

# 洪水時ダム操作を考慮した実時間水位・流量予測システムの構築

## Development of Real-time Forecasting System for Water Level and Discharge

### Implementing Flood Dam Operation

○小野航暉\*・工藤亮治\*\*・近森秀高\*\*

ONO Koki\*, KUDO Ryoji\*\*, CHIKAMORI Hidetaka\*\*

**1. はじめに** 高精度な河川水位・流量の予測情報は、水防活動や避難判断などソフト対策として有益な情報となる。従来の洪水予測研究は、ダム流域など単一流域を対象とした研究が主であったが、適切な避難判断のためには、ダム流入量だけの予測では不十分であり、放流量・貯水量の予測情報や放流先の洪水予測情報が不可欠である。本研究では、仁淀川流域上流部のダム流域を対象に集中型流出モデルによるダム流入量の実時間予測を拡張し、洪水時のダム操作をモデル化することでダム放流量・貯水量の実時間予測を試みた。さらに、放流先である仁淀川中流部・下流部において、ダムを起点とした河道流追跡による流量・水位予測システムを構築し、予測精度およびダム放流量予測の効果を検証した。

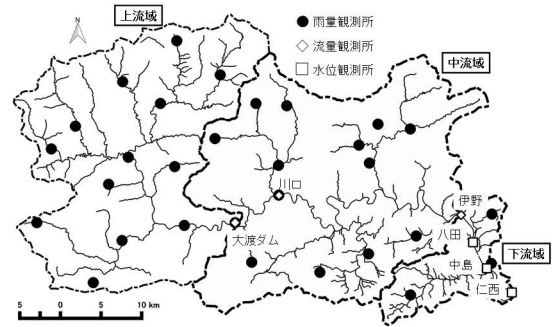


Fig.1 仁淀川流域図  
Niyodo River basin

**2. 対象流域** 仁淀川流域（流域面積 1,560 km<sup>2</sup>）（Fig.1）は上流部に大渡ダム（流域面積 668.9 km<sup>2</sup>）を有する。対象出水は 2003 年から 2016 年までの 14 年間のうち、治水基準点である伊野において、ピーク比流量 4.0 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup> 以上の 8 出水とした。解析資料は流域内で観測された時間単位の雨量，流量，水位，および大渡ダムの流入量，放流量，貯水量データである。

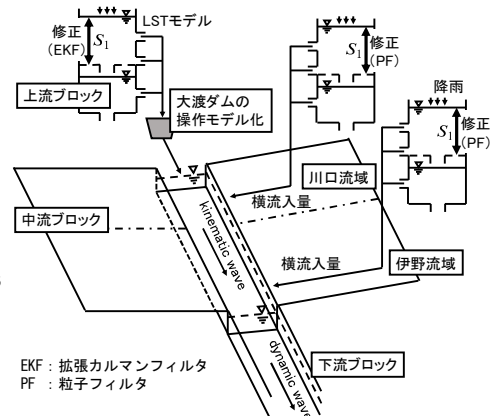


Fig.2 仁淀川流域における実時間洪水予測システムの概要図  
Schematic diagram of real-time flood forecasting system in Niyodo River basin

**3. 予測モデルの概要** 大渡ダムは一定率一定量放流方式によって洪水調節を行っている。この操作を定式化し、流入量から放流量を推定するモデルを作成した。予測を行う流出モデルは、流域を上流ブロック，中流ブロック，下流ブロックに分けて構築した（Fig.2）。上流ブロックでは、集中型流出モデルとして長短期流出両用モデル（LSTモデル）を適用し、大渡ダムの流入量を算出する。その後、ダム操作のモデル化より放流量を算出する。中流ブロックでは、大渡ダムの放流量を上流端境界条件として kinematic wave モデルによる伊野までの河道流追跡を行い、川口、伊野の 2 地点の流量を求める。河道の横流入量は LST モデルにより求め、大渡ー川口間の流域，川口ー伊野間の流域に分けて計算する。低平地である下流ブロックでは、伊野ー仁西間において dynamic wave モデルによる河道流追跡を行い、八田、中島の 2 地点の水位を求める。上流ブロックでは拡張カルマンフィルタ、中流ブロックでは粒子フィルタを導入し、観測流量が得られる度に LST モデルのタンク水深  $S_1$  の修正を行った。修正されたタンク水深を初期値として、予測雨量を入力し 6 時間先まで予測を行った。このとき、予測雨量は現時点の降雨強度が将来も継続するものとした。

\*NTC コンサルタンツ（株） NTC Consultants Co.,LTD.

\*\*岡山大学大学院環境生命科学研究科 Grad. Sch. Env. & Life Sci., Okayama Univ.

