



平成30年7月豪雨時のダムの洪水調節操作と今後の課題

京都大学防災研究所水資源環境研究センター 角 哲也



野村ダム



野村ダム下流警報板



野村ダム下流
水位観測所





ダム操作に関する重要な視点

- **ダムの容量は有限**
 - 台風性地域はこれまでの経験あり、前線性地域の外力増大(能力不足)懸念
 - 中小洪水に効かせると、大洪水時に容量不足(異常洪水防災操作の増大)
 - 低い下流河川の能力向上がないとダムの機能は半減
(日吉ダム、一庫ダム、野村ダム・鹿野川ダムなど)
- **ダムの洪水調節機能の向上**
 - (ハード対策) ダム再生(再開発)は重要
(天ヶ瀬ダム、鹿野川ダム、長安口ダム、鶴田ダムなど)
 - (ソフト対策) 降雨・流出量(洪水量)予測手法の高度化
(アンサンブル予測情報を用いた事前放流)
- **異常洪水時防災操作を意識した防災訓練**
 - 防災情報の出し方の工夫
 - 過去(ダム建設前)の災害情報の共有
 - 危機管理は皆で実施(その時、ダムはどうなるか?)
 - ダムの洪水操作と、超過洪水時の危機管理

国土交通省
[速報版]

降雨パターンが非常に厳しい（後期集中型，雨域が南西から北東（流域の下流方向）に移動（洪水波が重なる））

流域平均雨量(48時間)

計画の約1.2倍

419 mm
H30.7

340 mm
計画

野村ダム

野村川

野村川1号ダム

100m

北

7月6日11時頃

洪水貯留前

約9m

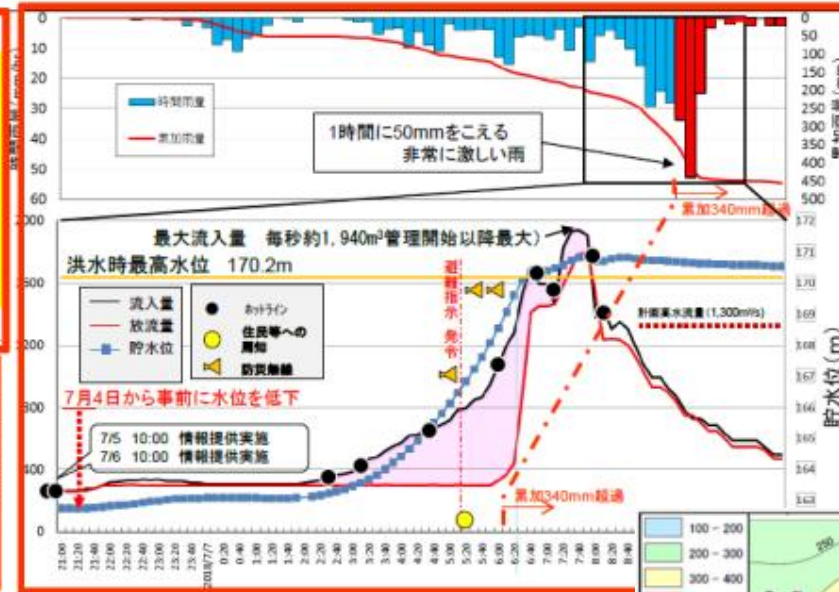
貯水位
EL.162.98m

7月7日15時頃

洪水貯留後

貯水位
EL.170.42m

野村川



-

異常豪雨の頻発化に備えたダムの洪水調節機能に関する検討会

出典：国土交通省

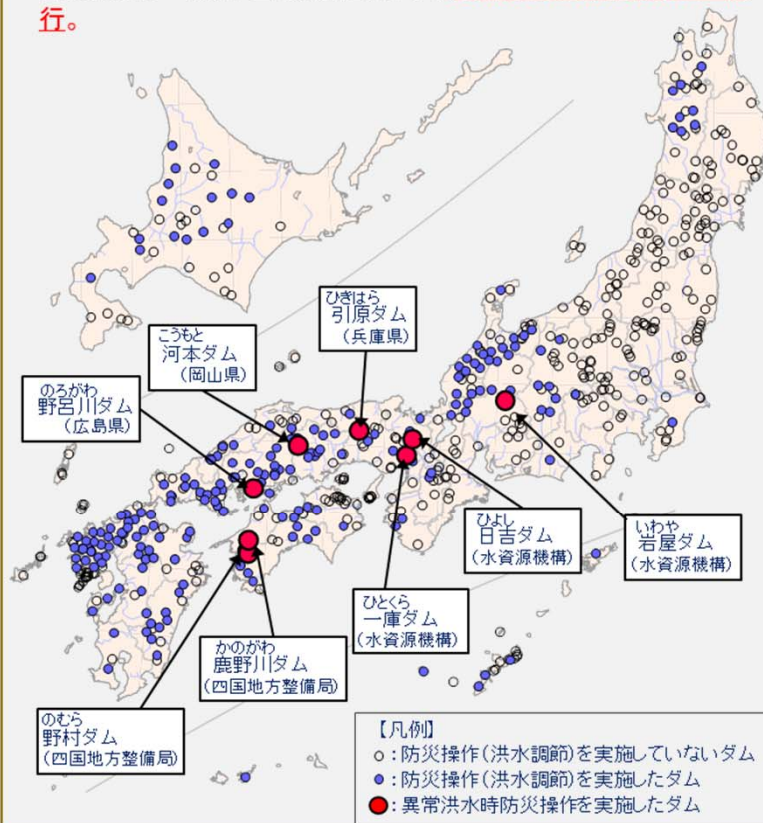
異常豪雨の頻発化に備えたダムの洪水調節機能と情報の充実に向けて

～「異常豪雨の頻発化に備えたダムの洪水調節機能に関する検討会」の提言～

○平成30年7月豪雨を踏まえ、気候変動の影響等により今後も施設規模を上回る異常洪水が頻発することが懸念される中、そうした事態に備え、より効果的なダムの操作や有効活用の方策、ダムの操作に関わるより有効な情報提供等のあり方について、ハード・ソフト両面から検討することを目的に検討会を設置。3回の検討会を開催し、提言をとりまとめ。

<平成30年7月豪雨のダムの防災操作(洪水調節)の状況>

国土交通省所管ダム558ダムのうち213ダムで洪水調節を実施し、被害の軽減・防止効果を発揮。そのうち、8ダムにおいては、洪水調節容量を使い切る見込みとなり、ダムへの流入量と同程度のダム流下量(放流量)とする異常洪水時防災操作に移行。



【委員】

加藤孝明 東京大学生産技術研究所 准教授
佐々木隆 国土技術政策総合研究所河川研究部水環境研究官
角哲也 京都大学 防災研究所 教授 <委員長>
関谷直也 東京大学大学院情報学環 准教授
中北英一 京都大学 防災研究所 教授
森脇亮 愛媛大学大学院理工学研究科 教授
矢守克也 京都大学 防災研究所 教授

【スケジュール】

9月27日
第1回検討会
(現状と課題)
11月2日
第2回検討会
(骨子案)
11月27日
第3回検討会
(とりまとめ案)

平成30年7月豪雨におけるダムに関する主な論点

- 異常豪雨によってダムの洪水調節容量を使い切ってしまうことに対し、
 - ・事前放流により、より多くの容量を確保できないか
 - ・異常洪水時防災操作に移行する前の通常の洪水調節段階により多くの放流ができないか
 - ・気象予測に基づく操作を行うことはできないか
- ダムの操作に関わる情報が住民の避難行動に繋がっていないことに対し、
 - ・平常時から浸水等のリスク情報を提供し、認識の共有を図ることが必要ではないか
 - ・情報提供を「伝える」から「伝わる」、さらには「行動する」ように変えることが必要ではないか
 - ・情報提供を市長村長の判断に直結するよう変えることが必要ではないか

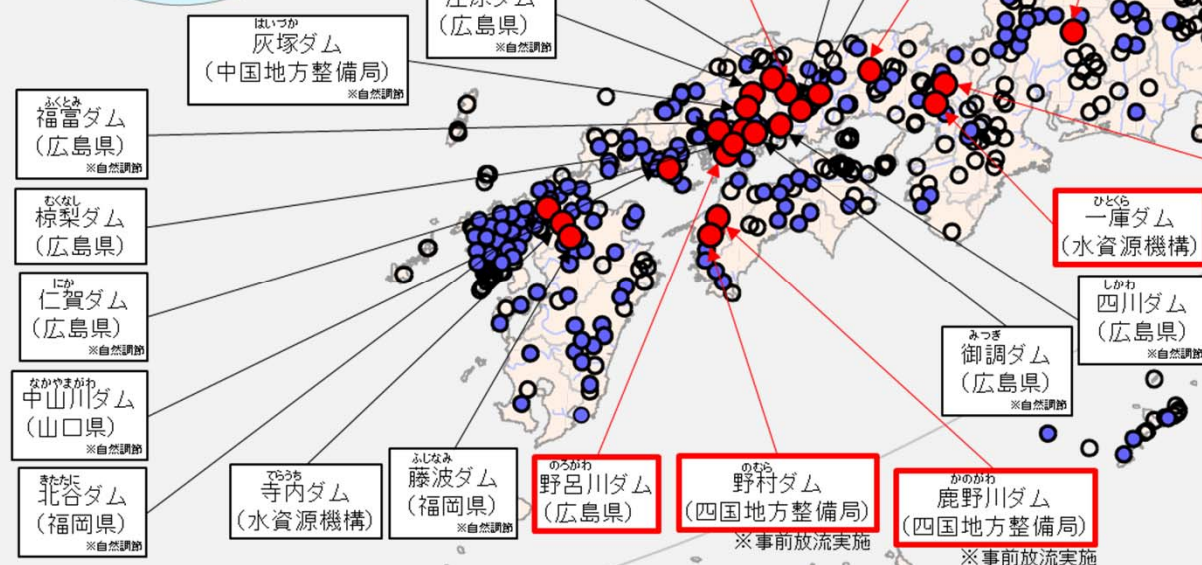
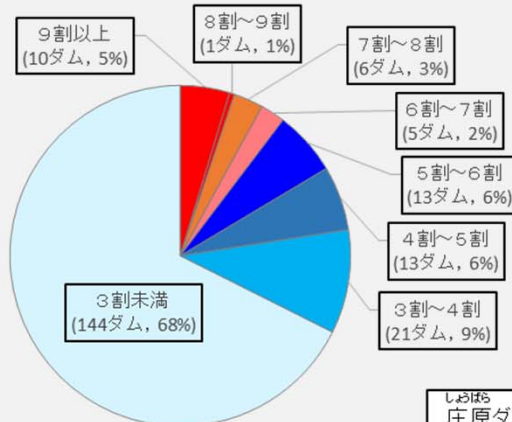
対策の基本方針

- ①ハード対策(ダム再生等)とソフト対策(情報の充実等)を一体的に推進
- ②ダム下流の河川改修とダム上流の土砂対策、利水容量の治水への活用など、流域内で連携した対策
- ③ダムの操作や防災情報とその意味を関係者で共有し避難行動に繋げる

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。

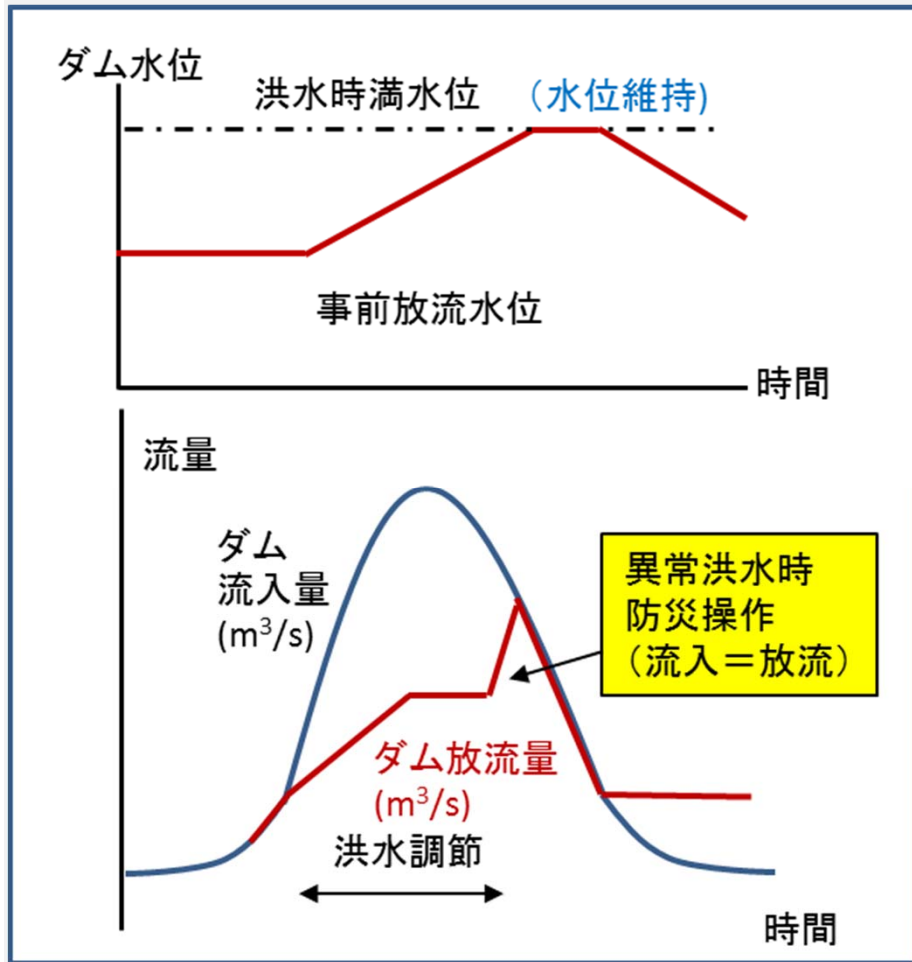
【凡例】

- ：防災操作（洪水調節）を実施していないダム（345ダム）
- ：洪水調節容量使用率が6割未満のダム（191ダム）
- ：洪水調節容量使用率が6割以上のダム（22ダム）
- うち、異常洪水時防災操作を実施していないダム（14ダム）
- うち、異常洪水時防災操作を実施したダム（8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

