

2023年度河川技術に関するシンポジウム

長時間アンサンブル降雨予測情報を適用した 天竜川水系水力発電ダム群の運用高度化

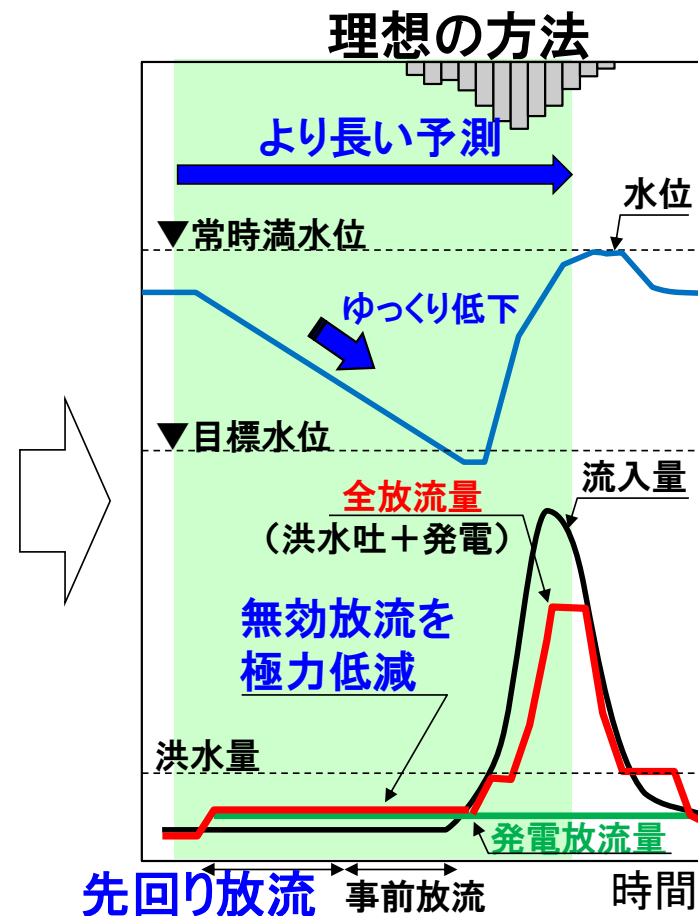
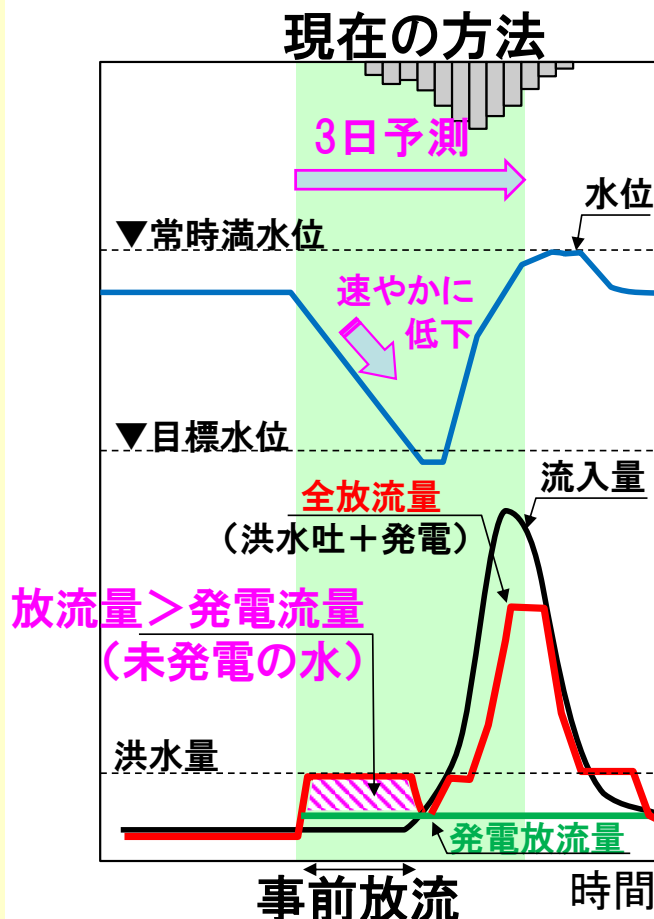
松原隆之○ 角哲也 中田有美

1. 検討目的

- ①水力発電量の増加(CO2削減) ②洪水軽減

目標:

長時間アンサンブル降雨予測を活用し、事前放流の実施可能性を前もって検知し、洪水吐から放流せずに発電放流のみで所定の水位まで段階的に低下させる事前放流(以下、段階的運用という)の実現



