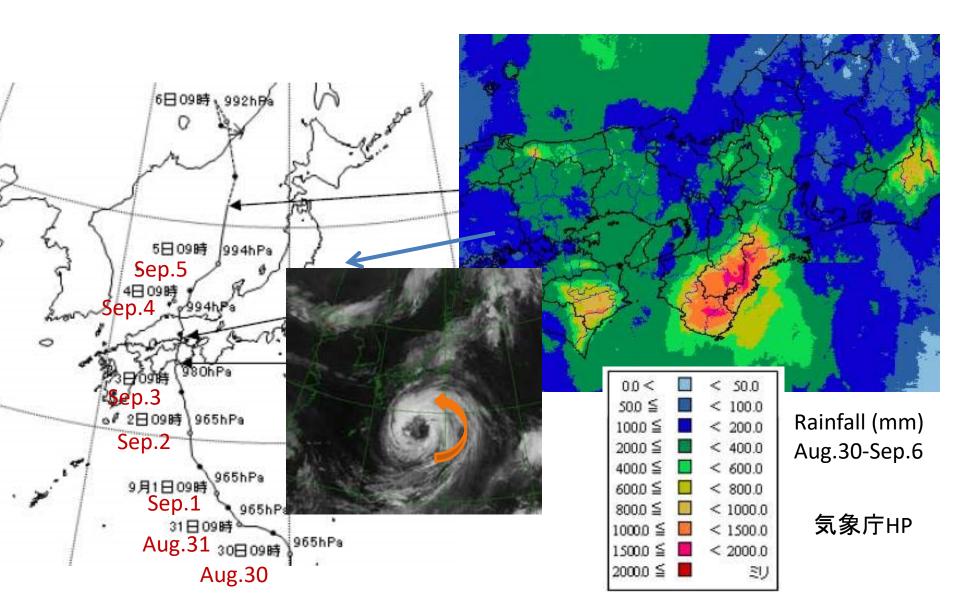
利水容量125 億m³の活用が 重要 ダム数洪水調節容量
(百万m3)利水容量
(百万m3)合計
(百万m3)90006,790

→合計:約 55憶m3(約3割)<u>→</u>

→合計:約180億m3

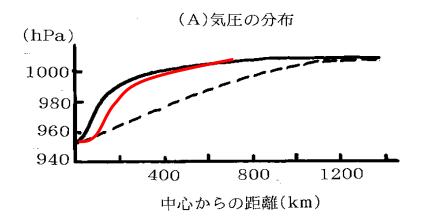
出典:国土交通省

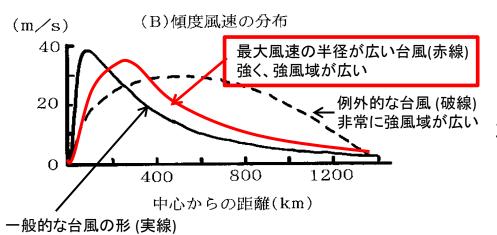
2011年台風12号(Talas)



台風12号(Talas)の特徴

- 低速度
- 中心気圧はそれほど低くないが、 最大風速の半径は極めて大きい



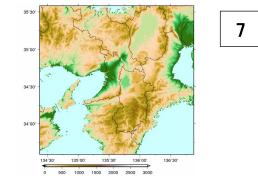


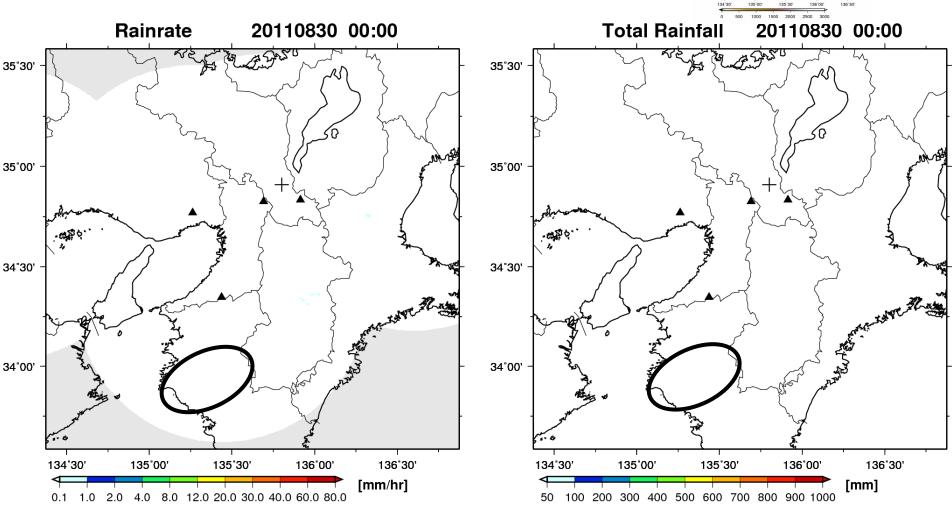
猛烈であるが、暴風域の範囲は狭い

京都大学防災研究所 石川教授提供

- 8月25日9時にマリアナ諸島の西の海上で発生した台風12号は、発達しながらゆっくりとした速さで北上し、30日には中心気圧が965ヘクトパスカル、最大風速が35メートルの大型で強い台風となった。
- 2. 9月2日には暴風域を伴ったまま北上して四国地方に接近し、3日10時前に高知県東部に上陸した。その後、台風はゆっくりと北上して四国地方、中国地方を縦断し、4日未明に日本海に進んだ。台風が大型で、さらに台風の動きが遅かったため、台風周辺の非常に湿った空気が長時間日本列島に流れ込み、紀伊半島では山沿いを中心に記録的な大雨となった。
- 3. 8月30日17時からの総降水量は, 紀伊 半島の広い範囲で1000mmを超え, 奈 良県上北山村にある国土交通省の雨 量計では, 降り始めの8月30日から9月 5日までの総雨量が2439mmとなっており, 記録的な大雨となった.

国交省Xバンドレーダー 降水強度と積算雨量





京都大学防災研究所 中北教授・山口准教授 提供

8

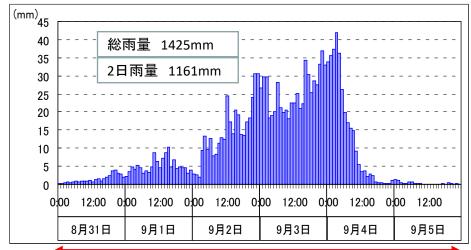
■出水概要

台風12号による洪水は、基準地点(相賀(おうが))において計画規模(19,000m³/s)を超える洪水が発生

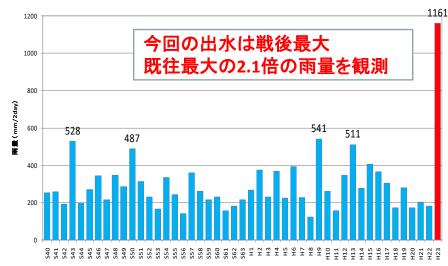
- ●降雨継続期間:8月31日から9月5日までの6日間
- ●熊野川流域降雨量:総雨量1,425mm、2日雨量1,161mm(計画632mm/2日の1.8倍)
- ●熊野川の状況: HWLを大きく上回り、一部で越水し、市街地への浸水被害発生
- ●相野谷川の状況:輪中堤が水没、水位低下時に特殊堤部分が転倒・決壊
- ●浸水被害(住家のみ): 直轄管理区間に関連する区域で、熊野川沿川で2,499戸、相野谷川沿川で649戸が浸水

新宮川水系河川整備基本方針 1/100 632mm/2日 計画高水流量19,000m³/s(相賀)

■流域平均雨量榴質地点)



■年最大2日雨量相質地点)



6日間



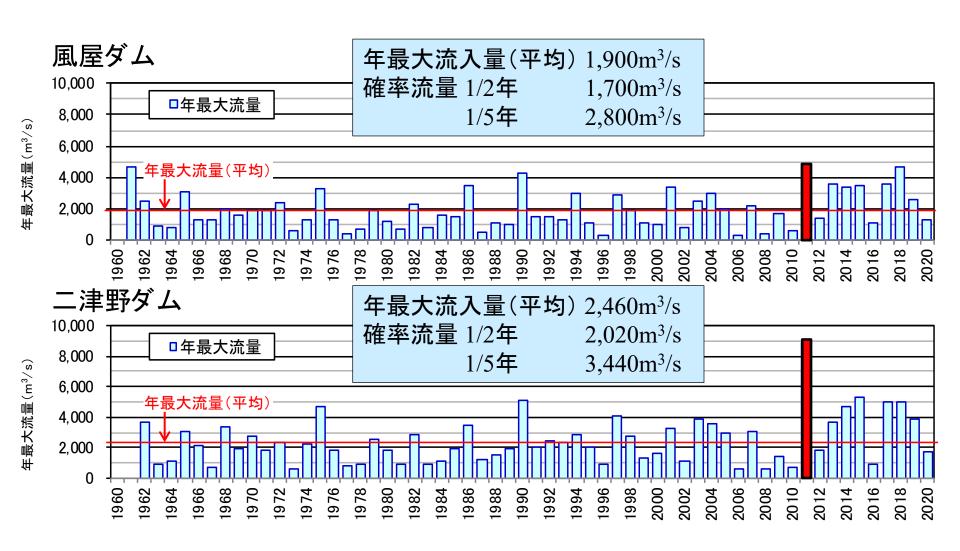




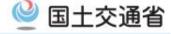
年最大流入量の経年変化

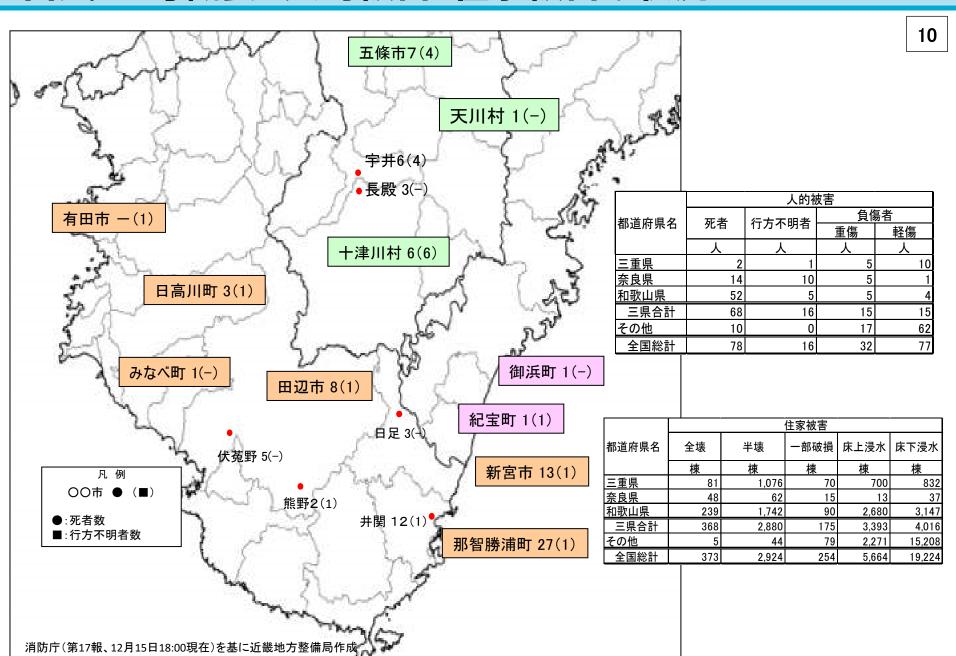
出典: J-Power

・風屋ダム・二津野ダムともに、2011年の年最大流入量は非常に大きい その後も、洪水量は増加傾向(2015, 2018年など)



台風12号概要 人的被害・住家被害の状況



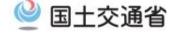


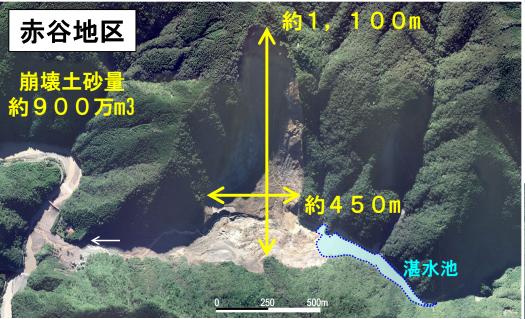
台風12号による災害発生箇所 (三重県、奈良県、和歌山県)





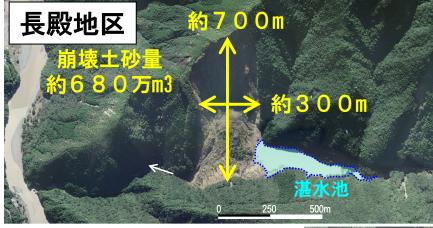
大規模河道閉塞箇所の諸元





		高さ	満水湛水量	崩壊土砂量	土砂災害範囲	
•	赤谷	85m	550万m3	900万m3	距離:約19km 幅:250	0m
	長殿	80m	270万m3	680万m3	距離:約 7km 幅:250	0m
	栗平	100m	750万m3	1,390万m3	距離:約 3km 幅:250	0m
	北股	25m	4万m3	120万m3	距離:約0.8km 幅:15	0m
	熊野	60m	110万m3	410万m3	距離:約 5km 幅:200	0m