キーワード：実時間洪水予測，洪水時ダム操作，河道流追跡，フィルタリング

#### 4. 予測結果 地点ごとの予測例を Fig.3 に示す.

大渡ダムでは1時間先の流入量が観測値と良く一致したのに対し、2, 3時間先ではピーク流入量が過大にかつ遅れて予測された。そのため、流入量から算出される放流量も先行時間が長いほど流入量と同様に過大に予測される傾向がみられた (Fig.3 (a)). これはピーク時の雨が続くという仮定で予測しているためである。貯水量予測も流入量と放流量の影響を受け、予測先行時間が長くなるほど予測精度が低下した。このように予測雨量の誤差に影響されるものの、放流量の予測精度は流入量予測にフィルタリングを導入することで、未導入時と比べ、RMSE (mm/h) の値は全出水平均で1時間先で約53%, 2時間先で約20%, 3時間先で約6%改善された (Fig.4 (a)). また、ダム放流先の予測についても、中流部の流量 (伊野, Fig.3 (b)), 下流部の水位 (中島, Fig.3 (c)) を精度良く予測できた。上流ブロックのみ修正を行った場合と比べ、中流ブロックに粒子フィルタを導入することで、伊野においてRMSE (mm/h) は1時間先で約49%, 3時間先で約32%, 5時間先で約12%の改善が見られた (Fig.4 (b)).

以上より、当手法では、概ね2~3時間先までの放流量、3~5時間先までの放流先の水位、流量が予測可能であると考えられる。最後に、洪水時ダム操作を考慮したダム放流量のモデル化の効果を吟味した (Fig.5)。大渡ダムの予測放流量を現時点の放流量が将来も継続するものとして予測した場合、放流先 (川口地点) の予測流量は予測先行時間が長くなるほどピークが遅れて予測されたが、ダム操作のモデル化して予測することでピークのタイミングを合わせることができている (ただし両ケースとも将来雨量が完全に予測できたと仮定)。このことから、雨量の予測精度に依存するものの、ダム操作をモデル化することによって放流先の精度も向上することが示された。予測精度のさらなる向上には、気象モデルや移流モデルなど他の降雨予測法の利用も検討する必要がある。

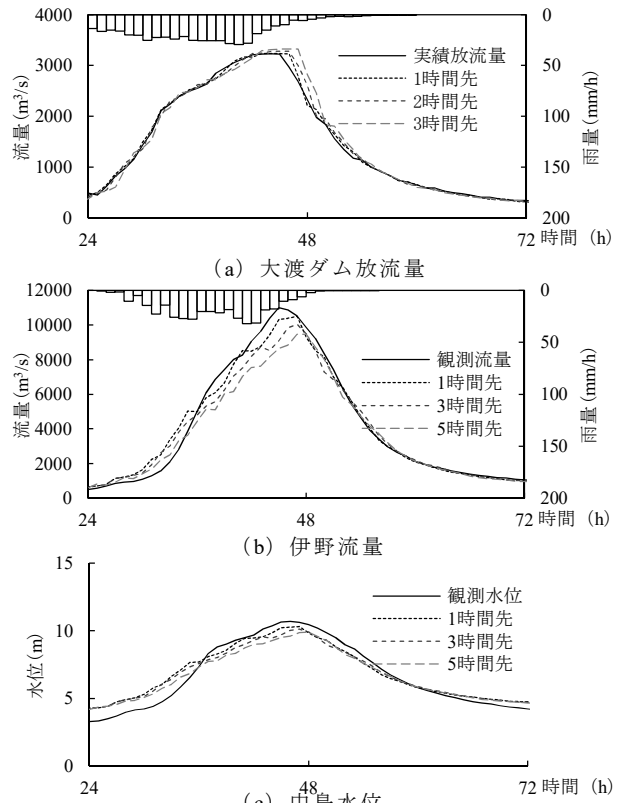


Fig.3 各地点の実時間予測例 (2005/9/5~9/9)  
Examples of real-time forecast of reservoir outflow, discharge and water level (2005/9/5-9/9)

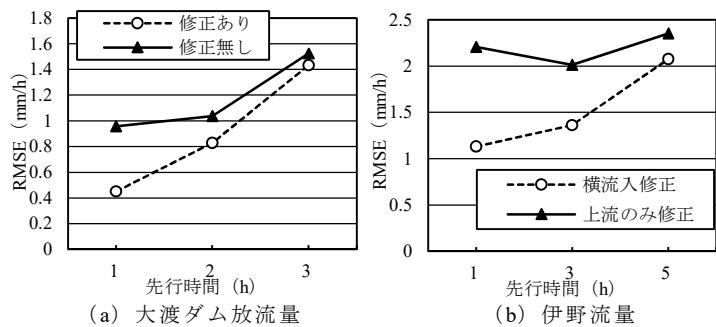


Fig.4 予測精度の比較 (全出水平均)  
Forecast accuracy of reservoir outflow at Oodo dam and river discharge at Ino Station (average value of target floods)

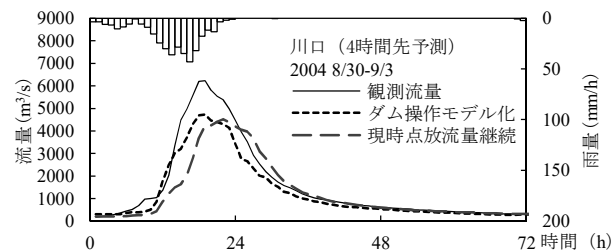


Fig.5 各放流量予測手法による放流先予測の比較  
Changes in forecast accuracy in downstream area with two forecasting method for reservoir outflow