2. 検討手順・方法

(1) 検討手順

a) 長時間アンサンブル
降雨予測データ作成

佐久間ダム上流域平均予測雨量の
作成

b) 洪水発生を予見する
目安雨量の設定

洪水発生の10日程度前に洪水発生
を予見する目安予測雨量の設定

c) ダム操作シミュレーション

発電による事前放流と、洪水時の実
績流入量に基づく最適操作

d) 増電・洪水軽減
ポテンシャル評価

無効放流量と最大放流量の低減効果
を確認

2. 検討手順・方法

(2) 長時間アンサンブル降雨予測データ作成

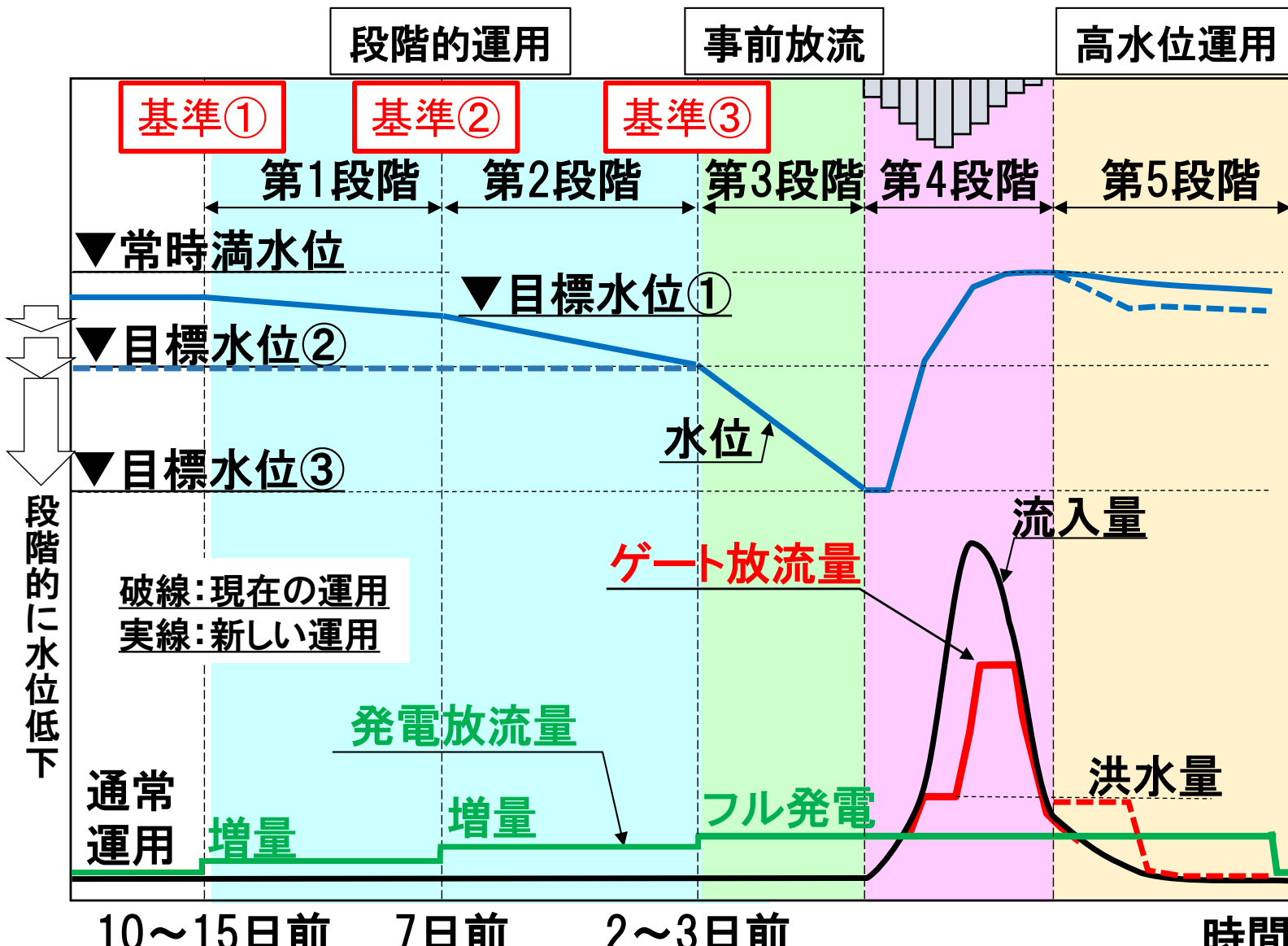
- ◆ 対象ダム群の運用は佐久間ダム運用が支配的であるため、佐久間ダム上流域平均予測雨量を作成

長時間アンサンブル降雨予測の仕様

項目	内容
対象流域	佐久間ダム上流域
解像度	5km格子・1時間単位 (ECMWF(25km格子・3時間単位)をAIダウンスケーリング)
予測時間	1～360時間先(15日先)
初期時刻数	1日2回(9時・21時初期時刻)
メンバ数	51メンバ
対象期間	2017~2022年(4~10月)

2. 検討手順・方法

(3) 洪水発生を予見する目安雨量の設定



洪水の1週間以上前に洪水を予見し、3段階で目標水位①~③に水位低下できる基準①~③を設定

段階的に水位低下させることで、予測が途中で変化して空振りとなっても、影響を抑制

2. 検討手順・方法

(3) 洪水発生を予測する目安雨量の設定

【仮説】

一般的に総雨量と総流入量(≡出水規模)は相関が高く、予測累積雨量がある閾値を(目安雨量)超えると洪水発生の可能性が高いと判断できないか

【検証方法】

- ① 予測リードタイム15日を3分割し、5日累積予測雨量、10日累積予測雨量、15日累積予測雨量を適用(51メンバーの単純平均)
- ② 目安雨量は、3種類の累積予測雨量について、100~300mmの範囲で10mm単位で変化させながら、洪水を見逃しなく、かつ、空振り(予測が目安雨量を越えても洪水が発生しないケース)の頻度ができるだけ少なくなるよう、試行錯誤的に検索・設定

目安雨量設定のイメージ

	基準①	基準②	基準③
目安雨量	0~15日累積 ○○mm	0~10日累積 △△mm	0~5日累積 ××mm

2. 検討手順・方法

(4) ダム操作シミュレーション(4ダム連携操作の条件)

