

アンサンブル降雨予測を利用した多目的ダム運用の最適化に関する研究 Study on Optimization of Multi-Purpose Dam Operation Using Ensemble Rainfall Prediction

○岡本悠希・小柴孝太・田中智大・角哲也

○Yuki OKAMOTO, Takahiro KOSHIBA, Tomohiro TANAKA, Tetsuya SUMI

The severe flooding and the energy loss during floods at hydropower plants have become an issue. This study investigated dam operations that benefit both flood control and water utilization by pre-release and optimizing flood control operations using ensemble rainfall prediction. By minimizing the maximum dam outflow, not only the maximum dam outflow but also the energy loss, which directly affects the amount of electricity generated, was reduced. In addition, both flood control and water utilization benefits were increased by pre-release, confirming the advantages of using ensemble rainfall prediction for dam operation (91 words).

1. はじめに

大規模洪水の更なる激甚化とともに、水力発電ダムにおける、発電最大使用水量を超過して放流された「無効放流」が課題である。SIP第2期では、アンサンブル降雨予測を利用して、洪水調節機能の増強と水力発電の増大を目指す取組が行われた。BRIDGEでは、新たな運用マニュアルの検討が行われているが、アンサンブル降雨予測を利用してダム操作を最適化する検討は不十分である。そこで、アンサンブル降雨予測を用いて多目的ダムの操作を最適化し、治水・利水双方にメリットがあるダム操作について検討することを本研究の目的とした。なお、上流に配置された多目的ダムの操作が、下流の治水や利水に大きな影響を与える矢作川水系を研究対象とした(図-1)。



図-1 矢作川流域図

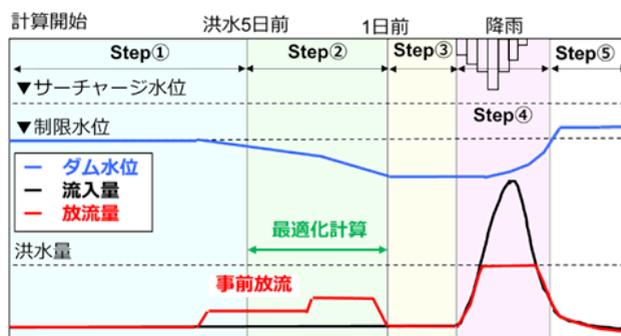


図-2 計算の流れ

2. 研究手法

流出計算には、最適化計算に適した分布型流出モデル 1K-DHM を使用する。最適化アルゴリズムには、局所最適化に陥りにくい SCE-UA 法を使用する。計算は図-2 に示す 5 段階に分けて行う。

Step① 最適化計算は行わず、10 日以内に回復可能な分だけ事前放流を行う。

Step② 5 日以内に洪水が予測されたら、事前放流と並行して最適化計算を行う。

Step③ : 1 日以内に洪水が予測されたら、最適化と事前放流を終了し、パラメータを決める。

Step④ ③で定めたパラメータで洪水調節を行う。

Step⑤ ダムの放流量は流入量と等しくする。

3. 洪水調節操作の最適化と考察

第一段階として、ダムの最大放流量が最小となるように、一定量放流方式の洪水調節操作の最適化を行った。またアンサンブル降雨予測の全 51 メンバーを、最大 24 時間流入量に基づいた 5 つのグループ(上位: 1~5 位, 中上位: 6~15 位, 中位: 16~36 位, 中下位: 37~46 位, 下位: 47~51 位)に分類して考察した。図-3 は最適化結果を示した散布図である。横軸は最適化された洪水調節開始流量、縦軸は最適化に基づいて洪水調節を行った際の最大放流量、プロットの色は予測流入量に基づいた 5 グループに対応している。予測流入