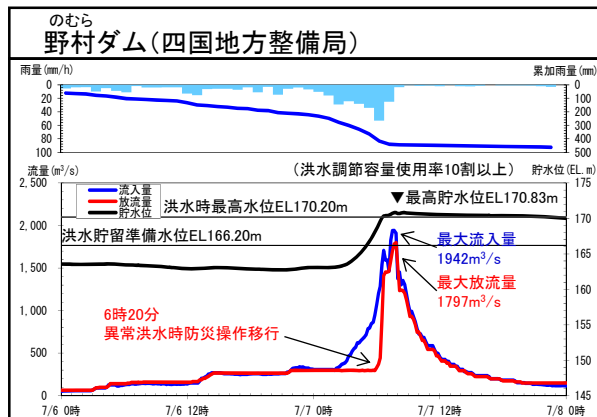


異常洪水時防災操作とは？

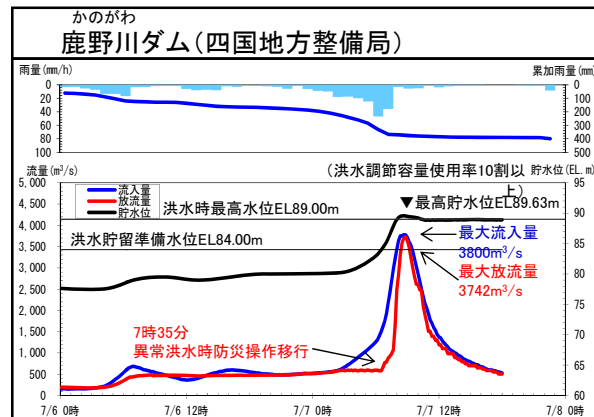


- 異常洪水時防災操作はダムの決壊を防止？
 - ダムの危機管理操作
 - ダムが天端を越流すると不測の事態が想定（ゲートの損傷, 堤体両脇の地山(アバットメント)浸食, フィルダムなどでは決壊リスクあり）
- 異常洪水時防災操作時にダム水位は低下？
 - 洪水時満水位を超えて、ダム設計洪水水位に到達する可能性がある場合に開始
 - 開始時にはダムはまだ貯留している
 - 最終的には貯水位維持（過放流ではない）

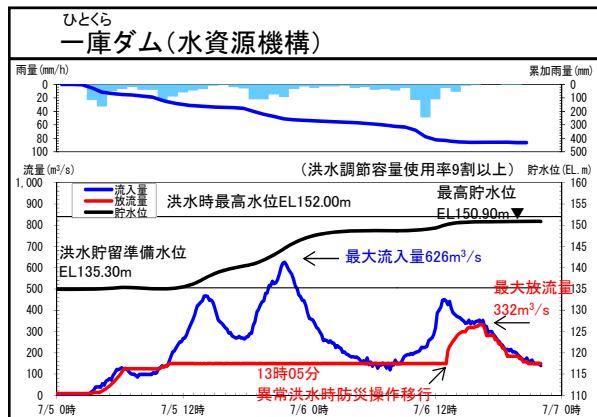
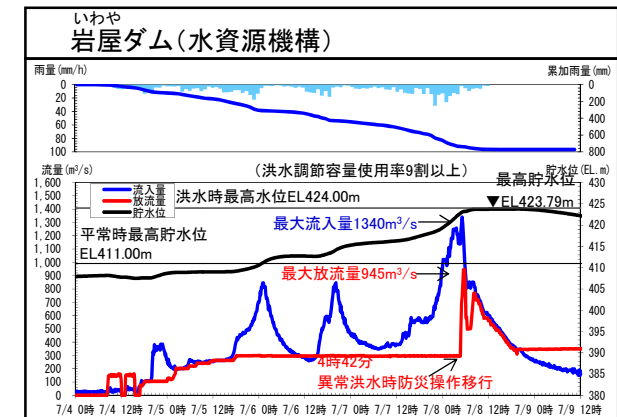
平成30年7月豪雨における防災操作（洪水調節）で異常洪水時防災操作を行った8ダムにおける洪水調節状況



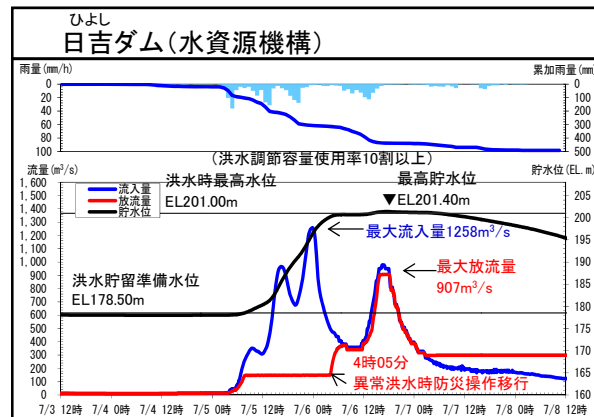
※事前放流実施、暫定的な操作規則



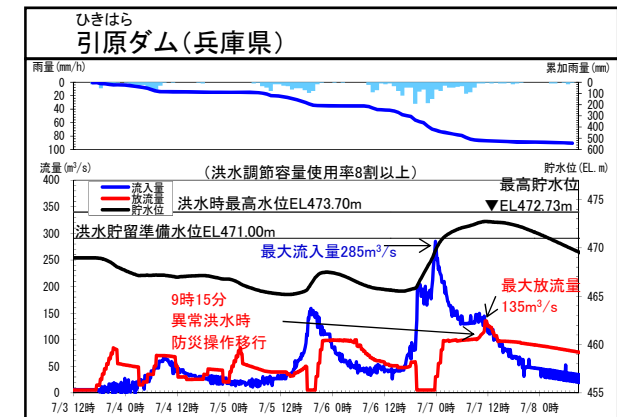
※事前放流実施、暫定的な操作規則



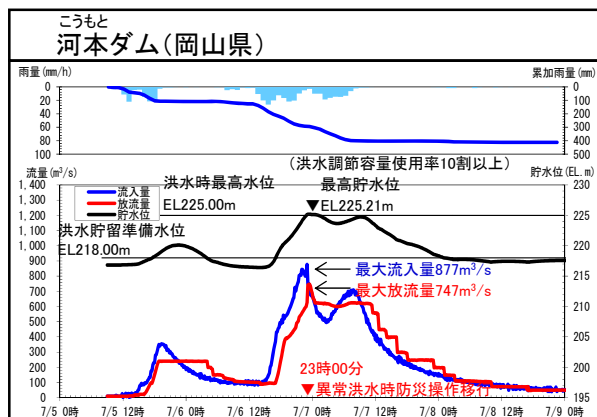
※暫定的な操作規則



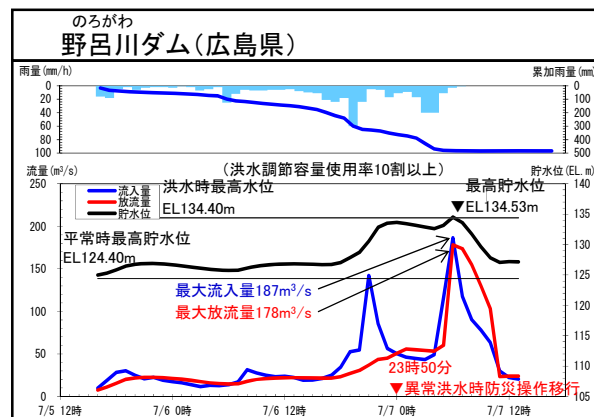
※暫定的な操作規則



※事前放流実施



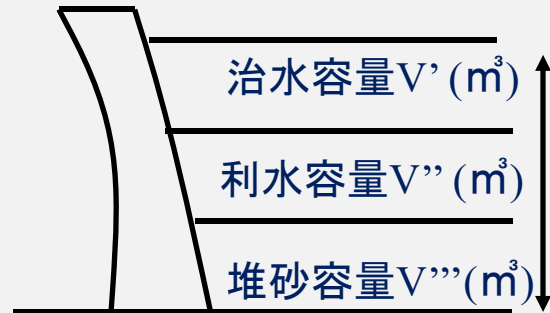
※事前放流実施



出典：国土交通省



既設ダムは近年の増大する洪水災害に対応できるのか？



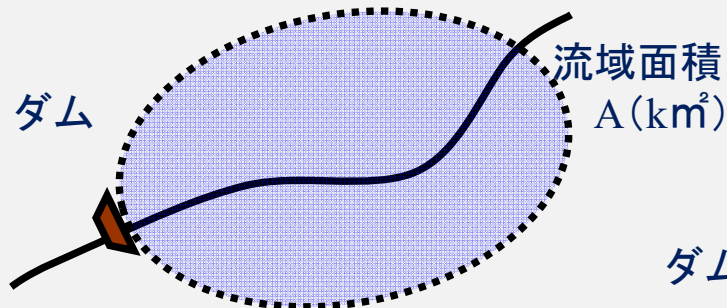
総貯水容量 V
(m^3)

総貯水容量を相当雨量に換算

$$= V/A$$

治水容量を相当雨量に換算

$$= V'/A$$



治水容量

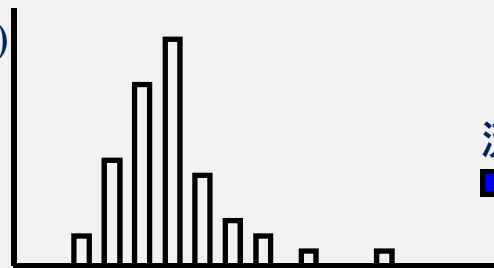


比較

相当雨量(mm) = ダムの洪水調節容量 (V' : m^3) を流域面積 (A : km^2) で割って、調節可能な雨量 (mm) に換算したもの
(ダムの洪水調節能力の目安)

ダムによりカットされた総流量

雨量
(mm)

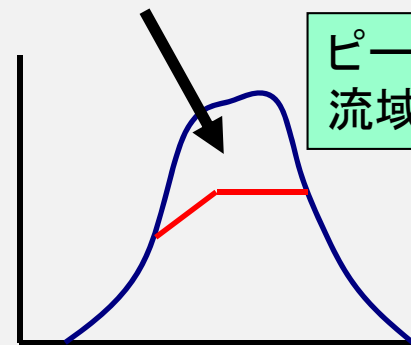


時間(h)

流出



流量
(m^3/s)



時間(h)

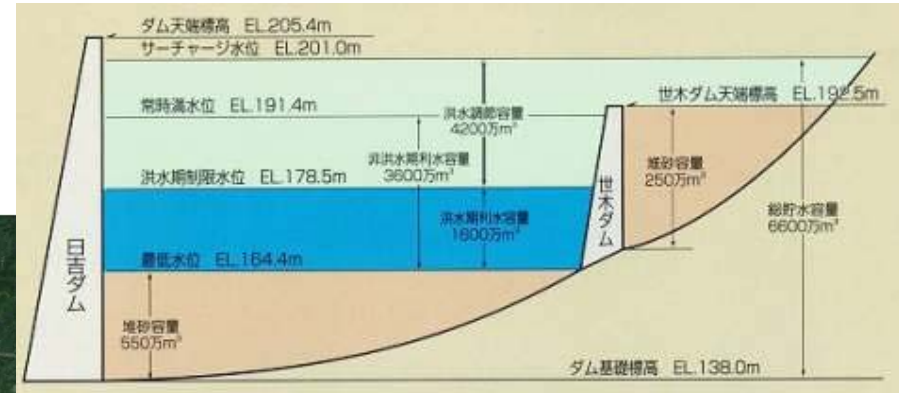
ピーク流量 Q_p (m^3/s)