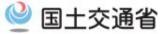
北股地区

崩壊土砂量 約120万m3

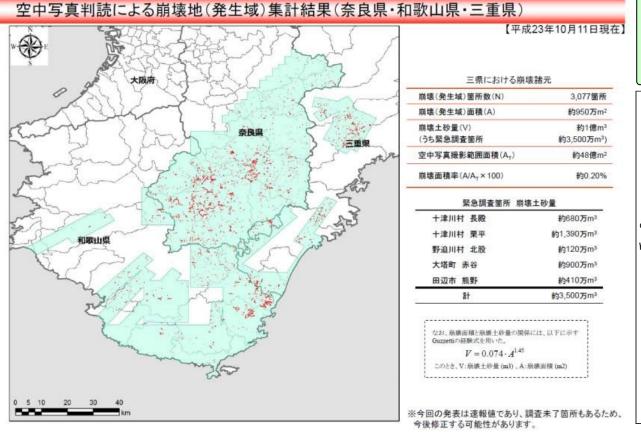




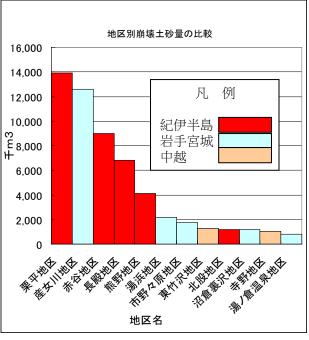
台風12号による土砂災害



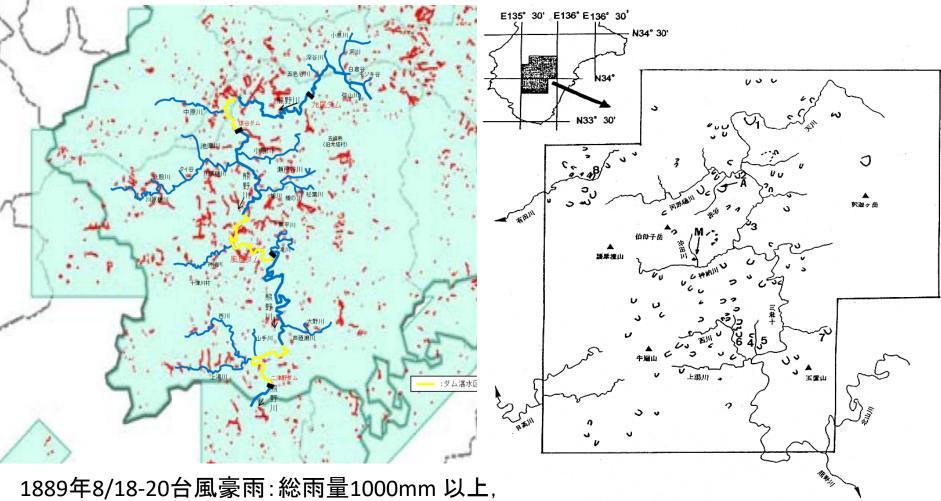
- ・崩壊土砂総量は約1億m3。豪雨による土砂災害としては戦後最大規模を記録
- ・近年の河道閉塞を伴う大規模土砂災害では、箇所あたりの崩壊土砂量が大きい



近年の河道閉塞を伴う大規模 土砂災害では、箇所あたりの 崩壊土砂量が大きい



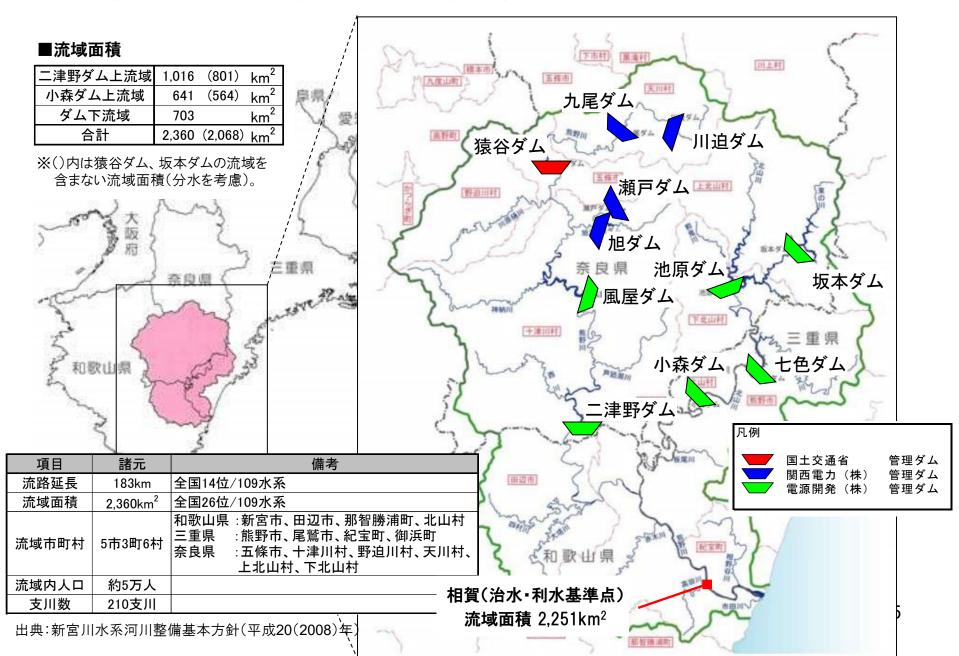
2011年と1889年土砂崩壊地比較



縦横90m 以上の大規模崩壊1200 箇所, 河道閉塞53 箇所(崩壊体積:106m3~107m3)数十分、数時間~十数日、9/11-12の台風で決壊、死者245 名, 流失364 戸, 全壊139 戸総体積は200×106m3, 十津川流域面積1,020km2 で除すと, 削剥高(平均侵食深)196mm移動形式が崩壊・地すべりに限ると, 合計91.6×106m3 であり, 削剥高に換算すると90mm(石井・諏訪, 2005)

新宮川水系の利水ダム

出典:国土交通省に加筆



利水ダムに関する河川法第44条から第51条の「ダムに関する特則」

- ダムのない状態に比べて下流への洪水到達速度を速めることにより下流への被害拡大を増大させる危険性
- 土砂運搬の多い河川においてはダム湖上流部が堆砂で埋まることで河床が上昇、それにより上流部への洪水被害が増幅するという危険性
- 利水ダムを設置する者は、「河川の従前の機能 を維持」するために必要な施設を設け、またはこれに代わる措置をとること

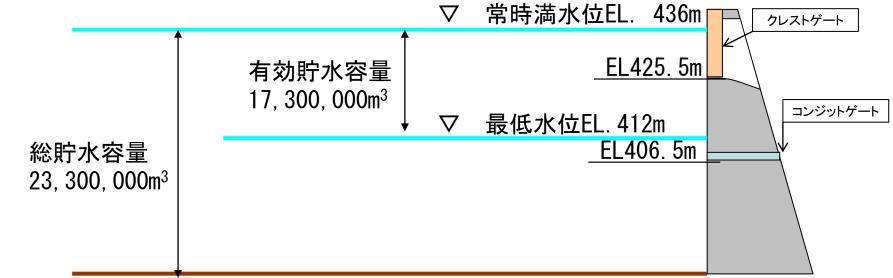
猿谷ダムの概要

出典:国土交通省

猿谷ダムは、かんがい用水の補給・発電を目的とした、利水ダムである。

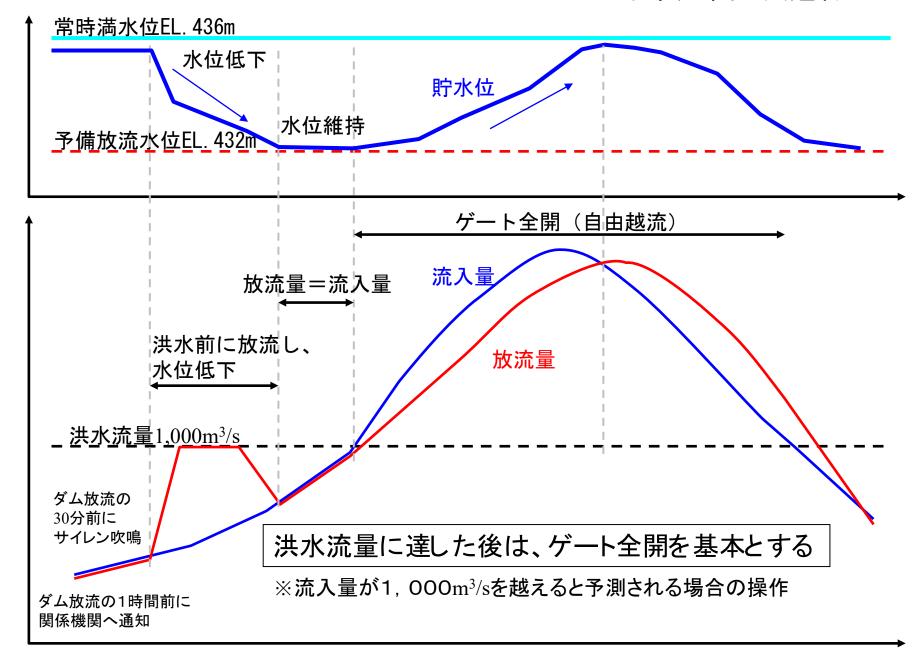
河川名	新宮川水系熊野川
目的	かんがい用水の補給 発電
ダムの型式	重力式コンクリートダム
堤高	74m
常時満水位	EL.436.0m
最低水位	EL.412.0m
総貯水容量	23,300,000m3
有効貯水容量	17,300,000m3
設計洪水量	2,060m3/s