▼常時満水位 EL.505.0m
▼目標水位③ EL.465.0m(低水位)

水窪ダム 発電放流量	
1段階目	通常運転
2段階目	通常運転
3段階目	26.5m ³ /s

①目標水位:
下流ダム⇨上流ダムの
順に発電で水位低下

▼常時満水位 EL.260.0m
▼目標水位① EL.252.0m
▼目標水位② EL.246.5m(洪水吐敷高)
▼目標水位③ EL.239.0m(事前放流水位)

②発電放流量:
・船明はフル発電
・水窪・佐久間・秋葉は船明の無効放流量を抑制するため、段階的に発電量を増加
・船明ダム下流の鹿島地点における水位上昇量制限40cm/日も考慮

佐久間ダム 発電放流量	
1段階目	229m ³ /s
2段階目	229m ³ /s
3段階目	306m ³ /s

▼常時満水位 EL.108.0m
▼目標水位①~③ EL.105.0m(低水位+1m)

秋葉ダム 発電放流量	
1段階目	220m ³ /s
2段階目	275m ³ /s
3段階目	330m ³ /s

▼常時満水位 EL.57.0m
▼目標水位①~③ EL.54.8m(低水位)

船明ダム 発電放流量	
1段階目	270m ³ /s
2段階目	270m ³ /s
3段階目	270m ³ /s

③洪水中の放流操作:
実績流入量に基づく最適操作(ピークカット)により実績水位まで水位回復

段階的運用基準(目標水位及び水位低下時の発電放流量)

2. 検討手順・方法

(5) 増電および洪水軽減ポテンシャル評価

【増電ポテンシャル】

無効放流量(洪水吐からの総放流量)の実績とシミュレーションの差分に電水比を乗じて算出した増電量(kWh)で評価

$$\text{増電量} = [\text{無効放流量(実績)} - \text{無効放流量(計算)}] \times \text{電水比} \\ - \text{減電量}^{\ast}$$

※減電量:水位低下期間中の有効落差減少に伴う発電量減少分

【洪水軽減ポテンシャル】

洪水時の実績とシミュレーションのピークカット率(%)の比較で評価

$$\text{ピークカット率} = (1 - \text{最大放流量} / \text{最大流入量}) \times 100$$

3. 検討結果

(1) 洪水発生を予見する目安雨量(1/3)

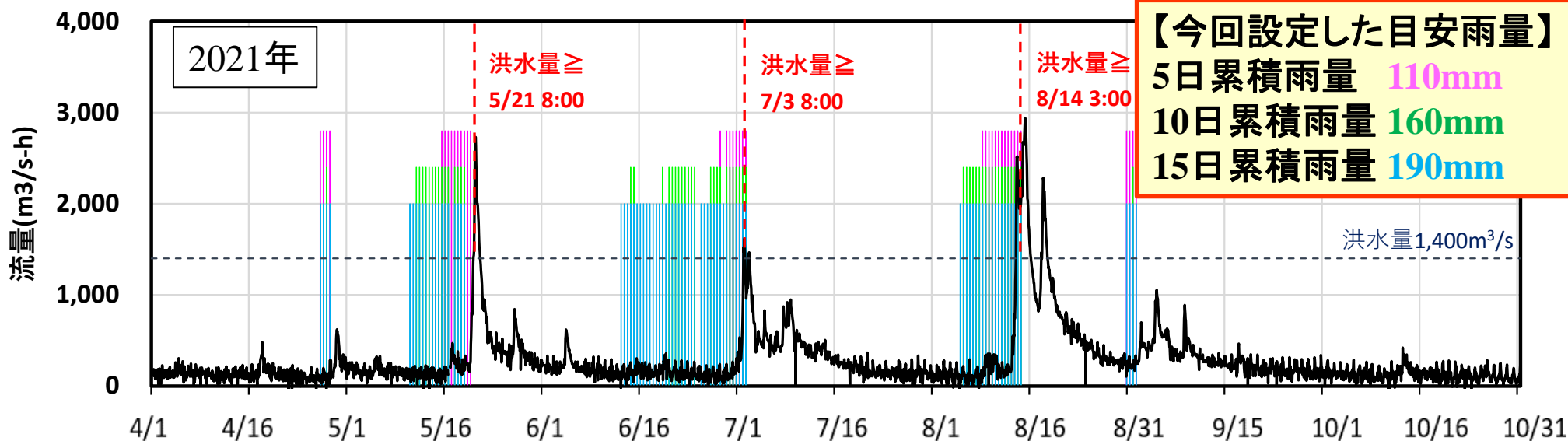
◆ 今回設定した目安雨量

5日累積雨量 **110mm** 10日累積雨量 **160mm** 15日累積雨量 **190mm**

◆ 結果:

- ① 見逃しなく概ね1週間程度前に洪水の発生を予測可能
- ② 空振りは生じるものの完全な空振りはない

⇒ 51メンバーの単純平均予測雨量による目安雨量でも実用可能なレベル



佐久間ダム実績流入量と目安雨量超過期間の関係(2021年)

