

ダムの洪水調節及び情報提供に関する課題

より効果的なダム操作への改良

○ 平成30年7月の西日本豪雨に引き続き、令和元年台風第19号でも異常洪水時防災操作に移行したダムが多数生じた。

【異常洪水時防災操作の方法論】

現状の分析	対応の方向性(案)
<p>異常洪水時防災操作への移行を抑制し洪水調節機能をできるだけ発揮させるため、下流河道整備の進展等に応じた計画最大放流量あるいは洪水量(洪水調節開始流量)の引き上げにより大規模洪水への洪水調節効果を発揮させることについて、これらの見直しをしようとする場合に整理確認すべき事項が必ずしも明らかになっていない。</p>	<p>見直し事例の内容を共有し、見直しをする場合の検討や判断をしやすいよう、確認事項・留意事項を明確化していく。</p>
<p>異常洪水時防災操作について、現行の操作方式以外に新たな操作方式(必要最小放流量方式等)が提案されているが、その適用性については必ずしもダム管理者に認識共有されていない。</p>	<p>新たな操作方式を適用した事例の内容を共有するとともに、現状の技術到達レベルについての認識を共有していく。</p>

より効果的なダム操作への改良

- 平成30年7月の西日本豪雨に引き続き、令和元年台風第19号でも異常洪水時防災操作に移行したダムが多数生じた。

【事前放流の方法論】

現状の分析	対応の方向性(案)
6ダム中5ダムにおいて事前に水位を低下させる措置を行っていたが、回復可能水位をもとに水位低下量を設定することについては、体制によっては、作業が煩雑でハードルが高い。	各ダムにおける利水容量のうち、事前放流に活用可能な未利用容量・不特定容量なども把握するとともに、水位低下量の設定にあたり、過年度のデータ分析や複雑な計算をしなくとも水位低下量を簡易に算出する方法も選択肢としていく。
予備放流や事前放流の実施判断の基盤となるのは台風の位置・コースや気象庁から配信される様々な降雨予測情報などであるが、利用可能な降雨予測情報の種類とその精度については、必ずしもダム管理者に認識共有されていない。	現状で利用可能な降雨予測情報に関して、その特性(予測時間など)や精度など、現状の技術到達レベルについての認識を共有していく。
事前放流を的確に行うとともに、放流後に貯留量が回復しなかった場合の渇水被害リスクの最小化を図るため、降雨量の予測精度を向上させるアンサンブル降雨予測の技術開発が進められているが、ダム管理の観点からこうした予測情報を活用する方法が確立されていない。	アンサンブル降雨予測は幅をもって予測値を示すことに特徴があるが、ダム管理の実務においてその幅を活用する方法を確立し、その利用可能性を共有していく。

避難行動に結びつくようなより効果的な情報提供への改善

- 異常洪水時防災操作への移行に際しての情報発信の仕方と情報の受け止め方にギャップが存在した。

【情報発信の方法論】

現状の分析

異常洪水時防災操作に移行した6ダム及び回避したダムにおいて、より早い時間で記者発表等の情報提供をしたが、その後に再確認(保留)をしたことなど、状況及び発表内容が変遷した。

これに関して、受け手側において、「もう大丈夫だろう」あるいは「方針が二転三転した」というように、避難行動に資する(避難のための時間をできる限り確保する)という本来の目的とは異なる受け止め方になった面がある。

対応の方向性(案)

記者発表において、実施内容(見通し)を伝えるのみならず、受け手側がその意味や自らの避難行動との関係を的確かつ誤解無く理解できるような説明・解説を付していく。

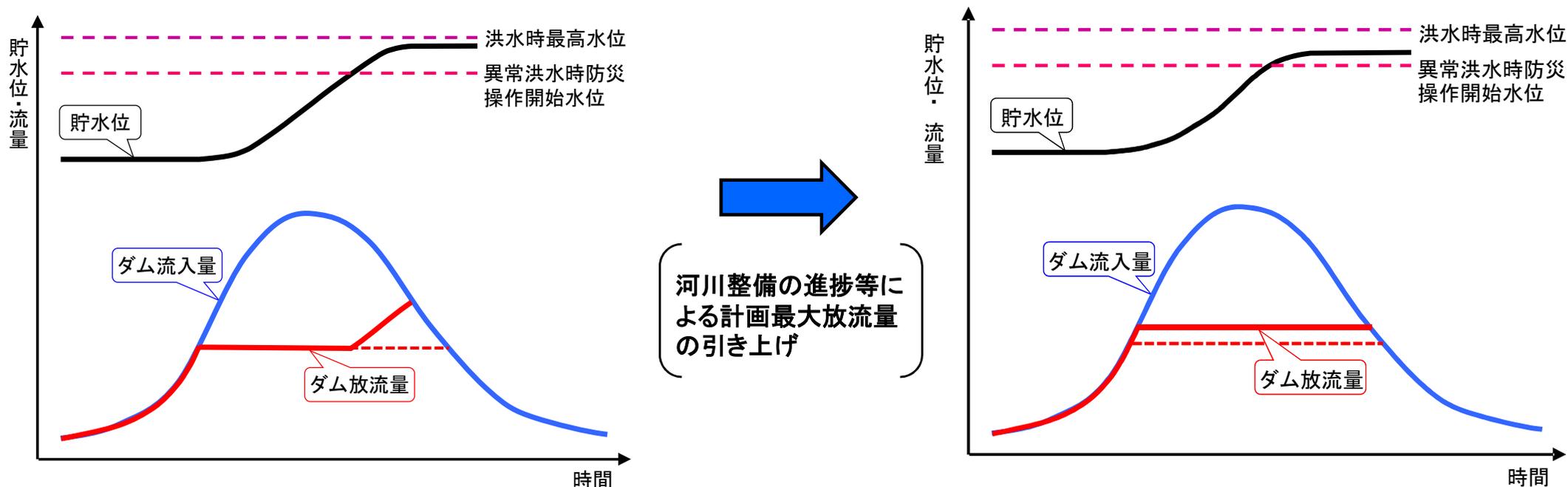
ダム管理者は「異常洪水時防災操作」との呼称を用いる一方で、報道等では「緊急放流」との呼称が使われている。

「異常洪水時防災操作」は実施局面・オペレーション内容を表すものであるが、どのようにして適切に受け手に伝え、避難行動に結びつけるか検討を進める。

より効果的なダム操作への改良(異常洪水時防災操作の方法論)

