

発電所放流を考慮した低水管理向け 河川流量予測技術

River Flow Prediction for Low Flow Management Considering Power Plant Discharge

*情報技術総合研究所

要 旨

河川管理者は、ダムの放流などによって、河川の正常な機能を維持するために必要な河川流量を確保する“低水管理”を行っている。低水管理では、河川の正常な機能を維持するために必要な正常流量を目標として定めている。また、水資源の効率的な利用という観点では、今後の流量通減量を予測しダム放流量を適切に決定する必要もある。今回は、低水管理向け流量予測の考え方、具体的には荒川上流での低水管理の特徴、予測システムの予測アルゴリズム、そして、過去実績データを用いた流量予測結果についてまとめた。開発した予測アルゴリズムは、①ダム放流量変化など対処可能な現象は予測する、②データ不足のため正確な予測が難しい発電用水の影響は除去する、という特徴を備える。このアルゴリズムによって、荒川上流の複雑な水収支環境下でも、予測の上振れを抑制しつつ高精度な流量の予測が可能であることが確認できた。

1. まえがき

河川管理には、洪水時の洪水調節を行う“高水管理”と、平常時の環境や利水の面での流水管理である“低水管理”がある。低水管理では、河川の正常な機能を維持するために必要な流量が規定されており、それを正常流量という。具体的には、動植物の保護、漁業、景観、流水の清潔の保持等を考慮して定める維持流量、及び水利流量から成る流量であり、低水管理上の目標として定める流量である。河川管理者は、ダム放流などによって、河川流量が正常流量を下回らないように管理する必要がある⁽¹⁾。また、水資源の効率的な利用という観点では、今後の流量通減量を予測しダム放流量を適切に決定する必要もある⁽²⁾⁽³⁾。

河川上流では、瀬切れの防止等の河川環境の保全、都市用水及び農業用水等の安定供給など、流水の正常な機能を維持することを目標に、利水基準地点での正常流量を設定している⁽⁴⁾。荒川上流の利水基準地点は、寄居地点(埼玉県)で、現状は寄居地点の流量を職員が昼夜問わず確認し、流量の通減量を予測している。そして、ダム放流量を経験的に判断し、放流の指示を出している。降雨予測、河川流量予測等を考慮し、適切な放流量を自動算出することで、より効率的なダムの統合運用及び職員の負担軽減が可能であると考えられる。そのため、利水基準地点付近の用水補給量の判断根拠になり得る河川流量を試算できる河川流量予測システムが求められている。

本稿は、荒川上流の低水管理支援向けの河川流量予測システムの開発状況をまとめたものである。このシステムは、現状職員がダムや河川流量の観測データから経験的に予測している、利水基準地点での流量の通減量を自動算出し、低水管理の負荷軽減、及び低水管理の効率化を目的とするものである。なお、低水管理の目的に照らして、このシステムは流量通減時の予測に主眼を置いて、流量増加時の予測精度は重要視しないこととした。

2. 荒川上流での低水管理と低水管理向け流量予測アルゴリズム

この章では、低水管理向け流量予測の考え方と、低水管理向け流量予測アルゴリズムについて述べる。低水管理では、利水基準地点の流量が正常流量を下回らないように運用する必要がある。したがって、予測流量が実績流量を上回らない(上振れしない)条件を、アルゴリズム検討の目標とする。

図1に、荒川上流の水系概況図を示す。荒川では、河川管理者である荒川上流河川事務所が、寄居地点の流量が正常流量を上回るように、上流ダム群の放流量を決定している。寄居地点の直上には玉淀ダムがある。玉淀ダムは統合管理外(指示権がない)施設であるため、親鼻地点(埼玉県)を流量予測地点とした。低水管理では、まず、各ダムへの流入状況から貯水量の回復状況を把握し、流量予測地点での流量の通減量を予測する。そして、それぞれのダム放流水の流量予測地

点までの到達時間を考慮して、複数のダム、図1では二瀬ダム、滝沢ダム、浦山ダムの放流量を一体的に管理することで効率的な低水管理を実施している。しかし、現状は低水管理向けの流量予測システムが導入されていないため、運用判断は熟練の職員の経験やノウハウに依存しており、負荷が過大になっている。荒川上流では、ダム放流水の流量予測地点までの伝搬遅延時間がおよそ10時間程度であるため、この予測システムでは12時間先までの流量予測地点(親鼻地点)の流量を予測することにした。