猿谷ダムの洪水時操作

出典:国土交通省

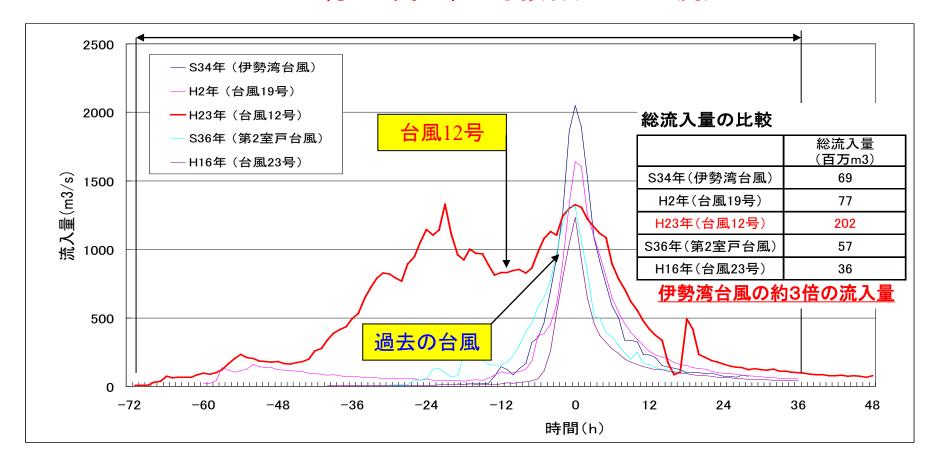


台風12号時のダム流入量

出典:国土交通省

■既往データとの比較

約4日間にわたる猿谷ダムへの流入



・過去の洪水:短時間の洪水

·今回の洪水:長時間の洪水

※総流入量は過去最大であった

※1000m³/s以上の二山流入は今回が初めてであった

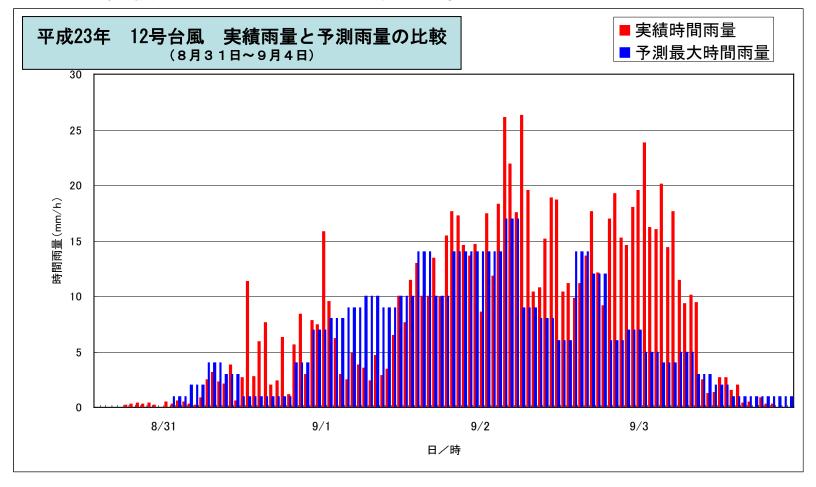
台風12号時の実績雨量と予測雨量

出典:国土交通省

【予測雨量の概要】

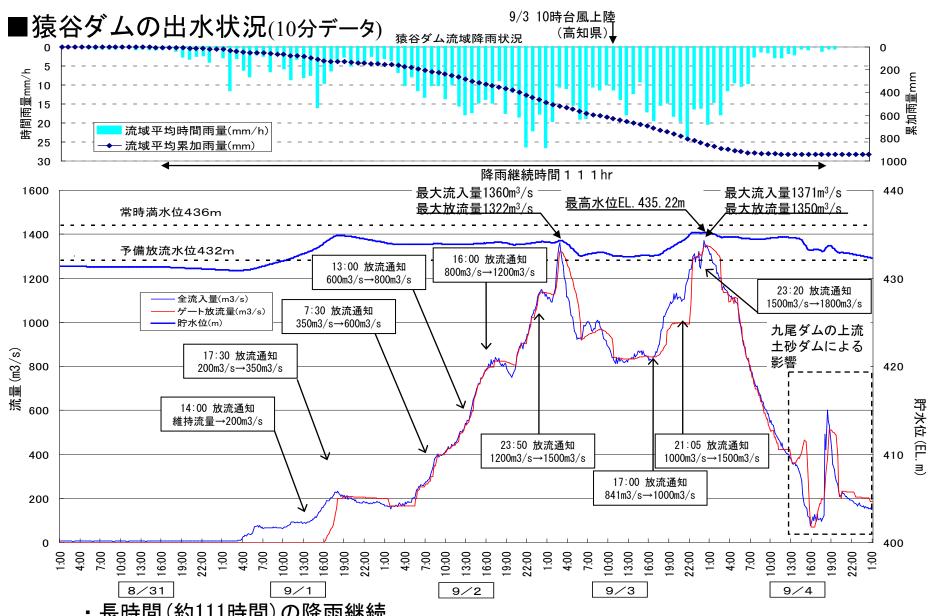
この予測雨量は、1日2回(9時~24時と18時~翌9時の15時間分)を行っている。予測には、平均予測と最大予測の二つがあり、最大予測にて流入予測を行っている。

■台風12号 実績雨量と予測雨量の比較(全体)

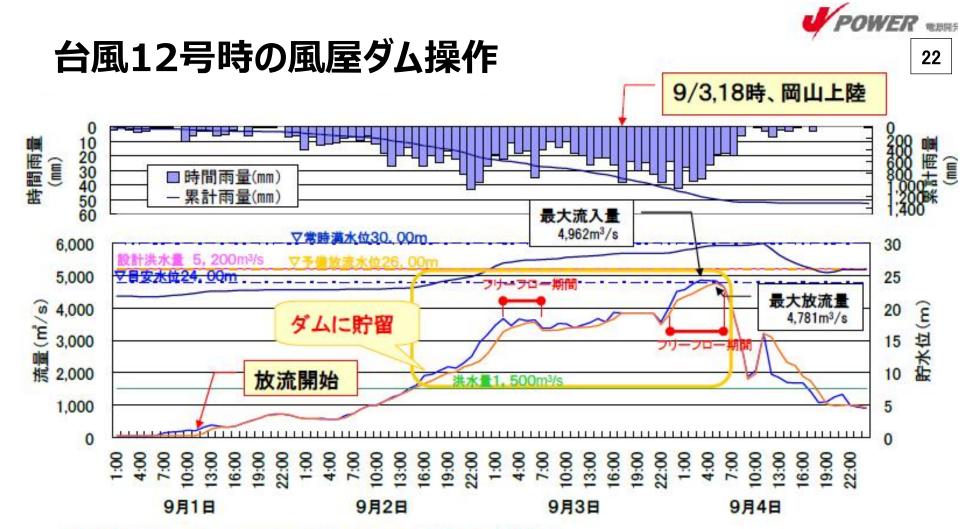


台風12号時の猿谷ダム操作

出典:国土交通省



- 長時間(約111時間)の降雨継続
- ・2山の大洪水(過去第3,4位の洪水量)



- ・長時間(約110時間)の降雨継続
- ・台風通過中、激しい雨(30mm/h以上)が合計11時間
- ・洪水量を超える流入が長期(約51時間)に亘った
- ダムに貯留(約12,100千m³)しながら放流を継続

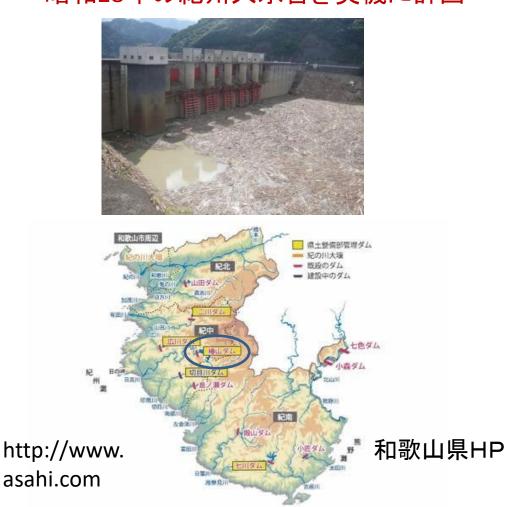
多目的ダム(椿山ダム)

昭和63年完成、堤高56.5m、 総貯水容量4900万m³)

和歌山県管理

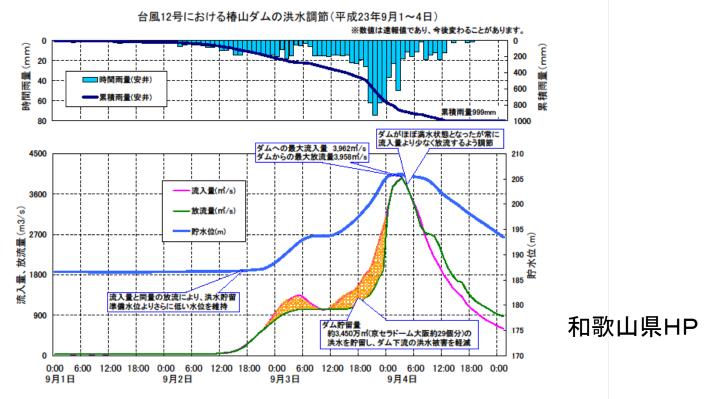
昭和28年の紀州大水害を契機に計画





コンジットゲート5条(見えているのは、上流側の予備ゲート(引き上げられた状態)), クレストゲート6門と大量の流木(一部はクレストゲートに噛みこみ)

椿山ダムの洪水調節操作



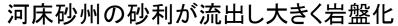
- 日高川町の感想(野球で言えば、8回裏まで完封勝ちペースも、急に大量 失点で負け試合) 新宮川・那智の方は、初回から大量失点
- 下流住民から、降雨予測をもとに、もっと早くから放流を行って「但し書き放流」を回避するような操作を行うべきであったとの声
- 実際には、台風が岡山県に再上陸した後の9/3の夜にこれまで以上の降雨が発生し、この降雨によりダムの貯水位が大幅に上昇
- この降雨が十分に予測できていなかったのが大きい

日高川の被害概要











流出した別荘地

得られた教訓(多目的ダム)

- 椿山ダムの異常洪水時防災操作放流による被害発生
 - ダム管理, 気象/水文情報提供側
 - 台風本体が通過したことによる油断がなかったか?
 - ・台風性の大規模洪水が起こっていないため過信がなかったか?
 - ダム管理所と気象/水文情報提供側の連携に改善すべき点はないか(通信手段、伝達すべき情報など)?
 - 電話回線/衛星電話の二重化(当日は、停電、電話回線がパンク?)
 - ダムの残り容量(V) vs 今後の降雨-流出量(既降雨+残雨量)(R) の確率情報(幅で示せないか(最悪シナリオの提供))
 - 下流行政・住民側
 - ・ダム完成後に洪水被害がほとんど発生しなくなったことで、あらゆる洪水を調節してくれるという過信がなかったか?

ダムができると完封試合が増加する。一方で、超過洪水が来ると、 予期せず大量失点する

→ 時々、少量失点しても勝てるように、備えを怠らないようにするシステムが必要 = 超過洪水に対してもレジリエントな流域管理

得られた教訓(利水ダム)

- 利水ダム下流で洪水発生
 - ダム管理側
 - 規定に則った洪水放流処理を行うことで、義務を果たしているとの過信がなかったか?
 - 大規模洪水が流入している(予測される)ことに対する下流域に 対する情報伝達に不備がなかったか?
 - 予備放流の一層の努力はできないか?
 - 下流行政・住民側
 - 利水ダムの限界に対する誤解がなかったか?
- ダム運用の改善の可能性検討
 - 利水確保容量(季節性あり)の特性を利用した放流量低減対策(制 限水位方式、予備放流方式)
 - 降雨・流入量予測の高度化による放流量低減効果(事前放流強化)
 - ダム改造の可能性検討(オリフィス、コンジットゲート、トンネル洪水 吐きなど)。ただし、本格的な治水導入のためには費用負担必要

利水ダム(電源開発機)の洪水軽減の取り組み(暫定運用)

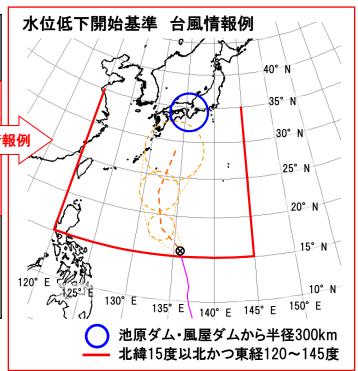
出典: J-Power

ダム水位低下開始基準

▶ 下表の台風情報および降雨予測の条件に共に該当したときをダム水位低下開始基準とします。

気象庁 発表の情報	基準	水位低下開始基準① (2ダム共通)	水位低下開始基準② (池原ダムに適用)	水位
公园桂起	中心位置	北緯15度以北かつ 東経120 ~ 145度		報例
台風情報	予測進路	各ダムから300km以内 に接近	· 同左 □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □	
降雨予測	長期降雨 予測値 (84時間)	200mm以上	500mm以上	120° E

※ 台風情報は3時間毎、降雨予測は6時間毎に気象庁より配信される最新情報を適用します。



台風情報 凡例

会 台風中心位置一 台風予測進路台風予報円一 台風経路

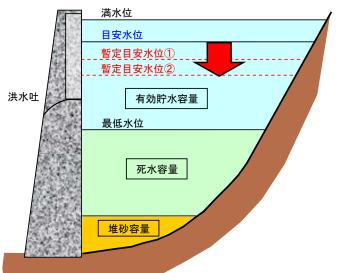
利水ダム(電源開発㈱)の洪水軽減の取り組み(暫定運用)

出典: J-Power

ダムの空き容量

▶ 台風による大規模出水が想定される場合において、池原ダムおよび風屋ダムの貯水位を事前に低下させ、空き容量の確保に努めます。

池原ダム



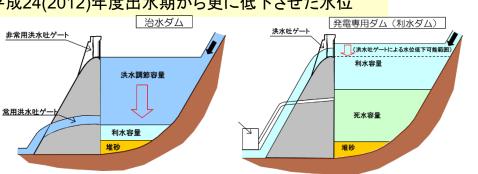
※概念図であり、縮尺や縦横比は異なる。

容量(千m3) (1997年) 満水位(35.0m) 48.000 目安水位による容量 平成9年目安水位設定時 目安水位(29.0m) 両ダム合わせて 11,000 72.000**∓**m³ 暫定目安水位による容量 暫定目安水位①(27.5m) 11,000 暫定目安水位②(26.0m) (2012年) 現在(平成24年暫定目安水位設定) 70,000 両ダム合わせて 風屋ダム 98,000**千**m³ 容量(千m³) 満水位(30.0m) (+26,000**∓**m³) 目安水位による容量 24.000 目安水位(24.0m) 4.000 暫定目安水位による容量 暫定目安水位(23.0m) 28.000

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

【参考:ダムの構造上の特性】

▶ 発電専用ダム(利水ダム)は、治水ダムのように低い水位で放流する機能を有していないため、大幅に水位低下する設備がなく、上部に設置された洪水吐ゲートのみで洪水に対応します。



利水ダム(電源開発㈱)の洪水軽減の取り組み(暫定運用)