流域面積当たり**比流量**: Q_p/A

—— ダムへの流入量

—— ダムからの放流量

日吉ダムと桂川



1997年, (独)水資源機構
 $H=67.4\text{m}$, $V=6600\text{万m}^3$
 (洪水調節容量 4200万m^3)
 $A=290\text{km}^2$
 相当雨量 145mm
 $= (4200 \times 10^4) / (290 \times 10^6)$
 (1/100の計画雨量は2日雨量で 349mm)

← (H25) 345mm ,
 (H30) 421mm



平成30年7月豪雨における日吉ダムの効果

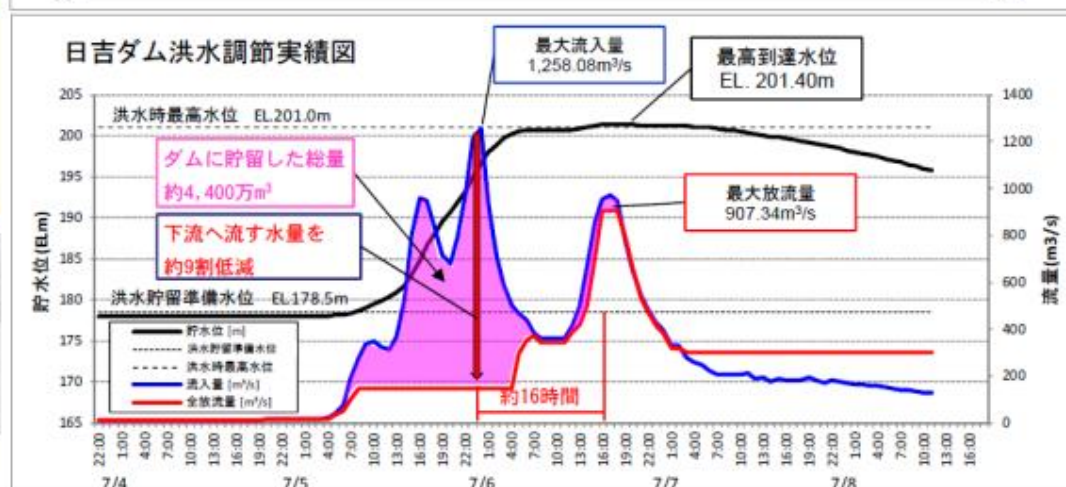
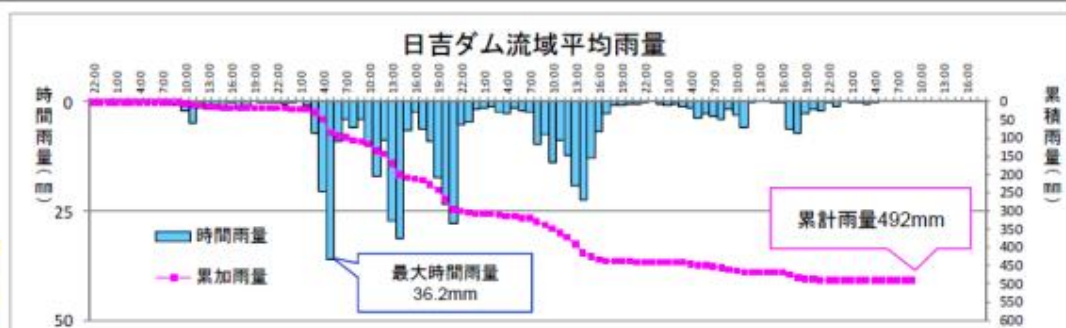
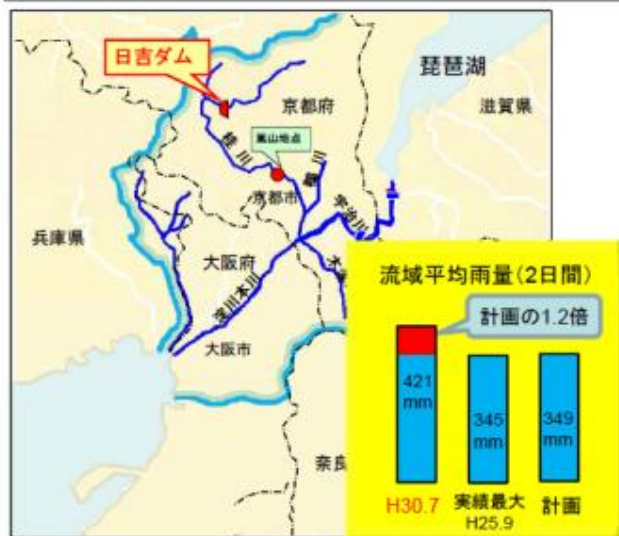
出典: 水資源機構

平成30年7月豪雨における日吉ダムの洪水調節効果 淀川水系桂川(京都府)

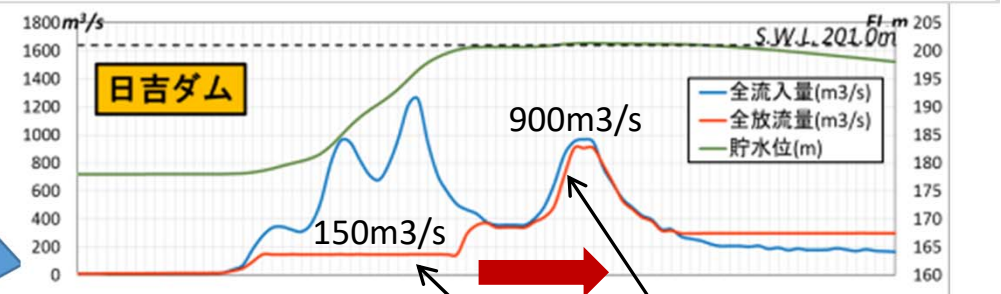
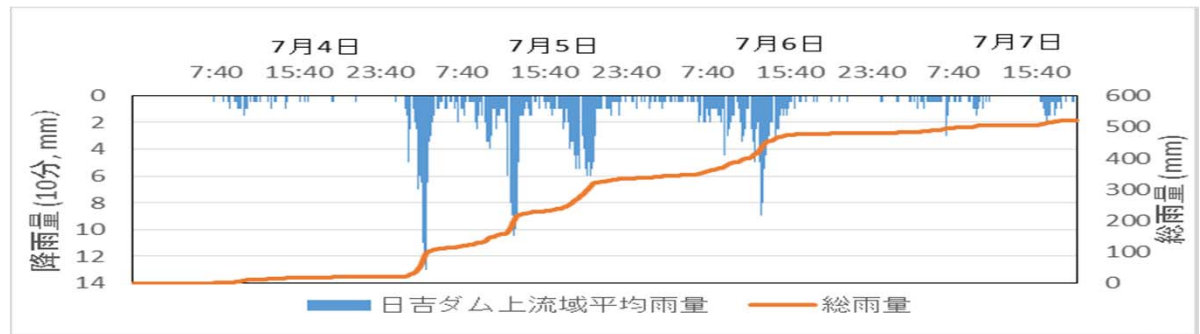
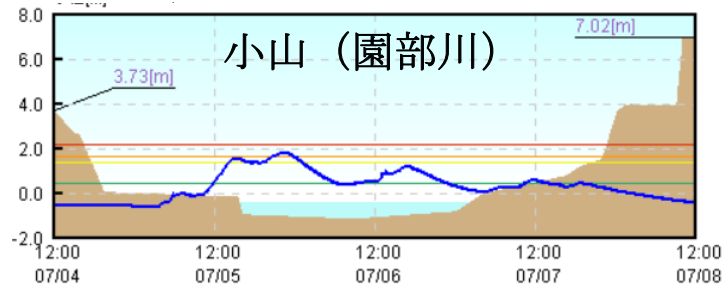
独立行政法人
水資源機構

[速報版]

- 活発な梅雨前線の影響により、まとまった降雨が断続的に発生。日吉ダム流域における総雨量は492mm、最大2日雨量は421mm(7月5～6日)を記録し、ともに観測開始以来最大。特に最大2日雨量は、ダムの計画雨量349mmを超える豪雨。
- 洪水時最高水位を超える水位まで貯水池を活用して洪水調節を行い、総量約4,400万 m^3 の洪水を貯留。ダムへの最大流入時に下流へ流す水量を約9割低減。
- これにより、ピーク流量の発生時刻を約16時間遅らせて避難時間等を確保するとともに、ダム下流河川の流量を低減させ浸水被害を軽減。



日吉ダムの効果 (支川合流との関係)

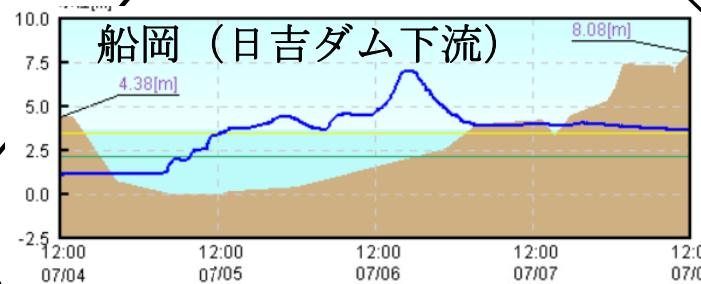


ダムの効果

- ①洪水波形を遅らせる
- ②下流で合流する流域（残留域）の洪水波形との重なりを回避（順番に下流に送れば氾濫しない）

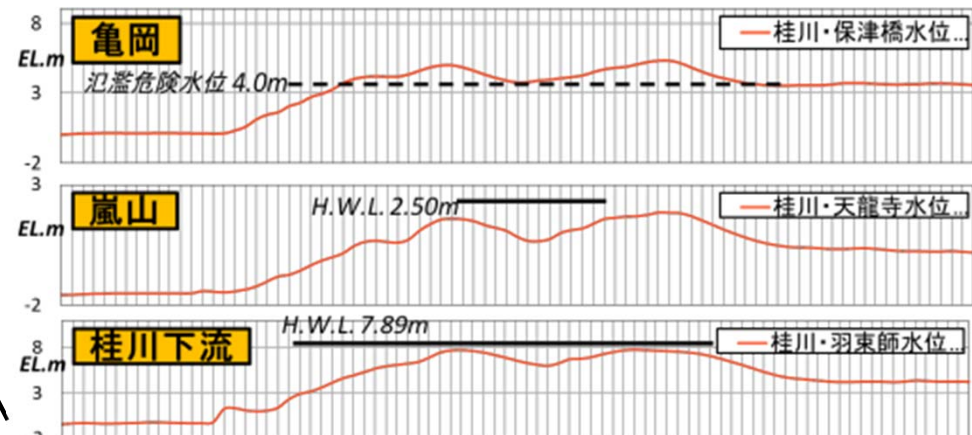
異常洪水時防災操作

- ①ダムが満水に近づいた場合
- ②流入量 = 放流量に移行
- ③放流量は制御できない（降雨次第）
- ④日吉ダムにもう一雨来ていれば大災害



異常洪水時防災操作

計画最大放流量の
増大を検討すべき
(150→300m³/sなど)



国土交通省、京都府資料などをもとに作図



日吉ダムの洪水調節効果(嵐山地区)

出典:国土交通省

これまでの河川整備及び日吉ダムによる効果(桂川 嵐山地区)

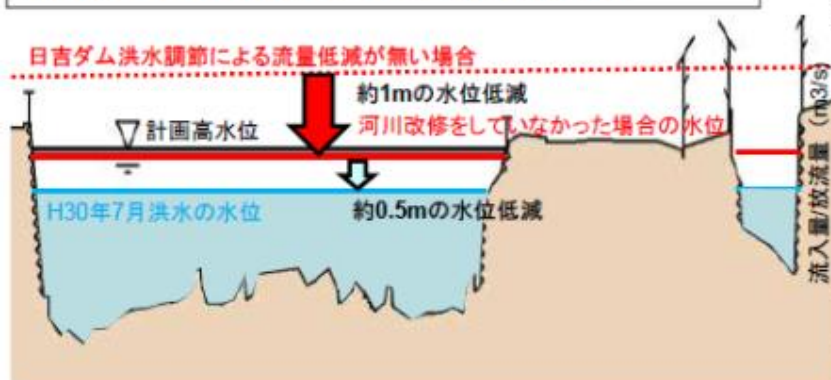


国土交通省

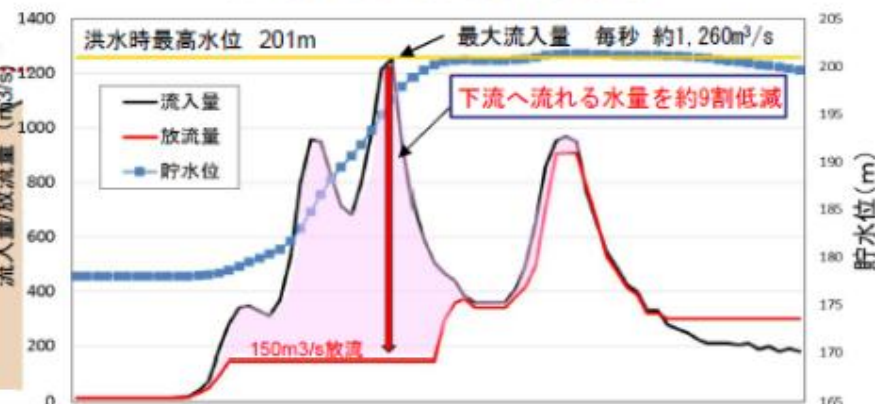
平成30年7月豪雨の概要<第5報>

- 日吉ダムでは、流域全体の安全を確保するため、最大流入時に下流の河川へ流す水量を約150m³/sとし、下流へ流れる流量を約9割低減。
- ダム下流の嵐山付近では、これまでの河川整備と日吉ダムの効果により洪水位を最大約1.5m低下させる効果があったと推定。
- この結果、嵐山では日吉ダム等の水位低減がなければ、平成25年同様の浸水となり、3ha以上の浸水被害が発生したと推定。

