

長時間アンサンブル降雨予測を用いた黒部ダムの発電高度運用  
および増減電評価手法の提案

Advanced Hydropower Operation and Power Variation Evaluation for the Kurobe Dam Using Long-term Ensemble Rainfall Forecasts

廣田康起・荒木壯則・○仲浩明・中島洋・有光剛・角哲也

Koki HIROTA・Takenori ARAKI・○Hiroaki NAKA・Hiroshi NAKAJIMA・Tsuyoshi ARIMITSU・Tetsuya SUMI

Long-term ensemble rainfall forecasts are expected to provide earlier warnings of extreme floods and enable advance drawdown through turbine intake, expanding flood-control storage and improving hydropower performance. For the Kurobe Dam, we developed a pre-release rule using a 15-day ensemble rainfall forecast. Daily forecasts of total inflow for lead times of 7–13 days are computed and compared with month-specific thresholds; when exceedance persists for two consecutive days, turbine intake is maximized to draw down the reservoir in advance and suppress ineffective releases. A trial operation in June–July 2024 indicated that forecast false alarms may occur. We therefore introduce an index, expected power generation gain, linking inflow over/underestimation to changes in generated energy, to support selection of ensemble-member sets and forecast windows.

### 1. はじめに

近年、豪雨災害の激甚化と脱炭素化への対応を背景に、治水と利水を両立するダム運用の高度化が求められている。その一環として、長時間アンサンブル降雨予測を用い、出水前に発電取水による放流を行う先使い運用の検討が進められている。

本研究では、黒部ダムを対象に 15 日間アンサンブル降雨予測を用いた先使い運用ルールを策定し、試行運用を実施した。さらに、アンサンブルメンバ選定手法の課題に着目し、増減電評価手法として、過大予測や過小予測の程度と先使い運用に伴う増減電量を組み合わせた「増電効果の期待値」という指標の導入を試みた。

### 2. 黒部ダム運用の課題

黒部ダムでは昭和 45 年以降、ゲート放流抑制のため、出水期に常時満水位より 5 m 低い警戒水位を設定し、水位が警戒水位に到達するおそれがある場合には、バルブ放流により水位上昇を抑制している。一方、黒部ダム下流のダムは堆砂の進行により貯水機能が乏しく、黒部ダムからのバルブ放流は下流でも無効放流となるため、水系全体として大きな減電につながる。このため通常運用では、過去 20 年間で 3 番目に大きい出水が発生した場合でも、発電取水量を最大とすることで警戒水位を超過しない水位を運用目標水位として設定している。しかし、これを超過する規模の出水

(以下、基準超出水) ではバルブ放流が発生し得ることから、基準超出水時のバルブ放流抑制が課題である。そこで本研究では、バルブ放流発生リスクが高い 6~7 月を対象に、長時間アンサンブル降雨予測を用いて基準超出水を早期に予測し、先使い運用を行うルールを策定した。

### 3. 先使い運用ルール

本研究では、ECMWF 中期アンサンブル予報をダウンスケーリングした 15 日間アンサンブル降雨予測データを使用した。先使い運用期間中は、日々 7~13 日後の黒部ダムへの予測総流入量を算定し、過去の出水事例における予測精度に基づき月別に設定した閾値と比較する。その結果、予測値が 2 日連続で閾値を超過した場合に、発電使用水量を最大限増加して先使い運用を実施する。

予測流入量を算出するメンバについては、予測総流入量に基づきアンサンブル降雨予測データのメンバを降順に順位付けしたうえで、基準超出水の見逃しリスク低減を目的に、すべての組み合わせに 1 位メンバを含めた複数のメンバ構成について RMSE を比較した。その結果、RMSE が最小となる 1 位~8 位メンバの平均値を採用した。また、予測対象期間を 7~13 日後としたのは、先使い運用の実施決定後に発電計画を変更し、発電取水によって黒部ダム水位を少なくとも 1 m 低下させるために必要な期間を確保するためである。

