

ECMWF 中期アンサンブル降雨予測情報を活用した発電ダムの事前放流
 Preliminary Release of Hydropower Dam Considering ECMWF Medium-range
 Ensemble Rainfall Forecast

○野原大督・木谷和大・道広有理・角 哲也

○Daisuke NOHARA, Kazuhiro KITANI, Yuri MICHIIRO, Tetsuya SUMI

A simulation-based study was conducted to analyze the effectiveness to consider the Medium Range Ensemble Rainfall Forecast of ECMWF in decision making for prior release of a hydropower dam. Prior release is initiated based on an ensemble member with the third greatest value of the maximum inflow rate, while the amount to release is determined by ensemble members with smaller values of predicted total inflow volume. As a result of the application to a hypothetical target dam, it was demonstrated that the proposed method could effectively enhance its flood control capability while ensuring storage recovery.

1. はじめに

近年,我が国では大規模な洪水が多発しており,既存の治水施設の洪水調節能力を上回るような規模の洪水も発生している. 気候変動の影響により極端な豪雨の発生頻度が今後増加することも懸念されており, こうした大規模な洪水に対応し得るようなダム治水操作手法の確立が求められている.

ダムの治水機能向上の方策の一つとして近年着目されているのが事前放流である. 運用面での工夫によって既存ダムの治水機能の向上が図れることから, 特に大規模な洪水時の被害軽減へ向けた即効性のある有効な手段として期待されている. 一方で, 事前放流の実施判断の基礎となる降雨予測には本質的に不確実性が含まれ, どのような予測情報を考慮してどの段階で事前放流の実施判断を行うのが有効なのかは, いまだ確立されていないのが現状である.

予測情報の不確実性を加味するために, 近年, 現業気象予報に導入されている長時間アンサンブル予測情報を事前放流の意思決定に活用するための研究も行われている. 参照する予測情報のリードタイムが長くなれば, 事前放流を早期から実施できる可能性が高まり, 多くの貯留水を事前にダムから放流することが可能となることから, 特に大規模出水が予測される場合にダムの洪水調節機能の一層の増強につながると期待される. また, 水補給や発電を目的とする利水専用ダムでは, 事前放流に利用できる放流管の放流能力が小さいことも多く, 一定程度の貯水量低下を行うためには

長い時間を要する傾向にあることから, 予測情報のリードタイムが長くなることは有利である.

本研究では, 上述の課題に鑑み, 15日先までのECMWF 中期アンサンブル降雨予測情報に基づいたダム事前放流操作のシミュレーションモデルを構築し, 発電ダムを対象とした事前放流操作の意思決定に長時間アンサンブル予測情報を利用することの有効性について分析を行った.

2. 分析の方法

降雨予測情報はECMWF 中期アンサンブル予報の全球降水量予報値を利用した. 予測期間は15日先(360時間先)まで, 予報モデルの時間分解能は144時間先までが3時間, 360時間先までが6時間, 空間分解能は0.25°(約25km), アンサンブルメンバ数は51である. 本研究では, ダム周辺などのような山地における降雨への地形効果が十分に加味できるよう, この予報値に頻度バイアス補正を施した上で, 統計的空間ダウンスケーリング³⁾を行うことで作成した1kmメッシュの降水量予測値¹⁾を利用した. ECMWF 中期アンサンブル予報の更新頻度は1日2回(0時UTC, 12時UTC)であるが, 本研究ではデータ処理量と計算負荷の軽減のため, 各日とも初期値が12時UTCの予報値のみを利用した.

次に, アンサンブル降雨予測値から, 降雨流出モデルを使って対象ダムのアンサンブル流入量予測値を算出した. 降雨流出モデルには, 分布型流出モデルHydro-BEAMを用いた. 上述のように降

雨予測値は3時間降水量または6時間降水量の形式で与えられるが、これらを時間平均することで時間降水量の予測値を算出し、Hydro-BEAMの入力値とすることで、360時間先までの時間流入量の予測値を算出した。

3. 事前放流の意思決定手法

本研究では先行研究¹⁾と同様に、アンサンブル予測に含まれる51の予測メンバのうち、各時刻の上位の予測流入量によって事前放流の実施の可否を決定する方式を採用した。具体的には、次の条件が満たされる場合に事前放流を実施する。

$$\max_{1 \leq l \leq L} \left\{ i\text{-th greatest} \left(q_{m,l}^* \right) \right\} > Q_F \quad (i=3) \quad (1)$$

