



ダムの効果、異常洪水時防災操作と事前放流の課題

ダム工学会(京都大学防災研究所) 角 哲也



- **ダムの洪水調節効果**
 - 台風19号と西日本豪雨の比較
 - 相模川(城山ダム、宮ヶ瀬ダム)
- **異常洪水時防災操作と事前放流**
 - 相当雨量, 予備放流と事前放流
- **SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)**
 - アンサンブル降雨予測, 最適事前放流, ダム統合管理



城山ダム



宮ヶ瀬ダム



下久保ダム

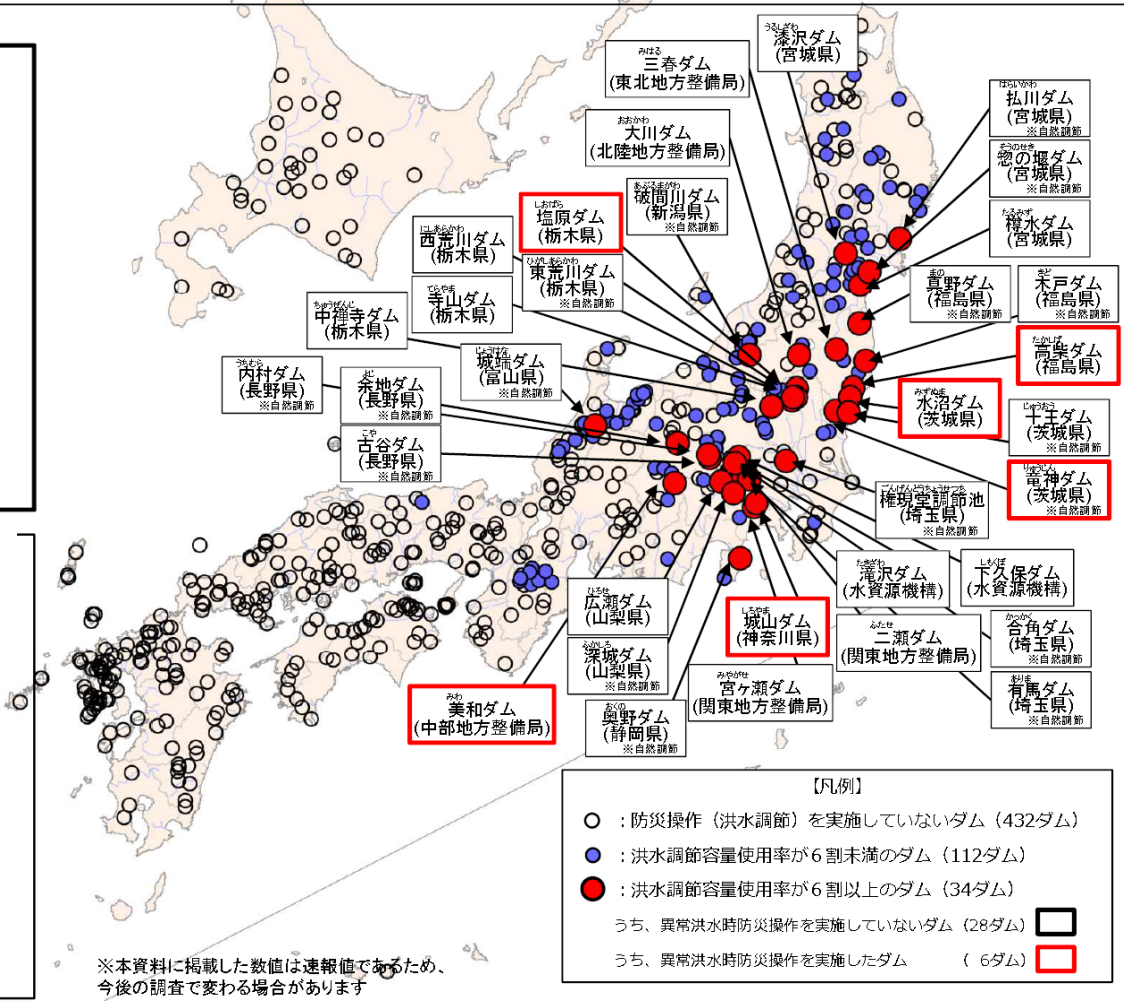
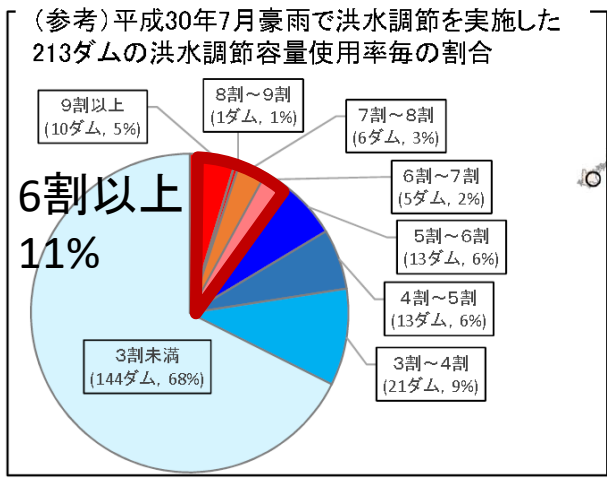
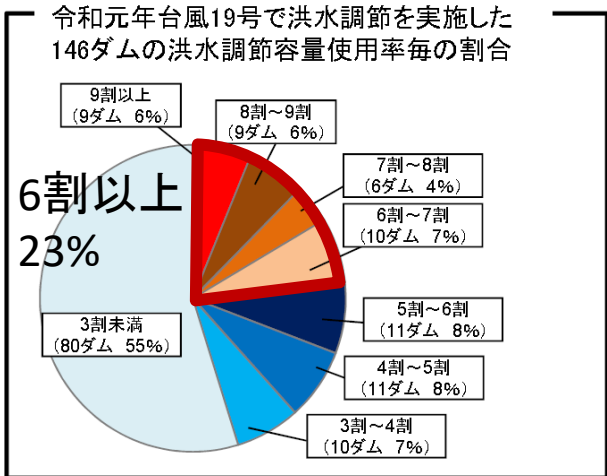


草木ダム



台風19号におけるダムの洪水調節

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

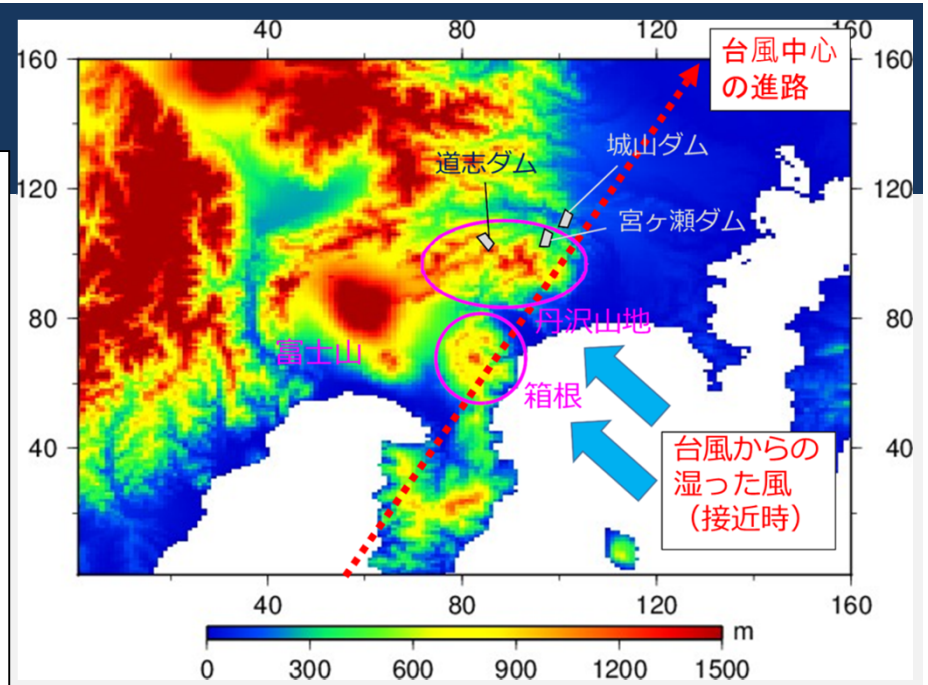


平成30年7月西日本豪雨に比べて、**洪水調節容量を6割以上貯留したダムが多い**（34>26）
 その割に、**異常洪水時防災操作に移行したダムは少ない**（6<8）
 出典：国土交通省



相模川

- 台風コースの直下に流域が所在
接近時に湿った風が丹沢山地などに
大量の降雨を発生(500-700mm以上)
- 本川: 城山ダム1,200km²
支川中津川: 宮ヶ瀬ダム100km²
- **相模川は利水の川(大きな利水容量)**
来年の東京オリンピックに向けた渇水
対策も重要(前回の**東京オリンピック**
渇水の再来を回避する役目も重要)



城山ダム

有効貯水量: 54,700千 m³
 洪水調節容量: **27,500千 m³**
 利水容量(洪水期): 41,600千 m³
 利水容量(非洪水期): 51,200千 m³
 予備放流容量(洪水期): 14,400千 m³
 集水面積: **1,201 km²**
 洪水期: 6月1日~10月15日