嵐山地区(渡月橋付近)における水位低減効果



(日吉ダム)降雨量/流入量・放流量



嵐山地区(渡月橋付近)における浸水範囲低減効果

平成30年7月豪雨実績



平成30年7月豪雨日吉ダムの洪水調節と河川改修が無かった場合



日吉ダムが洪水調節による流量低減が無ければ、平成25年同様の浸水範囲となり、3ha以上浸水していたと推定される。



▲嵐山地区におけるこれまでの整備

※本資料の数値等は速報であるため今後の精査により変更となる場合があります。



日吉ダムの洪水調節効果(桂川下流部)

出典:国土交通省

これまでの河川整備による効果(桂川 久我地区)

国土交通省
平成30年7月豪雨の概要<第5報>

- 桂川では、平成25年台風18号を契機に「桂川緊急治水対策」を実施し、約64万m³の掘削を実施。
- これまでに実施した河道掘削により、久我地区(桂川7.0k)において約0.5m水位が低減。
- 河道掘削が出来ていなかった場合、約3kmにわたり、計画高水位を0.4m超過し、非常に危険な状態であったと推測。

位置図



平成30年7月豪雨のピーク時写真



羽東師橋下流の掘削状況



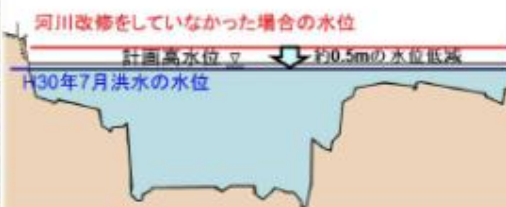
羽東師橋上流の掘削状況



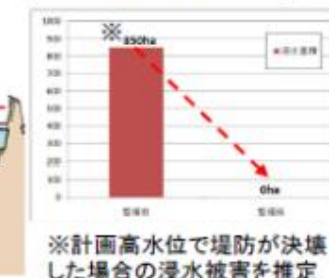
久我地区下流



水位低減効果



浸水被害効果



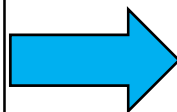
桂川下流では、日吉ダムの洪水調節と河川改修の相乗効果で大きくリスク低下、ただし、次なる洪水に対する備えは必要(ヒヤリハット)

※本資料の数値等は速報であるため今後の精査により変更となる場合がある。

日吉ダムの洪水調節操作（必要空き容量の検討）

洪水流量以上の流入水を全貯留
するために必要な空き容量：

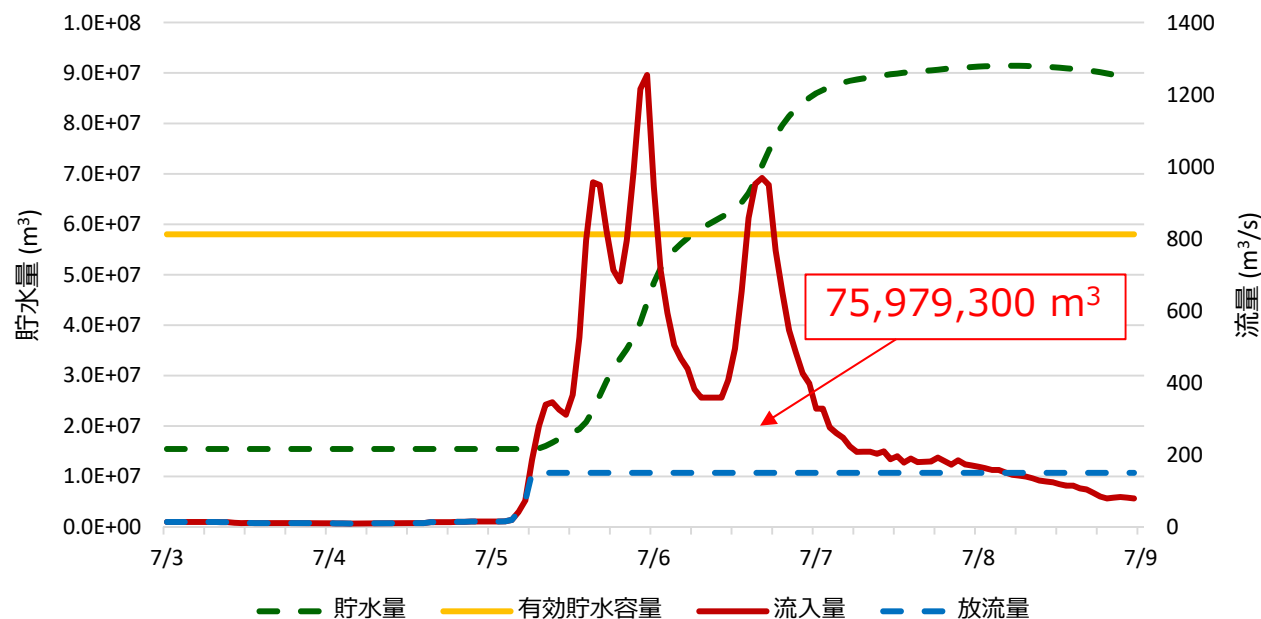
約 7,600万 m^3



日吉ダムの有効貯水量（5,800
万 m^3 ）を大きく上回り，事前
放流等の空き容量を増やす対策
を行っても，異常洪水時防災操
作は不可避

※治水容量は4,200万 m^3

日吉ダム操作（貯水量上限無しの場合）



京都大学
KYOTO UNIVERSITY



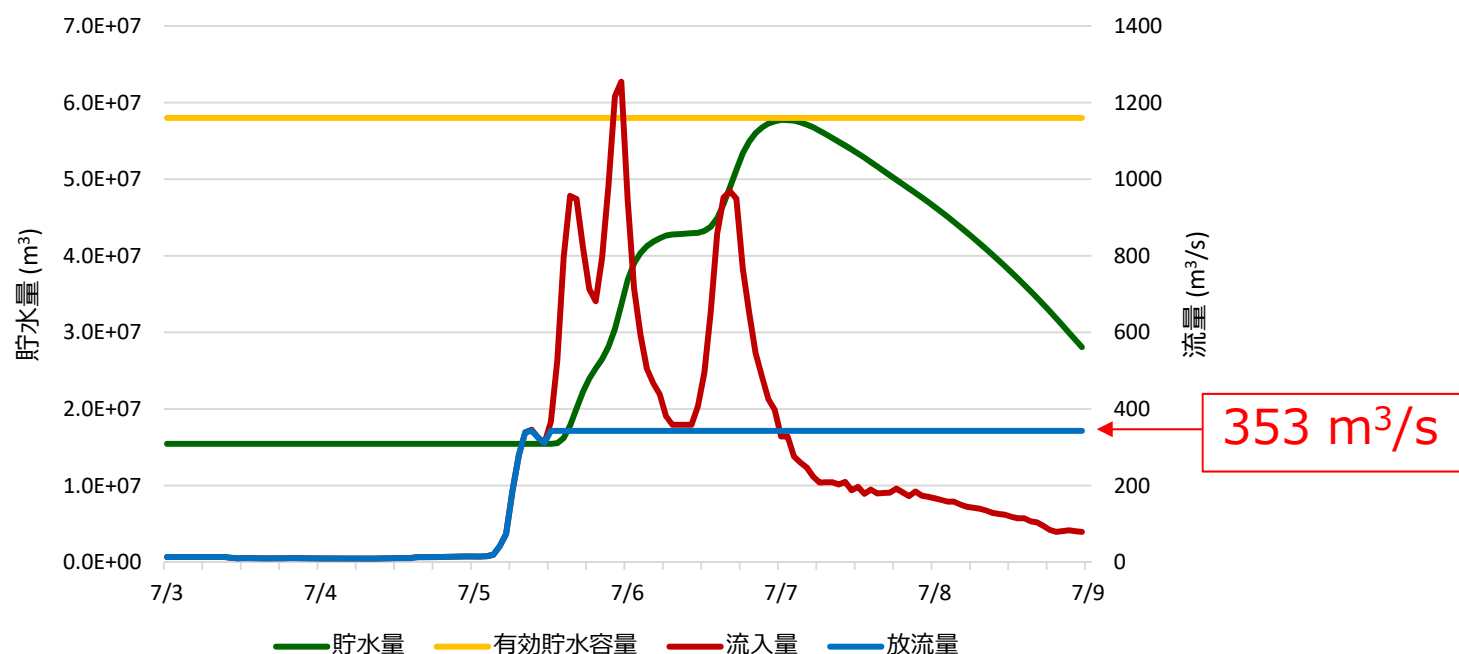
野原大督

日吉ダムの洪水調節操作（ピークカット流量の検討）

今回の出水を迎洪時の空き容量で異常洪水時防災操作を行わずに一定量放流方式で洪水調節する場合のピークカット流量（一定量放流量）の下限値の検討

➡ **少なくとも $353\text{m}^3/\text{s}$ の放流が必要**

日吉ダム操作（一定量放流量の検討）



京都大学
KYOTO UNIVERSITY



野原大督

亀岡盆地における洪水氾濫

霞堤による堤外地の洪水氾濫状況

亀岡市曾我谷川では7月6日の流量ピーク前に葛原頭首工のラバーダムを放水倒伏して上流の河川水位を低下させたが、6日13:45に最高水位240cmに達し、曾我谷川西側水田のほとんどが冠水した。稲穂の出る前だったため稲そのものへの目立った被害にはならなかったものの、水位低下時に流木等のゴミが圃場に流入する被害が認められた。

7月5日15:25
ラバーダム倒伏後

写真①（葛原頭首工）



写真③（葛原頭首工）



7月6日13:45
曾我谷川流量ピーク時

竹門康弘(未発表)