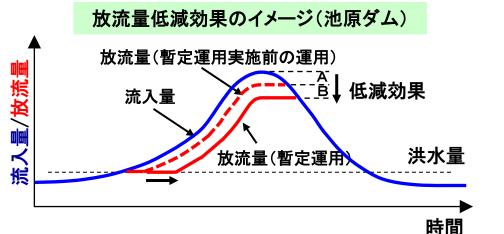
出典: J-Power

ダム水位の低下

- ▶ ダム水位の低下は、台風情報(中心位置、予測進路)や長期(84時間)降雨予測に基づき判断し、概ね出水の2~3日前に開始します。
- ▶したがって、ダム水位低下のための放流は晴天時に開始する場合もあり、下流の観光事業・漁業・親水活動等に影響を及ぼす可能性があります。
- ▶ なお、池原ダムは予想される出水規模に応じて2段階でダム水位を低下します。

ダム放流量の低減

▶ 確保した空き容量を有効に活用し、洪水時のダム放流量の低減を図ります。

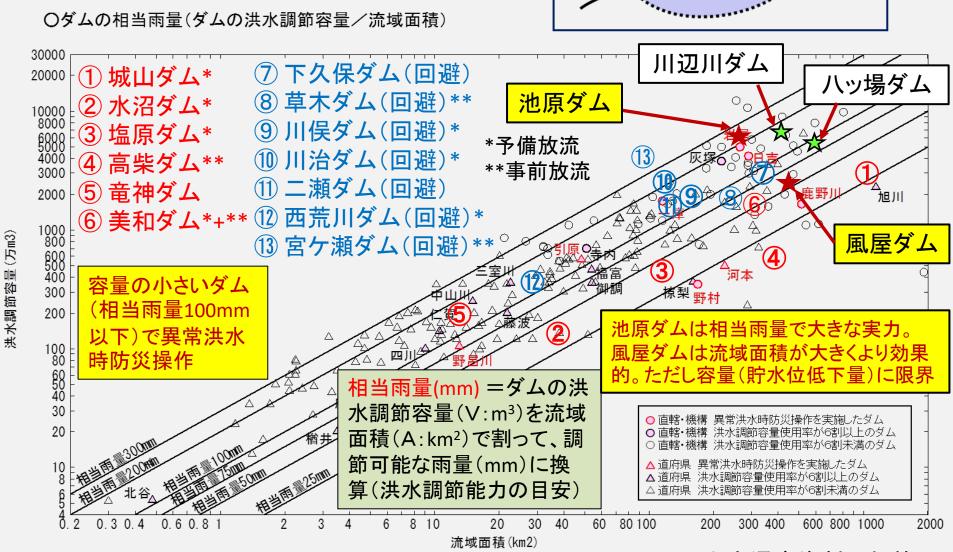


期待されるダムからの最大放流量の低減効果

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

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

池原ダムと風屋ダムの洪水調節容量評価(暫定目安水位)



ダム

※1 洪水調節容量: 各ダムの洪水調節容量(平成30年7月豪雨の時期)

※2 流域面積:ダム地点上流の流域面積

国土交通省資料に加筆

31

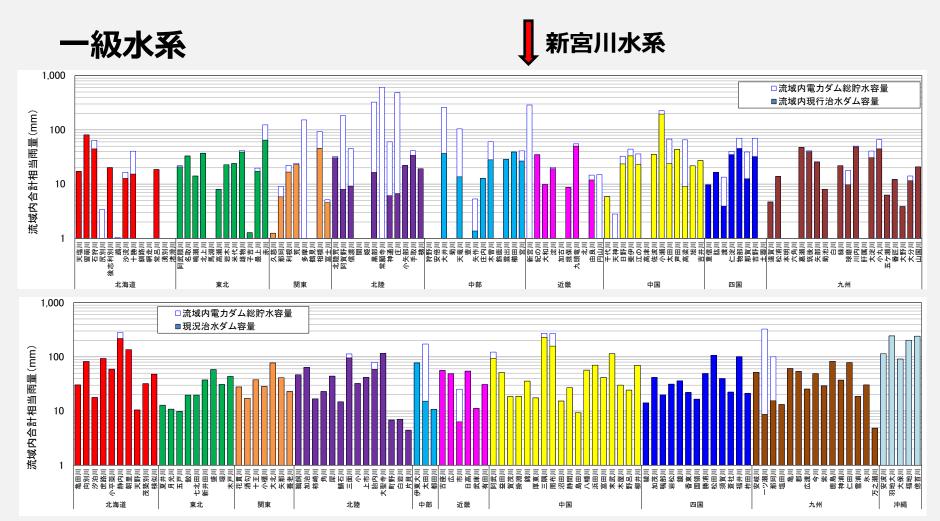
流域面積

 $(V:m^3)$

 $A(km^2)$

国内の一級・二級水系の流域内合計相当雨量

新宮川水系は、治水ダムが無く、全て利水ダムに頼っている

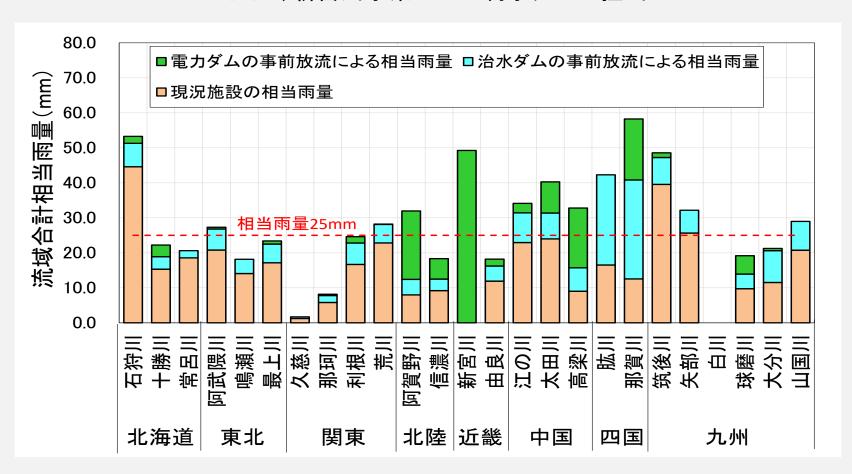


二級水系

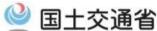
和泉ら, 気候変動適応策の検討に向けた既存ダムの治水機能評価に 関する研究, 土木学会論文集B1(水工学) Vol.77, No.2, I_55-I_60, 2021.

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

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



和泉ら, 気候変動適応策の検討に向けた既存ダムの治水機能評価に 関する研究, 土木学会論文集B1(水工学) Vol.77, No.2, I 55-I 60, 2021.



平成30年台風20号

○8月の台風第20号において、熊野川では河道掘削(国)と利水ダムの暫定運用(電源開発(株)) により洪水被害を軽減。

熊野川流域図 源開発(株 屋ダム 成川地点 河道掘削(国)

※成川地点:三重県南牟婁郡紀宝町成川 (熊野川河口から約2.4k)

利水ダムの暫定運用(電源開発)

- ・池原ダム・風屋ダムは、洪水調節機能を有していないが、台 風による大規模出水が想定される場合には、ダム下流域の洪水 被害の軽減を図るため、危機管理として、貯水位を事前に低下 させ空き容量の確保に努め、洪水時のダム放流量の低減を図る ダム運用に協力。
- ・本運用のあり方については、毎年、効果および課題を整理し、 学識者や関係機関の意見をふまえ検証。

河道掘削 (国)

平成24年から河川激 甚災害対策特別緊急 事業(激特事業)に より河道掘削を実施。



河道掘削およびダムの貯留により

成川地点 (三重県紀宝町・和歌山県新宮市) で約2.9m水位低減 (河道掘削1.1m低減、ダム1.8m低減)

~台風20号の洪水での河道掘削と利水ダム運用による熊野川の水位低下を試算~

- 〇風屋ダムでは、最大流入量を毎秒約3, 200m³低減。
- 〇池原ダムでは、最大流入量を毎秒約3, OOOm3低減。
- ○河道掘削及び風屋ダム・池原ダムの操作により、成川地点で約2.9mの水位低下効果があったと推定。 (河道掘削1.1m低減、ダム1.8m低減)

■ダム地点の流量低減量

地点	最大流入量	放流量	低減量
風屋ダム	4,714m³/s	1, 505m³/s	3,209m ³ /s
池原ダム	3,969m ³ /s	881m³/s	3,088m ³ /s

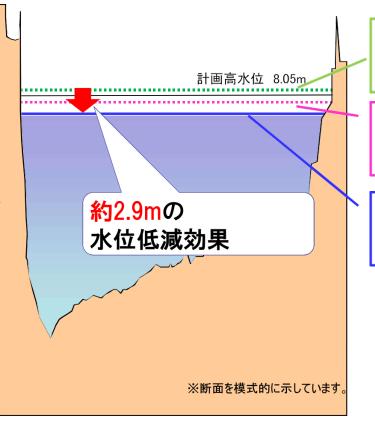
■成川地点の水位低下量

地点	流量	水位
河道掘削無し ダム暫定運用無し	約18,100m³/s	8.38m ダムの効果 約1.8m
河道掘削無し ダム暫定運用実施	約12,800m³/s	6.55m 河道掘削効果 約1.1m
成川地点実績	約12,800m³/s	5.47m

※利水ダムの暫定運用

- ・池原ダム・風屋ダムは、洪水調節機能を有していないが、台風による大規模出水が想定される場合には、ダム下流域の洪水被害の軽減を図るため、危機管理として、貯水位を事前に低下させ空き容量の確保に努め、洪水時のダム放流量の低減を図るダム運用に協力。
- ・本運用のあり方については、毎年、効果および課題を整理し、学識者や関係機関の意見をふまえ検証。

■成川地点の水位低減効果



河道掘削無し ダム暫定運用無し 約8.38m

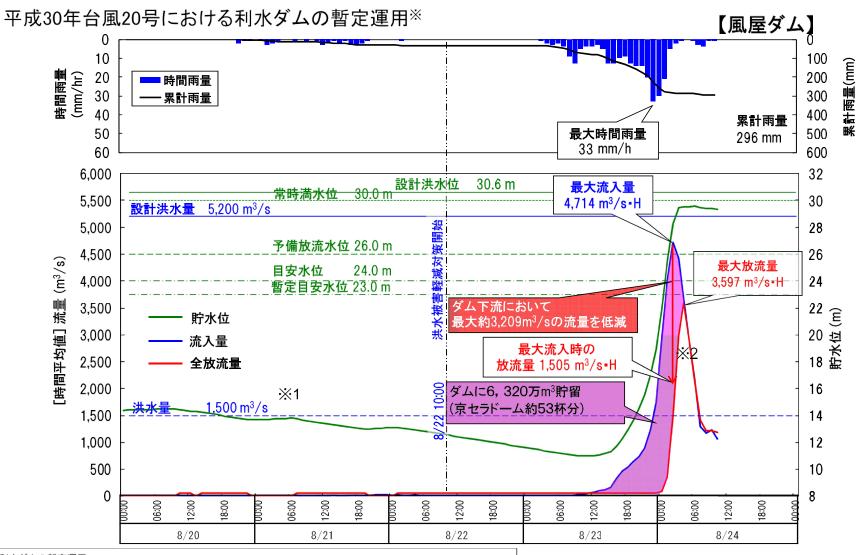
河道掘削無し ダム暫定運用実施 約6.55m

今回の 最高水位 5.47m

※資料中の数値は、速報値であり今後の精査により変更することがあります。

河道掘削とダム(風屋ダム)による効果





※利水ダムの暫定運用

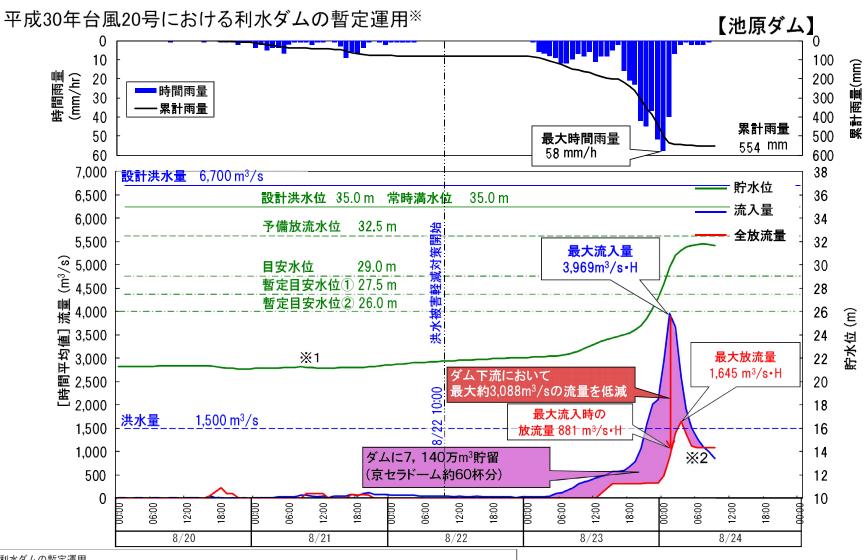
・本運用のあり方については、毎年、効果および課題を整理し、学識者や関係機関の意見をふまえ検証。