現状の分析

計画最大放流量あるいは洪水量(洪水調節開始流量)の引き上げをしようとした場合に整理確認すべき事項が必ずしも明らかになっていない。



河川砂防技術基準 施設配置等計画編 第2章 第2-1章 第3節-1 (抜粋)

3.1.2 洪水調節方式

〈考え方〉

ダムによる洪水調節方式は、河川の状況、洪水流出の水文学的特性、貯水容量、放流設備、調節の目的、調節効率、操作の確実性、維持管理の容易性、ダム地点直下を含めた下流部の河道の流下能力などに応じて最も確実かつ効果的な方式を採用することが重要である。また、既にダムが運用されている水系にダムを新設する場合や、既に複数のダムが運用されている水系では、既設ダムの運用変更も含め、ダム群全体の運用が最適なものとなるよう検討することが重要である。

対応の方向性 (案)

見直し実例の内容を共有し、見直しをする場合の検討や判断をしやすくするよう、確認事項・留意事項を明確化していく。

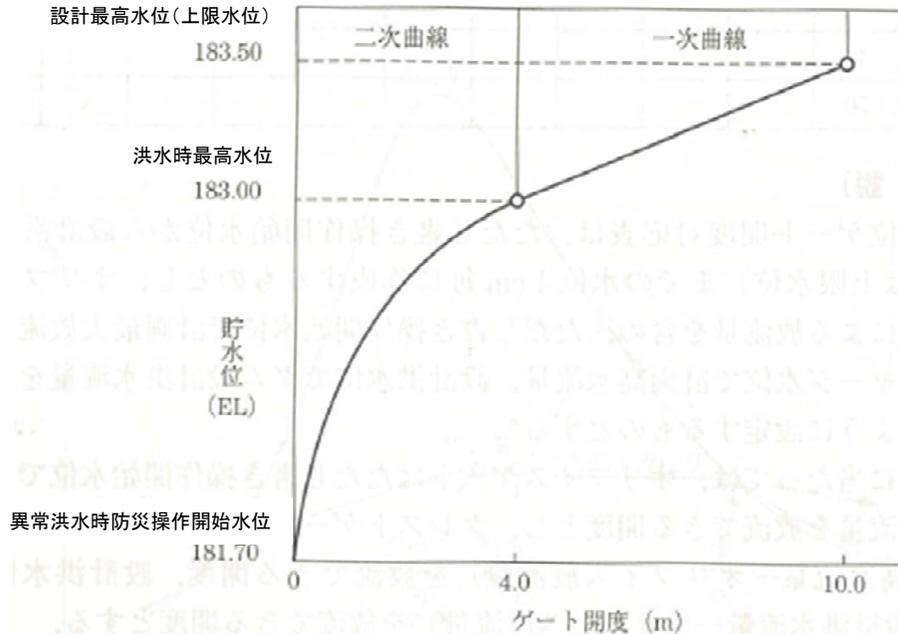
より効果的なダム操作への改良(異常洪水時防災操作の方法論)

	手順の概要	特徴
現行の異常洪水時防災操作方式	貯水位 - ゲート開度対応表を作成し、これに基づいてゲート操作を行う。	(利点) 操作中に必要な情報は貯水位のみである。 (欠点) 流入量の大きさに関係なく放流量を増加させるため、これまでの実施実績の中には結果的に洪水調節容量を十分に発揮できなかった事例も存在する。
必要最小放流量方式	任意の流入量・貯水位から一定割合で流入量がダム設計洪水流量まで増加・継続した際に、規定で定められたゲート操作を行って設計洪水水位でダム設計洪水流量を放流するために、現時点で最低でも放流しなければならない放流量を定めたテーブルを作成し、これに基づいてゲート操作を行う。	(利点) 流入量が任意の値からダム設計洪水流量まで上昇する場合においても設計洪水水位におけるダム設計洪水流量の放流が満足されるため、操作中に流入量が減少から増加に転じる場合においても適切に操作が行われる。 (欠点) 流入量の増加割合が想定を上回る場合、操作の遅れが生じるおそれがある。
VR方式	過去の実績出水等から作成したピーク流量以降の流入量の逓減特性を表現した基準流入波形を設定し、基準流入波形に対して洪水調節容量を使い切るよう空容量と放流率を定めたテーブルを作成し、これに基づいてゲート操作を行う。	(利点) ピーク以降の流入量が単調に減少する洪水に対しては、時々刻々放流量を見直して洪水調節容量を多く使用することで洪水調節効果を高めることが期待できる。 (欠点) 操作中に流入量が減少から増加に転じると、操作の遅れが生じるおそれがある。
放流量曲線逐次見直し方式	貯水位が異常洪水時防災操作開始水位を超えた後、流入量がピークを過ぎて逓減している場合、60分毎にその時点における流入量を洪水時最高水位で放流するように放流量曲線を設定し、これに基づいてゲート操作を行う。	(利点) 流入量が単調に減少する洪水に対しては、60分毎に放流量曲線を見直して洪水調節容量を多く使用することで洪水調節効果を高めることが期待できる。 (欠点) 操作中に流入量が減少から増加に転じると、操作の遅れが生じるおそれがある。その際は、洪水時最高水位における放流量の目標値を計画高水流量とするよう放流量曲線を設定しなおす等の留意が必要となる。
限界操作方式	「限界流入量」を下流河道の水位上昇速度の上限、下流河道の水位流量曲線の変数、流入量、放流量等を基に求め、流入量が限界流入量を上回った段階で異常洪水時防災操作の放流を開始する。	(利点) 下流の水位上昇速度を目標値以下に抑えることができる。 (欠点) 流入波形によっては、目標とする下流の水位上昇速度を遅く設定すると、早期に放流量を増加させることにより本則操作に比べて放流量が大きくなる場合がある。