相当雨量:
(23+10)mm

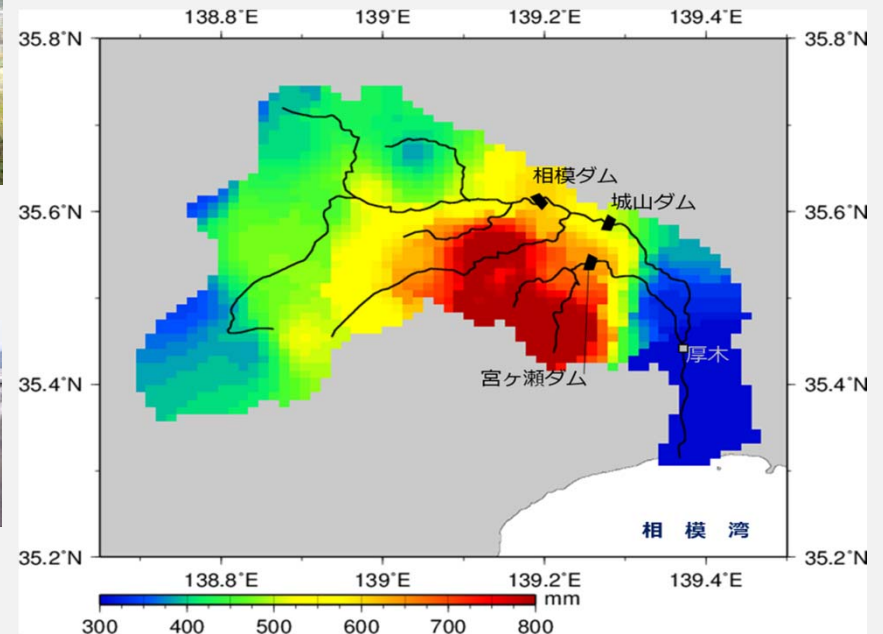
宮ヶ瀬ダム

有効貯水量: 183,000千 m³
 洪水調節容量: **45,000千 m³**
 利水容量(洪水期): 138,000千 m³
 利水容量(非洪水期): 183,000千 m³
 集水面積(直接): **101 km²**
 集水面積(間接): 113 km²
 洪水期: 6月16日~10月15日



相当雨量:
(445+50)mm

総降雨量分布(10/10.20時~10/12.21時)

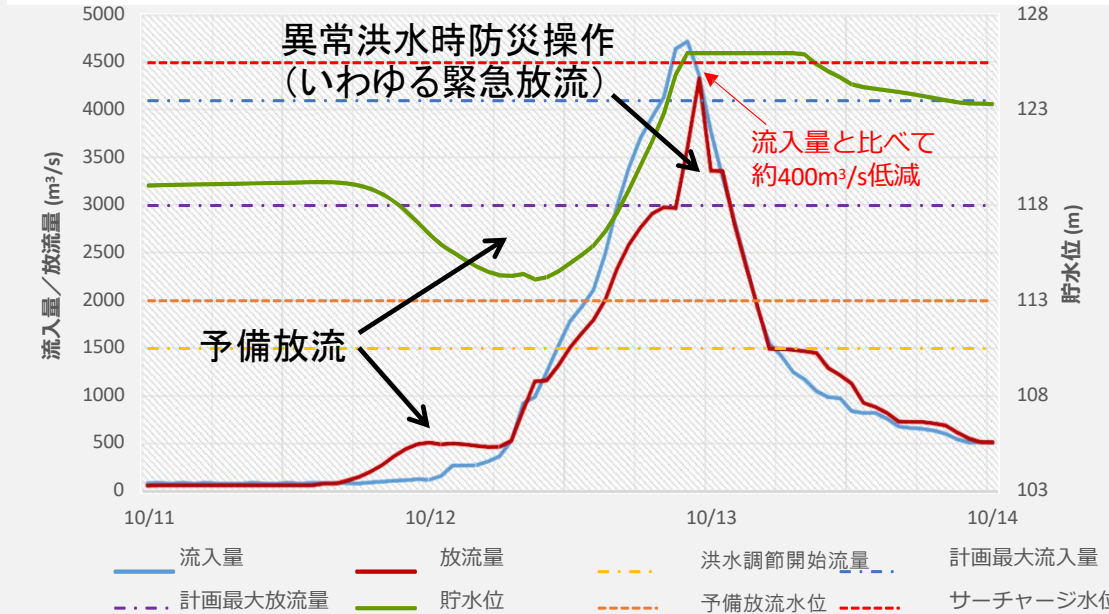
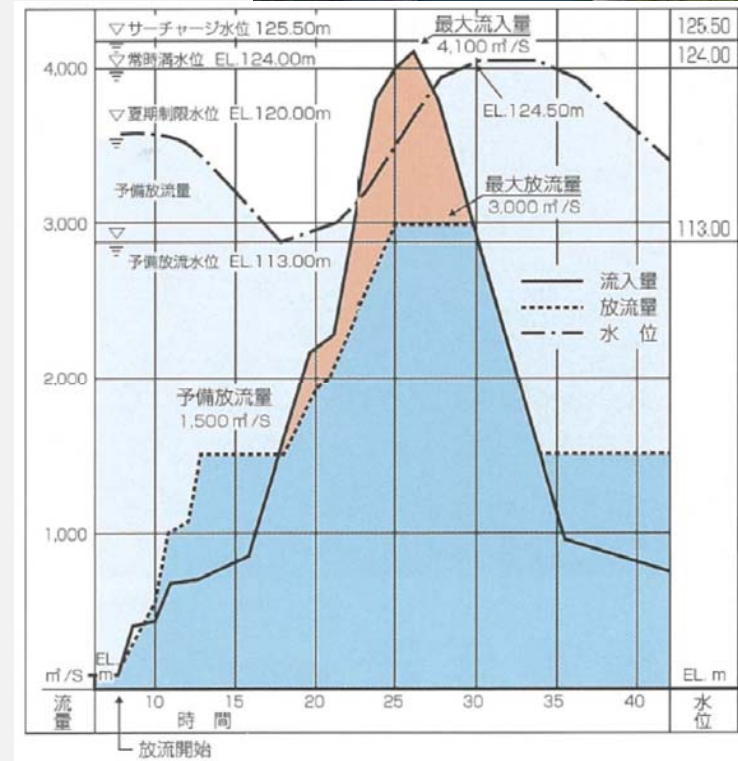
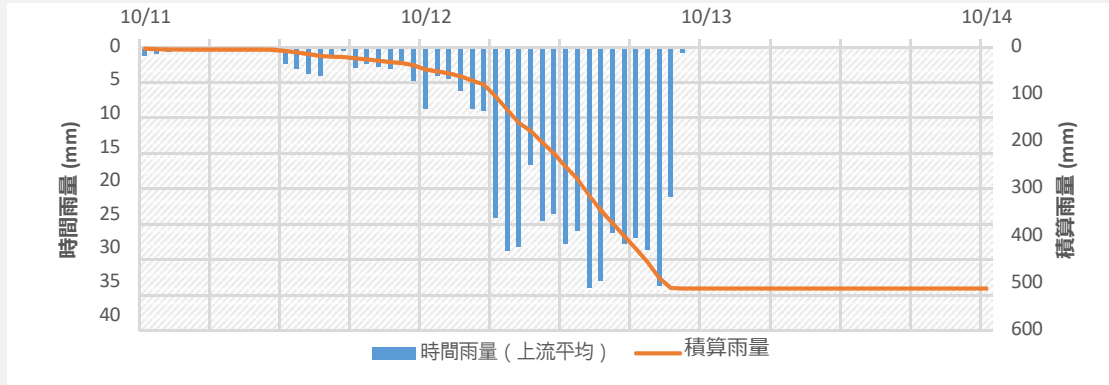




城山ダム操作状況



予備放流を実施。流域面積に対する洪水調節容量が小さく
(相当雨量(23+10)mm)、最終的に異常洪水時防災操作に移行



城山ダムの洪水調節方式

洪水調節方式： 予備放流→定率・定量放流
洪水調節開始流量： 1,500 m³/s
計画最大流入量： 4,100 m³/s
計画最大放流量： 3,000 m³/s