3. 検討結果

(1) 洪水発生を予見する目安雨量(2/3) -パラスタ結果-

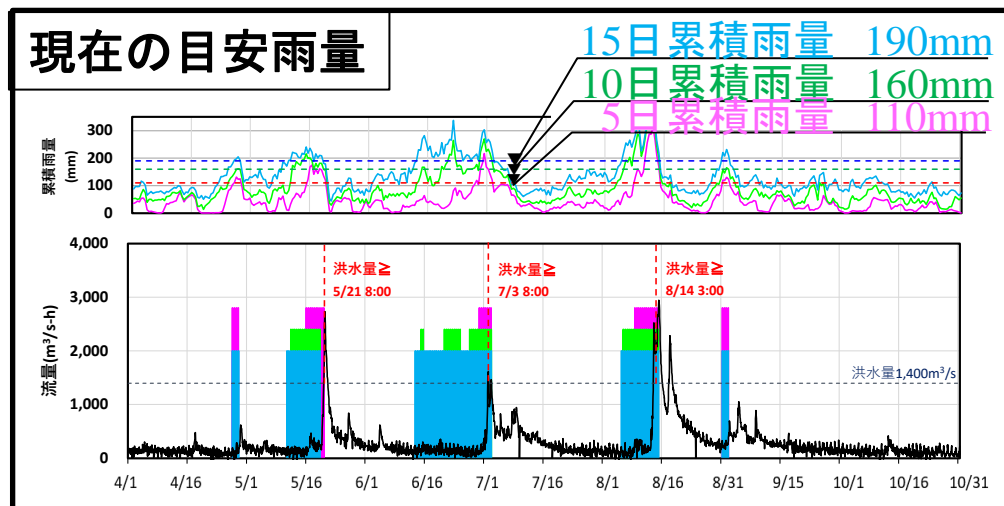
【目安雨量-10mm】

✓ 全体的に空振りが増加

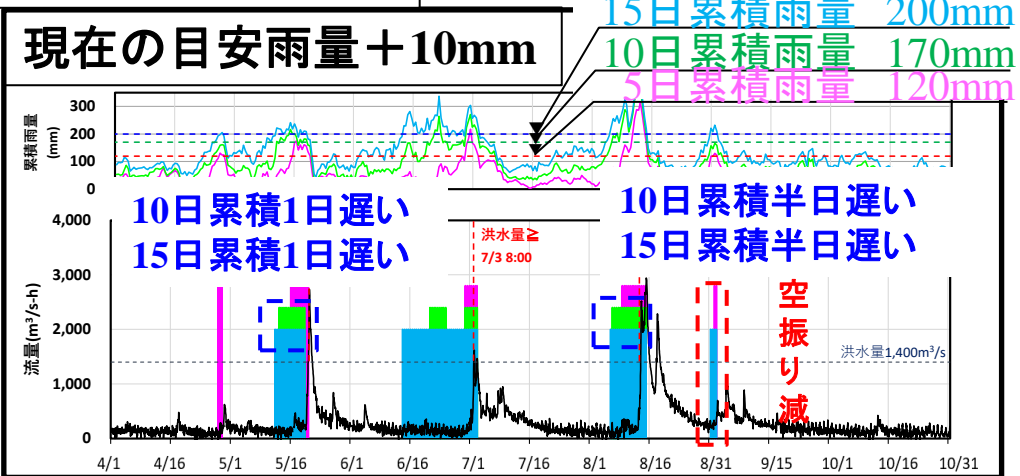
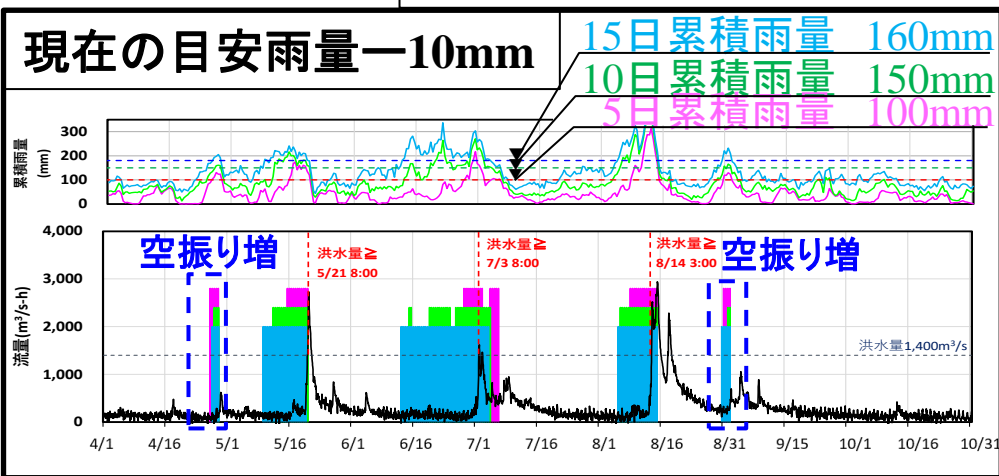
【目安雨量+10mm】