【参考】現行の異常洪水時防災操作方式

- 貯水位 - ゲート開度対応表を作成し、これに基づいてゲート操作を行う。

貯水位 - ゲート開度対応図の例



貯水位 - ゲート開度対応表の例

貯水位	0 cm		1 cm		2 cm		3 cm		○ cm	
	開度	放流量	開度	放流量	開度	放流量	開度	放流量	開度	放流量
181	70									
	80									
	90								-----	
182	00									
	10									
	20								-----	
~~~~~										
183	40								-----	
	50									

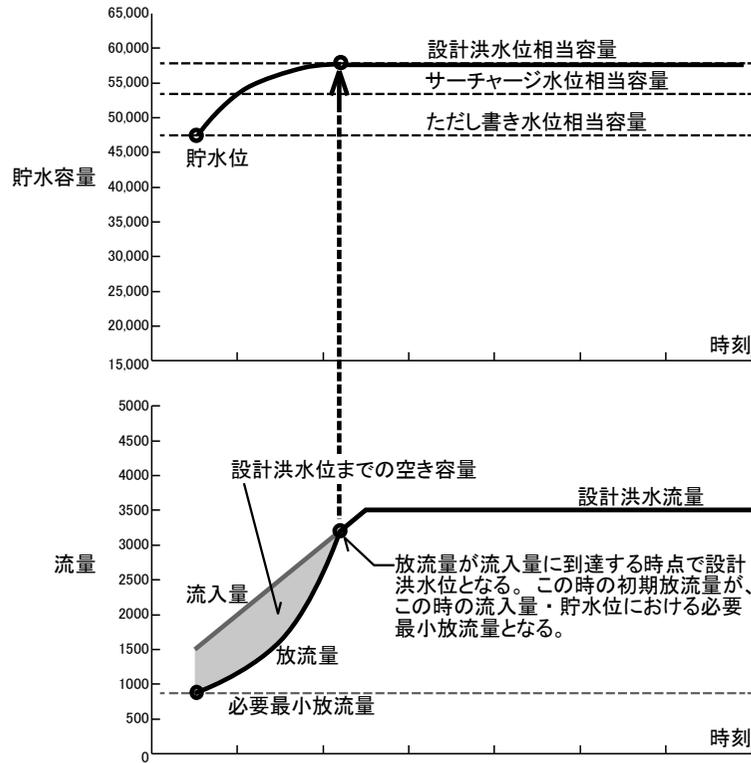
(利点) 操作中に必要な情報は貯水位のみである。

(欠点) 流入量の大きさに関係なく放流量を増加させるため、これまでの実施実績の中には結果的に洪水調節容量を十分に発揮できなかった事例も存在する。

※出典: 計画規模を超える洪水時におけるただし書き操作の運用の改定について(昭和59年6月29日河川局長通知)

# 【参考】必要最小放流量方式

- 任意の流入量・貯水位から一定割合で流入量がダム設計洪水流量まで増加・継続した際に、規定で定められたゲート操作を行って設計洪水水位でダム設計洪水流量を放流するために、現時点で最低でも放流しなければならない放流量を定めたテーブルを作成し、これに基づいてゲート操作を行う。



必要最小放流量の決定手順(イメージ)

必要最小放流量テーブルのイメージ

貯水位(EL.m)	流入量(m ³ /s)								ダム設計洪水流量
	調節開始流量								
ただし書き操作開始水位	①	①	①	①	①	①	①	①	①
	②	②	②	②	②	②	②	②	②
	②	②	②	②	②	②	②	②	②
	②	②	②	②	②	②	②	②	②
	②	②	②	②	②	②	②	②	②
	②	②	②	②	②	②	②	②	②
	②	②	②	②	②	②	②	②	②
サーチャージ水位	②	②	②	②	②	②	②	②	②
設計洪水水位	③	③	③	③	③	③	③	③	③

注)①洪水調節操作から設定される最小の流量以下となる必要がある(例えば、一定率～一定量操作では一定率操作時の放流量(計画最大放流量を最大)以下の流量。  
 ②新設ダムでは①と同じ条件設定が望ましい(設計洪水水位をそのように設定する必要がある)。  
 ③流入量に等しく設定される。

※放流量を定めたテーブルをあらかじめ作成し、これに基づいてゲート操作を行う方式であり、降雨予測に基づく貯水位の予測は不要である。

(利点) 流入量が任意の値からダム設計洪水流量まで上昇する場合においても設計洪水水位におけるダム設計洪水流量の放流が満足されるため、**操作中に流入量が減少から増加に転じる場合においても適切に操作が行われる。**

(欠点) **流入量の増加割合が想定を上回る場合、操作の遅れが生じるおそれがある。**

※出典: 例えば、柏井条介: 貯水池を有効利用する異常洪水時操作の試案、ダム技術320、pp.49-62、2013