※1:少雨傾向のため、出水前の貯水位は暫定目安水位よりも低い状態となった。 ※2:水位上昇が見込まれたため、放流を実施。

資料中の数値は、速報値であり今後の精査により変更することがあります。

 [・]池原ダム・風屋ダムは、洪水調節機能を有していないが、台風による大規模出水が想定される場合には、ダム下流域の洪水被害の軽減を図るため、危機管理として、貯水位を事前に低下させ空き容量の確保に努め、洪水時のダム放流量の低減を図るダム運用に協力。

37



※利水ダムの暫定運用

・本運用のあり方については、毎年、効果および課題を整理し、学識者や関係機関の意見をふまえ検証。

※1: 少雨傾向のため、出水前の貯水位は暫定目安水位よりも低い状態となった。 ※2:水位上昇が見込まれたため、放流を実施。

資料中の数値は、速報値であり今後の精査により変更することがあります。

[・]池原ダム・風屋ダムは、洪水調節機能を有していないが、台風による大規模出水が想定される場合には、ダム下流域の洪 水被害の軽減を図るため、危機管理として、貯水位を事前に低下させ空き容量の確保に努め、洪水時のダム放流量の低 減を図るダム運用に協力。

事前放流に関する課題認識

河川整備状況を踏まえた事前放流の位置づけ

事前放流の位置づけは、下流河道の整備進捗、洪水防御区域の土地利用により異なり、 河川整備状況を踏まえた課題解決が必要。

川川罡浦八川で始まんに沐逸所次が必安。		
事前放流の位置づけ	河川整備状況/想定される課題	
1. 超過洪水対策	流域の特性	
●計画規模を超える洪水の頻発に対応する事前放流の実施。	●河川整備計画で位置づけられた施設整備は概ね完成。	
●計画規模を超える洪水に対して、異常洪水時防災操作の	想定される課題	
回避・緩和による被害軽減を図る。 	●事前放流の効果を高めることを目的としたダム再生事業。	
●利水ダムの協力により、放流量を低減し、被害軽減を図る。	●利水ダムとの情報連絡体制の整備。	
2. 治水安全度が低い流域における被害軽減	流域の特性	
●下流河道の治水安全度が低いことを補う事前放流の実施。	●河川整備計画で位置づけられた施設整備は実施途中。	
●暫定的な操作規則により不足する洪水調節容量を補う。	想定される課題	
●下流の被害発生時に特別防災操作による貯留を可能とする。	●河川整備計画で位置づけられた河道改修の進捗を踏え、	
●利水ダムの協力により、放流量を低減し、被害軽減を図る。	ダム操作規則の見直しが必要。	
	●事前放流の効果を高めることを目的としたダム再生事業。	
	●被害発生が想定される降雨が予測される頻度が多く、	
	事前放流に伴う施設管理者の負担が大きい。	
	●利水ダムとの情報連絡体制の整備。	

出典:ダム工学会

事前放流を効果的に実施するための提言

(1) 流域の河川整備状況をふまえた事前放流の実施

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

(2) 事前放流を効果的に実施するための技術開発

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

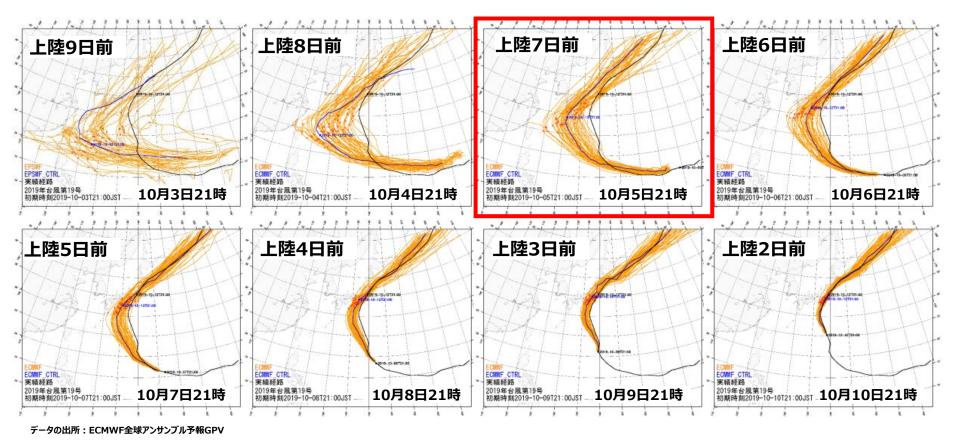
(3) 利水機能の増進、環境保全に対する寄与

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

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

全球アンサンブル予報による台風の進路予報例

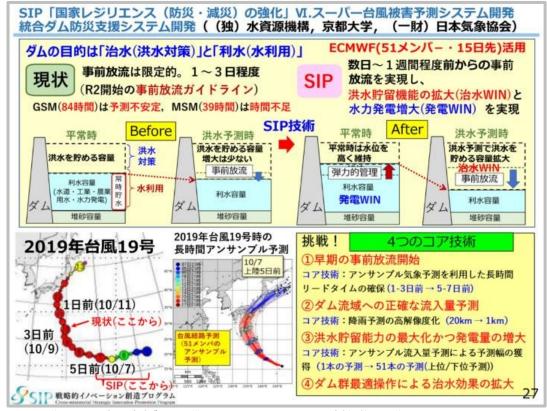
● 全球アンサンブル予報を用いると、大型の台風による進路、影響が予想される時間帯を早期に把握できる。



欧州中期予報センター (ECMWF) による 2019年台風第19号に対する進路予報

アンサンブル予報を利用したダム操作の開発

- アンサンブル予報等の長期降雨予測技術を利用することで、事前放流の対象と なる時間を長時間化できる可能性がある。
- ●事前放流の対象となる時間を長時間化することで、無効放流の低減を図ること が可能と考えられる。



資料の出典:令和2年度ダム工学会総会特別講演 京都大学防災研究所角哲也教授講演資料より引用

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

長時間アンサンブル予測の必要性 ((独)水資源機構・木津川ダム総合管理事務所の事例)

Before



- √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

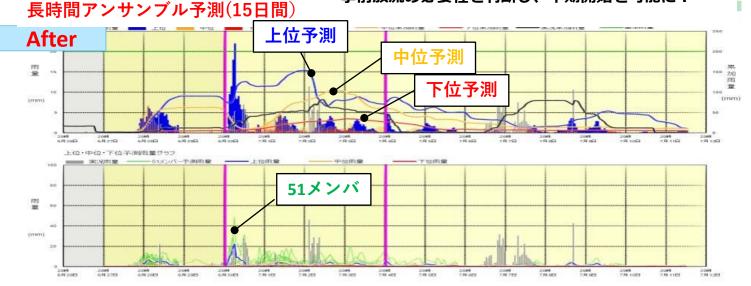
After

✓予測は15日先まで

(ダム管理者に安心感)

(ダム管理者は不安)

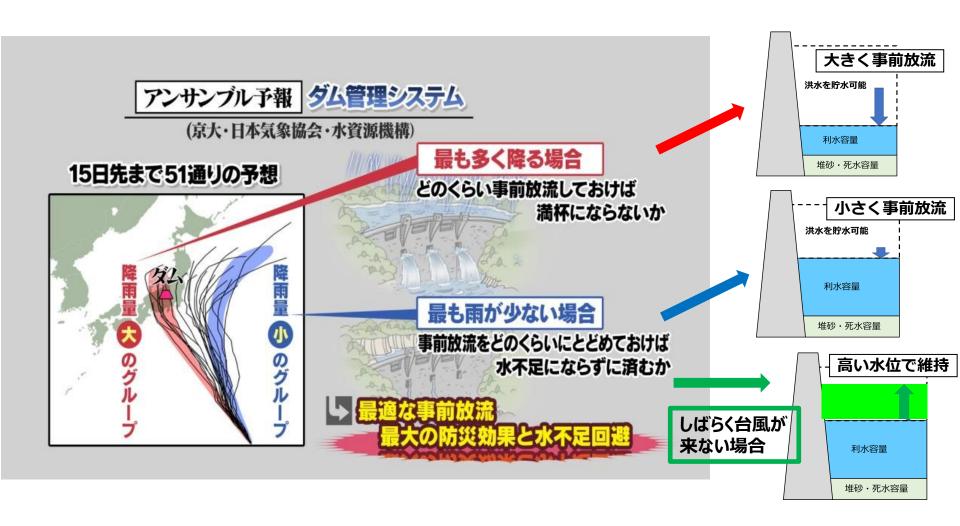
- ✓予測は51個(貯水量が回復しないリスク・洪水リスクを考慮)
- ✓予測更新時に変動が少ない(安定感)
- ✓長時間アンサンブル予測により、洪水の「その先」が見える
 - = ダムへの全体流入量が把握可能
- (次の洪水への備えも可能)
- ✓事前放流の必要性を判断し、早期開始を可能に!





アンサンブル予測とダム管理の高度化

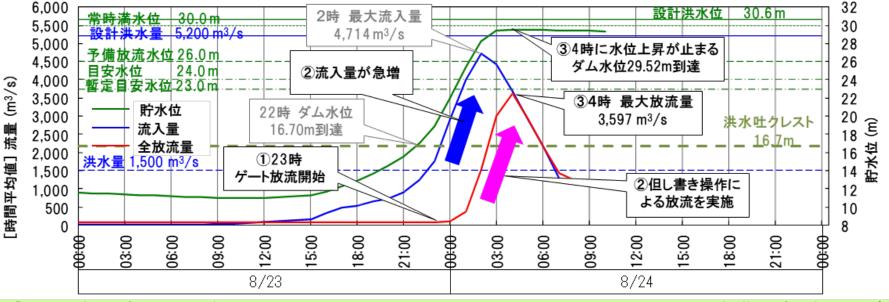
NHK時論公論2021.10.13



放流能力が不足することのリスク

平成30年台風20号における風屋ダム放流操作





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

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

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

持続可能なダムを目指して

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

利水ダムの治水協力(事前放流)

構造的 安定性 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)

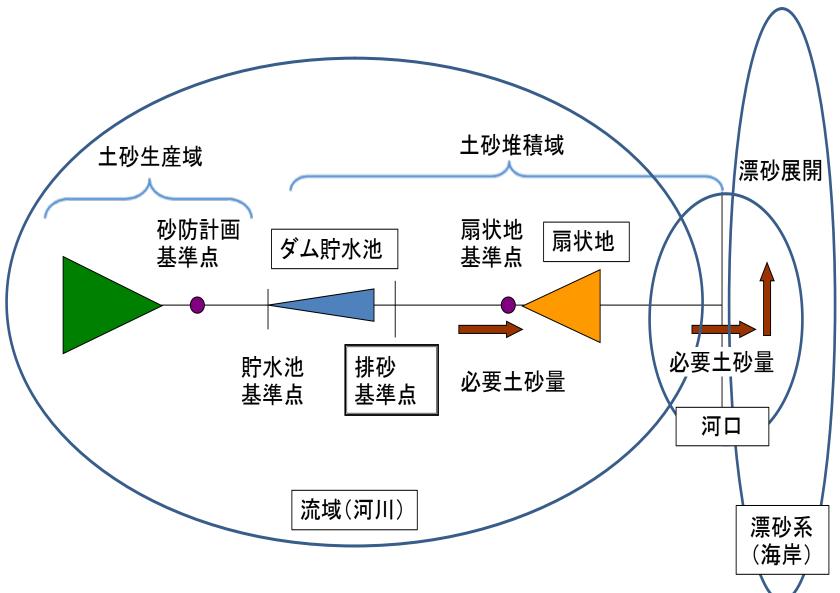
持続可能 なダムの \ 条件 /

社会的 適合性 環境 適合性 ダム堆砂 ダム湖水質 生物の縦断連続性

ダムの体力(外力増大に対する耐力(<mark>気候変動・</mark>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