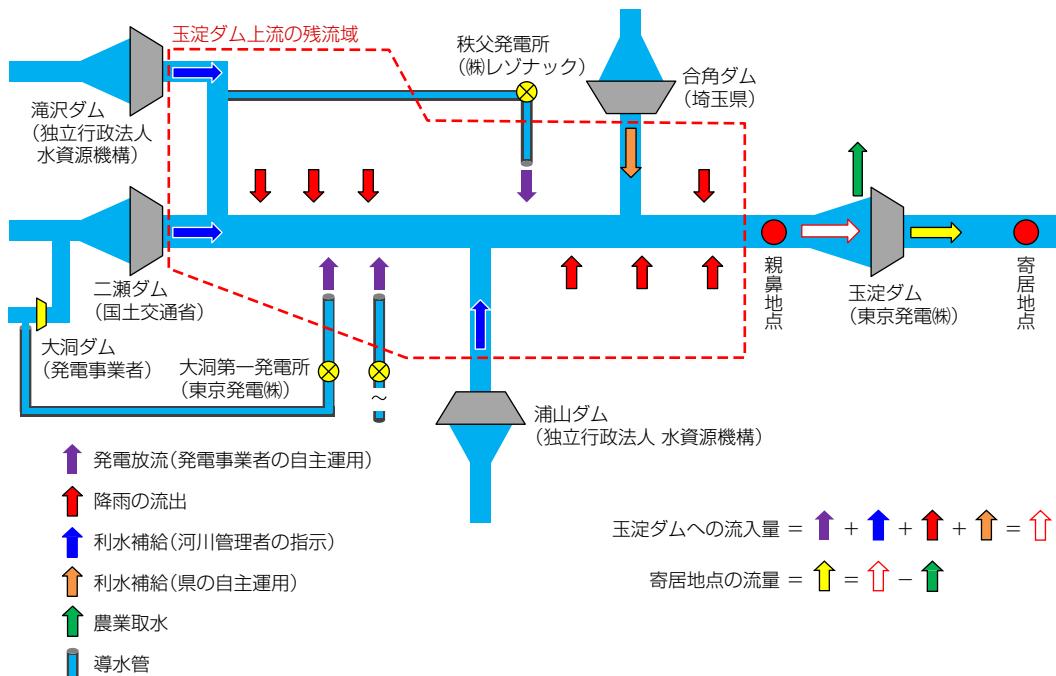


図1-荒川上流の水系概況

図2に、発電用水による影響の概念図を示す。図1に示したとおり、荒川上流には複数の発電所と導水管がある。それらを通過する発電用水が、数時間～半日程度の間隔で不規則に荒川本流に注水(還元)されるため、流量予測地点である親鼻地点の流量も不規則に変動する。今回予測するのは図2に示すとおり、人為的な操作を除いた荒川本来の水量である荒川自流であるため、発電用水と荒川自流は分離する必要がある。しかし、発電用水量の決定は発電事業者の自主運用になっており、発電用水量データは入手できない。そこで、予測のできない発電用水による流量変動は考慮に入れず除去し、データ入手可能なダム放流による流量変動は予測する構成を検討した。発電用水による流量変動は、まず予測地点(親鼻)の流量の変曲点を抽出し、一時的な流量変動の開始時刻と終了時刻を推定する。そして開始時刻～終了時刻間の流量を線形内挿することによって取り除く。これによって、流量予測地点の流量データだけを用いて発電用水による流量変動を除去することを可能にした。