✓ 全体的に空振りが減少するが、水位低下開始が半日~1日程度遅れる

⇒ 実際の発電運用における空振り影響や制約を考慮して設定する必要がある。



— 5日累積雨量予測 — 10日累積雨量予測 — 15日累積雨量

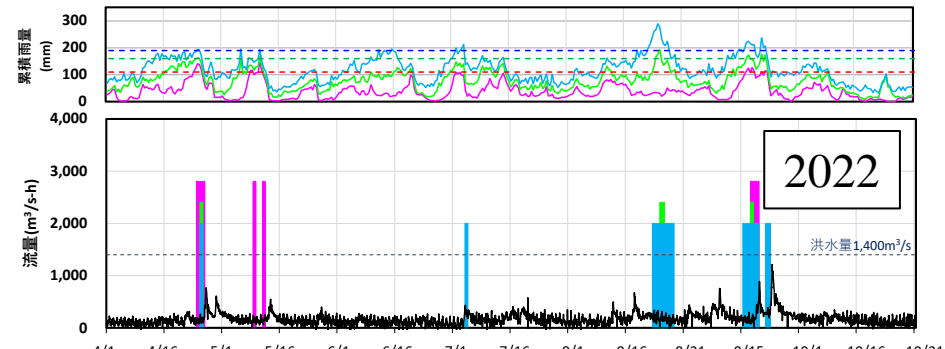
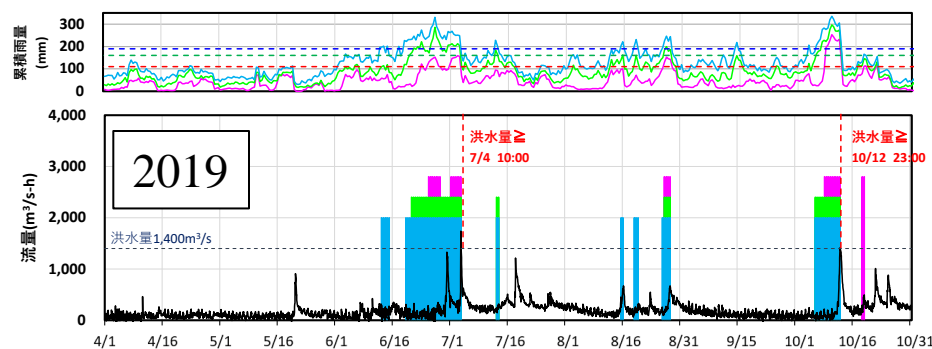
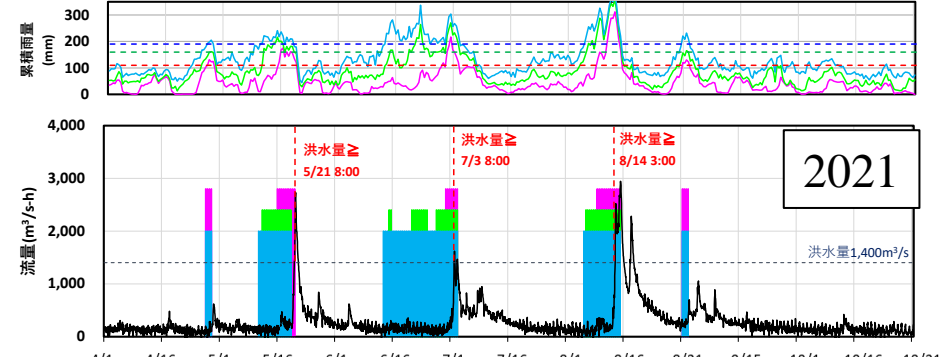
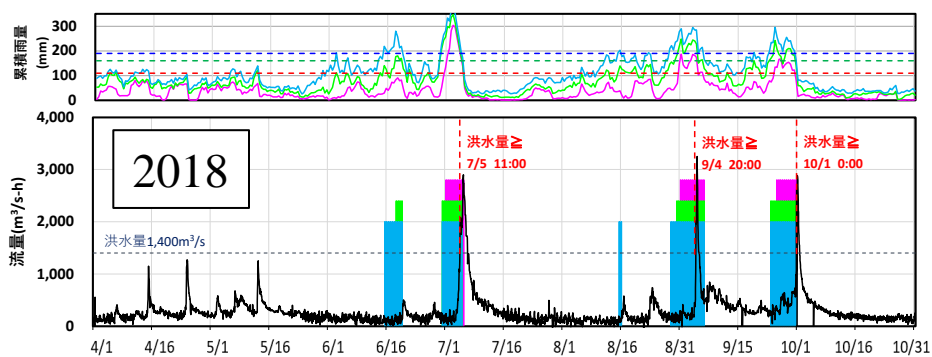
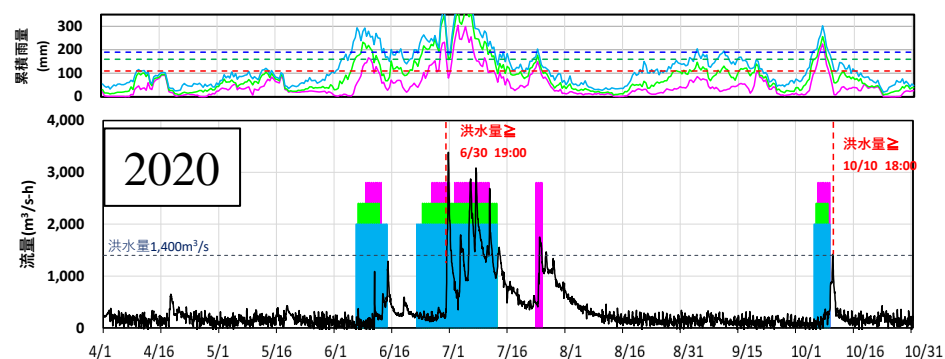
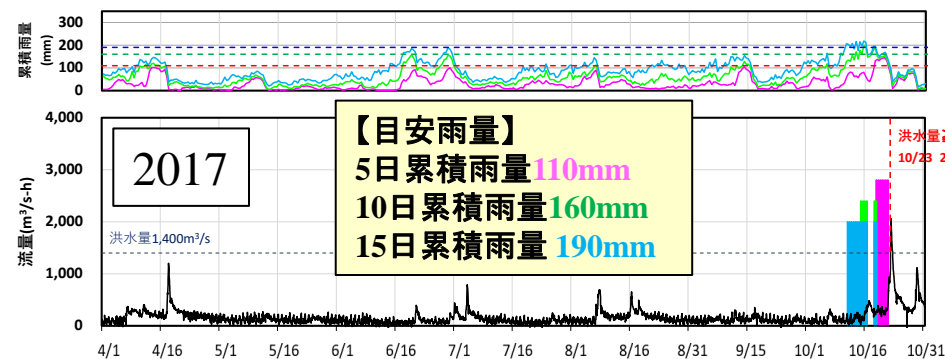