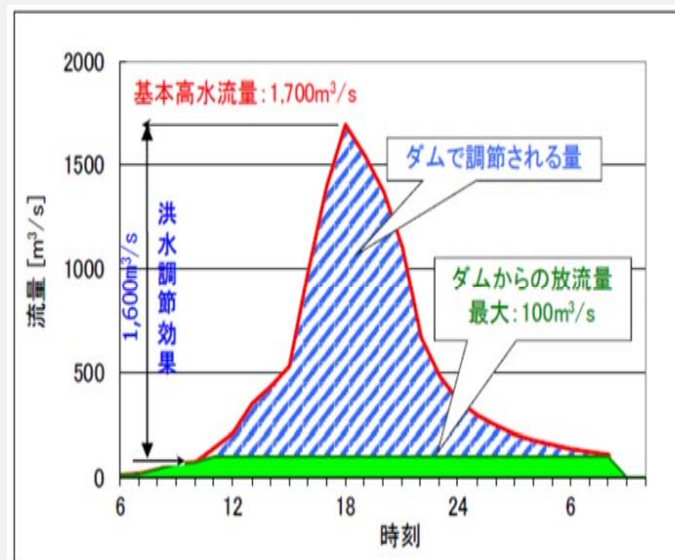
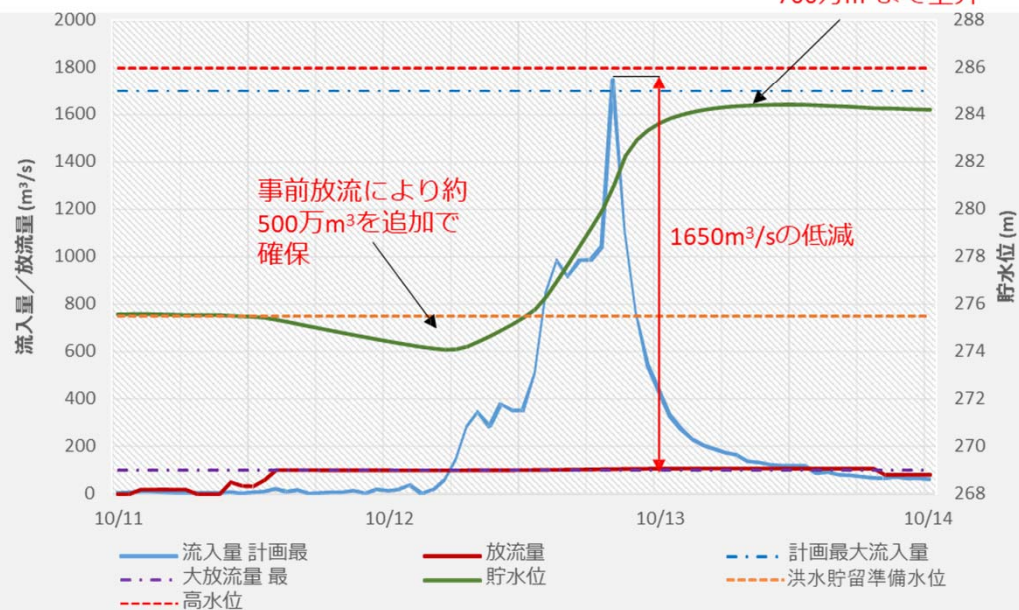
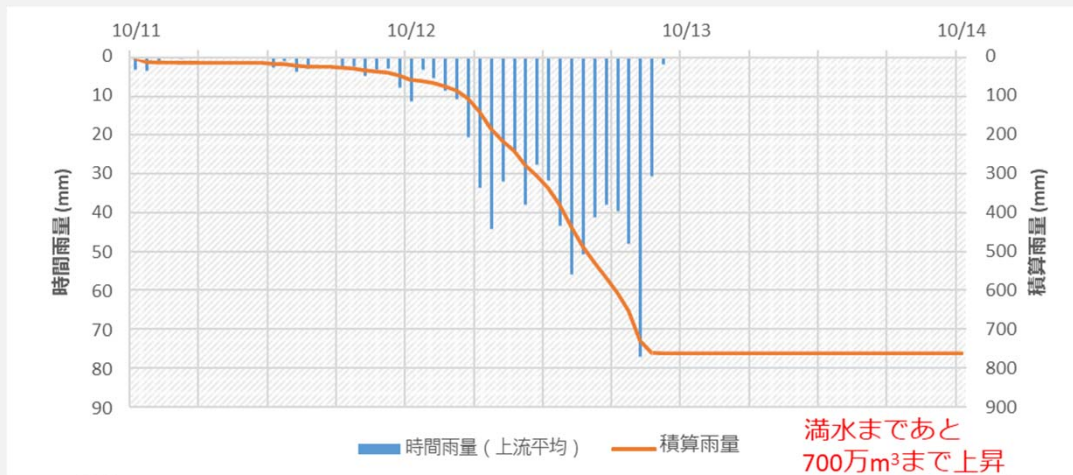
※予備放流によりEL113.0m以下に水位を下げる
(洪水期制限水位から14,400千m³を放流)