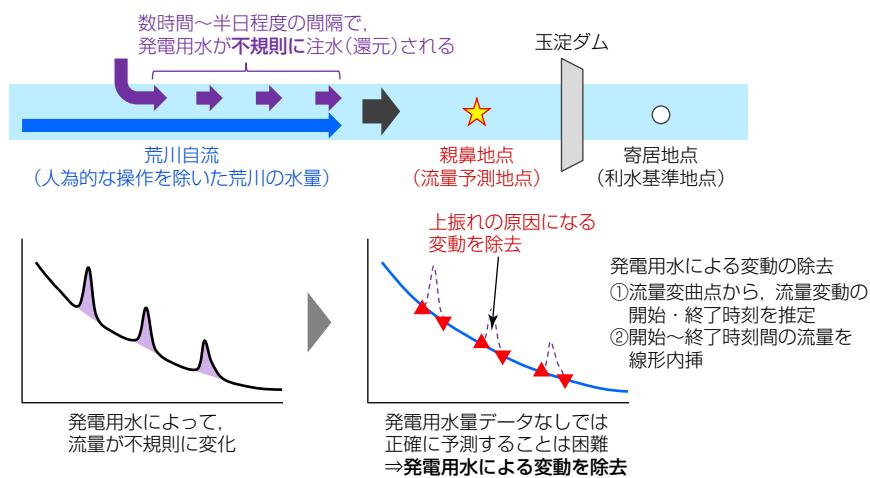


図2-発電用水の影響

3. 流量予測結果

2017~2022年の流量予測地点(親鼻地点)の実績流量、各ダムの実績放流量を入力して、流量予測アルゴリズムを用いて流量予測地点の流量の推定及び予測を行った。図3に、流量予測地点の流量の推定・予測結果を示す。図中水色線が流量予測地点の実績流量、赤線が流量予測地点の荒川自流の推定値・予測値である。縦赤点線が入力データの最新時刻を表しており、これ以前は推定値、以降は予測値になる。図から、発電用水による短期的な流量変動を除去し、予測流量(赤線)が実績流量(青線)を上回らないで推定・予測できていることが確認できた。また、ダム放流量変化時の流量変動も正しく推定できていることが確認できた。

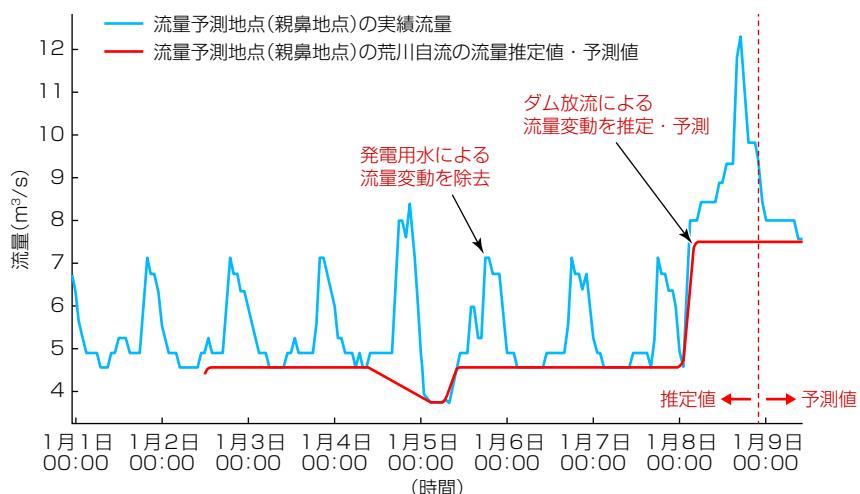


図3-流量推定・予測結果例(2021年1月)

次に、予測誤差評価結果について示す。灌漑(かんがい)期である6月18日~7月1日と非灌漑期である12月1~31日で評価した。図4、図5に12時間先の流量予測誤差を示す。図中赤点線は実績流量との誤差範囲を表し、上側は+1 m³/s、下側は-2 m³/sである。誤差が正になるのは、予測流量が実績流量を上回る上振れ予測、負になるのは下振れ予測を表す。図から、灌漑期、非灌漑期共におおむね予測誤差が-2~+1 m³/sに収まっており、予測の上振れを抑制しつつ高精度に流量の予測が可能であることが分かった。