# 【参考】VR方式

- 過去の実績出水等から作成したピーク流量以降の流入量の逓減特性を表現した基準流入波形を設定し、基準流入波形に対して洪水調節容量を使い切るよう空容量と放流率を定めたテーブルを作成し、これに基づいてゲート操作を行う。

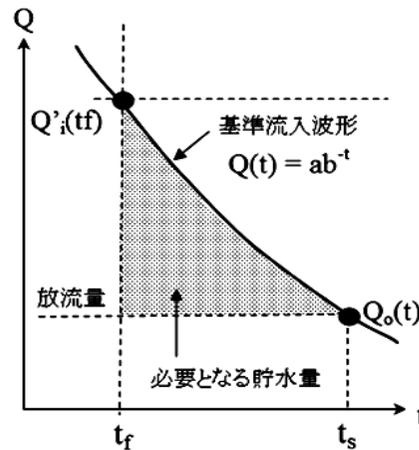
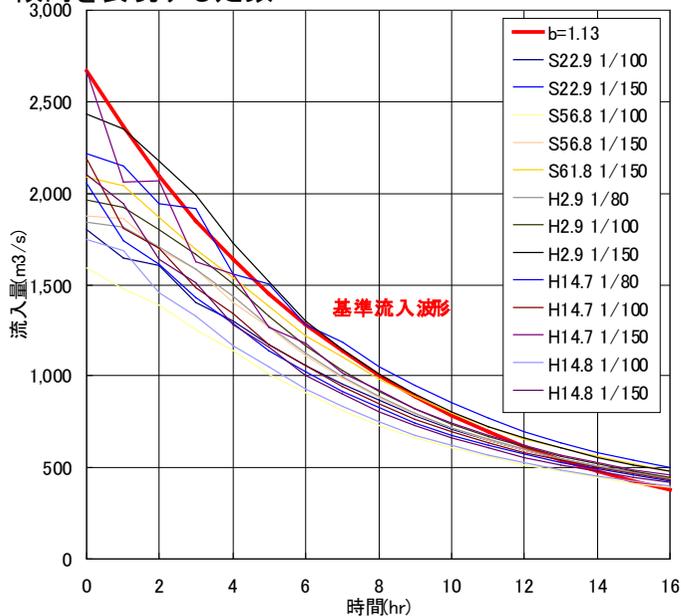
基準流入波形

$$Q(t) = a \times b^{-t}$$

Q(t): 低減期の時刻tにおける流量

a: 洪水のピーク流量で定まる定数

b: 洪水のピーク流量毎に設定される洪水の低減傾向を表現する定数



基準流入波形を用いた  
流入量予測・必要貯水量

(利点) ピーク以降の流入量が単調に減少する洪水に対しては、時々刻々放流量を見直して洪水調節容量を多く使用することで洪水調節効果を高めることが期待できる。

(欠点) 操作中に流入量が減少から増加に転じると、操作の遅れが生じるおそれがある。

流入波形群に基づく基準流入波形の設定

放流率テーブルのイメージ

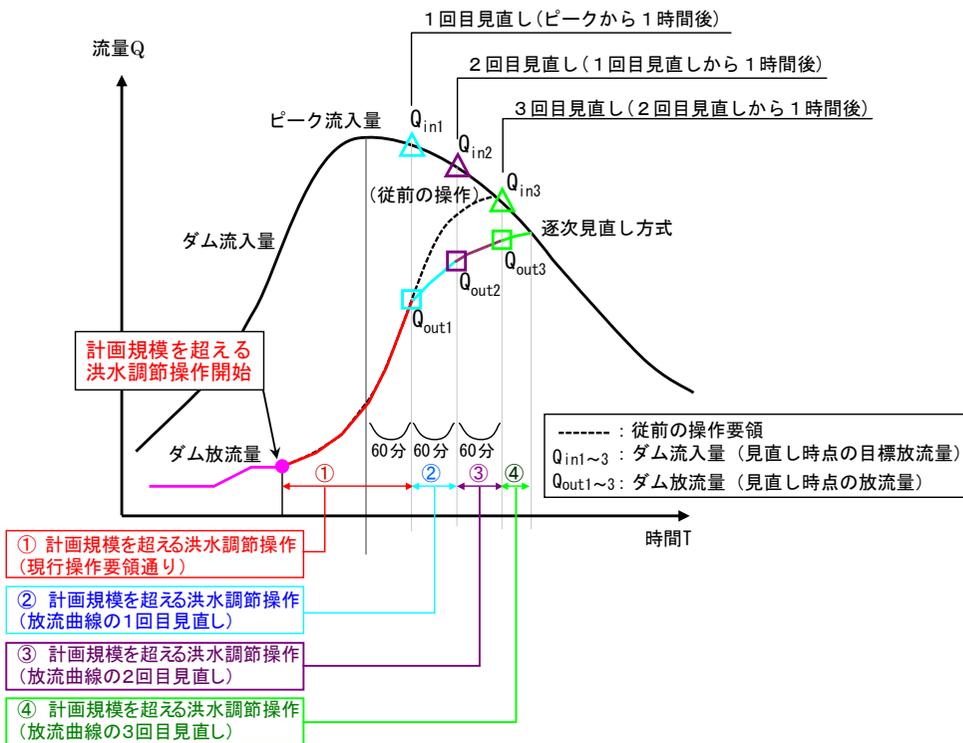
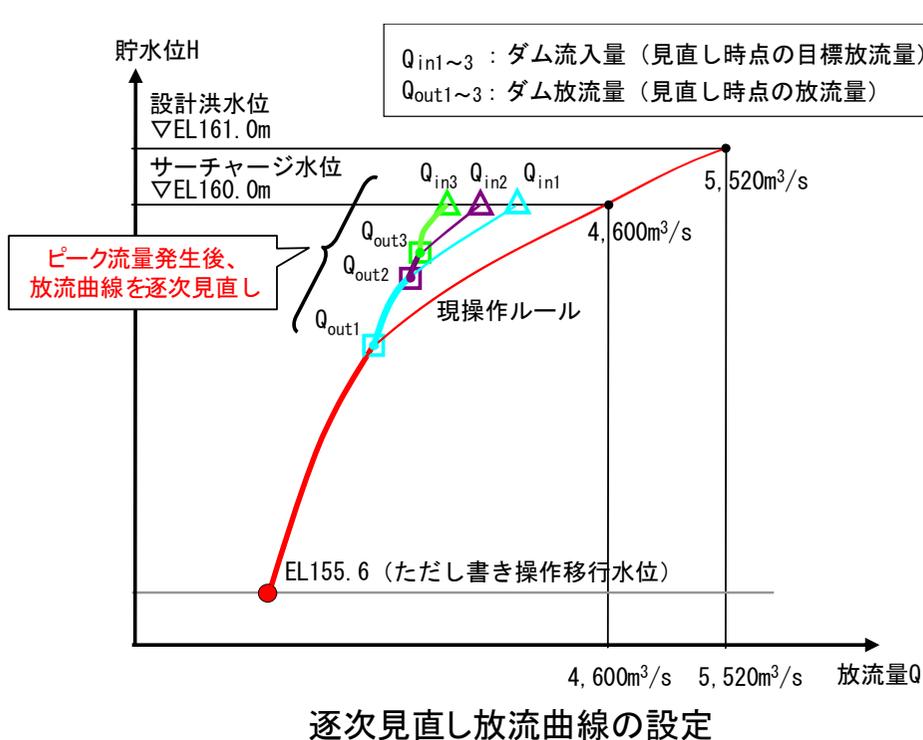
空容量(千m³)	放流量(m³/s)													
	350	450	550	650	750	850	950	1050	1150	1250	1350	1450	1550	
0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
990	0.000	0.168	0.271	0.342	0.393	0.436	0.472	0.499	0.523	0.547	0.565	0.579	0.589	
1990	0.000	0.113	0.191	0.252	0.299	0.339	0.369	0.396	0.421	0.442	0.458	0.475	0.490	
2990	0.000	0.088	0.154	0.206	0.246	0.283	0.312	0.336	0.362	0.380	0.408	0.449	0.490	
3990	0.000	0.073	0.129	0.176	0.213	0.245	0.271	0.296	0.327	0.367	0.408	0.449	0.490	

※放流率を定めたテーブルをあらかじめ作成し、これに基づいてゲート操作を行う方式であり、降雨予測に基づく貯水位の予測は不要である。

※出典: 例えば、裏戸勉: VR方式による異常洪水時のダム操作、ダム技術301、pp.3-15、2011

# 【参考】放流量曲線逐次見直し方式

- 貯水位が異常洪水時防災操作開始水位を超えた後、流入量がピークを過ぎて逡減している場合、60分毎にその時点における流入量を洪水時最高水位で放流するように放流量曲線を設定し、これに基づいてゲート操作を行う。



逐次見直し放流曲線の見直し方法

(利点) 流入量が単調に減少する洪水に対しては、60分毎に放流量曲線を見直して洪水調節容量を多く使用することで洪水調節効果を高めることが期待できる。