※川の防災情報のデータを使って作図しているが、城山ダムの貯水位データは1-2mほど過大であり、実際には予備放流でEL112mにまで低下



宮ヶ瀬ダム操作状況

流域面積に対する洪水調節容量が非常に大きく(相当雨量(445+50)mm)、洪水を大きく貯留し下流の災害軽減に貢献



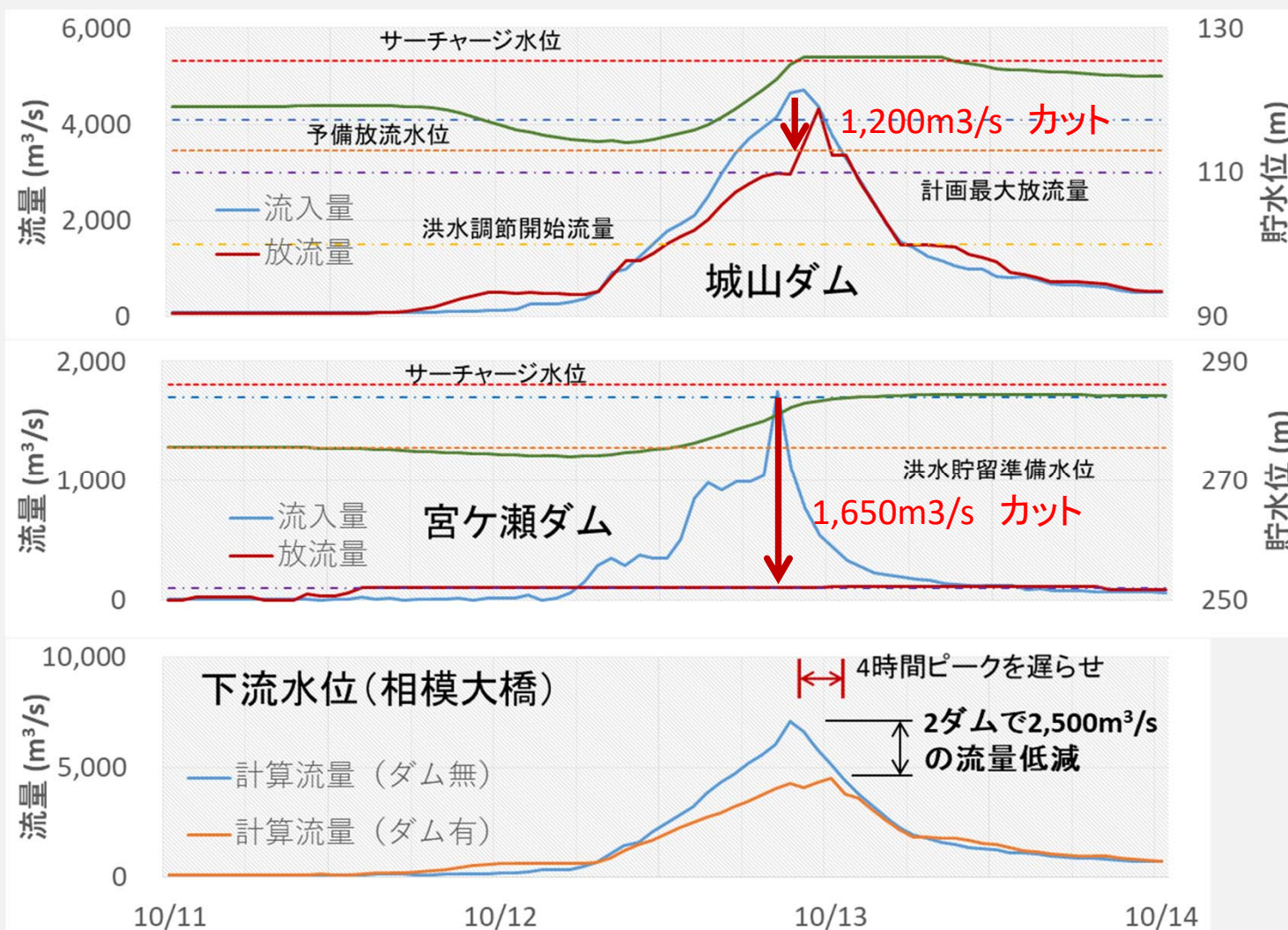
宮ヶ瀬ダムの洪水調節方式

洪水調節方式：	一定量放流方式
洪水調節開始流量：	100 m³/s
計画最大流入量：	1,700 m³/s
計画最大放流量：	100 m³/s



宮ヶ瀬ダム・城山ダムの洪水調節操作の効果

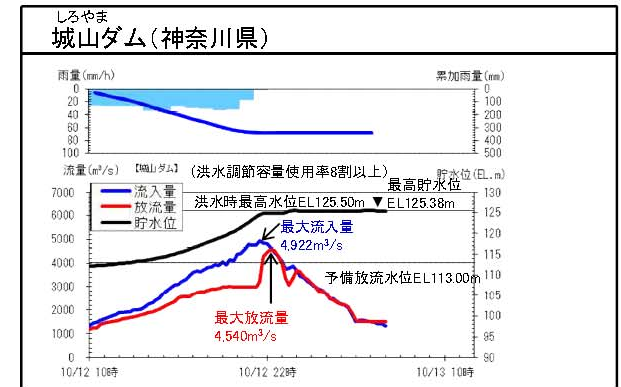
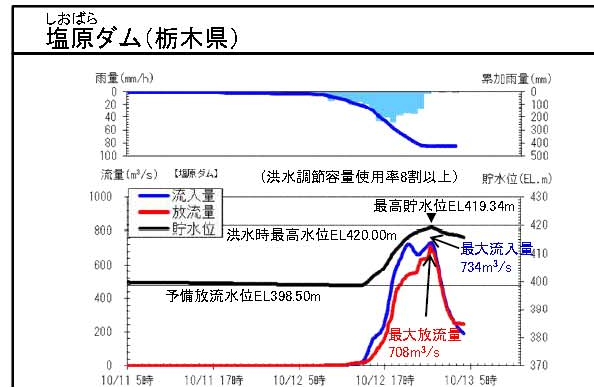
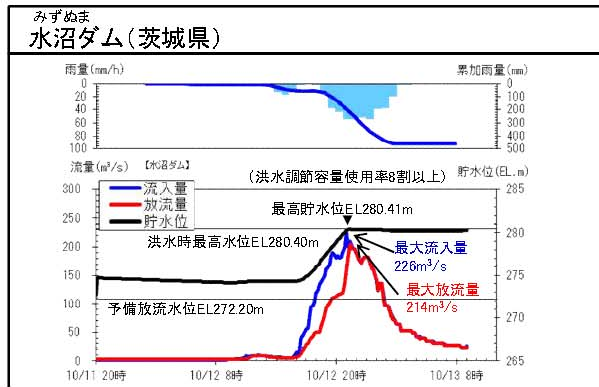
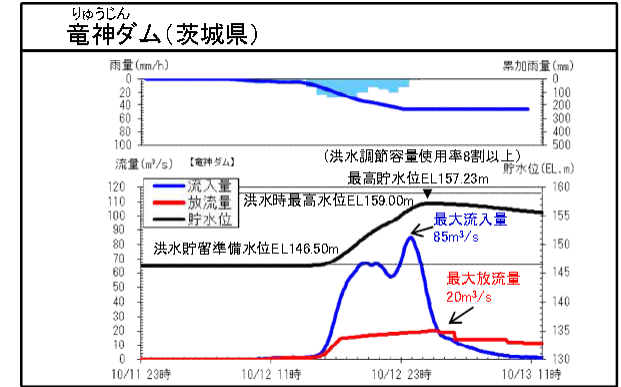
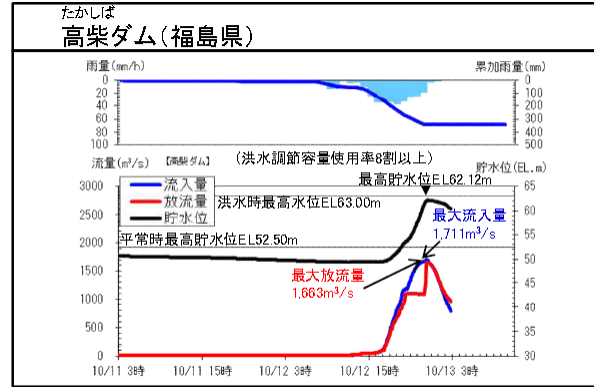
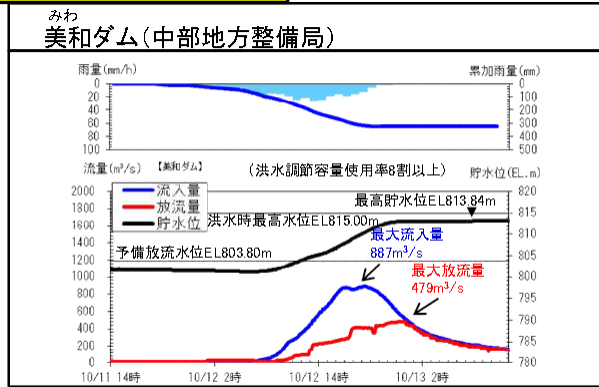
- 城山ダムで異常洪水時防災操作（いわゆる緊急放流）が実施されたものの、
 - 2ダムで相模大橋地点の流量を $2,500\text{m}^3/\text{s}$ 低減（約 $7,000\text{m}^3/\text{s}$ → 約 $4,500\text{m}^3/\text{s}$ ）
 - ピーク発生時刻を約4時間遅らせている



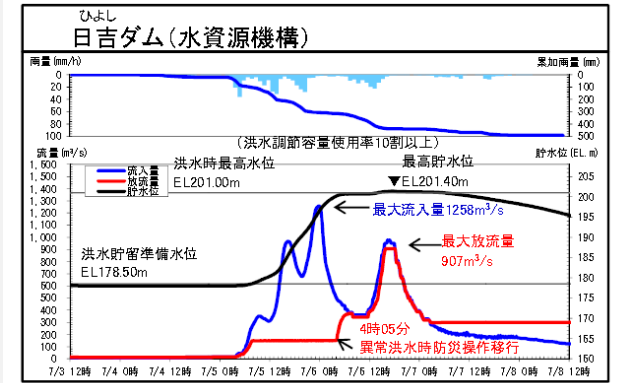
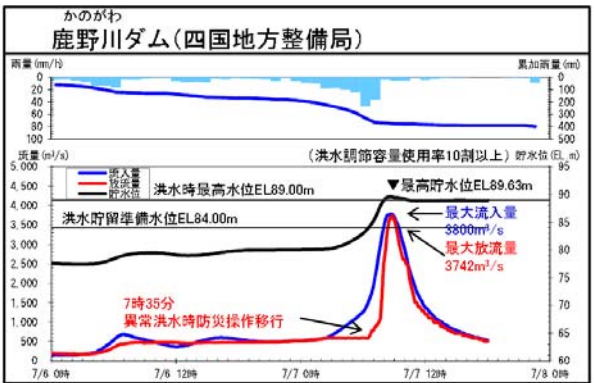
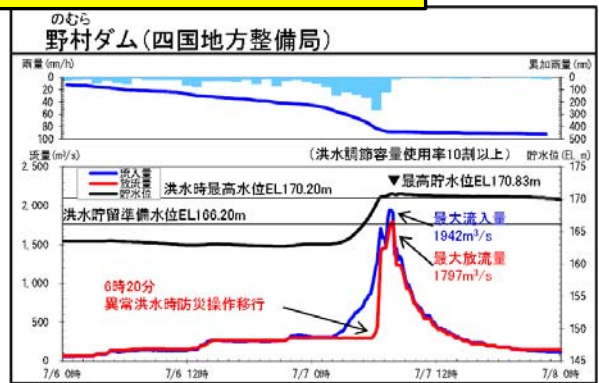


異常洪水時防災操作実施ダム(台風19号,西日本豪雨)

R元年台風19号



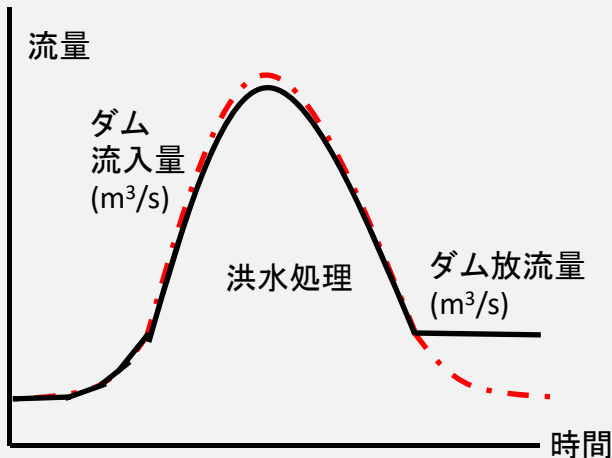
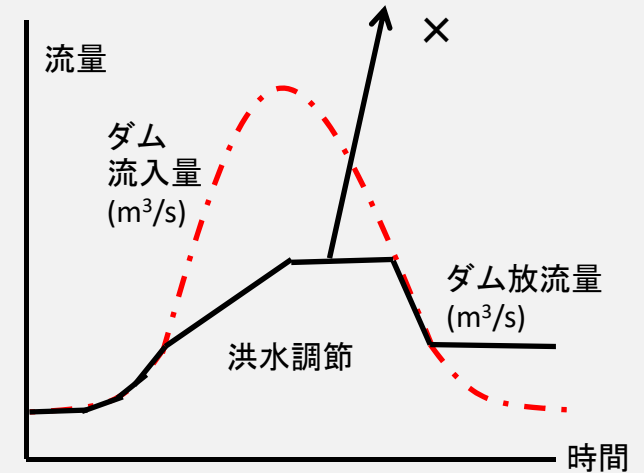
平成30年7月西日本豪雨



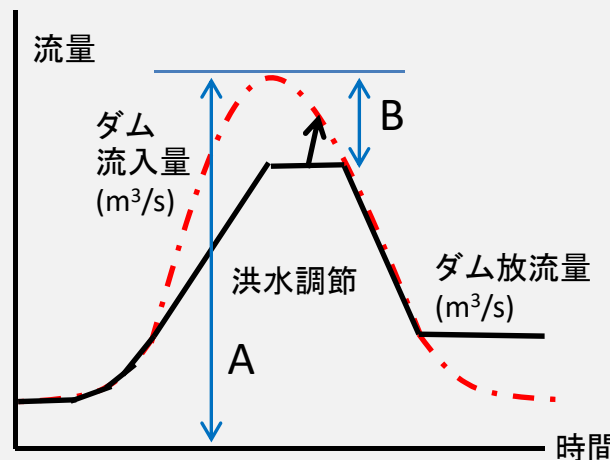


3種類のダム洪水操作と異常洪水時防災操作

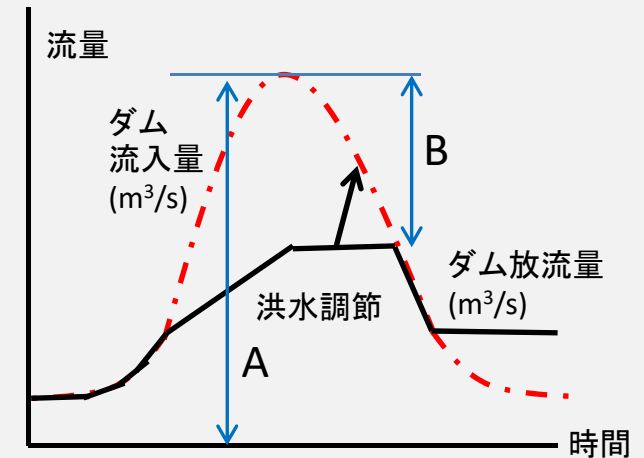
- 利水専用ダムは洪水量以上になれば、ゲート全開（洪水処理）（流入＝放流，洪水カットなし）
- 多目的ダム（利水中心）では、洪水カットが小さい（治水目的の相当雨量が小さい、早く満水）
 - 治水容量が小さく、予備放流が計画に位置付けられている場合が多い
- 多目的ダム（治水中心）では、洪水カットが大きい（治水目的の相当雨量が大きい、頑張る）