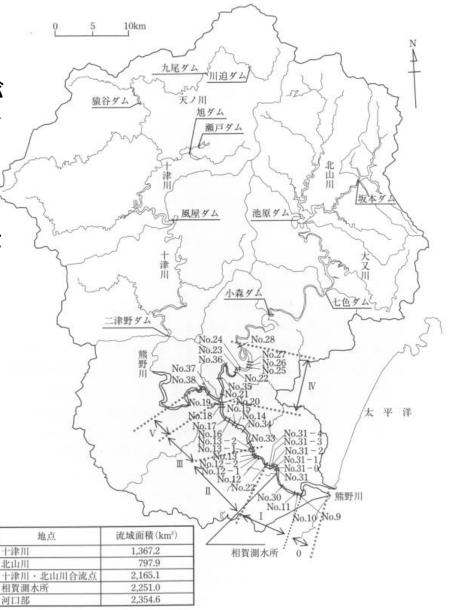
流砂系土砂管理のイメージ



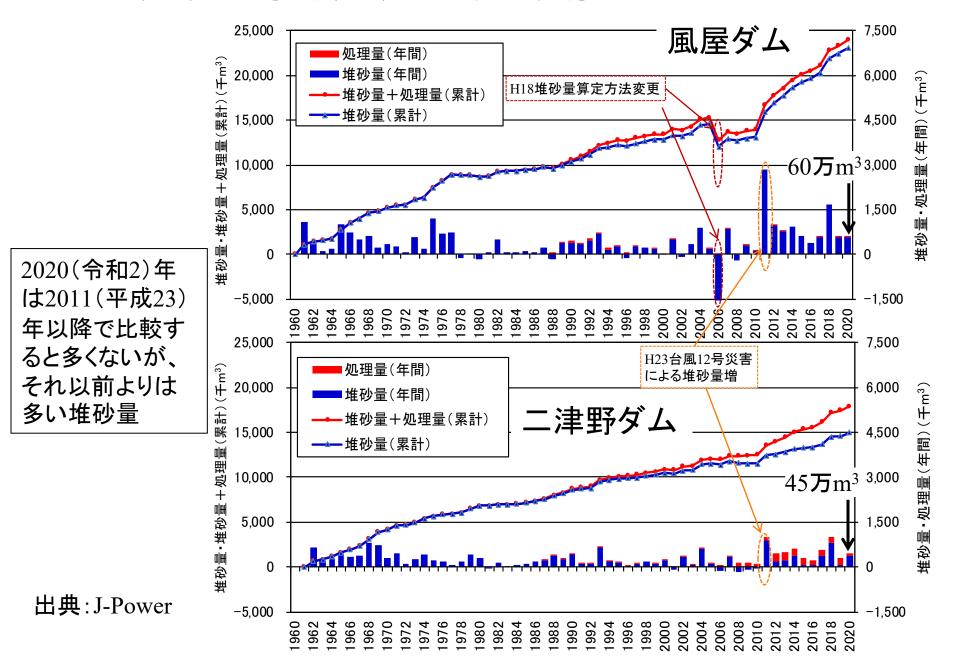
総合土砂管理の課題(これまでの知見)

熊野川の流砂環境(21世紀の河川学) 芦田和男・江頭進治・中川

- 1965年より熊野川河床調査委員会(2005 年報告書)
- 1889年8月(M22)の十津川水害の影響が 継続し、十津川と北山川では流砂環境が 大きく異なる
- 貯水池濁水長期化, 河口閉塞など議論
- 十津川は北山川より、アーマー層の粒径 が小さい(継続的な土砂供給)
- 十津川および合流点下流では、年最大 洪水流量(相賀8000m3/s)でアーマー層 が破壊. 北山川はそれ以上
- ブロック V:1971年から10年間河床低下 (-1m), その後は安定
- ブロック I ~ II: 1975年から80年まで河 床低下(-1~-2m), その後は安定
- ブロック0:1995年以降やや河床上昇 (+0.5m)

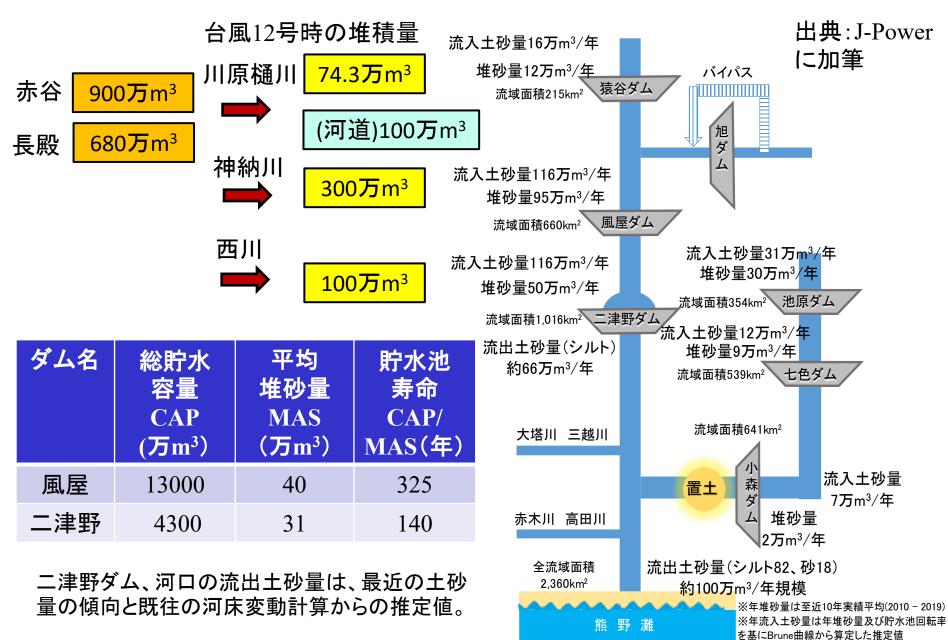


風屋ダム・二津野ダムの堆砂量変化



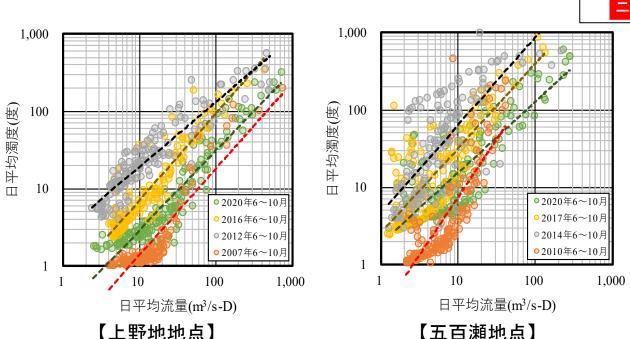
流域面積は坂本・猿谷の分水を未考慮

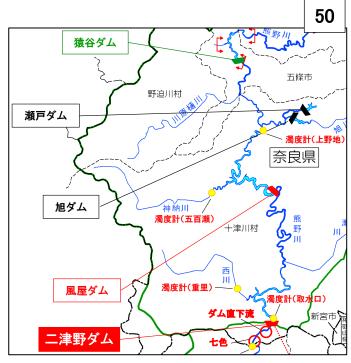
熊野川流域の土砂量マップ(案) 2010-2019平均



台風12号前後の流入濁度の変化

- ▶ 台風12号で山地が大きく崩壊(土砂生産)
- ▶ 大水害直後(2012年)は、比較的小さい流量であっても高濁度水が流入
- ▶ 2016年→2020年と濁度は低下、大水害前(2010年)の水準に概ね回復
- > 上流域対策および崩壊地の植生回復効果と想定





出典: J-Power

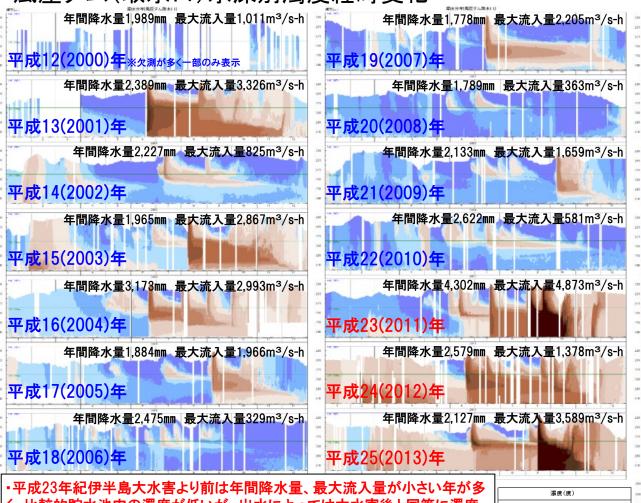
濁水長期化軽減対策の効果

出典: J-Power

年間降水量2,268mm 最大流入量3,392m3/s-h

年間降水量3,340mm 最大流入量3,500m3/s-h

風屋ダム(取水口)水深別濁度経時変化



年間降水量2,724mm 最大流入量1,084m3/s-h 平成28(2016)年 年間降水量2,454mm 最大流入量3,579m3/s-h 表水工事期間 年間降水量3,255mm 最大流入量4,714m3/s-h 表水工事期間 年間降水量2,773mm 最大流入量2,607m3/s-h 令和元(2019)年 年間降水量3.180mm 最大流入量1.236m3/s-h 令和2 (2020)年 令和3 (2021)年

※年間降水量:風屋ダム地点の年間降水量

平成26(2014)年

平成27(2015)年

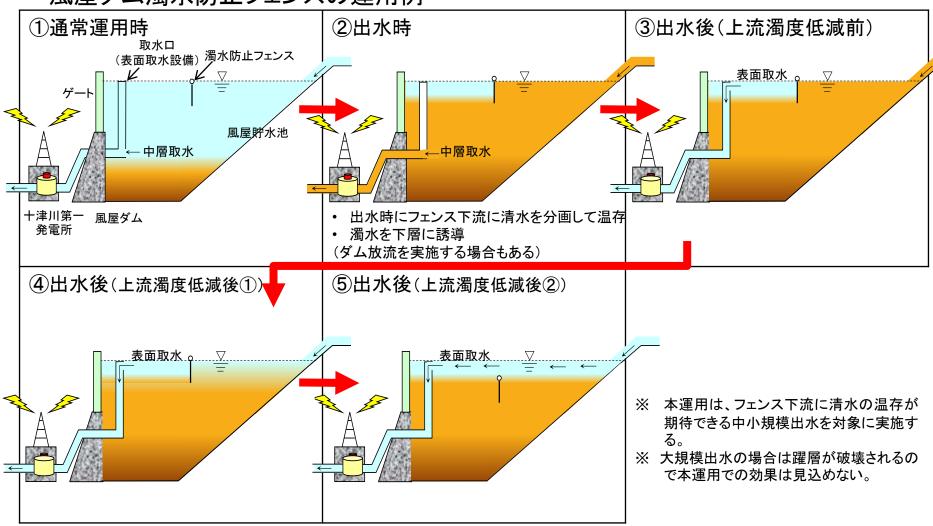
・平成23年紀伊半島大水害より前は年間降水量、最大流入量が小さい年が多く、比較的貯水池内の濁度が低いが、出水によっては大水害後と同等に濁度が高くなることもある

|・大水害から平成30年表水工事期間までとそれ以降を比較すると、出水規模、 |回数の違いはあるが、年数の経過とともに貯水池内の濁りが低減している

風屋ダムの濁水長期化軽減対策 (濁水防止フェンス)

出典: J-Power

風屋ダム濁水防止フェンスの運用例

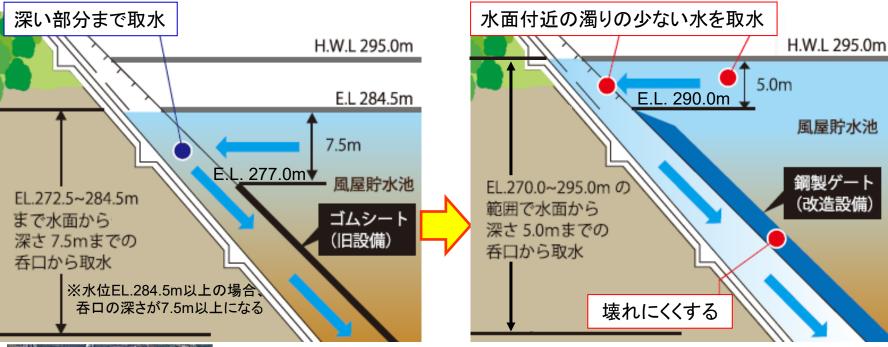


風屋ダムの濁水長期化軽減対策 (表面取水設備改造)

出典: J-Power



改造後(現行:平成30(2018)年6月以降)





よりきれいな水を取水できるようにする

(取水深を7.5mから5.0mに変更)

(ゲート移動範囲をEL.277m迄から290m迄に変更)

・ 壊れにくくする

(ゴムシート式から鋼製へ変更)



二津野ダム下流の河道

▶ 砂礫が全て抜けてしまい、月面クレータ のような河道(岩盤化)



54

風屋ダム下流の河道

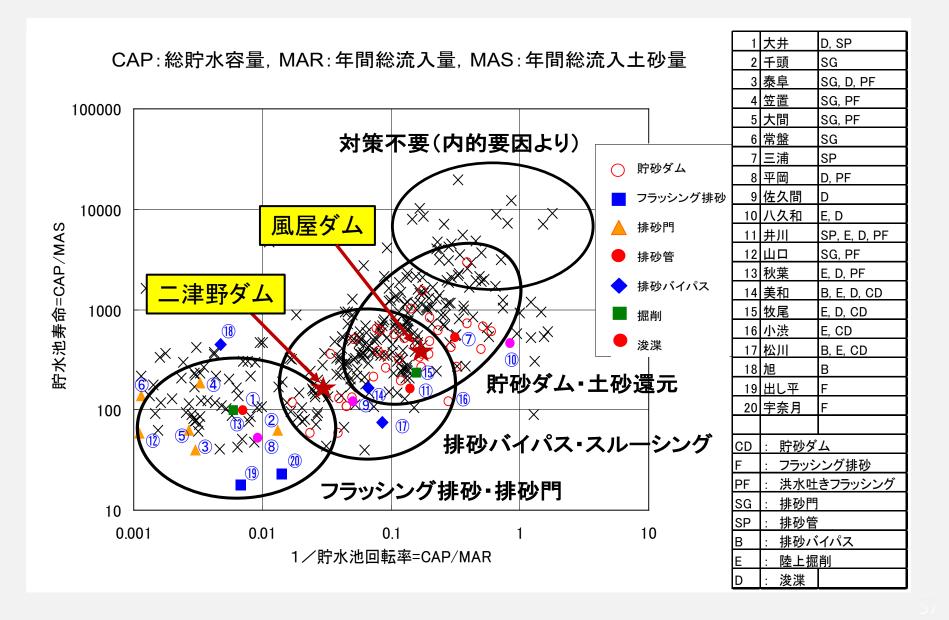


ダム堆砂対策の最前線



河川土砂還元

貯水池土砂管理の分類と選択



旭ダム排砂バイパス(関西電力㈱))