6月5日13:00 ラバーダム立上げ後

写真②（赤川）

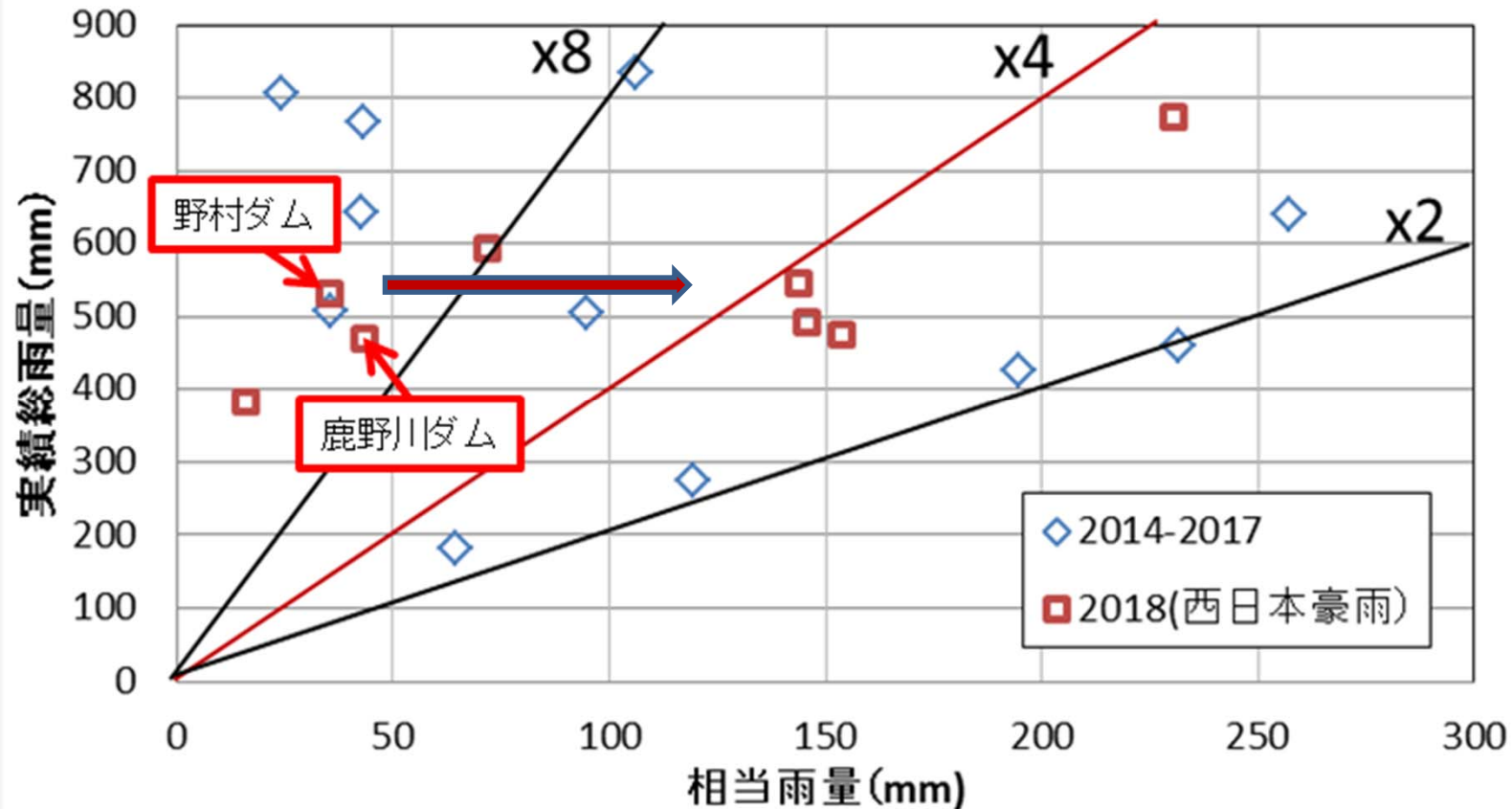


写真④（赤川）





なぜ、異常洪水時防災操作になったのか？



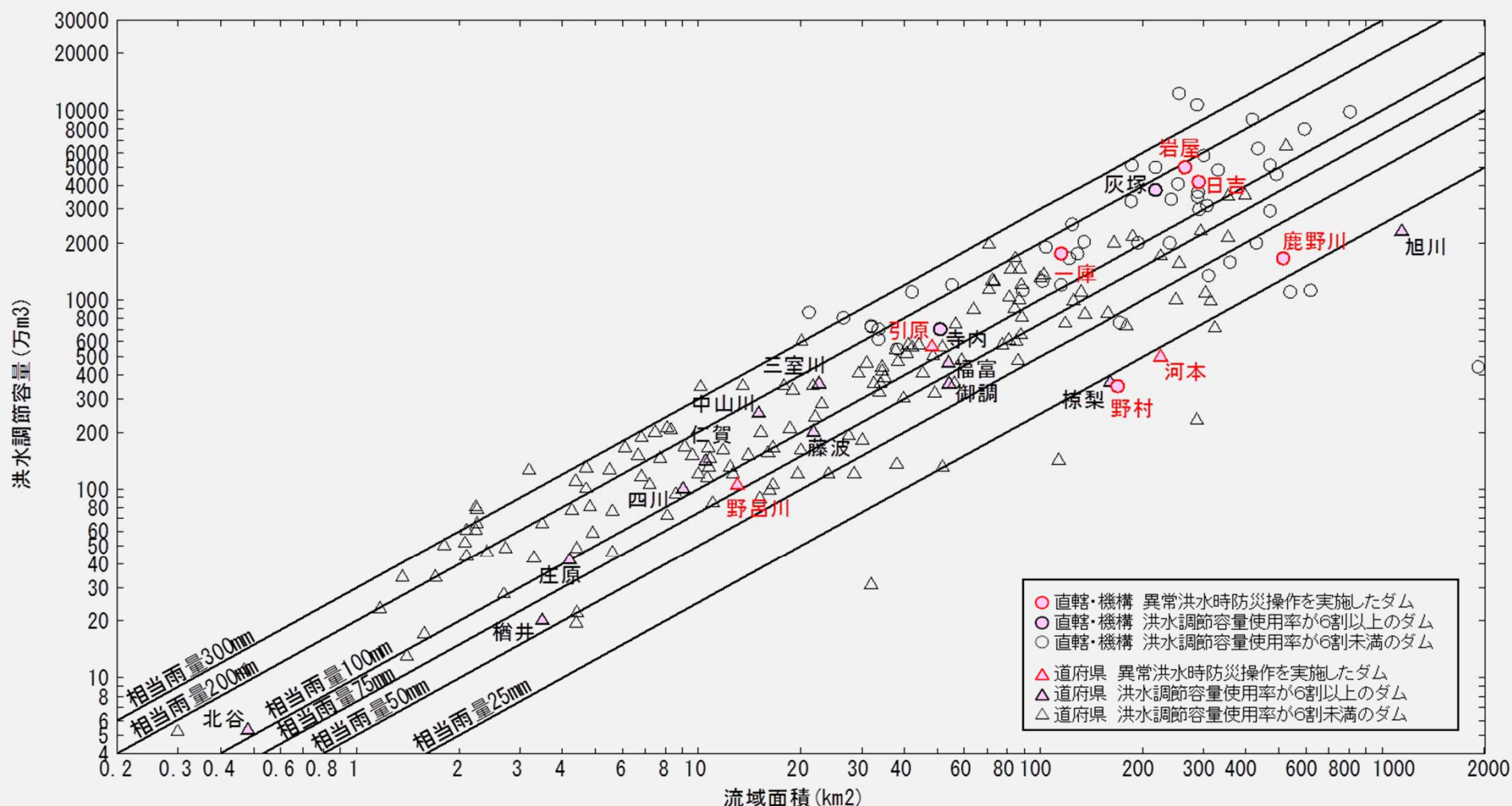
相当雨量に対して4～8倍以上(既往研究(倉橋ら2018)では4倍以上で容量不足)
8倍超はそもそも相当雨量が小さすぎる

野村ダム, 鹿野川ダムは事前放流を行っても、そもそも容量が足りない
(あと100mmは欲しい)



ダムの洪水調節容量の評価(相当雨量)

○ダムの相当雨量(ダムの洪水調節容量／流域面積)

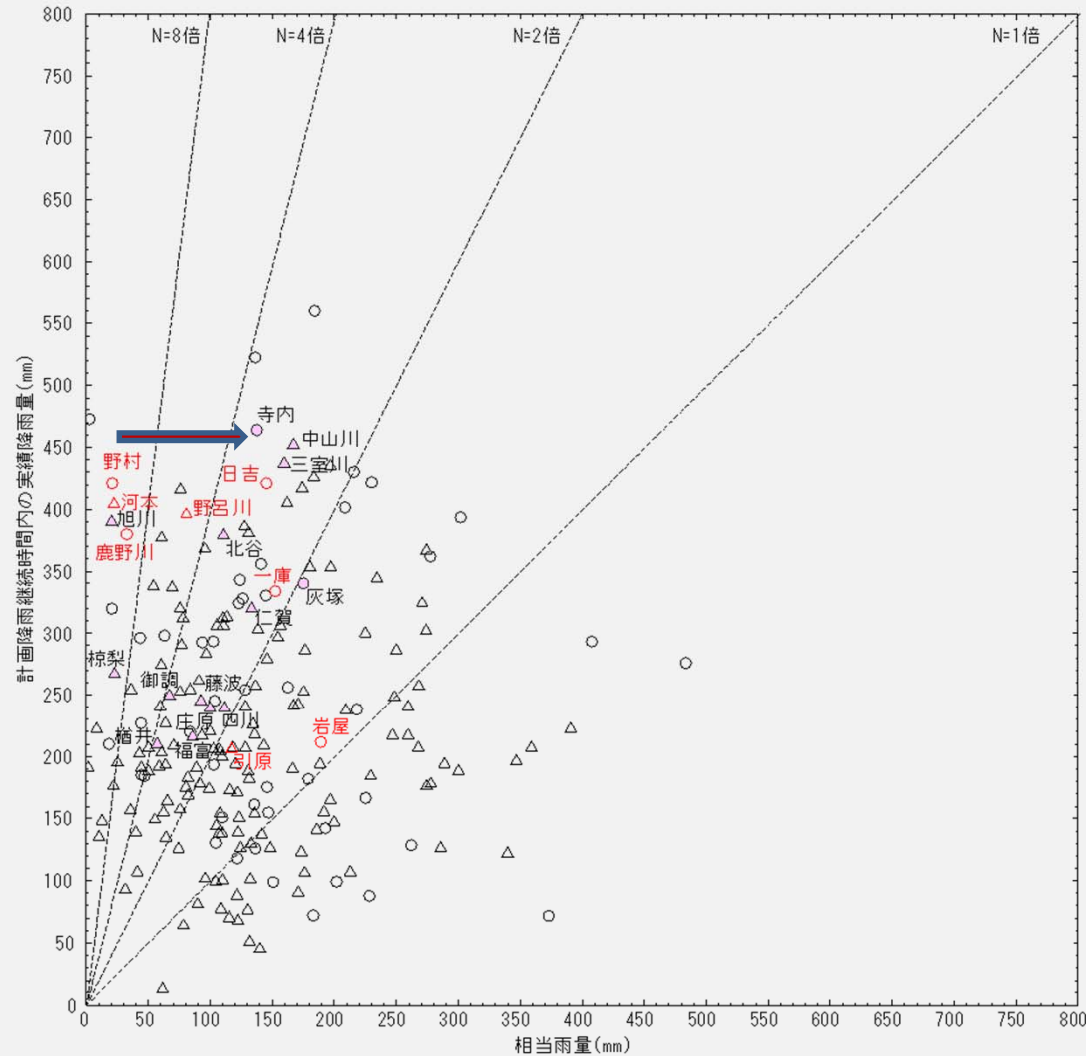


※1 洪水調節容量: 各ダムの洪水調節容量(平成30年7月豪雨の時期)
※2 流域面積: ダム地点上流の流域面積



ダムの相当雨量と実績雨量の関係

○ダムの相当雨量と計画降雨継続時間内の実績雨量の関係



相当雨量(mm) = ダムの洪水調節容量 (V' : m^3) を流域面積 (A : km^2) で割って、調節可能な雨量 (mm) に換算したもの (ダムの洪水調節能力の目安)

ダムの洪水調節機能の向上

ハード対策

ダムの再開発

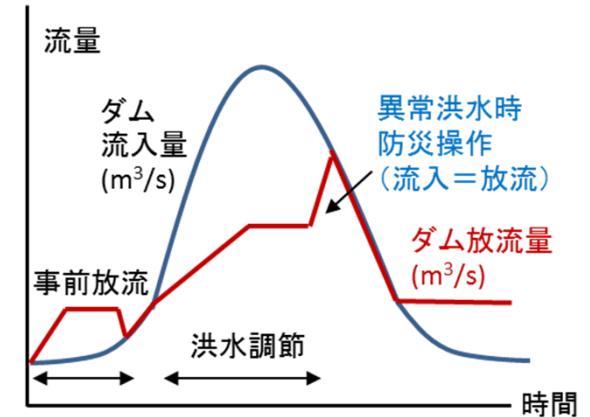
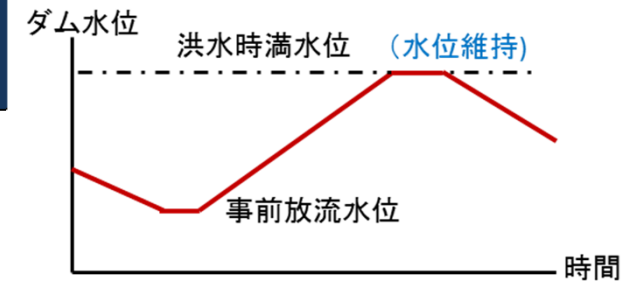
- 堤体嵩(かさ)上げ → 洪水調節容量増大
 - 放流設備強化など
 - 低い貯水位で大きな放流が可能
 - 洪水初期に無駄に貯水しない
- ピークカットのための容量が温存可能

ソフト対策

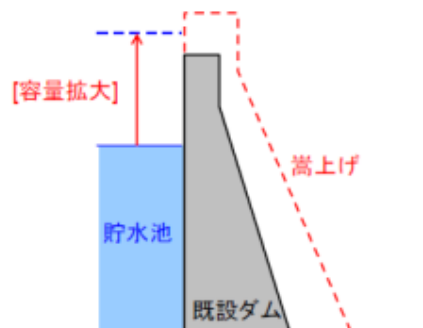
降雨・流出量(洪水量)予測手法の高度化

→ 事前放流の精度向上

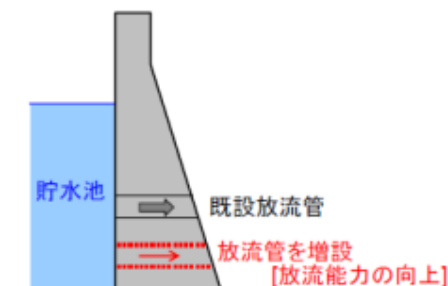
洪水調節容量の効率的使用 (異常洪水時防災操作、特別防災操作)