(欠点) 操作中に流入量が減少から増加に転じると、操作の遅れが生じるおそれがある。その際は、洪水時最高水位における放流量の目標値を計画高水流量とするよう放流量曲線を設定しなおす等の留意が必要となる。

## 【参考】限界操作方式

- 「限界流入量」を下流河道の水位上昇速度の上限、下流河道の水位流量曲線の変数、流入量、放流量等を基に求め、流入量が限界流入量を上回った段階で異常洪水時防災操作の放流を開始する。

### 【限界流入量の設定】

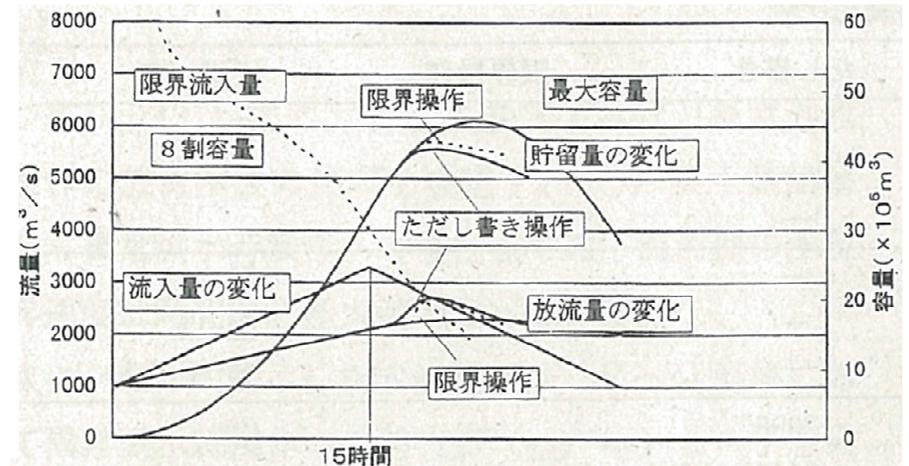
・異常洪水時防災操作における放流関数(貯水量と放流量の関係式)

・直下の河道のH-Q関係(水位と流量(=放流量)の関係式)を設定しておき、数学的な整理を加えることで、「直下の河道の水位上昇速度」と「放流関数・H-Q関係のパラメータ、流入量、放流量」の関係式が導出される。

関係式から、所定の水位上昇速度以下とするための流入量の上限值が求まり、これを限界流入量とする。

$$Q_i \leq \frac{H_c \sqrt{K}}{\sqrt{A}} \sqrt{\frac{Q_o}{Q_o - q_b}} + Q_o \equiv Q_{ic}$$

ここで、 $Q_{ic}$ は限界流入量、 $Q_i$ は流入量、 $Q_o$ は放流量、 $H_c$ は直下の河道の水位上昇速度、 $K$ はHQ関係のパラメータ、 $A$ 、 $q_b$ は放流関数のパラメータ



限界操作方式の試算例

(利点) 下流の水位上昇速度を目標値以下に抑えることができる。

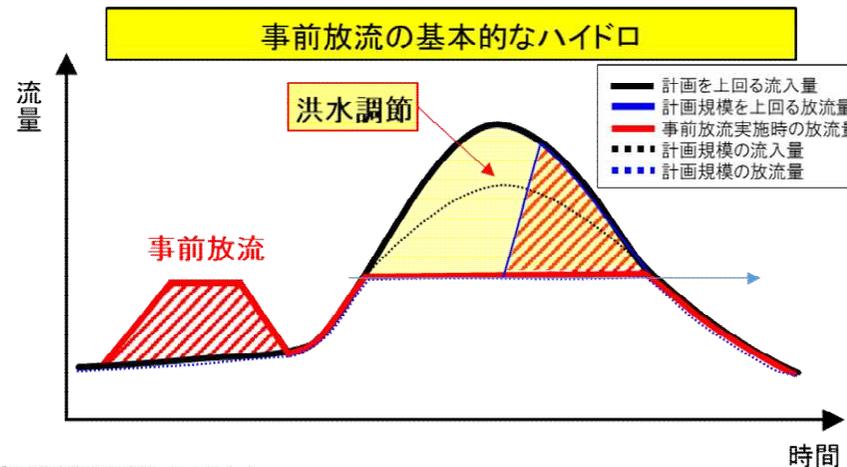
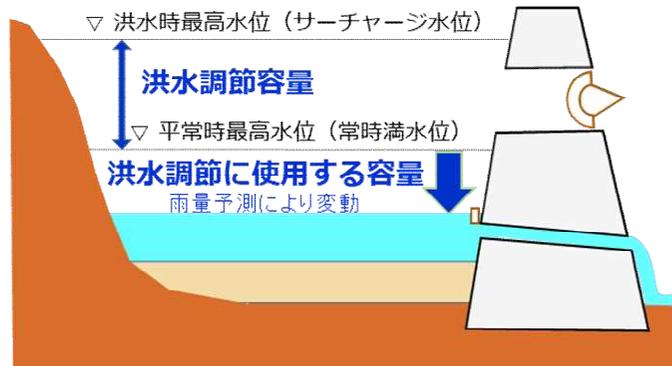
(欠点) 流入波形によっては、目標とする下流の水位上昇速度を遅く設定すると、早期に放流量を増加させることにより本則操作に比べて放流量が大きくなる場合がある。

# より効果的なダム操作への改良(事前放流の方法論)

## 現状の分析

事前の放流の実施にあたり回復可能水位をもとに水位低下量を設定することについては、体制によっては、作業が繁雑でハードルが高い。

- 治水を目的に含む多目的ダムでは、事前放流する容量規模は、予測雨量から推定される利水容量の回復可能量から決定することを基本としている。



### 【回復可能量の算定】

- 過去の実績洪水の実績雨量及び予測された雨量をもとに、洪水調節及び逡減期間でどれくらいの水量を貯め込むことが可能か算定。
- その算定結果をもとに回復可能水位テーブルを作成。

回復可能水位テーブル(洪水期制限水位 EL.143.8m)

累加雨量 (これまでの実績) (mm)	今後の予測雨量のランク (mm/33hr)													
	0~19	20~39	40~59	60~79	80~99	100~119	120~139	140~159	160~179	180~199	200~219	220~239	240~259	260~280
0	事前放流しない				EL.143.5m (-0.3m)	EL.142.9m (-0.9m)		EL.141.9m (-3.8m)						
1~19					EL.143.7m (-0.1m)									