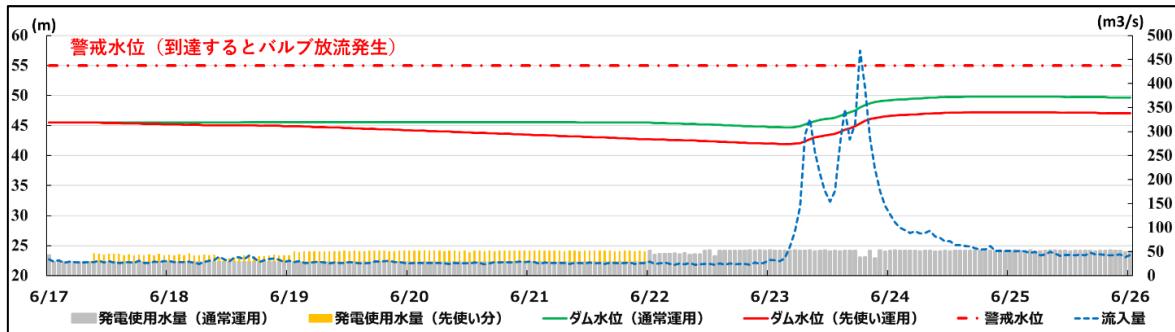


図-1 黒部ダムにおける試行運用の実績水位と想定通常運用時の水位の比較

#### 4. 試行運用の結果

試行運用は 2024 年 6 月、7 月に実施した。試行運用期間中に基準超出水の発生を予測し、先使い運用を実施した事例は 3 件であった。そのうち、6 月 17 日～6 月 21 日に先使い運用を実施した事例について、想定通常運用時におけるダム水位との比較結果を図-1 に示す。その結果、通常運用においてもダム水位は警戒水位に到達していなかつたと推定され、施行運用における基準超出水予測は空振りであり、通常運用では黒部ダムで貯留可能であった水を、貯水機能が乏しい下流ダムへ放流した結果、下流ダムにおける無効放流量は増大した。本結果は他 2 事例についても確認された。

#### 5. 増減電評価手法の提案

メンバ選定の指標として用いた RMSE は、予測値と実測値の差の大きさのみを評価するものであり、流入量の過大予測や過小予測が発生した場合の増減電への影響度合いを考慮できないという課題がある。そこで本研究では、バルブ放流抑制時の増電効果とその抑制率、ならびに空振り発生時の減電損失と発生率を定量化し、これらを組み合わせた「増電効果の期待値」の導入を検討した。

具体的には、まず、バルブ放流を抑制した場合の増電効果および、空振りとなった場合の減電損失を、黒部川水系の各発電所の発電能力から定量化した。次に、先使いにより使用した発電使用水量に対する抑制できた無効放流量または発生した下流溢水量の比率から、無効放流抑制率および空振り発生率を算定した。これらの効果または損失に対応する抑制率または発生率を乗じることで期待値を算出した。なお、本評価では空振りリスク低減を目的として、メンバ構成に必ず 1 位メンバを含める制約は設けず、予測対象期間における予

測流入量の大きい順に連続する 1 つ以上のメンバ構成を対象とし、予測対象期間についても見直しを図った。6 月および 7 月を対象に期待値を算出した結果、期待値が正となるメンバ構成が確認されたのは、7 月のみであった。表-1 に 7 月の最大期待値とそのメンバ構成、ならびに同一期間における 6 月の結果を示す。さらに、過去 7 月に発生した出水事例を対象にメンバ構成見直しの効果を検証した結果、空振りは依然として発生するものの、下流の仙人谷ダムにおける無効放流量を、見直し前 20,190 m<sup>3</sup> から 66% 減となる 6,872 m<sup>3</sup> に抑制できることを確認した。

表-1 期待値算出の結果

月	予測対象期間	メンバ構成	期待値 (kWh/m <sup>3</sup> )
6 月	5～10 日後	12～13 位平均	-0.555
	6～11 日後	21～22 位平均	-0.562
7 月	5～10 日後	23 位	0.212
	6～11 日後	23～26 位平均	0.049

#### 6.まとめ

本研究では、黒部ダムを対象に 15 日間アンサンブル降雨予測を活用した先使い運用ルールを整理し、試行運用を実施した。また、アンサンブルメンバ選定手法の課題に着目し、「増電効果の期待値」という新たな指標を導入し、メンバ構成の見直しにより減電損失の抑制を確認した。

先使い運用の本格運用に向けては、予測量と実測量との乖離要因の分析および適切な対策が必要であり、今後は、流入量予測精度の向上に向けて、降雨予測精度と流出解析精度の影響を区分したうえで、AI を活用するなど、流出解析モデルの高度化に取り組む。