利水専用ダム
（洪水カットなし）
相模ダム



多目的ダム（どちらかと言えば利水目的が強く、洪水カット率(B/A)が小さい）
城山ダム

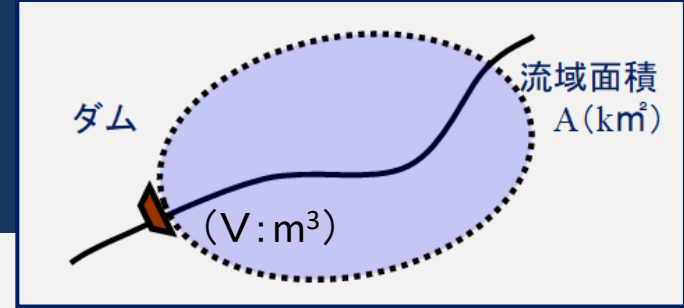


多目的ダム（治水目的が強く、洪水カット率(B/A)も大きい）
京ヶ瀬ダム

京ヶ瀬ダム

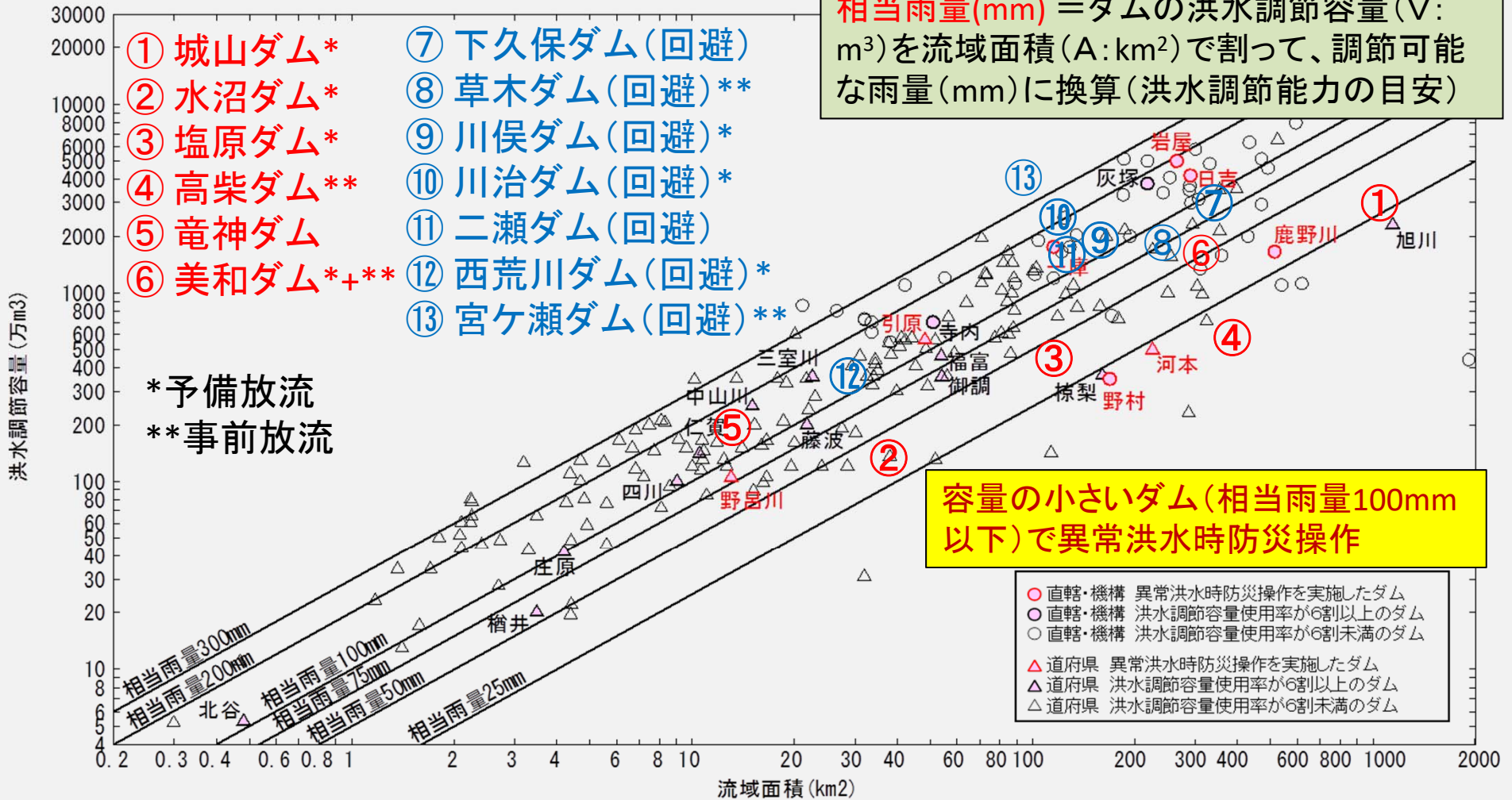


異常洪水時防災操作対象ダム 洪水調節容量評価(相当雨量(mm))



○ダムの相当雨量(ダムの洪水調節容量/流域面積)

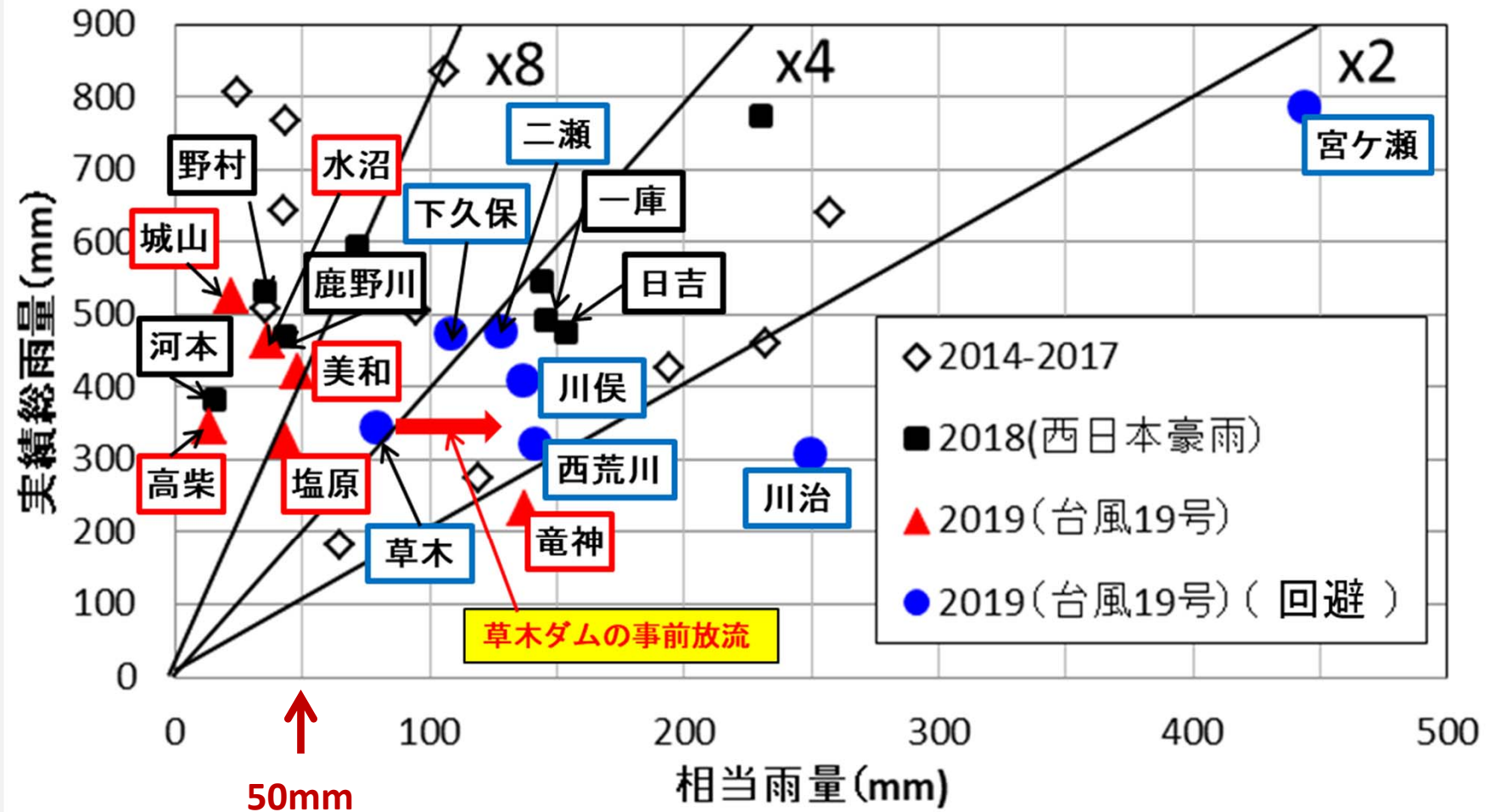
相当雨量(mm) = ダムの洪水調節容量(V: m³)を流域面積(A: km²)で割って、調節可能な雨量(mm)に換算(洪水調節能力の目安)