20~39					EL.143.5m (-0.3m)		EL.142.1m (-1.7m)							
40~59														
60~79	EL.143.2m (-0.6m)		EL.142.1m (-1.7m)											
80~99														
100~119	EL.143.2m (-0.6m)		EL.142.1m (-1.7m)											
120~139														
140~159	EL.143.2m (-0.6m)		EL.142.1m (-1.7m)											
160~														

回復可能水位テーブルの例



## より効果的なダム操作への改良(事前放流の方法論)

### 現状の分析

予備放流や事前放流の実施判断の基盤となるのは台風の位置・コースや気象庁から配信される様々な降雨予測情報などであるが、利用可能な降雨予測情報の種類とその精度については、必ずしもダム管理者に認識共有されていない。

## 資料2-5参照

### 対応の方向性 (案)

現状で利用可能な降雨予測情報に関して、その特性(予測時間など)や精度など、現状の技術到達レベルについての認識を共有していく。

### 現状の分析

降雨量の予測精度を向上させるアンサンブル降雨予測の技術開発が進められているが、ダム管理の観点からこうした予測情報を活用する方法が確立されていない。

## 資料2-5参照

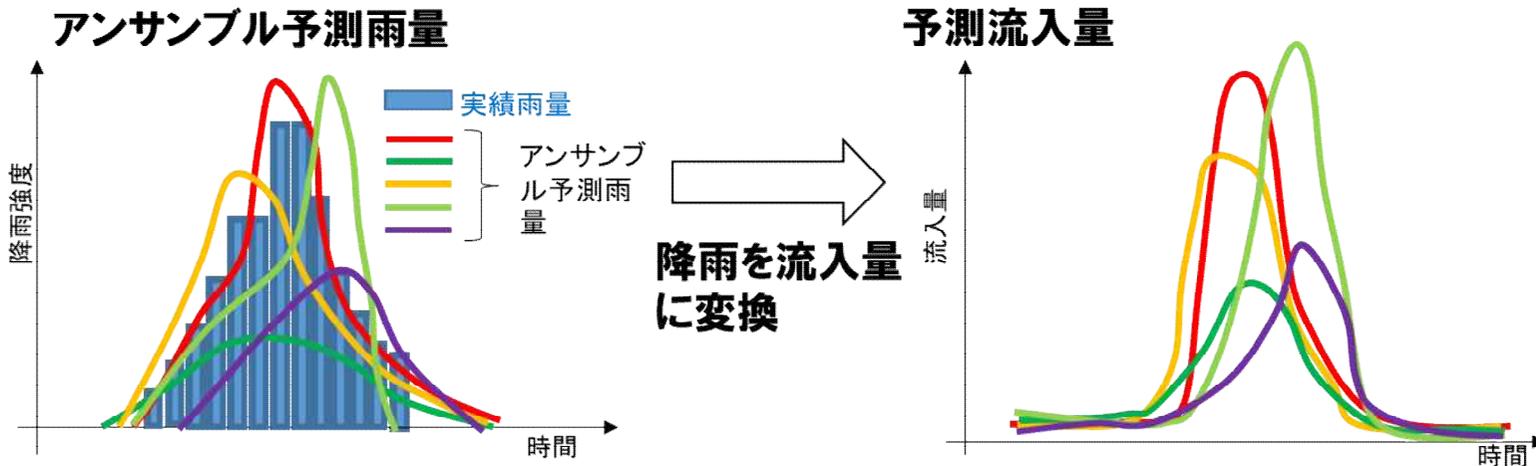
### 対応の方向性 (案)

アンサンブル降雨予測は幅をもって予測値を示すことに特徴があるが、ダム管理の実務においてその幅を活用する方法を確立し、その利用可能性を共有していく。

# より効果的なダム操作への改良(事前放流の方法論)

## 現状の分析

降雨量の予測精度を向上させるアンサンブル降雨予測の技術開発が進められているが、ダム管理の観点からこうした予測情報を活用する方法が確立されていない。



## アンサンブル予測の活用例

### 【上位予測】

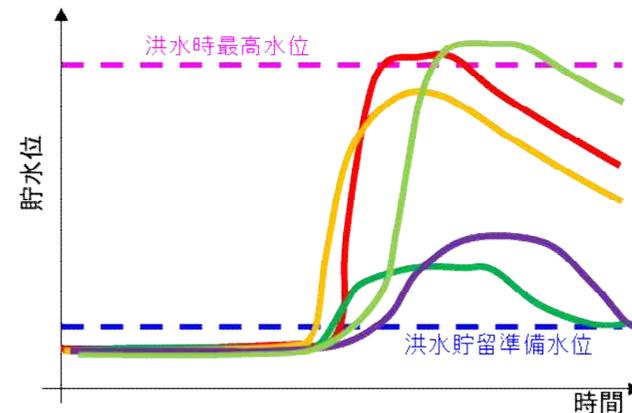
・洪水調節容量が不足する可能性  
→ 事前放流の実施判断

### 【下位予測】

・貯水量の回復可能量  
→ 事前放流量の設定

## 予測貯水位

流入量を貯水位に変換

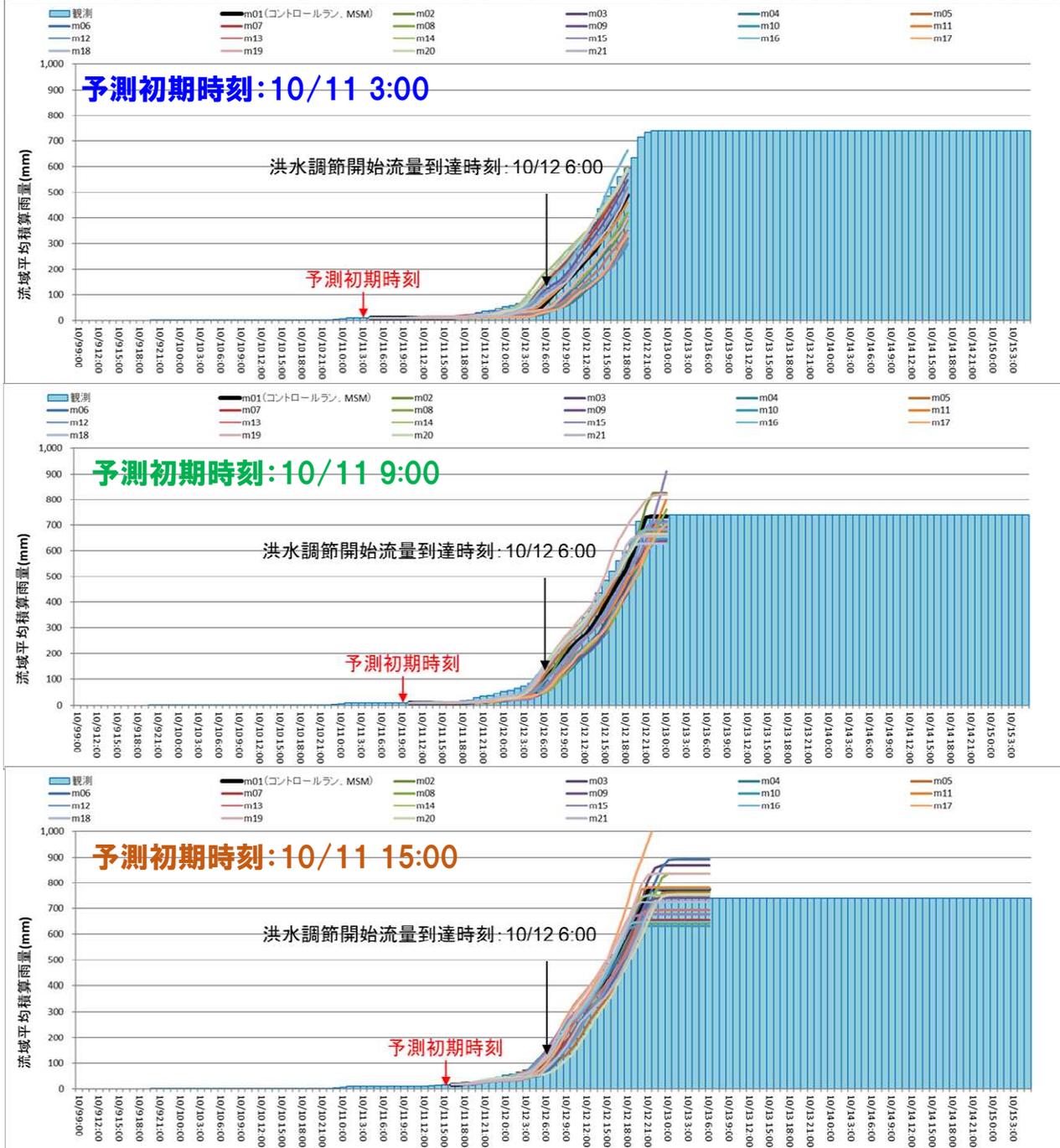


## 対応の方向性 (案)

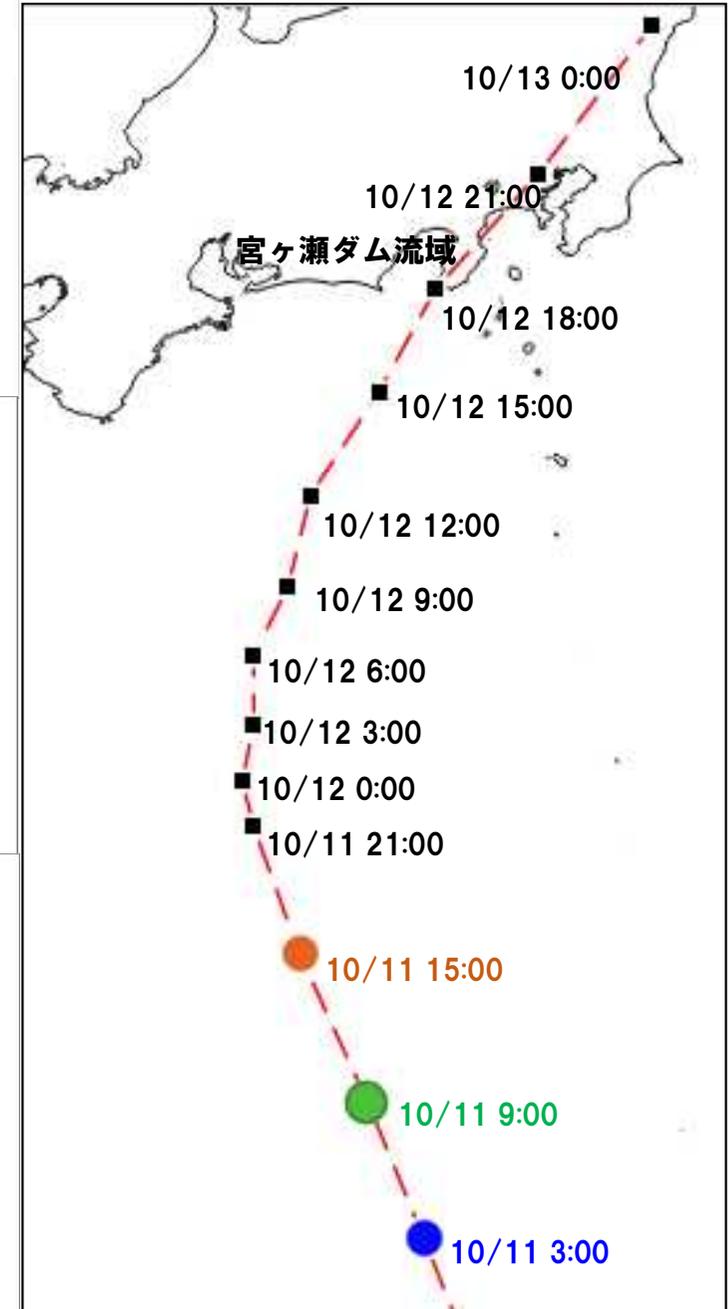
アンサンブル降雨予測は幅をもって予測値を示すことに特徴があるが、ダム管理の実務においてその幅を活用する方法を確立し、その利用可能性を共有していく。