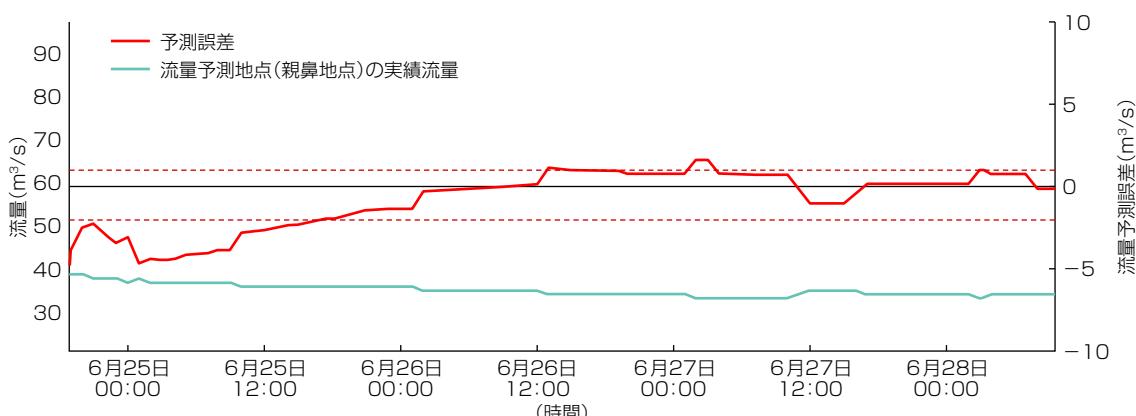


図4-12時間先流量予測誤差(2021年6月)

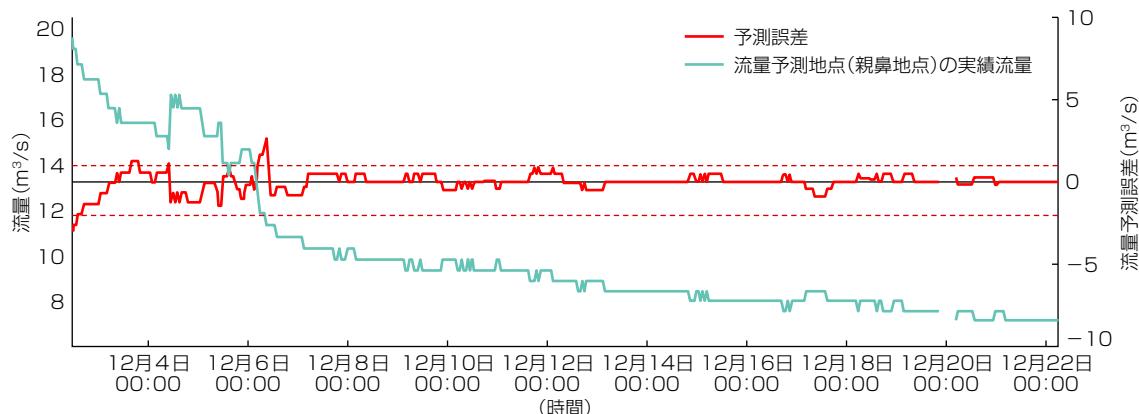


図5-12時間先流量予測誤差(2019年12月)

4. む す び

低水管理向け流量予測の考え方と、荒川上流での低水管理上の特徴、予測システムの予測アルゴリズム、そして、過去実績データを用いた流量予測結果について述べた。低水管理では、基準地点の流量が正常流量を下回らないように運用するため、予測流量が実績流量を上回らない(上振れしない)ことが必要になる。しかし、荒川上流では、複数のダムや発電所・導水管で複雑な水収支が形成されているため、予測対象地点である親鼻流量も複雑に変化する。そこで、①ダム放流量変化など対処できる現象は予測し、②データ不足によって正確な予測が難しい発電用水の影響は除去するアルゴリズムを開発した。これによって、予測の上振れを極力抑えて、高精度に流量予測が可能であることが確認できた。この流量予測システムを低水管理に活用することで、熟練の職員に集中している負荷を分散し、低水管理の効率化が可能になる。

参 考 文 献

- (1) 国土交通省河川局 河川環境課：正常流量検討の手引き(案) (2007)
https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/ryuuryoukentou/tebiki.pdf
- (2) 金山拓広、ほか：AI強化学習を活用した利根川上流ダム群の低水統合管理への現場適用、建設コンサルタント業務・研究発表会論文集、22, 77~80 (2022)
- (3) 金山拓広、ほか：利根川上流ダム群を対象とした低水管理へのAI強化学習の適用、土木学会論文集B1(水工学)、78, No.2, I_1249~I_1254 (2022)
- (4) 国土交通省関東地方整備局 荒川上流河川事務所：荒川上流河川維持管理計画【国土交通大臣管理区間編】(2017)
https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000687781.pdf