— 佐久間ダム流入量 — 段階的運用期間(5日累積予測) — 段階的運用期間(10日累積予測) — 段階的運用期間(15日累積予測)

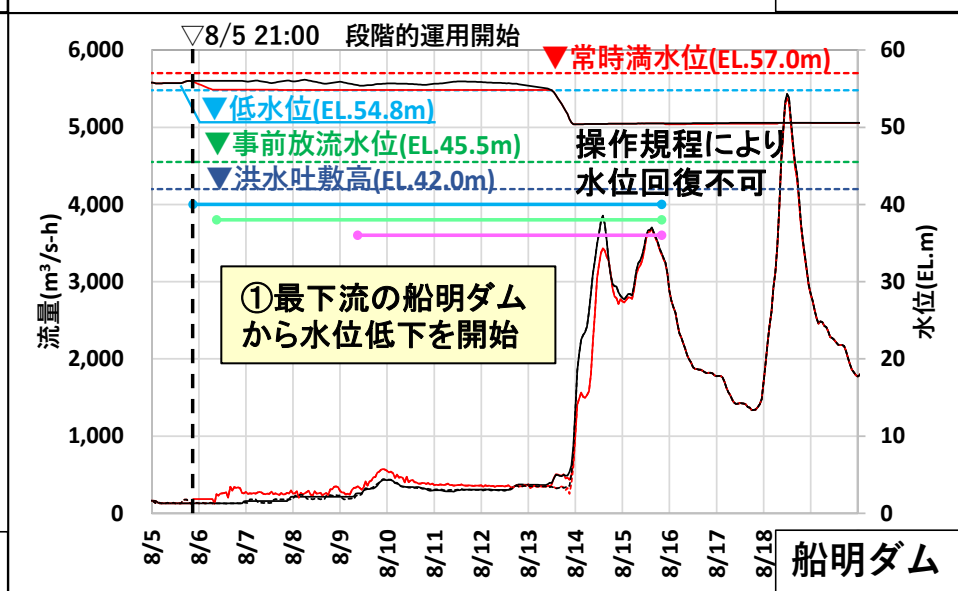
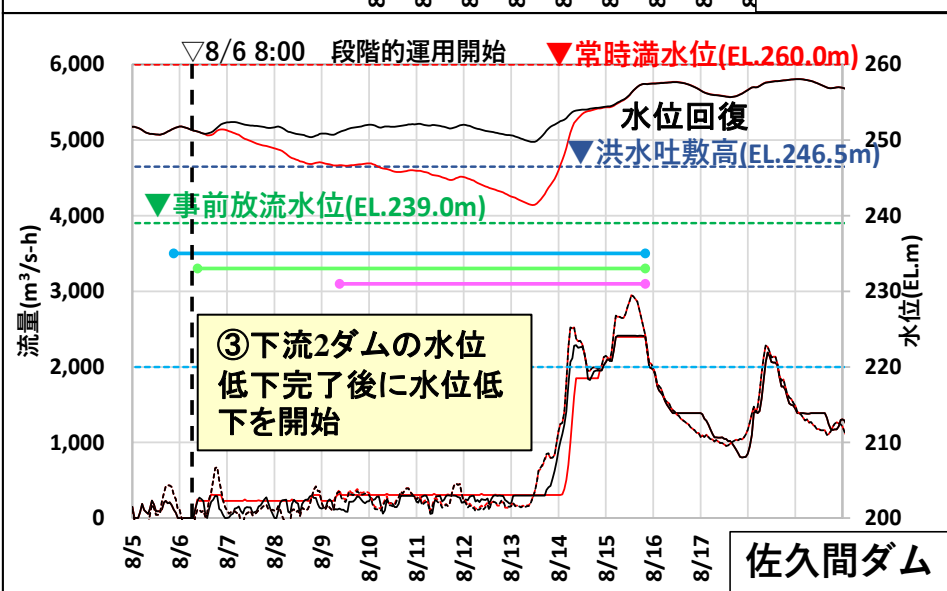
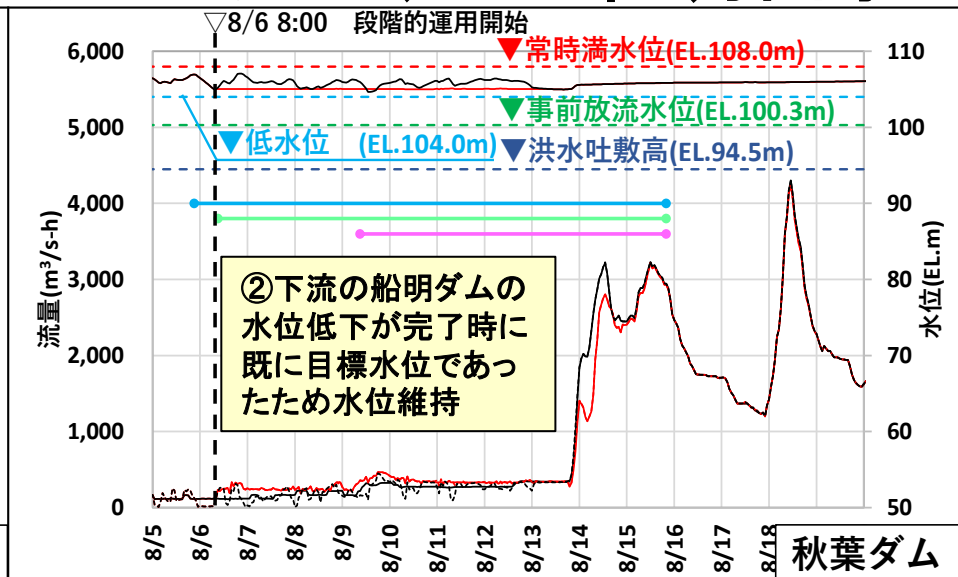
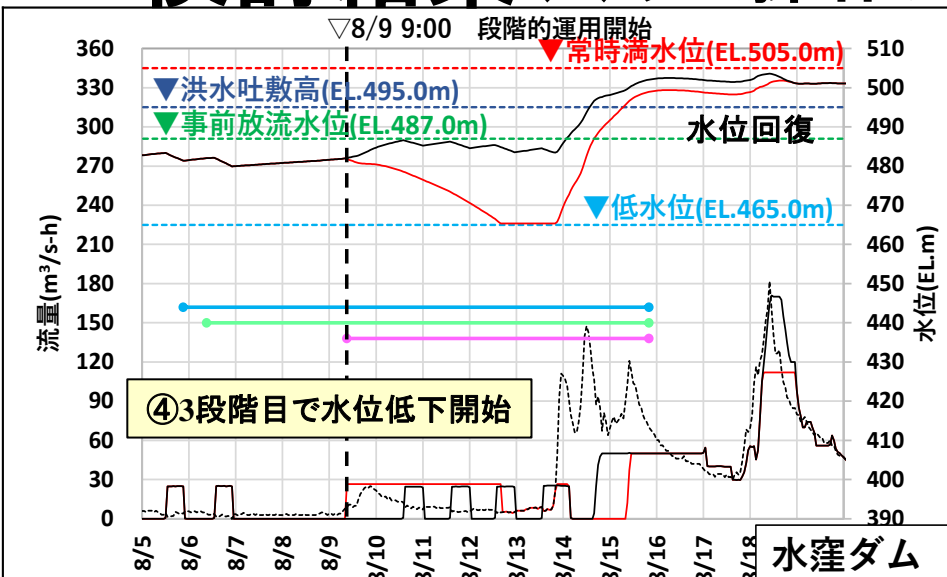
3. 検討結果