# 【事例紹介】気象庁・メソアンサンブル予測システム (MEPS)

## 令和元年台風第19号における、宮ヶ瀬ダム流域平均累積雨量の予測精度



## 宮ヶ瀬ダムの位置と台風第19号の経路



台風第19号の経路は、気象庁が公開している台風位置 ([https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/typhoon/position_table/index.html](https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/typhoon/position_table/index.html)) を用いて作図した

# 避難行動に結びつくようなより効果的な情報提供への改善（情報発信の方法論）

## 現状の分析

異常洪水時防災操作に移行した6ダム及び回避したダムにおいて、情報の受け手側が避難行動に資するという本来の目的とは異なる受け止め方になった面がある。

## 城山ダムにおける異常洪水時防災操作に係る関係機関等への情報提供

10月12日 13:00 記者発表

神奈川県  
令和元年 10月 12日  
記者発表資料

### 城山ダムにおける緊急放流の実施見込みについて

城山ダム流域では、今後、台風第19号による激しい降雨が予想されており、城山ダムにおいて、洪水調節容量を超える水が流入し続ける恐れがあることから、緊急放流の実施が見込まれます。

この操作により、相模川や相模川に流れ込んでいる河川の水位が、急激に上昇し、大規模な水害が発生する恐れがありますので、県民の皆様は、命をまもる行動をとってください。

- 緊急放流  
令和元年10月12日(土曜日) 午後5時から
- 緊急放流の概要  
上流からの水を貯留するダムとしての機能を確保したうえで最大限に水をためられる水量(洪水調節容量)を超えて水が流入する可能性が生じた際に、ダムの安全を確保するために、流れ込む水の量と同じ量を下流に流す操作(異常洪水時防災操作)。

10月12日 16:30 記者発表

神奈川県  
令和元年 10月 12日  
記者発表資料

### 城山ダムにおける緊急放流の実施について

城山ダムの17時から見込んでいた緊急放流は、**流入量が予想に達しなかったため、当面見合わせます。**

今後も、引き続き、ダムへの流入量や降雨の状況等を注視していきます。

なお、緊急放流する場合は、改めて1時間前にお知らせします。

10月12日 21:00 記者発表

神奈川県  
令和元年 10月 12日  
記者発表資料

### 城山ダムにおける緊急放流を開始します

城山ダム上流では、引き続き激しい降雨が続いており、ダムに水を貯められる限界量を超える恐れが強くなりましたので、午後10時から緊急放流を開始します。

緊急放流が始まっても、放流した水が下流に到達するまで時間があり、水位が直ちに上昇するとは限りませんが、その後は、大きく上昇しますので、県民の皆様は、建物の2階に上がるなど、すぐに命をまもる行動を取ってください。

## 記者発表時系列表

10月12日 時間	記者発表回数	記者発表内容
13:00	記者発表(1回目)	緊急放流の実施が見込まれます。 命を守る行動を取ってください。 <b>緊急放流実施予定17時から。</b>
16:30	記者発表(2回目)	17時から見込んでいた緊急放流は、 <b>流入量が予想に達しなかったため、当面見合わせます。</b> 緊急放流する場合は、改めて1時間前にお知らせします。