※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



異常洪水時防災操作の実施状況



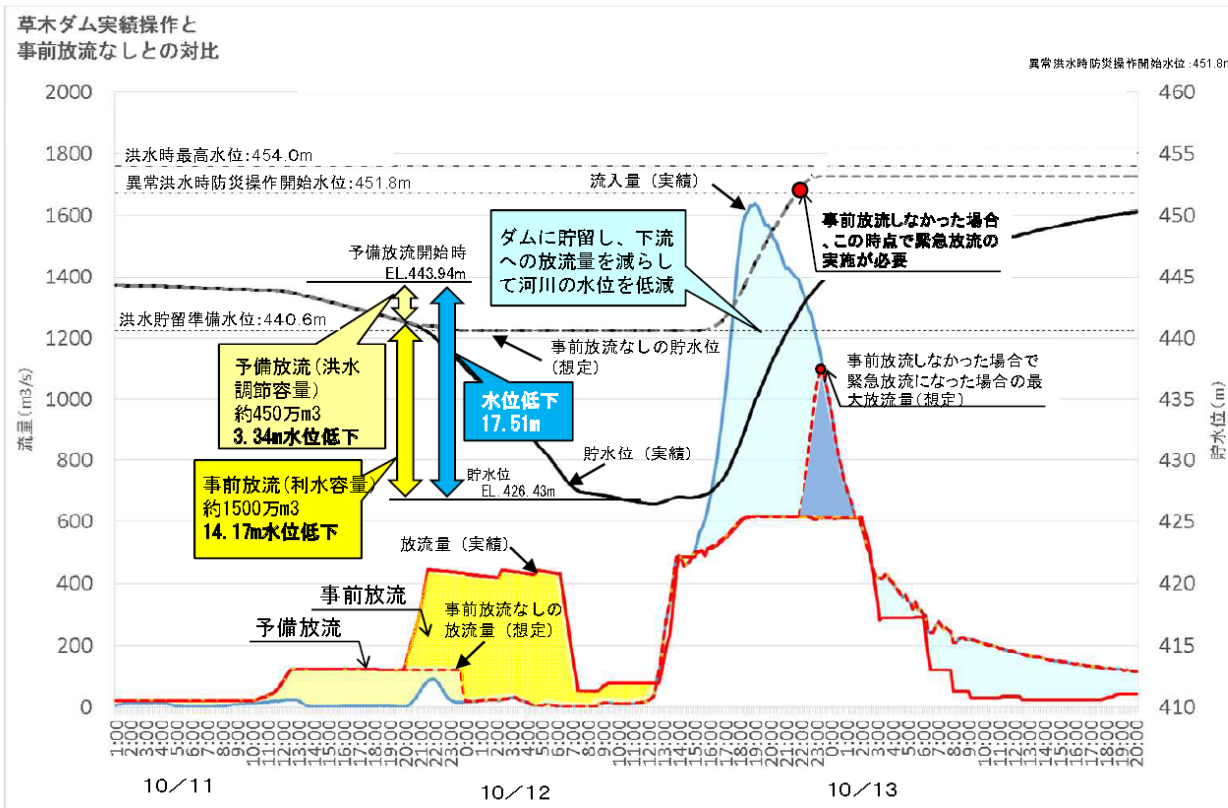
洪水調節容量の小さいダム(相当雨量50mm以下)で異常洪水時防災操作
洪水調節容量の大きいダム(相当雨量100mm以上)では、かなり頑張った(効果大)



予備放流＋事前放流で効果的に洪水調節(草木ダム)

- 台風19号による大規模な洪水に備えて利水容量の事前放流を実施し、水位を低下。これにより、ダムへの流入量ピーク時に洪水調節容量を超える量の貯留が可能となり、異常洪水時防災操作(いわゆる緊急放流)を回避。
- 具体には、洪水調節容量は2000万 m^3 (有効貯水容量の約4割)であるところ、約1500万 m^3 の**利水容量の事前放流(有効貯水容量の約3割)**を実施(水位を約14.2m低下)して、貯留容量を追加的に確保。
- 利水容量の事前放流を行わなかった場合、異常洪水時防災操作が必要となる貯水位を超えていたと想定。

草木ダム洪水調節実績と事前放流を実施しなかった場合(想定)



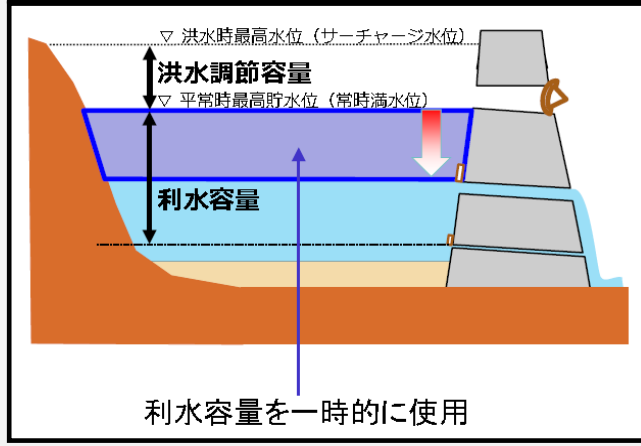
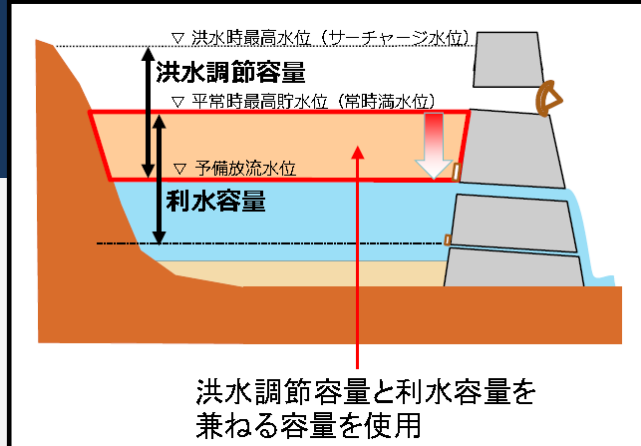
①洪水調節前(10/12 9:30頃) EL.427.04m



②洪水調節後(10/13 8:00頃) EL.446.72m

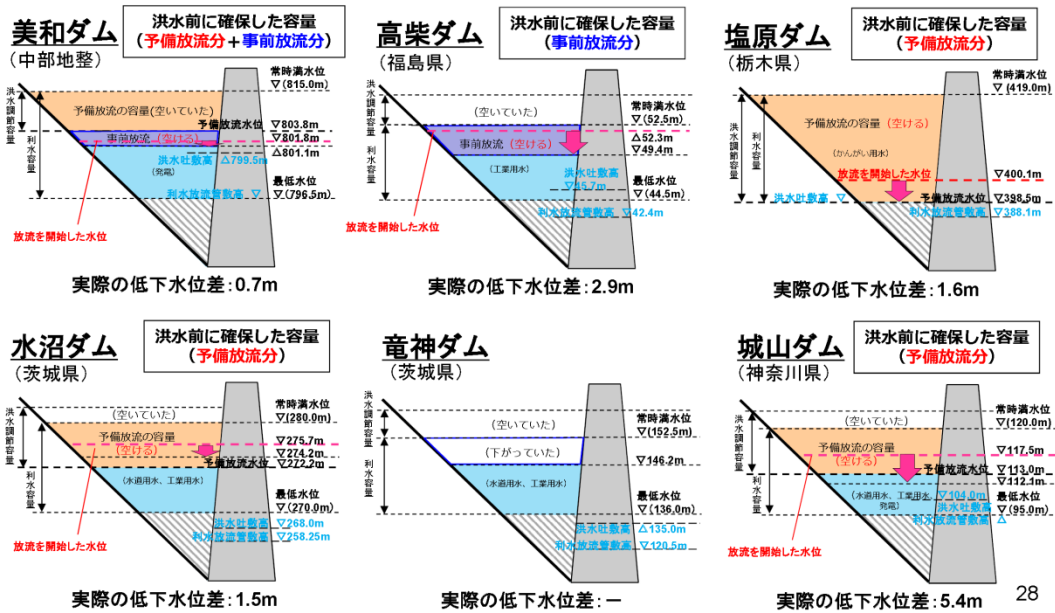
予備放流と事前放流

	洪水調節実施ダム			事前の水位低下実施ダム			水位低下操作内訳		
	直轄+水機構	補助		直轄+水機構	補助		事前放流	事前放流+予備放流	予備放流
東北地整管内	48	13	35	5	2	3	2		3
関東地整管内	50	14	36	25	12	13	13	4	8
北陸地整管内	32	4	28	14	2	12	12	1	1
中部地整管内	8	3	5	1	1			1	
近畿地整管内	7	4	3	0					
中国地整管内	1	1		0					
合計	146	39	107	45	17	28	27	6	12