(1) 洪水発生を予見する目安雨量(3/3)-2017~2022年の結果-

— 佐久間ダム流入量
 — 段階的運用期間(5日累積予測)
 — 段階的運用期間(10日累積予測)
 — 段階的運用期間(15日累積予測)



3. 検討結果(2)ダム操作シミュレーション(2021年8月出水の例)



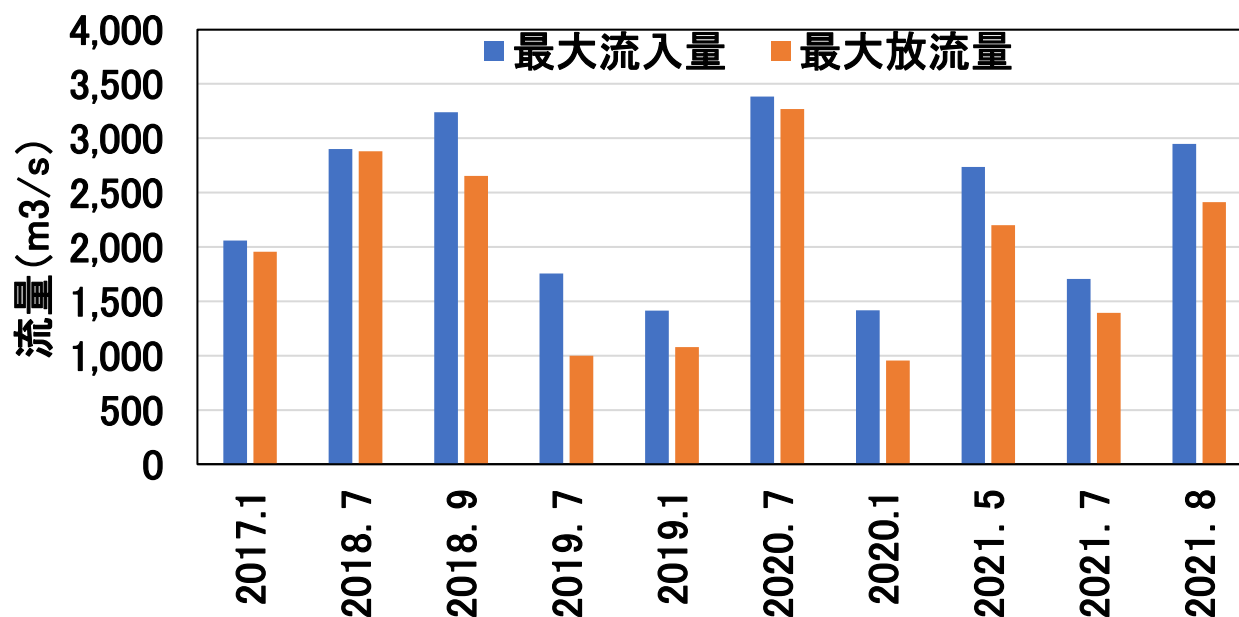
— 水位 (実績)
 - - - 流入量 (実績)
 — 放流量 (実績)
 — 水位 (計算)
 - - - 流入量 (計算)
 — 放流量 (計算)