21:00	記者発表(3回目)	<b>22時から緊急放流を開始</b> します。 すぐに命をまもる行動をとってください。
21:30	記者発表(4回目)	22時から緊急放流を開始するとお知らせしたところですが、 <b>危険な状況となりましたので、22時を待たず緊急放流を開始</b> します。

## 避難行動に結びつくようなより効果的な情報提供への改善（情報発信の方法論）

10月20日 東京新聞 台風19号「城山ダム緊急放流 事前対策入念も当日バタバタ」（一部抜粋）

二転三転した県の姿勢に流域の市町は翻弄された。

県は「緊急放流すれば沿岸の洪水は避けられない」との考えから、市町に通知した時点で「考え得る最悪の浸水被害」を示したハザードマップを基に避難指示を出すべきだという立場だった。延期も住民の避難時間を稼ぐため、「いつ放流してもおかしくない」と考えていた、とする。

しかし、県ホームページにあるダムの水位計や河川の流量計のデータなどを見て避難方針を決めていた座間市や寒川町は、避難勧告にとどめていた。

県と流域市町の間で“認識の差”が生じたことは、十六日の県議会常任委員会でも問題視された。

「午後五時から延期したことで『まだ安全』と認識した住民がいた」などの厳しい声が委員から出た。

城山ダムが緊急放流するという初の事態に、下流で暮らす多くの住民が避難したが、たび重なる開始時間の変更に振り回された。

平塚市の相模川沿いに住む主婦(40)はスマートフォンで避難指示の緊急メールを見て、十二日午後五時ごろ、家族四人で避難所へ向かった。「緊急放流すると聞いて驚いた。心配だった」と振り返った。

放流が延期になり、家に戻った。「でも、またやるかもしれないというし、どうなるかなと」。再び避難指示が出て、避難所へ。「読み切れないのは仕方ないと思うけど」と話した。

### 対応の方向性 (案)

記者発表において、実施内容(見通し)を伝えるのみならず、受け手側がその意味や自らの避難行動との関係を的確かつ誤解無く理解できるような説明・解説を付していく。

## 避難行動に結びつくようなより効果的な情報提供への改善(情報発信の方法論)

### 現状の分析

ダム管理者は「異常洪水時防災操作」との呼称を用いる一方で、報道等では「緊急放流」との呼称が使われている。

10月13日 NHK NEWS WEB

関東甲信越5ダムの**緊急放流**すべて終了

10月13日 産経ニュース

水沼、竜神、塩原、高柴ダムで**緊急放流** 警戒呼び掛け

10月14日 毎日新聞 朝刊

6ダム**緊急放流** 住民、夜間実施に不安の声

10月14日 中国新聞 朝刊

6ダム**緊急放流** 事前水位調節実施せず 西日本豪雨の教訓 浸透半ば

10月21日 毎日新聞 朝刊

**緊急放流** 混乱 「10時→9時半」事前前倒し

10月21日 日経新聞 朝刊

事前放流 4ダム実施せず 台風19号 6ダム**緊急放流**したが…

11月14日 NHK NEWS WEB

台風19号 **緊急放流**の6ダム 事前放流の実施体制整っておらず

### 対応の方向性 (案)

「異常洪水時防災操作」は実施局面・オペレーション内容を表すものであるが、どのようにして適切に受け手に伝え、避難行動に結びつけるか検討を進める。