ここに、 $q_{m,l}^*$ はメンバ m による l 時間先の流入量予測値(m^3/s)、 Q_F は洪水発生基準となる流量(以下、洪水流量と呼ぶ)(m^3/s)である。洪水調節容量を持つダムでは、予測期間内の洪水貯留すべき流入量の総量が洪水調節容量を超えるかどうかを事前放流の判断基準とすることも考えられるが、利水専用ダムでは洪水調節容量を持たないため、式(1)のような条件とした。

また、事前放流実施時の放流量は、予測期間内の総流入量が下位第1~5位のメンバの平均を用いて貯水量が回復可能な総事前放流量を算出した上で、出水が予想される時刻までに事前放流が完了するよう一定の割合で放流するものとし、次式により算出した。

$$r_{\text{PR}} = \frac{v_{\text{PR}}}{t_{\text{F}} - t_{\text{L}}} \quad (2)$$

$$v_{\text{PR}} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \left[k\text{-th smallest} \left\{ \alpha \sum_{l=1}^L (q_{m,l}^* - d_l) \cdot \delta_s \right\} \right] \quad (3)$$

ここに、 r_{PR} は各時点の事前放流量(m^3/s)、 v_{PR} は事前放流の総量(事前放流可能量)(m^3)、 t_{F} は現時点から上位第3位の予測において洪水流量以上の流入量が予測される時点までの時間(秒)、 t_{L} は事前放流(貯水量低下)を完了してから洪水調節が開始されるまでに確保すべき時間(秒)、 d_l は l 時間先の確保放流量(m^3/s)、 δ_s は時間ステップあたりの秒数(本研究では $\delta_s=3600$)、 M はアンサンブルメンバ数(本研究では $M=51$)、 K は事前放流量の算出時に考慮する下位予測メンバの順位の上限で、本研究では $K=5$ である。また、 α は期間総流出量のうちどの程度を貯水量回復のために利用できるかを表す定数で、本研究では少なくとも流入量のピーク以降の流入水は貯留に利用でき

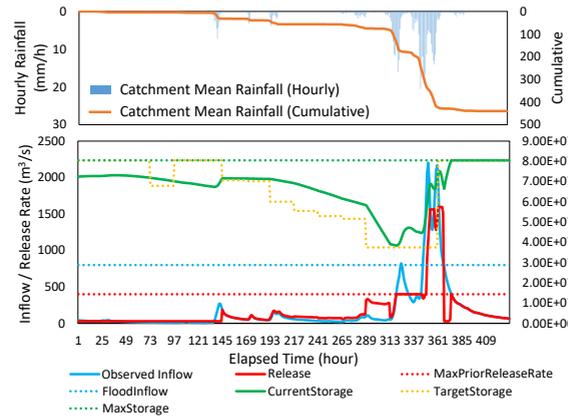


図1 出水事例1でのダム諸量の推移(操作方法A)

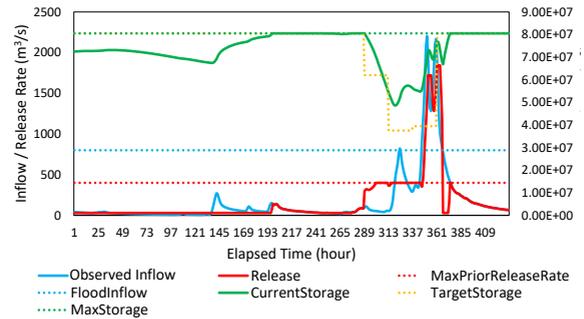


図2 出水事例1でのダム諸量の推移(操作方法B)

ると考え、 $\alpha=0.5$ としている。

4. 適用と考察

以上の手法の有効性を検討するため、高梁川水系新成羽川ダムを基にしたモデルダムを対象に適用を行った。2013~2018年にモデルダムにおいて観測された出水事例の中から6事例を抽出し、分析の対象とした。出水事例1において、15日先までの長時間アンサンブル予測情報を考慮した場合(操作方法A)の事前放流・洪水調節操作の状況を図1に、3日前の短時間予測情報を考慮した場合(操作方法B)の操作状況を図2に示す。長時間アンサンブル予測情報を考慮した場合には、出水の約11日前より事前放流の必要性が判断できており、貯水位回復が見込める量の事前放流を早期より段階的に実施できていることが分かる。それに伴って最終的に空き容量を大きく確保できており、大きな洪水調節効果が得られている。その他の検討事例については、発表当日に紹介する。

参考文献

- 1) 木谷和大・増田有俊・野原大督・角哲也: 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に関する基礎的検討, 土木学会論文集 B1(水工学), 74(5), pp. I_1321-I_1326, 2018.