出典：国土交通省

○台風第19号で異常洪水時防災操作を実施した6ダムのうち、5ダムで事前に水位を下げています。

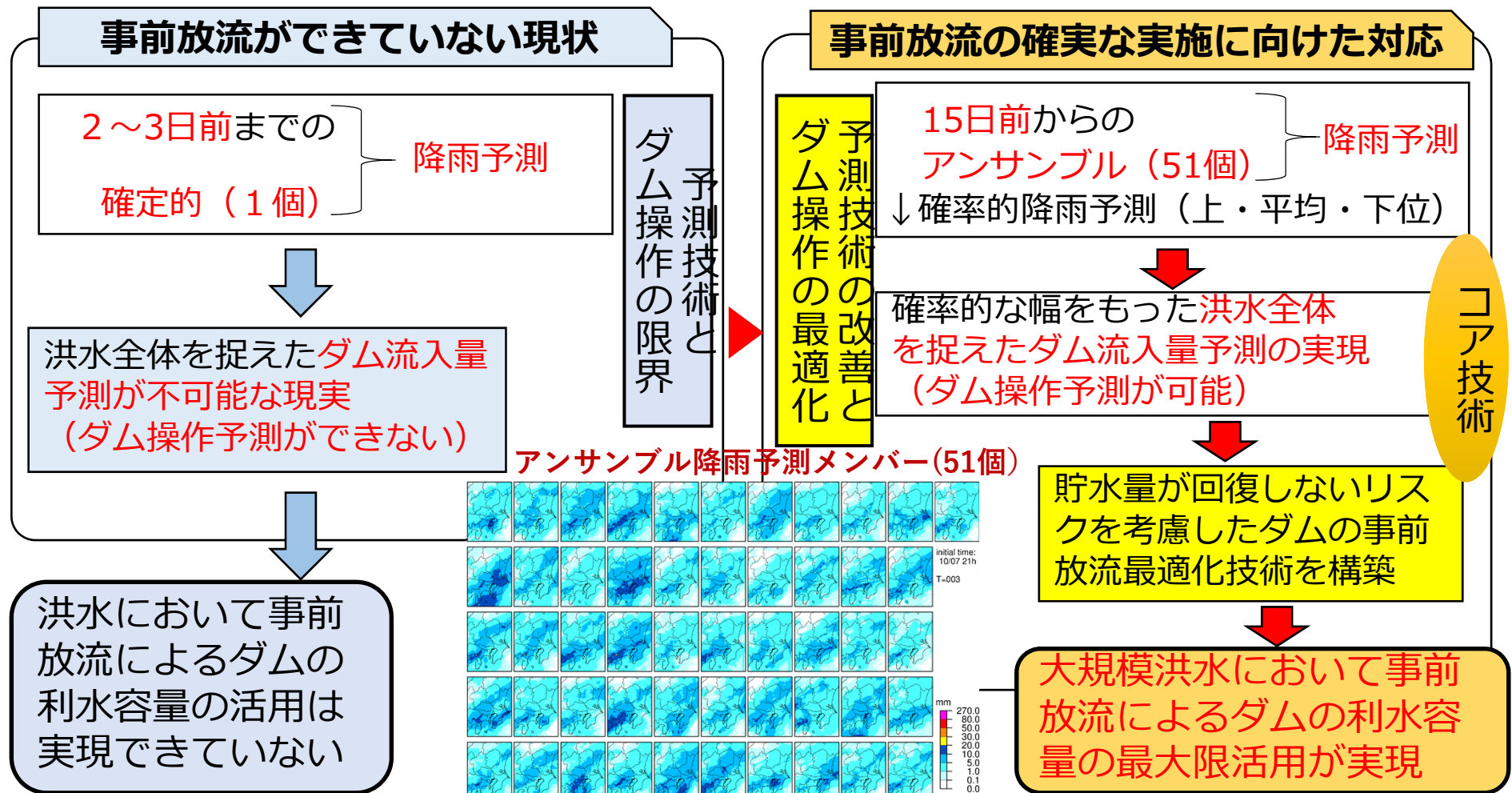


- 洪水調節を行ったダムの約1/3は事前に水位低下
 - 予備放流12、事前放流27、予備放流+事前放流6
 - 相当雨量の小さいダムは治水容量の確保が課題
 - 利水リスクの最小化が課題
- 空振りの回避へ (SIP技術)

SIP国家レジリエンスの強化 テーマVI.スーパー台風被害予測システムの開発 「統合ダム管理システム」 アンサンブル降雨予測情報を用いたダムの事前放流の高度化

大規模洪水時に**流域の既設ダム(群)の有限な貯水容量を最大限活用**する仕組みが必要。そのため、ダム操作に使用する「**長時間・高解像度・高信頼性の降雨予測**」と、これを活用する「**最適なダム事前放流技術**」を開発