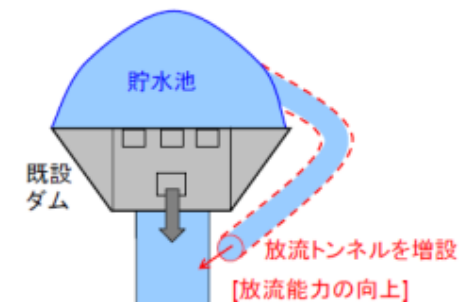
既設ダムの嵩上げ
Type A2 [容量の増大]



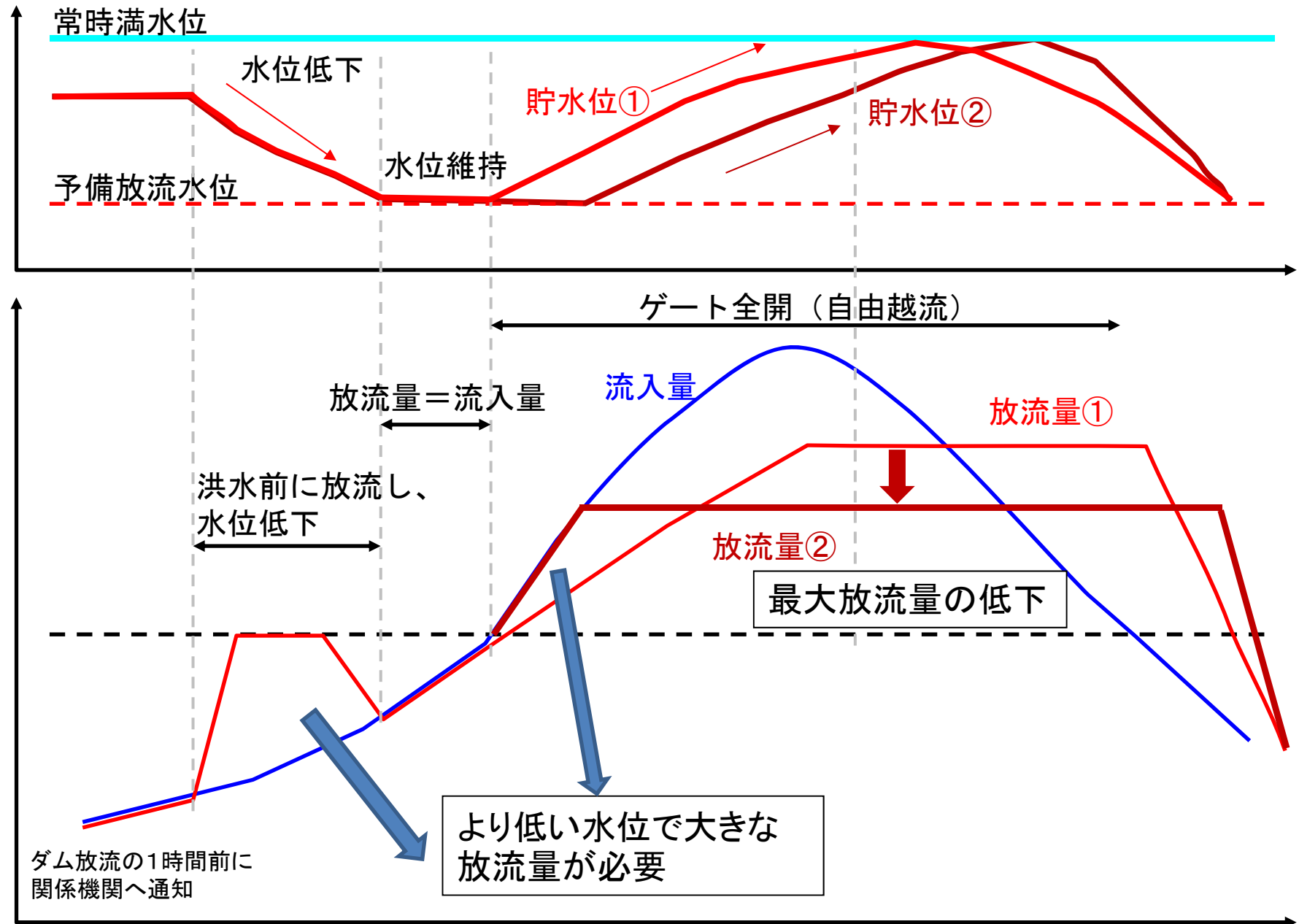
放流管の増設
Type B1 [放流能力の向上]



放流トンネルの増設
Type B2 [放流能力の向上]



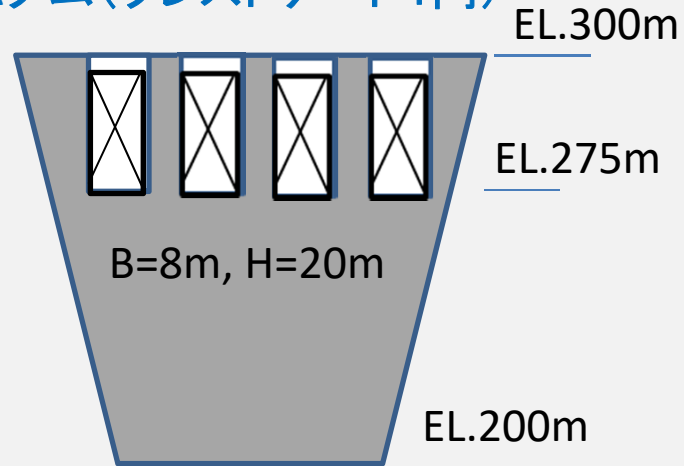
ハード対策（放流設備の増強）





ダム洪水吐きの構成と放流能力

Aダム(クレストゲート4門)

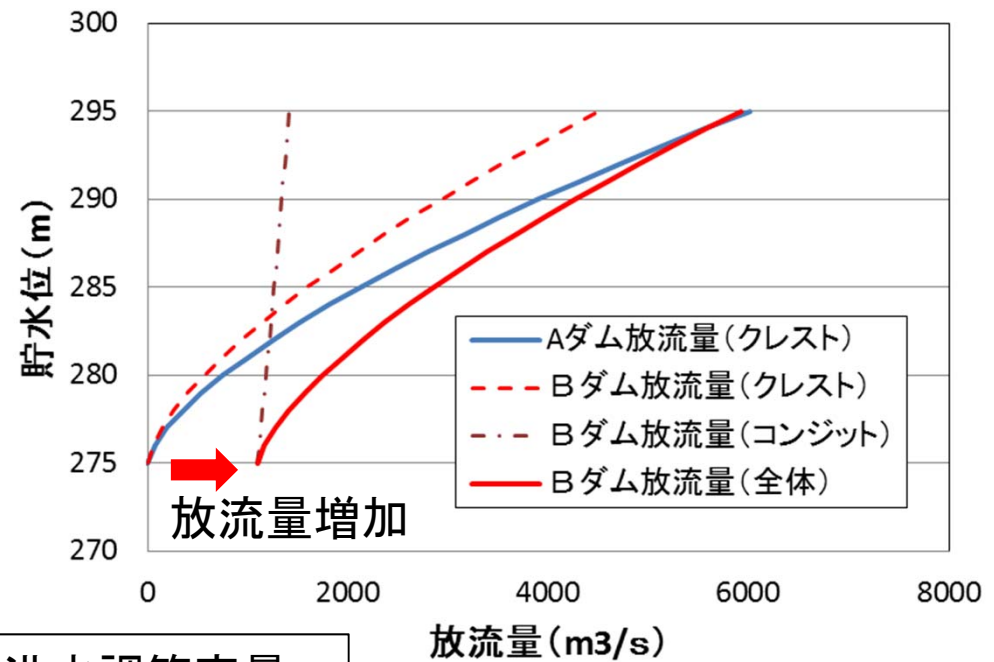
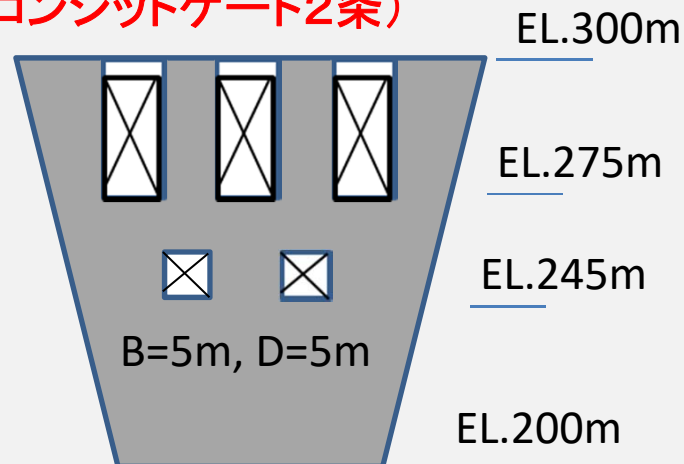


$$\text{クレスト放流量(1門)} = 2.1 * B * (\text{貯水位} - 275)^{1.5}$$

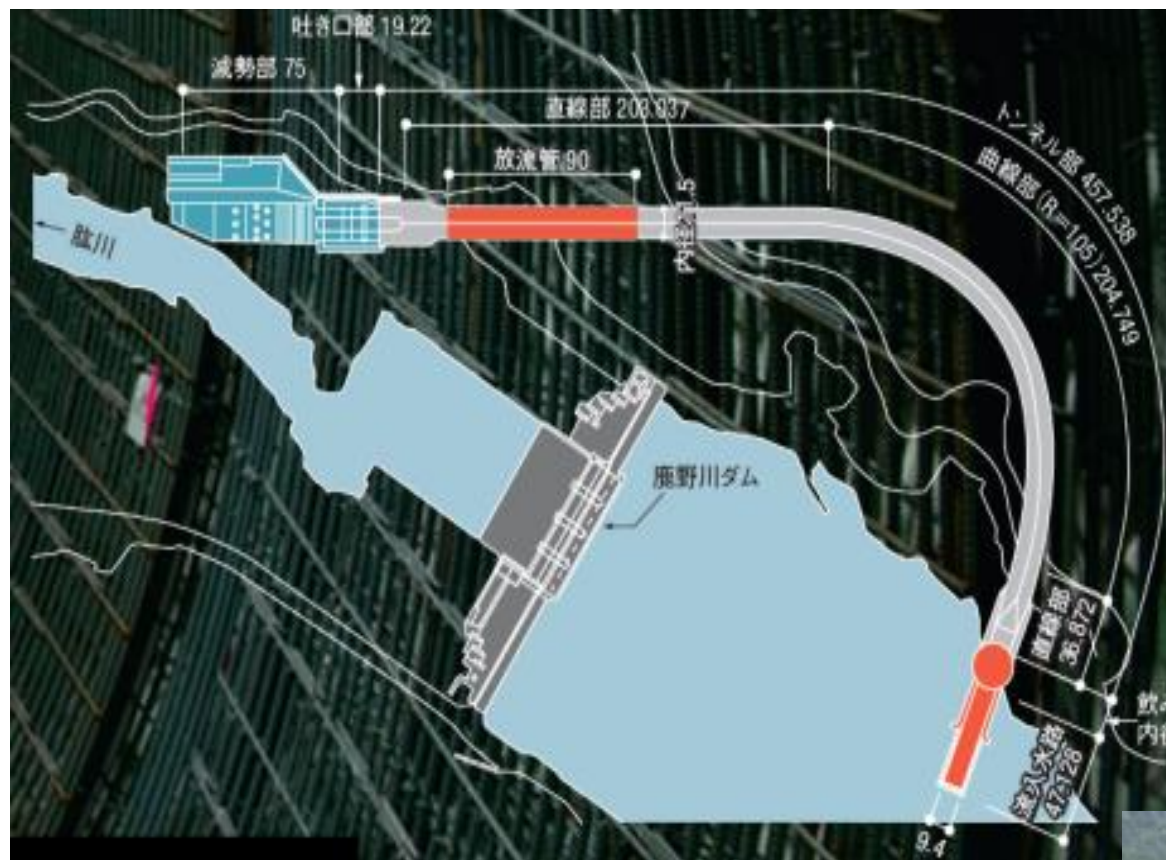
コンジット放流量(1条)

$$= 0.9 * B * D * \sqrt{(2 * 9.8 * (\text{貯水位} - 245))}$$

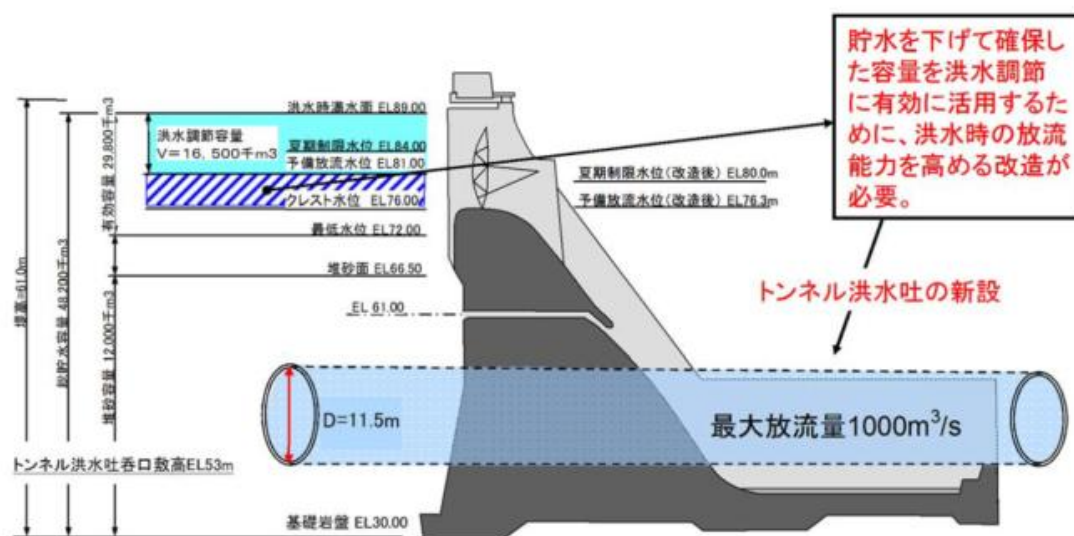
Bダム(クレストゲート3門+ コンジットゲート2条)