超ダム豊川

(排砂バイパストンネル)

長さ:2350m 勾配:1/34

幅:3.8m、高さ:3.8m



(トンネル出口)



貯水池

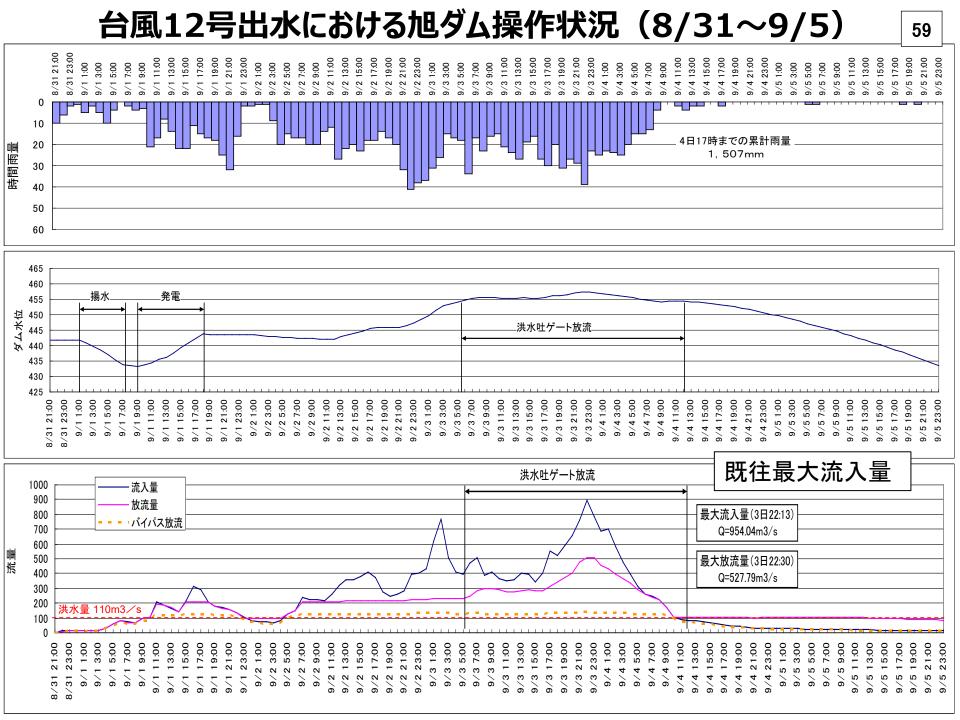
(分派堰)

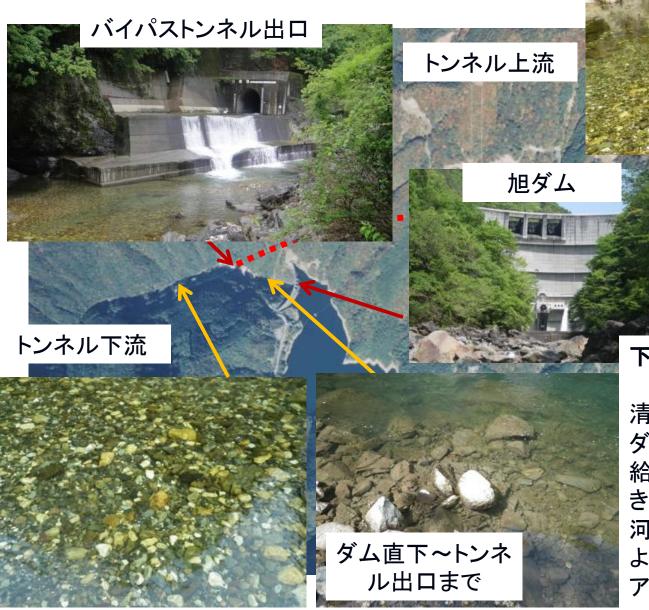
高さ:13.5 m

幅:45 m



水路トンネル 地





下流河道の様子

バイパス

清流が維持されている ダム上流の白い石が多く供 給され、川の白さが回復して きている(地元評価) 河床構成材料のバランスが よく、軟らかい河床 アカザなども生息

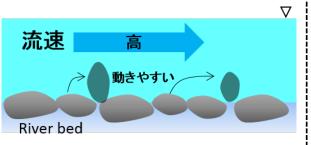
60

旭ダム上下流の河床環境の変化(模式図)

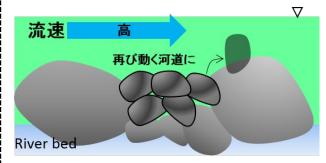


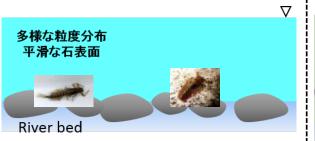
















ダムから土砂を供給する効果

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

アユの産卵に適した河床状態を指標



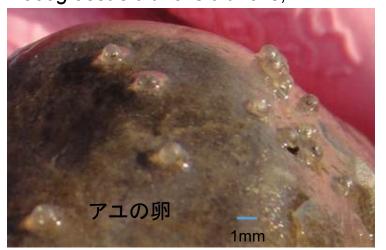
目標とする河床地形の把握

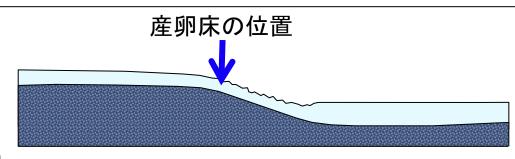
必要な土砂供給量・質の把握

河床軟度が高いためには、礫や砂利で構成され、最近に堆積したことが重要. 好適なアユの産卵床を増加させるために、新鮮な堆積部がどのような場所に形成され、土砂供給条件によってどのように変化するのかを予測することが重要.



Plecoglossus altivelis altivelis, sweetfish





天竜川 実際

実際に産卵の確認された瀬



天竜川における河道内湧水





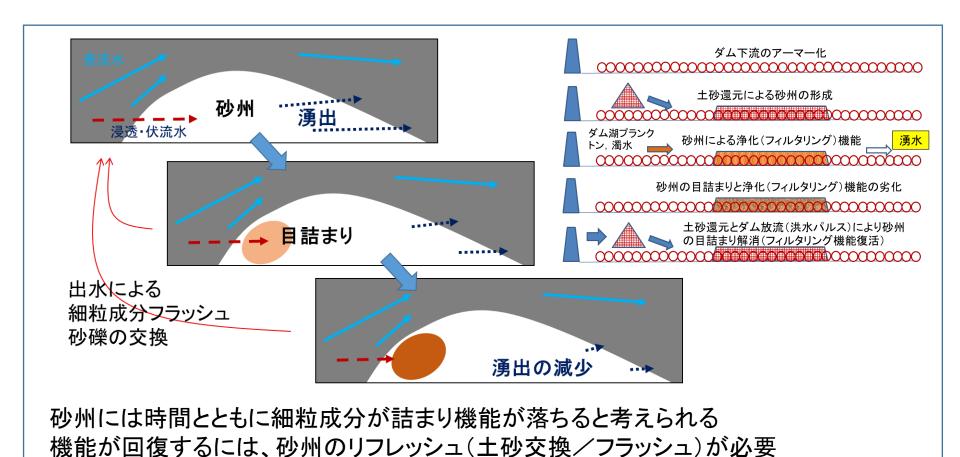


産卵床(浮石環境)+湧水環境 を人工的に造成



最終的には、土 砂管理+洪水攪 乱により自然な 形成を目指す

何故、土砂と洪水が必要か? (ダム下流の流況改善と土砂供給の組み合わせ)



二津野ダム・バイパストンネル計画(案)

※現在計画中であり、変更する可能性有り

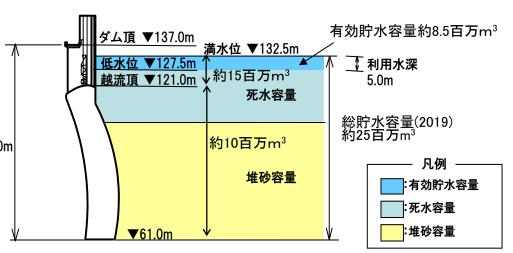
出典: J-Power

●バイパストンネルによる効果

出水中に流入する濁水及び土砂を 通過させる。①、②

(堆砂量減少による空き容量増大で治 水協力効果が増す。) ^{76.0}

- 放流量増加により最大流入量時の 貯留可能容量が大きくなる。また、 ピークカット量が増加する。③^{※1}
- 流砂系の総合土砂管理の観点から、 下流への土砂供給により河川環境 が改善する。
- ①濁水長期化軽減対策
- ②堆砂対策
- ③治水協力※1
- ※1:放流量が増加することによる治水効果は出水毎に異なることから、効果が限定的となる可能性がある。





置土の実施例

置土は、国土交通省や(独)水資源機構、当社などのダム 管理者により、豊かな河川環境の回復・改善や堆砂対策と して全国30ヵ所以上のダムで実施されています。



置土試験工事推移状況 (小森ダム下流 和歌山県北山村小松地区)



置土により期待される効果

全国の置土実施ダム

風谷(北海道

礫の洗浄(クレンジング)





② 伏流水の増加による濁水改善効果

3 生物・魚類の 生息環境の多様化



POWER 電源開発株式会社

西日本支店 十津川電力所 **TEL. 0735-47-2019** 9:00 ~ 17:30 (土日祝を除く)

電源開発体からのお知らせ

二津野ダム 置十試験について

当社は、十津川水系の濁水長期化*1の軽減と二 津野ダム(奈良県十津川村)の堆砂対策として、 二津野ダムにバイパストンネルを設置する計画

今後計画を進める上で、バイパストンネルによ る土砂の流下がダム下流に及ぼす影響・効果を 調べるため、今冬から置土試験を行いたいと考 えており、その内容をご説明します。

※1:「濁水長期化」とは、ダム湖に流入した濁水が長い時間を かけて少しずつ河川に流れること。

背景・目的

を進めています。

● 2011年の紀伊半島大水害により、二津野 ダム上流では山腹崩壊が多数発生し、少量 の降雨でもダム湖内に土砂が流入するため ダム湖の容量が減少しています。

この結果、ダム上流では冠水被害や土砂運 搬に伴う土捨場・道路の問題など、ダム下 流では濁水長期化による河川環境への影響 が懸念されます。

- バイパストンネルは、これらの状況および 流域の関係者からのご要望をふまえ、二津 野ダム湖における堆砂問題の抜本的な対 策、濁水長期化の軽減対策として検討を進 めております。また、設置による治水効果 や河川環境改善効果も期待されます。<a>3
- バイパストンネル設置後は、増水時に河川 の土砂も合わせて流れることになります。 そこで、土砂がダム下流にどのような変化 を及ぼすのかを確認するため、学識者の意 見を踏まえて事前に置土*2の試験を行いま **す。 間2 間3**

※2: 「置土」とは、上流の土砂を下流に人為的に置き増水 時に流下させること。

置土は全国のダムで実施例があります。河 川環境の改善効果として、礫の洗浄、生 物・魚類の生息環境の多様化、濁りの低減 が確認されており、二津野ダム下流でも同 様な効果が期待できます。

出典: J-Power









土砂還元(置き土)とは何か



- ①ダムに貯まった土砂を、取り除く。
- ②取り除いた土砂を、ダムの下流に運ぶ。
- ③運んできた土砂を川の中 に置き、川の流れにより 下流に流す。
- ・ 大規模な施設を伴わない堆砂対策(流砂復元の入門編・土砂管理の第一歩)
- 掘削・浚渫→輸送→処分のうち、処分コストを低減(貯砂ダムの管理に最適)
- ・ 適切な土砂粒径管理で、環境に対するプラス影響を期待(土砂供給)
 - 砂分の供給が最も容易(濁水発生、治水障害小)で、効果的
- ・ 土砂の置き方を工夫
 - 平水時には流れないように工夫(濁水防止)