水資源機構
京都大学
日本気象協会



ダム最適事前放流予測モデル

■ アンサンブル降雨予測から対象ダムの治水・利水リスクの算定イメージ

長時間予測により、早期から放流計画策定や関係者調整可能

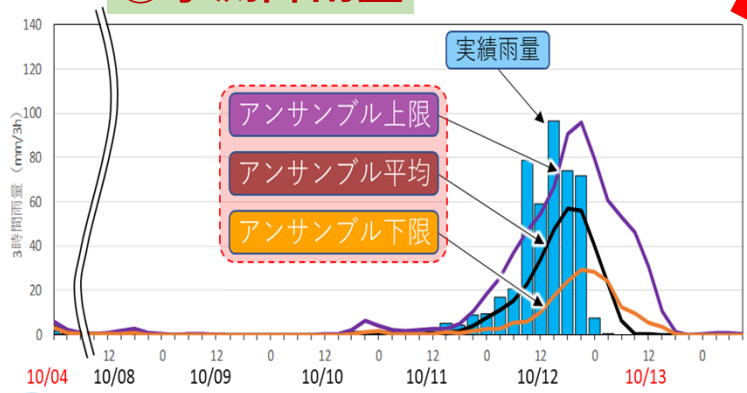
台風到達の15日前から、予測更新毎に、最適なダム事前放流計画を提示

いつから どのくらいの放流量を いつまで

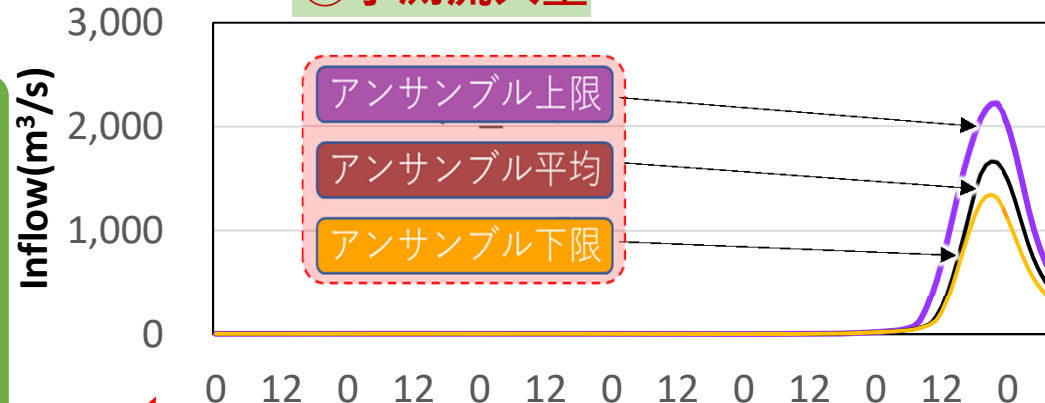
逐次最適化により、途中で変更・中断・中止することも可能

★★利水リスクを増大させず、治水効果を最大化★★

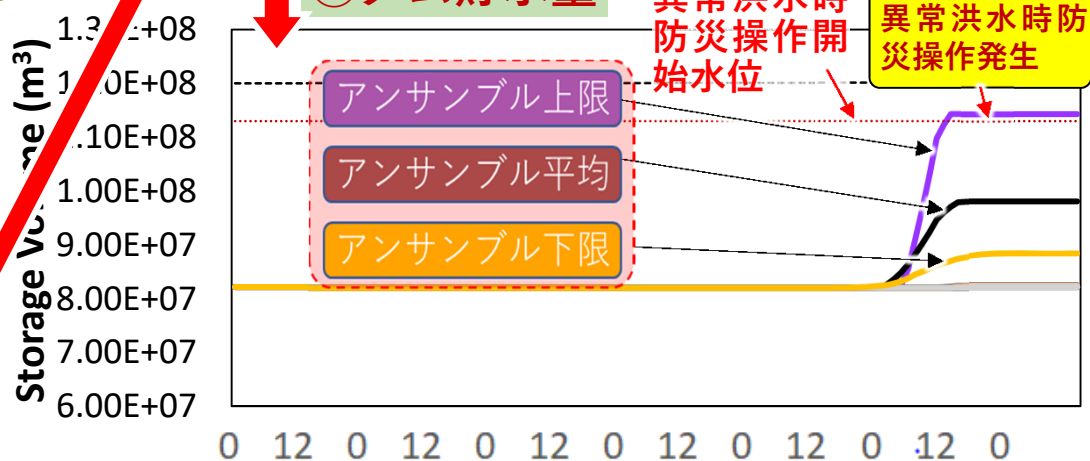
① 予測降雨量



② 予測流入量



③ ダム貯水量



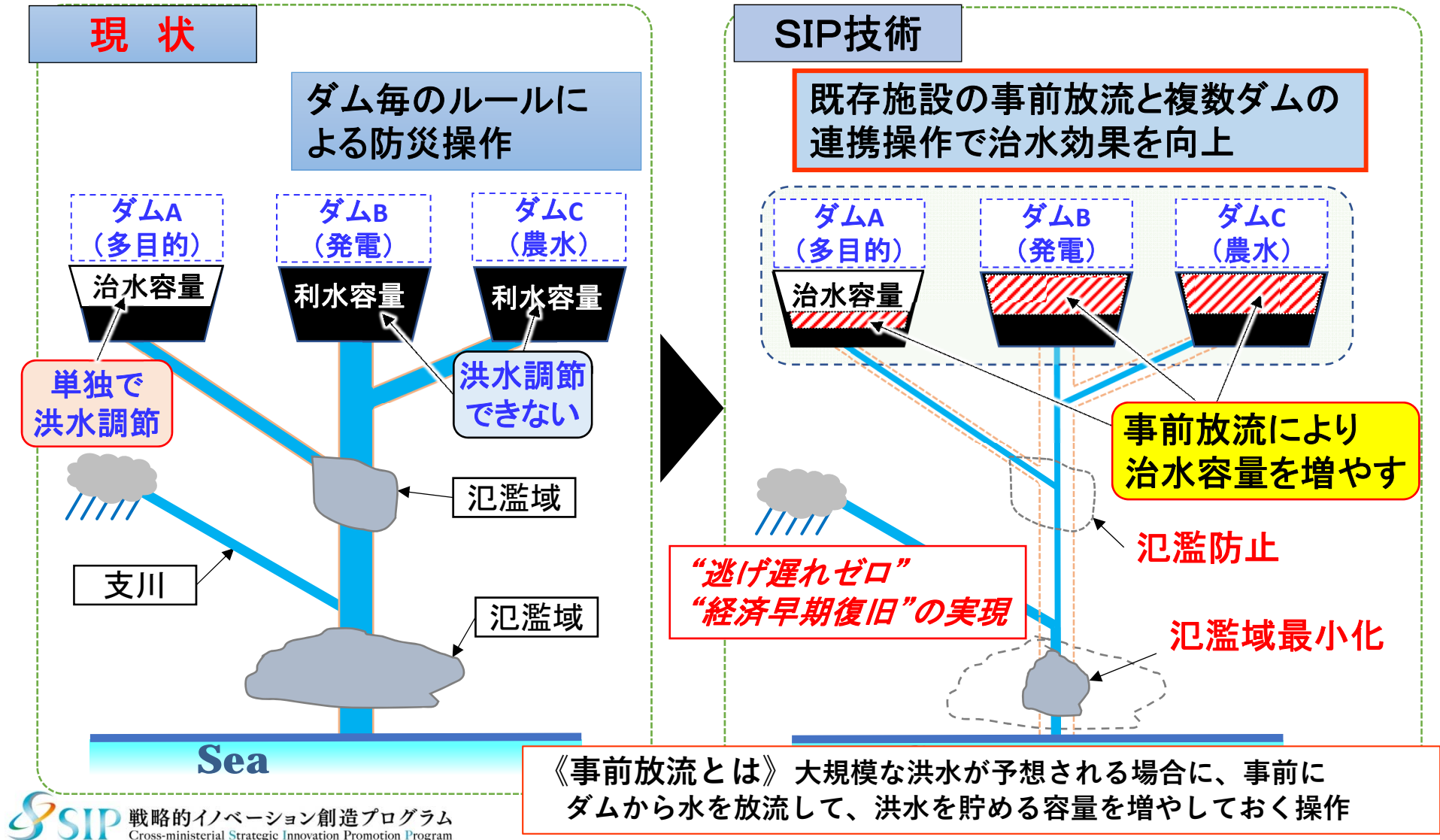
上限：異常洪水防災操作の可能性あり ⇒ 事前放流必要

下限：貯水量の回復可能量把握 ⇒ この分を事前放流可能

最適な事前放流計画を作成

統合ダム管理システムの実装イメージ

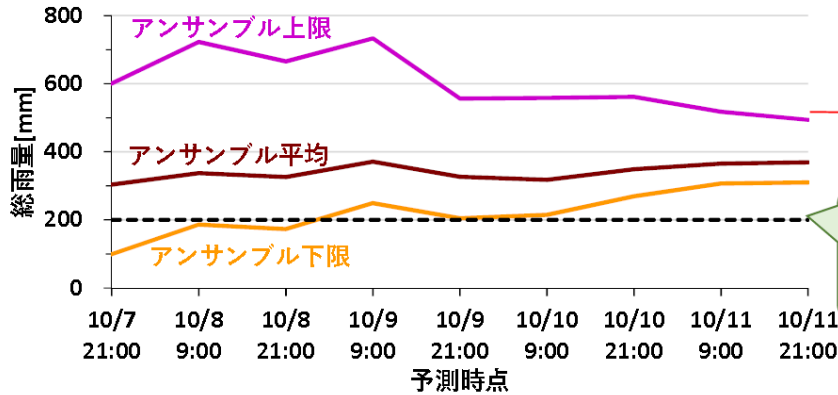
- 長時間アンサンブル降雨予測技術による「最適な事前放流手法」を開発。
- さらに、下流地域の被害抑制のため「ダム統合操作技術」を開発。





台風19号に対する試算結果(事前放流の経済学)

下久保ダムでのアンサンブル予測結果



【参考】
事前放流判断基準(現行試行案)
・実績雨量 ≥ 80 mm かつ
・実績+予測雨量 ≥ 200 mm

台風上陸(10/12)の4日前(10/8)からアンサンブル下限でも事前放流の実施判断(予測雨量 >200 mm)が可能



草木ダムの事前放流に適用すれば

水位低下のための放流方法

- ①発電最大放流(24m³/s) 18,000kW
- ②通常発電放流(4m³/s) 3,000kW
- ③コンジットゲート(最大450m³/s)

シナリオ①(最大) 発電最大放流量(24m³/s)で8.7日で水位低下

3.76×10^6 kWh \rightarrow **3,760万円** (10円/kWh)

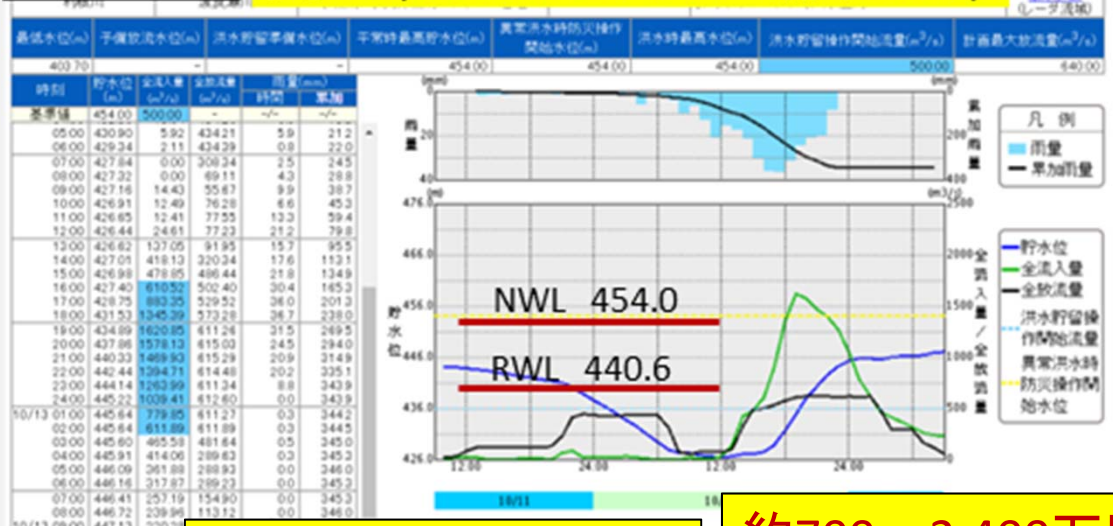
シナリオ②(現状) 通常発電(4m³/s)で6.7日、最大使用水量(24m³/s)で2日、残りはコンジットで水位低下

1.35×10^6 kWh \rightarrow **1,350万円**

シナリオ③(改善) 通常発電(4m³/s)で4.7日、最大使用水量(24m³/s)で4日、残りはコンジットで水位低下

2.07×10^6 kWh \rightarrow **2,070万円**

草木ダム 事①: 10/10 19:00 発電最大 24m³/s 事②: 10/11 11:00 コンジット 最大450m³/s



草木ダムの実績事前放流量: 1,500万m³

約700~2,400万円の経済効果



まとめ

- **ダムの洪水調節効果**
 - 全国146ダムで洪水調節し、下流の被害軽減に貢献
 - 相模川の城山ダム、宮ヶ瀬ダムは大きな効果
 - 異常洪水時防災操作を行っても洪水波は遅らせている
- **異常洪水時防災操作と事前放流**
 - 容量の小さいダム(相当雨量50mm以下)では、異常洪水時防災操作
 - 容量の大きいダム(相当雨量100mm以上)では、かなり頑張った(効果大)
- **事前放流と実施上の課題と改善方策(SIP技術)**
 - 容量の小さいダムでは、予備放流や事前放流で容量の確保が重要
 - 相当雨量100mm以上へ、草木ダムが好例
 - スーパー台風を想定した「統合ダム管理システム」を開発中
 - 水資源機構・京大・日本気象協会、SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)
 - 10日以上前からのアンサンブル降雨予測に基づく「最適な事前放流手法」
 - 複数の降雨パターンの中から、治水・利水の両面で総合判断
 - 降雨量が非常に大きくなるパターンや、あまり降らないパターンを確率的に考慮
 - リードタイムを確保して、フル発電しながら水位低下すれば大きな経済効果