洪水調節容量
を温存できる



内径
11.5m

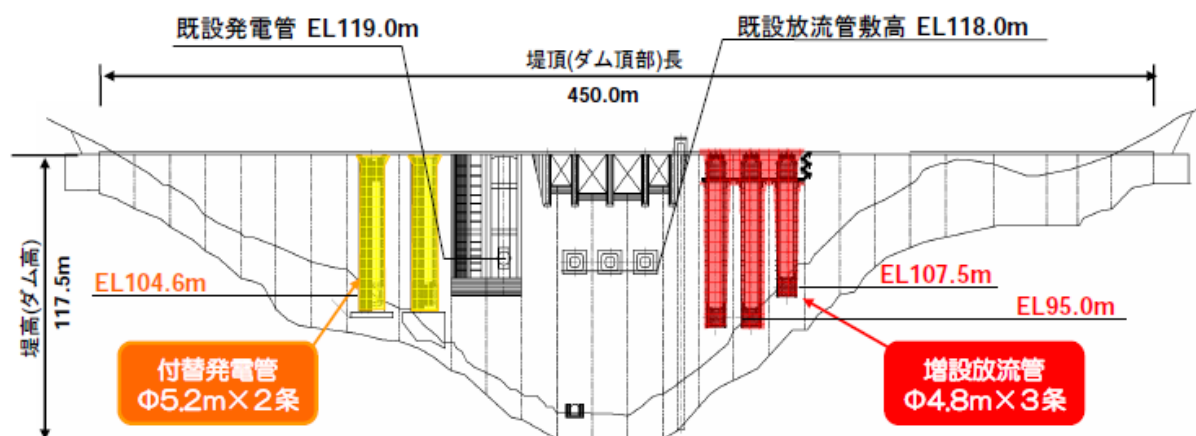




川内川鶴田ダムの再開発

出典:国土交通省

●計画イメージ



発電容量を洪水調節容量に、ダムの空きブロックに放流管3条を増設(ダム堤体の穴あけ工事)、同時に、ダム堤体の下流面の補修



天ヶ瀬ダム再開発の概要

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

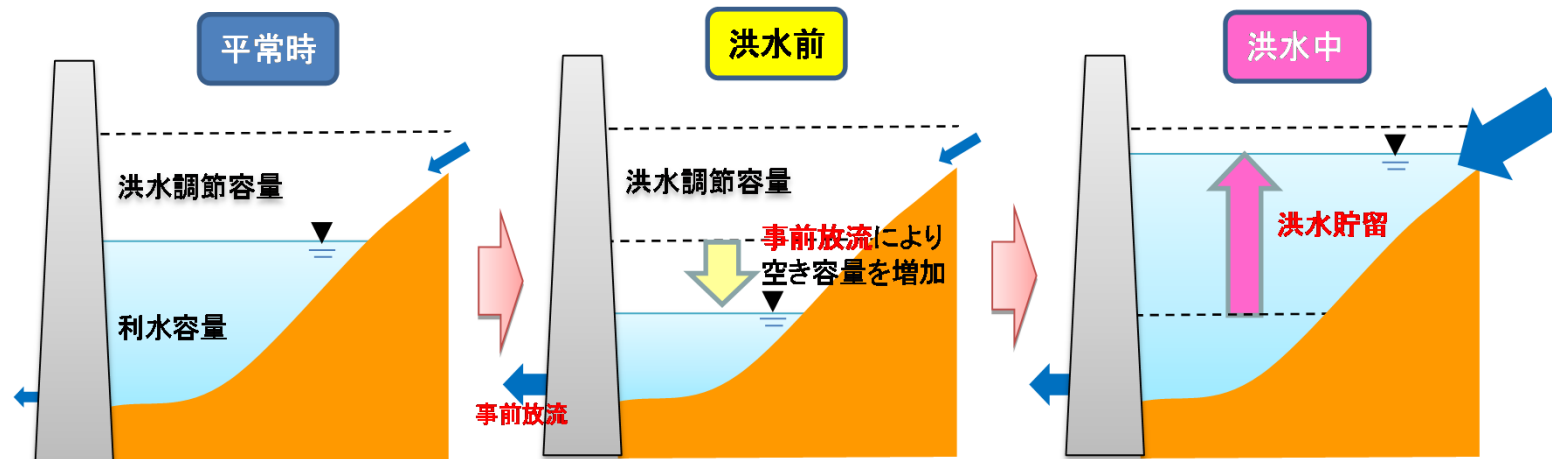


出典:国土交通省

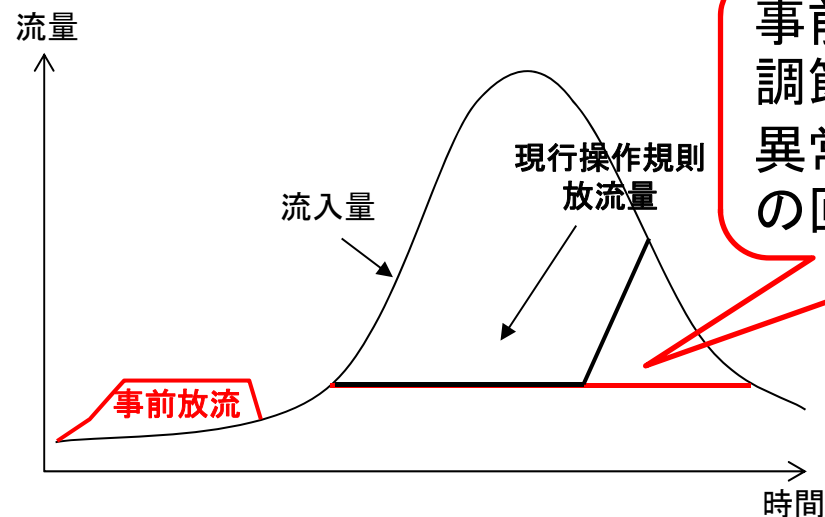
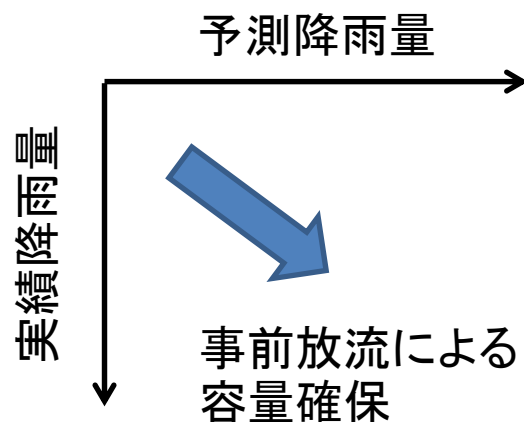


ソフト対策(事前放流操作)

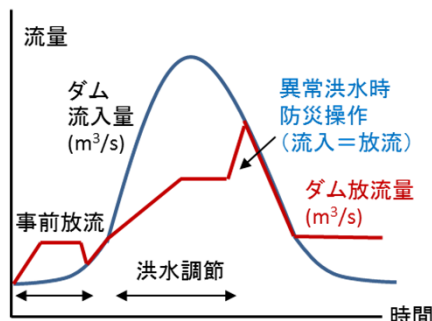
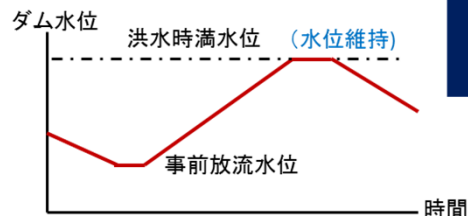
予測雨量情報等に基づいて洪水の発生を予測した場合に、事前に貯水位を低下させ、利水容量を治水容量として一時的に活用する操作



回復可能水位テーブル



事前放流による洪水調節容量増加 → 異常洪水時防災操作の回避(放流量減)

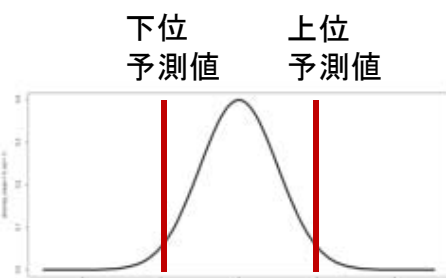


アンサンブル予測情報を用いた事前放流

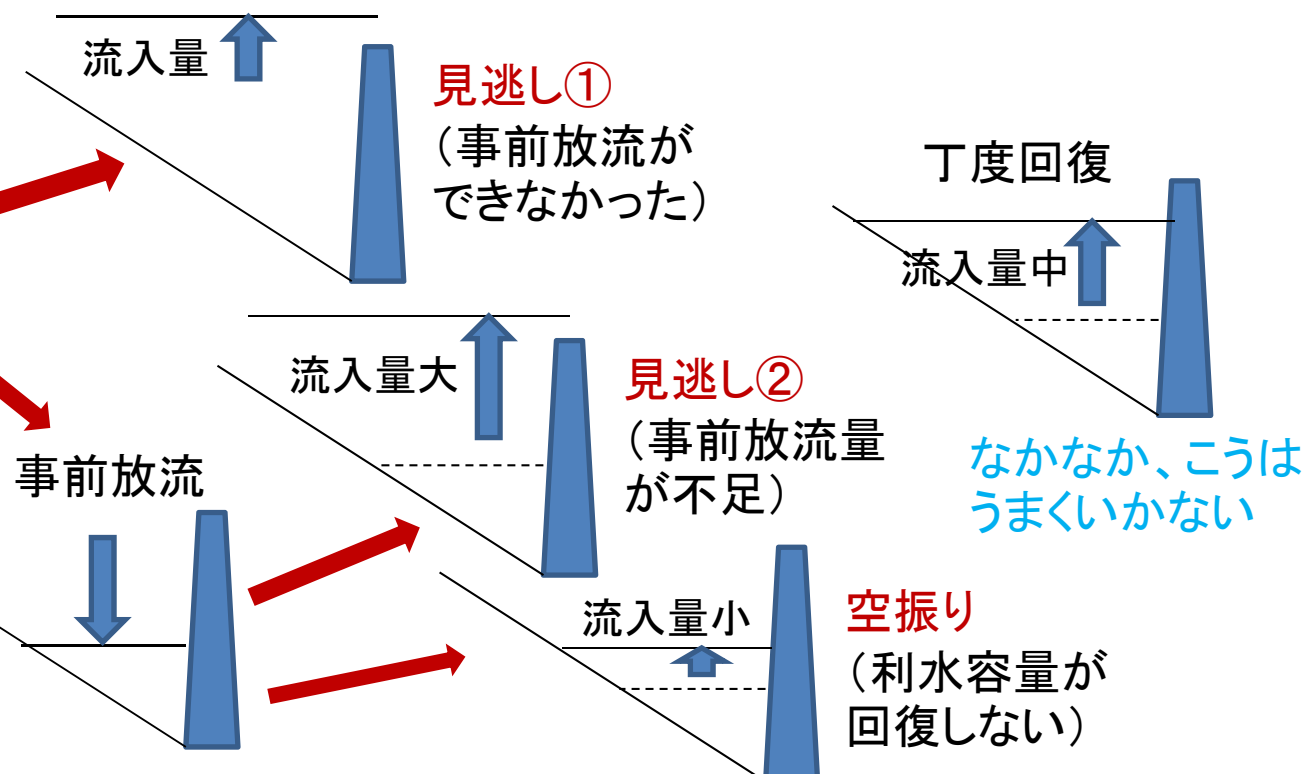
(課題) 事前放流に伴う「空振り」、「見逃し」リスク
特に、見逃しに伴う利水容量ロスが怖い