最高毎秒四十五六と前回 より約二倍の量を放流。 知し、 約五時間に わたって 午前九時から放流を開



底の汚泥などを洗浄し自

これを一気に排出して川

利用して計画的に貯水。 ノムの空き容量の一部を

然の川に近づける。

同ダ

ムでは昨年九月に続いて

流砂による藻類剝離効果も検証したフ 一大野市御給の真名川

で弾力的管理試験「フラ

シュ放流」を実施。流

着藻類の剥離効果を初

「フラッシュ放流」は

だけでなく

流砂による

ド 若生子の真名川ダム

流砂との付着藻類剥離効 方
が
を
置
き
、
流
水
の
み
と 八千代橋付近に砂二百立 ダム弾力的管理検討委員 験に反映、 会に踏り、 今後の管理試 将来の本格的

備局九頭竜川ダム統合管

大

藻類は

〈名川ダム、フラッシュ放流

福井新聞 2004.11.16

> 福井新聞 2005.3.7

真名川のフラッシュ



魚すむ環境改善期待





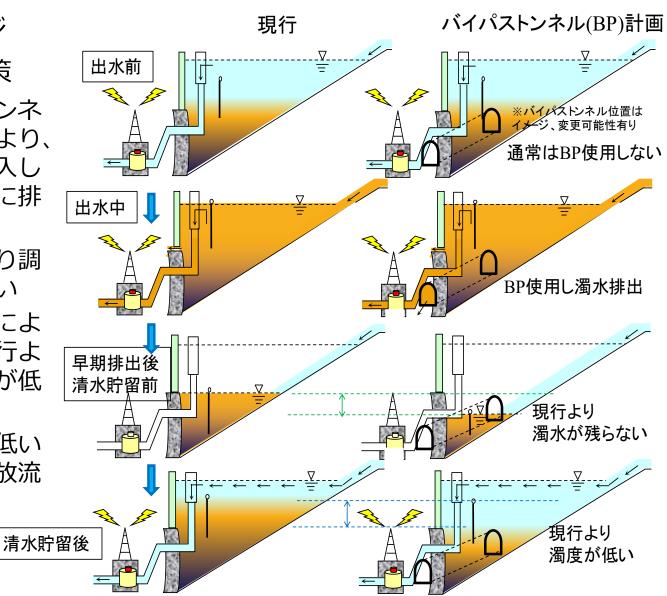
バイパストンネル計画(案)

※現在計画中であり、変更する可能性有り

出典: J-Power

●事業の効果イメージ

- ①濁水長期化軽減対策
- ✓ 出水中にバイパストンネルを使用することにより、現行より上流から流入してくる濁水を効率的に排出
- ✓ 早期排出後に現行より調整池に濁水が残らない
- ✓ 濁水が残らないことにより、清水貯留後に現行より調整池全体の濁度が低い
- ✓ 調整池全体の濁度が低い ことにより、発電で放流 する濁度も低くなる



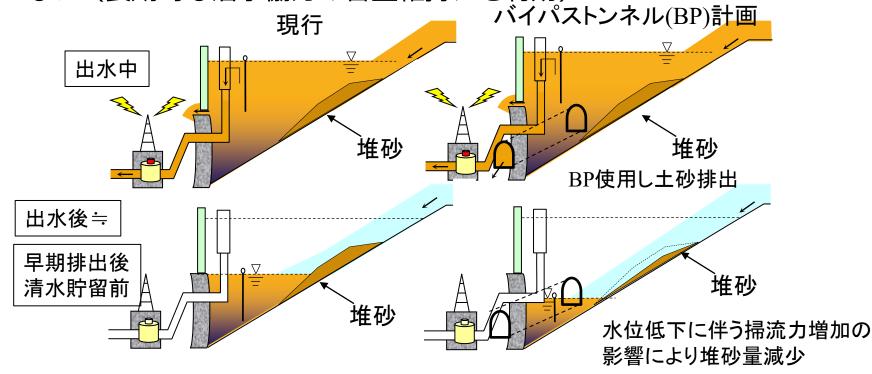
出典: J-Power

バイパストンネル計画(案)

※現在計画中であり、変更する可能性有り

②堆砂対策

- ✓ 出水により調整池へ流入し堆積する多くの土砂の一部を、出水期間中にバイパストンネルを利用してダム下流へ排出
- ✓ バイパストンネルによる水位低下により調整池中流部の掃流力が増加し堆砂量が減少
- ✓ ダム下流へ土砂が排出されるため、現行より調整池内に土砂が残らない(長期的な治水協力の容量維持にも有効)



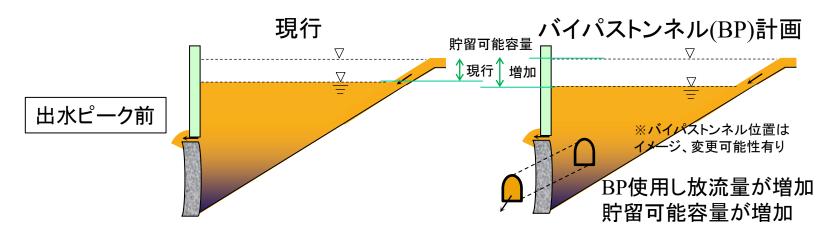
出典: J-Power

バイパストンネル計画(案)

※現在計画中であり、変更する可能性有り

③治水協力

- ✓ バイパストンネルにより現行より放流能力が向上することから、出水ピークを現行より低い水位で迎えることが出来るため、流水を調整池へ貯留できる容量が増加する。
- ✓ 現行より増加する調整池の貯留可能容量を有効に活用し、出水ピーク時に下流へのダム放流量を低減することが可能となる。
 - ※予測が困難な出水や、大規模または長期間継続(例:2011年紀伊半島大水害)する出水では、放流量を低減させることが困難である。現段階では、効果が限定的となる可能性があるが、洪水被害軽減に向けて、治水協力に貢献していく計画である。



バイパストンネル計画(案)

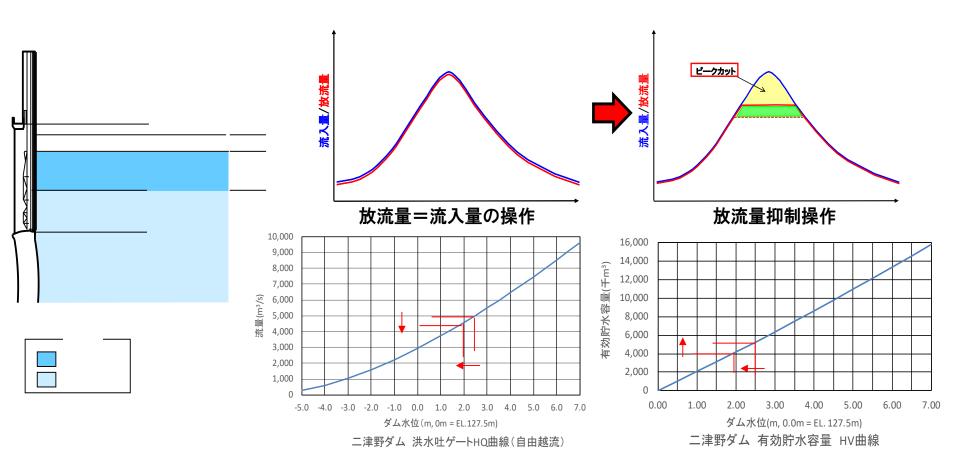
※現在計画中であり、変更する可能性有り

出典: J-Power

③治水協力

✓ 放流能力が増加することにより、同じ放流量でも運用水位を低下でき、それによりピークカット時の貯留量が増加可能となる。

(以下、検討中であるバイパストンネル放流量500m³/sで試算)



バイパストンネル計画(案)

出典: J-Power

不等流計算範囲

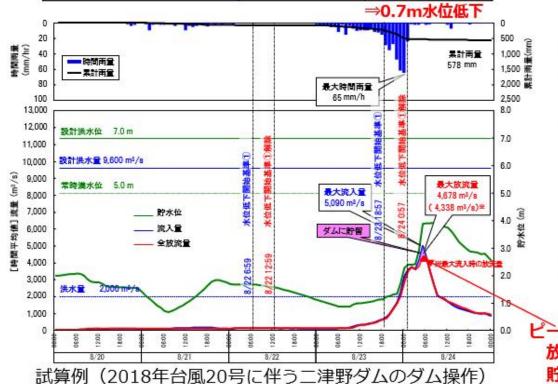
試算位置(本宮)

(河口から36.6km)

※現在計画中であり、変更する可能性有り

- ③治水協力(試算例②2018年台風20号)
- ✓ バイパストンネル運用時の水位低下試算例

	放流量	本宮地点水位 (不等流計算)
現行	4,678m³/s	56.5m
パイパストンネル運用時	約4,100m³/s	55.8m



ークカットによる 放流量抑制 ▲約600m³/s 貯留量増 +約1,000千m³

音無川

上流端 46.2k

得られた教訓と今後に向けて

- 1. 要注意の台風:偏西風が弱くてスピードが上がらず、北上する 台風。南から同じ場所に湿った気流が流れ込み続ける
- 2. 2山などで総降雨量が大きい場合にダムが満水になり、異常 洪水時防災操作(緊急放流)に至る可能性が高まる
- 3. ダムが洪水を受け止められる能力「相当雨量」に着目する。 事前放流の効果の評価にも活用できる
- 4. 多目的ダム・利水ダムともに、気象・水文予測の活用による、 洪水調節機能の「ソフト的機能強化」を図る必要がある
- 5. 内閣府SIP「長時間アンサンブル予測」は大型台風の襲来に、 十分なリードタイムを持って対応するために特に有効
- 6. 一方で、現状施設でできることは限界があり、ダム施設改造を 含めた「ハード的機能強化=ダム再生」が重要である
- 7. ダムの持続可能な管理のために、土砂管理は重要
- 8. ダムからの土砂供給は、下流河道の環境改善の要である
- 9. 濁水対策のためにも、土砂(健全な砂州形成=浄化)が必要

土砂資源マネジメントと事前復興の提案

- 1. 阪神・淡路大震災や東日本大震災の復興過程で、大量の砂利が 必要になった。阪神・淡路大震災時には、中国から大量輸入
- 2. 想定される「南海トラフ巨大地震」後の復興資源はどう調達する か? 今から備蓄できないか
- 3. 紀伊半島が復興資源の供給基地になるためには、山にあるだけでは間に合わない。今のうちに海岸まで運んでストック(例えば、スーパー防潮堤)し、復興需要に備える

(日本経済新聞電子版2021年10月21日)

生コン用砂に値上げ圧力 資源枯渇、かさむ輸送費

長年の採掘で資源が枯渇し、不足分を遠隔地から取り寄せる必要。高齢化によるドライバー不足も影響。 建設物価調査会(東京・中央)によると、東京の砂の価格は現在1立方メートルあたり4750円。10年で約19%上昇。 2018年度の全国の砂の採取量は約3828万立方メートルと11年前に比べ33%減少。

https://www.nikkei.com/article/DGXZQOUC 167LV0W1A910C2000000/



ダムの科学(改訂版)



ダムを 使い続ける 技術がある

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

第1章ダムとはなにか

第2章 ダムの歴史



ISBN978-4-7973-9709-3 C0253 ¥1100E

本体1,100円 +税

SB Creative

科

学 改訂版

知られざる超巨大建造物の秘密に迫る 近畿・中部ワーキンググループ一般社団法人ダム工学会 SB Creative SIS-441

サイエンス・アイ新書 ダムの基本 ダム再生 第4章 ダム再生① 永く使う 第5章 ダム再生② 買く使う 第3章 ダムの基本と特徴 第6章 ダム再生③ 増やして使う 第7章 ダム再生④ ネットワークで使う

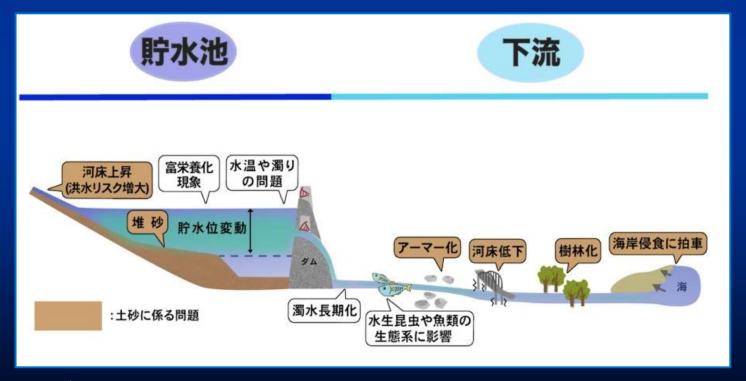


ダム工学会作成の動画

http://www.jsde.jp/

- ①ダムと河川環境
- ②日本の土砂環境とダム
- ③堆砂対策と土砂還元
- ④土砂還元の効果





ダム環境問題における土砂に関する事項一覧