●—● 段階的運用期間(15日累積予測)
 ●—● 段階的運用期間(10日累積予測)
 ●—● 段階的運用期間(5日累積予測)

3. 検討結果

(3) 増電および洪水軽減ポテンシャル(1/2)

- ✓ 2017～2022年暖候期(4～10月)を対象に実施したダム操作シミュレーション結果より増電および洪水軽減ポテンシャルを評価
- ✓ 対象期間中に発生した洪水(佐久間ダム流入量が洪水量1,400m³/s以上)の事例数は10事例(2022年は洪水事例無し)



佐久間ダム
洪水量1,400m³/s

出水事例(発生年月)

対象期間中の洪水実績(佐久間ダムの最大流入量・最大放流量)

3. 検討結果

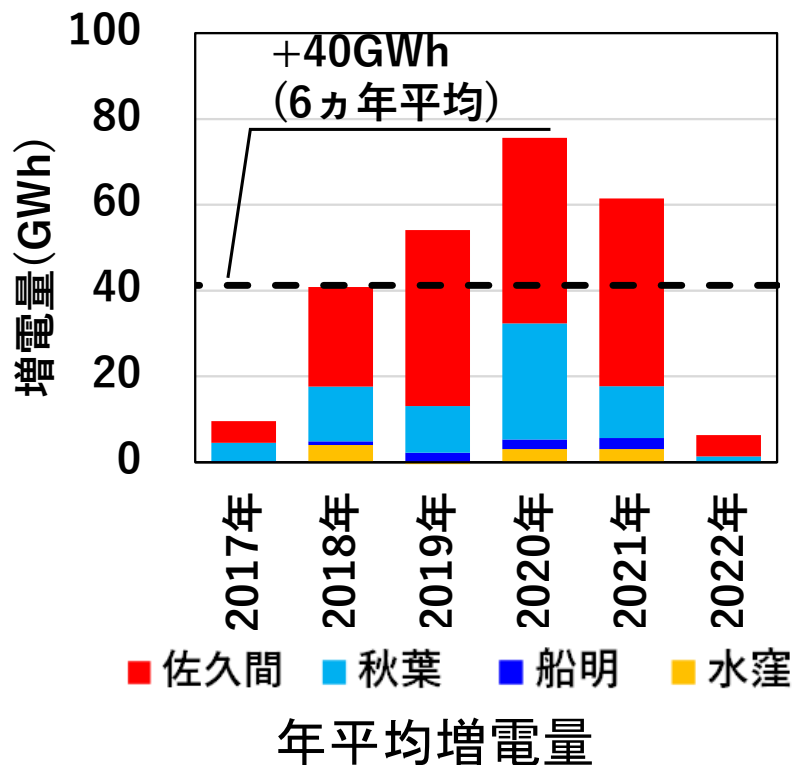
(3) 増電および洪水軽減ポテンシャル(2/2)

① 増電ポテンシャル

- ・年平均で約40GWh(年間電力消費量約9,000世帯相当)の増電の可能性
- ・段階的運用で確保される容量が最も大きい佐久間ダムの増電量が大

② 洪水軽減ポテンシャル

- ・I類ダムの佐久間ダムはポテンシャル大
- ・船明ダムは現行の操作規程により洪水中に予備放流水位を維持する必要があり、ピークカットができないためピークカット率が0%



10出水平均ピークカット率

ダム名	実績	計算	増減
水窪ダム	45%	53%	+8%
佐久間ダム	18%	42%	+24%
秋葉ダム	1%	5%	+4%
船明ダム	0%	0%	±0%

(ピークカット率)

$$Pc (\%) = (1 - (Q_{dmax} / Q_{imax})) \times 100$$

Q_{dmax} : 最大放流量 (計算) (m³/s)

Q_{imax} : 最大流入量 (計算) (m³/s)

4. まとめ

【成果】

- ✓ 長時間アンサンブル降雨予測について、簡便に51メンバ単純平均の予測情報を適用しても、洪水の概ね1週間前に洪水の発生を精度よく予測可能であることを確認
- ✓ 3段階の段階的な事前放流の実施基準・運用方法を設定することで、発電放流による効率的な事前放流が可能であることを確認
- ✓ 増電ポテンシャル約40GWh／年、ピークカット率+4～24%増加の可能性を確認

【今後の課題】

- ✓ 本研究では目安雨量を試行錯誤的に設定したため、データ蓄積・検証による目安雨量を更新・最適化する必要
- ✓ 最大限の効果を得るためには、短期降雨予測精度向上による洪水中操作の最適化や洪水中の放流操作ルールの変更が必要
- ✓ 流域面積の小さい中小ダムへの適用性評価
- ✓ アンサンブル情報の利点(予測幅、誤差傾向等)を考慮した合理的な利活用方法

謝辞: SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)より長時間アンサンブル降雨予測情報をご提供いただきました。