- (対策) 1. アンサンブル予測雨量(5日間)を用いて、十分な準備期間を確保(利水者と調整)
2. どれだけ低下させるか、させるべきかを確率情報をもとに科学的に判断

通常状態
渇水に備えて
できるだけ
貯留



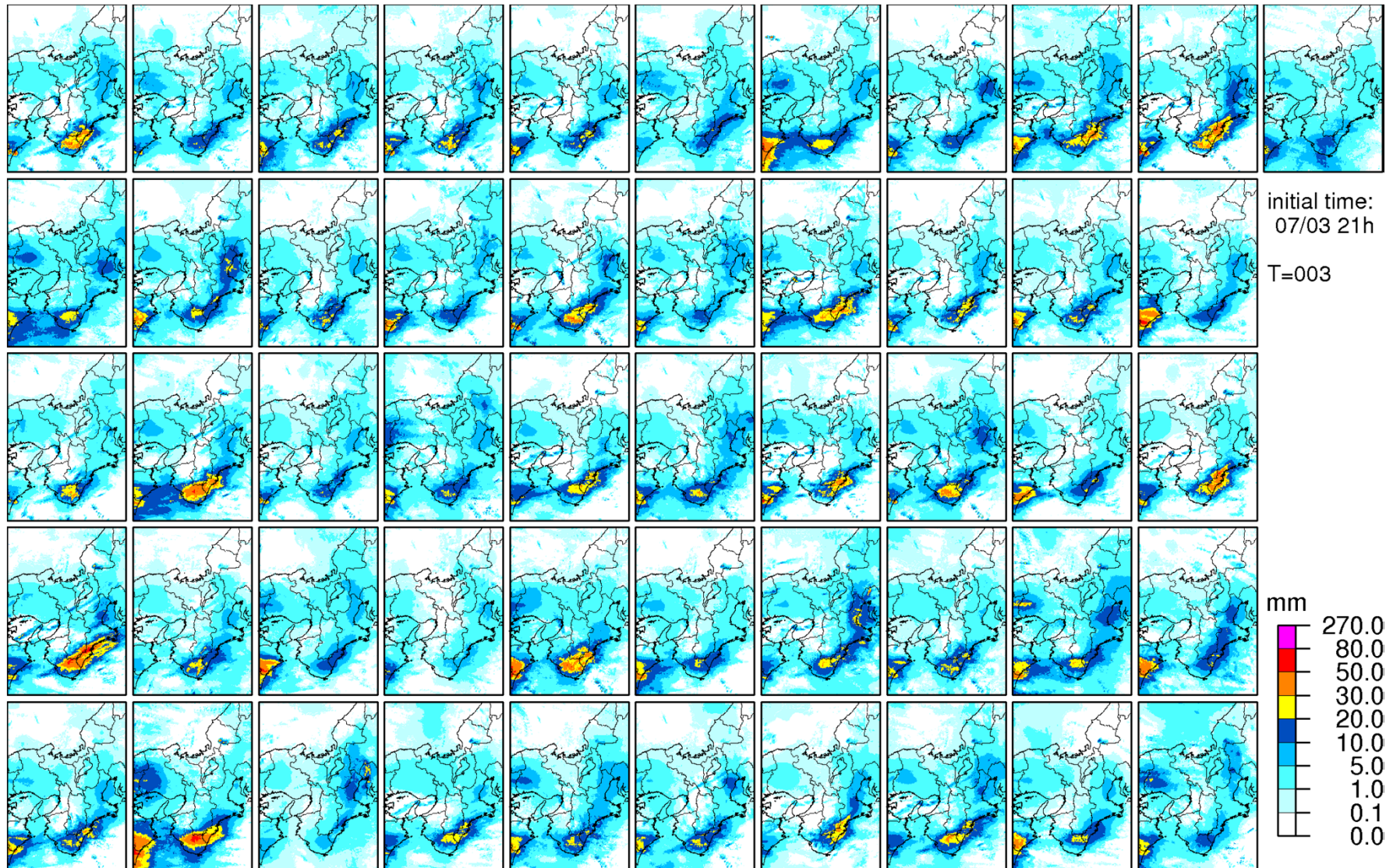
アンサンブル予測雨量
(mm/48hr)



ECMWFアンサンブル予測雨量の予測特性及びダム運用への活用方法に関する基礎的検討(木谷ら, 2018土木学会水工発表予定)

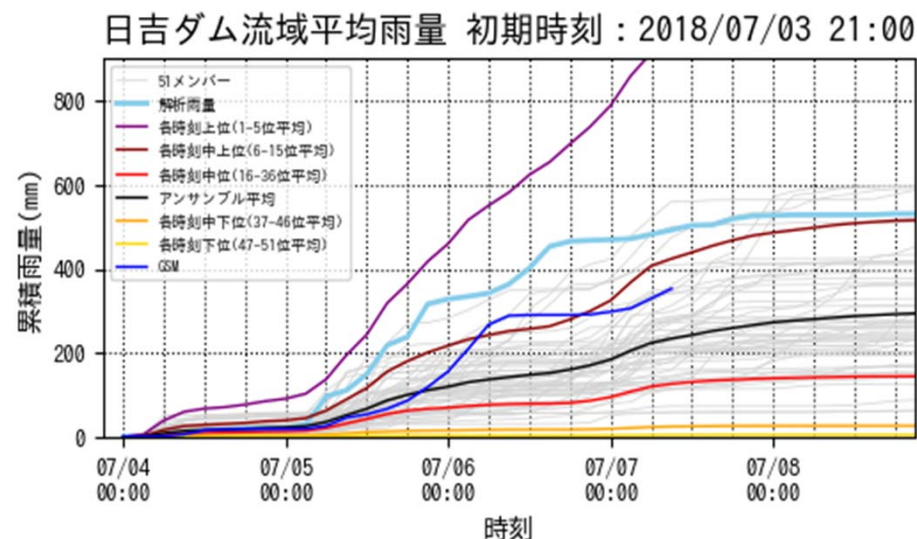
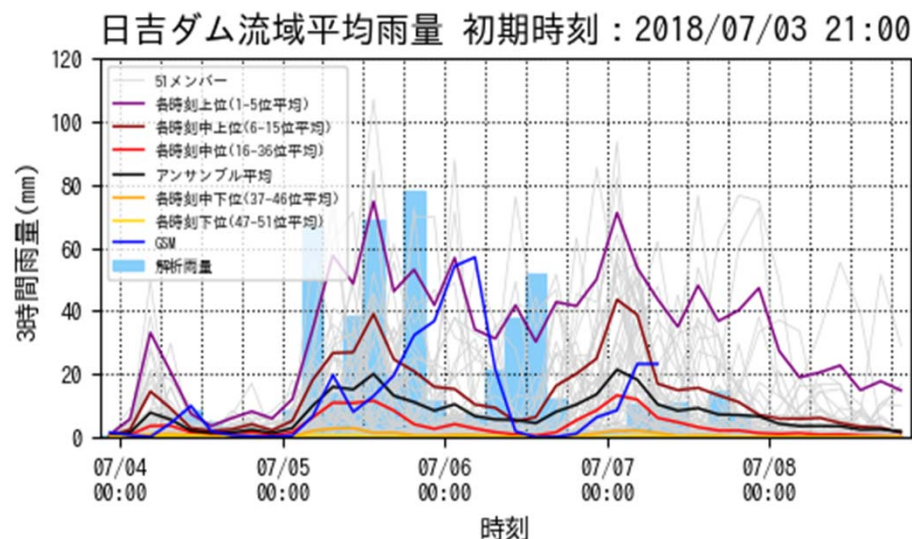
アンサンブル降雨予測メンバー

(日本気象協会提供)



日吉ダム：2018年7月3日21時初期値

■ ECMWF・GSMとも前日よりも大きい雨量を予測



アンサンブル予測情報の活用（例）

上位予測：事前放流の判断

中下位予測：回復可能な事前放流量の見積もり

異常洪水時防災操作を意識した防災訓練



国土交通省資料
をベースに編集

過去の災害記録(野村町誌)

昭和18年7月: 台風による暴風雨のため大洪水となり、田畑・家屋・橋・道路など流出損壊が続出(流出倒壊78戸・浸水109戸)、降水量4日間で905mm

昭和20年9月: 枕崎台風、田畑・家屋・道路・橋などに大損害

(災害情報の出し方の見直し), 過去の災害記録のリマインド, 危機管理訓練が必要

凡	例
	脇川集水区域
	鹿野川ダム集水区域
	野村ダム集水区域
	貯水池
	ダム
	洪水氾濫防止区域
	県道付替
	サイレン スピーカー警報所
	スピーカー警報所
	スピーカー LED表示警報所
	水位観測所
	雨量観測所
	警報板
	野村ダム管理所
	反射板
	中継所

大野ダム

操作で初会合 豪雨対応 由良川流域市町など 京都

会員限定有料記事 毎日新聞 2018年12月27日 地方版

行政 > 京都府 >

今年7月の西日本豪雨など相次ぐ浸水被害を受け、由良川上流の府が管理する大野ダム（南丹市）の洪水調節機能と情報の充実に向けた第1回検討会が26日、京都市内であった。流域の福知山市で氾濫危険水位（5・9メートル）超過が戦後8回、最近の6年では4回も起きていることから、府と国土交通省近畿地方整備局、福知山市など流域5市1町の代表、学識経験者らが集まった。



豪雨が問うダム of 賢い運用 (日経・私見卓見2019.1.28)

- 2018年7月の西日本豪雨では愛媛県内のダム放流が大きな議論になった。ダムの容量を超える恐れがある場合に規則に基づきダムへの流入量と同じ量を放流する「異常洪水時防災操作」が実施された。河川に安全に流すことのできる水量を超える放流が行われ、浸水被害が起きた地域があった。「**ダムがあるので安心**」と聞かされてきた人たちが裏切られた気持ちになるのも無理はない。
- ただダム自体に問題があったわけではない。**被害を発生させないよう、下流の要請に応じて放流を抑えた結果、早い段階でダムが満水となり、急激な放流**となってしまった。ダムの運用ルールに課題があったと考える。
- 国交省が西日本豪雨後に設置した検討会で委員長を務めた。重要なのは、今回は広域に300ミリ以上の総雨量があったが、**治水容量が流域換算で50ミリ以下**のダムもあり洪水を貯める容量には限度があることだ。防災心理学が専門の委員から「**ダムがデリケートな操作を行う装置であることを初めて知った**」との発言があった。ダムは水をためる器に過ぎない。**限られた容量をいかに使うか**は我々の工夫次第である。



豪雨が問うダム of 賢い運用 (日経・私見卓見2019.1.28)

- だが、ダム管理の現場は悲鳴を上げている。気象環境が厳しくなる中、大雨が予測されると、職員は何日も前から宿直して洪水に備え、洪水後も下流の安全を見定めながらダム放流を続けている。豪雨前に事前放流し、洪水でためられる容量を確保すべきとの指摘も多い一方で、事前放流は降雨予測がはずれた場合の利水者からの苦情との戦いでもある。関係者の協力なしに実行は難しい。
- 17年7月の九州北部豪雨は、寺内ダム(福岡県朝倉市)が洪水と1万立方メートルもの流木を捕捉した結果、下流の大氾濫を防止した。今後は貴重なダムをいかに効果的に使っていくかが課題だ。
- ダムの管理には予算と人員の確保が重要である。日本のダムは堆砂による容量の減少という問題もある。ダムを有効に働かせるためには十分な投資が必要だ。流域の中で、治水と利水の面から重要な流量の多い河川のダムを見定め、降雨予測を活用した運用ルールの高度化やかさ上げ工事などの「ダム再生」を進めたい。
- ダムをいかに賢く、永く、必要に応じて増やしたり、連携させたりしながら使っていくか。ダムの役割に改めて目を向けてほしい。



まとめ

• 降雨の特徴

- 梅雨前線にもかかわらず、広域(西日本全域)かつ高強度(積算雨量)
- 昭和28年, 昭和47年災害との比較が必要

• ダム操作

- 多くのダムで洪水調節効果を発揮(代表例:日吉ダム),
ただし, あと一歩で大災害(ヒヤリハット)
- 超過洪水に至った場合の「異常洪水時防災操作」が多発(原因:複数降雨ピーク(総流入量大), 前線性降雨地域で治水容量限界)
- 大洪水／中小洪水のどちらを守るか(下流河道疎通能力小), 大きな社会選択
- ダム機能強化(ダム再生)は重要(貯水容量増加, 放流設備増強)

• 情報伝達

- ダム管理者がどこまで情報を伝えるか?
ダム放流警報(ダム管理者(サイレン・スピーカなど)), 危機管理のあり方
- 全国的には順番に災害発生(他地域での災害報道を活かせなかったか)
- 過去の地元の災害の歴史のリマインド(津波だけではない)

この機会に、ダムの役割・効果および限界を共有し、よりよく使うための工夫を進めたい