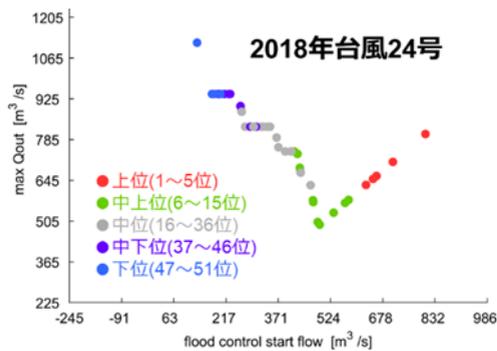


図-3 洪水調節開始流量と最大放流量の関係

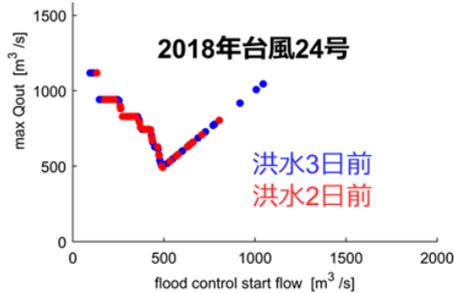


図-4 予測発表時刻別の結果

量の精度が高かった中上位メンバーが最大放流量を大きく低減した一方、過小・過大予測したメンバーでは放流量が増大した。また、最大放流量を大きく低減したメンバーが発電所の無効放流量も低減したことから、流入量を精度よく予測したメンバーを使用した最適化により、治水・利水効果がともに得られることが分かった。

図-4は図-3(洪水2日前に発表された予測の結果)と、その1日前に発表された予測の結果を重ねたものである。洪水が近づくにつれて、過小予測側・過大予測側の範囲がともに狭まっている。最適化結果の不確実性が低下していくことから、本研究の最適化手法がリアルタイムの意思決定に有効であると考えられる。

4. 出水を通したダム運用の最適化と考察

第二段階として、アンサンブル降雨予測を利用した事前放流と最適化計算を組み合わせた。事前放流の放流量は、水位回復に充てることのできる、回復可能水量をもとに決定される。回復可能水量の順位に基づいて3つの事前放流シナリオ(P1: 47~51位, P2: 37~46位, P3: 16~51位)を設定した。また、これまで使用してきた最大24時間流入量に基づく5つのグループ内で、最適化されたパラメータの平均値を使用することを想定し、5つの洪水調節シナリオを設定した(F1: 上位, F2: 中上位, F3: 中位, F4: 中下位, F5: 下位)。

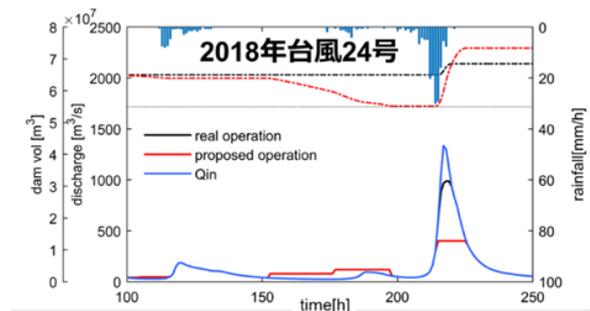


図-5 実操作と提案された操作の比較

(1) シナリオ別の治水・利水効果の比較

効果が不十分となったP1と異なり、P2とP3は下限近くまで水位を下げる事ができたが、下流への影響や予測が空振りした際の利水リスクを考慮すると、より緩やかな事前放流が可能なP2が最適であると考えられる。そこで、以降では事前放流シナリオとしてP2を採用する。

P2による事前放流と組み合わせると、5つの洪水調節シナリオの効果を比較した。洪水調節操作の最適化のみを行った場合に比べて、事前放流により治水・利水効果が増大した。最も効果的となる洪水調節シナリオはイベントごとに異なり、F1, F2, F3が最適となる場合があった。そこで、イベントによらず効果的なダム操作を提案するため、上位~中位のバランスをとった新たな洪水調節シナリオF6(上位~中位)を考える。

(2) 実操作への適用方法に関する提案

ダム管理者が最適化結果をそのまま採用することは難しいので、予め候補を用意し、P2-F6(回復可能水量37~46位に基づく事前放流と、予測流入量が上位~中位のメンバーによる最適化)をもとに操作を選択する「型紙操作」を考える。図-5は実操作と提案された操作の比較である。事前放流と洪水調節操作の更新によって最大放流量が大きく減少した(59%減)。洪水時の放流が抑えられることで、無効放流量も低減された(36%減)。他の出水においても同様の効果を確認した。

5. まとめ

「ダムの最大放流量の最小化」によって、最大放流量とともに、増電に直結する発電所の無効放流量も低減され、事前放流を組み合わせることで効果が大きくなった。また、洪水が近づくとき最適化の不確実性が小さくなることを確認し、アンサンブル降雨予測を利用した治水・利水双方にメリットがあるダム操作を提案することができた。