

週間アンサンブル予報を用いた鬼怒川流域の渇水予測性能の評価 Evaluation of a drought forecasting skill using weekly ensemble forecasts in Kinugawa basin

○相原星哉*, 高田亜沙里*, 大楽浩司**

○AIHARA Seiya, TAKADA Asari, DAIRAKU Koji

1. はじめに

気候変動や農業水需要の変化に起因した流域の水需給バランスの変化により、渇水が深刻化する可能性が指摘されている (Takada et al., 2024). 鬼怒川流域では、最上流の頭首工地点では必要流量を充足するものの、下流域では用水不足を生じる事象が、灌漑初期に近年頻発している (宮島ら, 2018a). その場合には、上流のダム群から用水補給が行われるが、地区内の用水不足を把握してからダムに放流要請を行い、地区末端に用水が到達するには約 3~5 日を要し、そのタイムラグは営農作業の遅れや作物生産に影響を及ぼす. そのため、1 週間程度先までの河川流量予測に基づき、ダムからの用水補給を支援する技術が求められる. 11 日先までの気象予測情報を提供する気象庁週間アンサンブル予報の活用は、この課題解決に有効だが、その予測値の空間解像度は約 33 km 格子であり、地区内の小河川まで流量を予測するためには気象予測情報の高解像度化が必要である. そこで本研究では、1 km メッシュに高解像度化した週間アンサンブル予報データを、鬼怒川流域に適用した分布型水循環モデル (宮島ら, 2018b) に入力することで、流域内の頭首工地点における 1 週間先までの河川流量を予測し、それによる渇水予測性能について評価した.

2. 方法

2.1 対象流域・データ 本研究は、鬼怒川流域を対象とした. 気象予測値には、気象庁週間アンサンブル予報データを、気象観測値には、農研機構メッシュ農業気象データを使用した. 週間アンサンブル予報データは、3 時間値の予報値を JST0 時を日界とする日別値に変換して用いた. 解析対象期間は 2023 年とした.

2.2 分布型水循環モデルの適用 対象流域に分布型水循環モデルを適用し、モデル内の頭首工地点には、時期別の必要流量 (取水量+河川維持流量) を設定した. また、最上流に位置する S 頭首工地点における河川流量が必要流量を下回る場合には、不足分を上流のダム群から補給する操作を設定した.

2.3 気象予測値の高解像度化 1 km メッシュで整備された気象観測値 (1991~2020 年) の月別平均値の分布を推定し、その分布に適合させるように気象予測値を 1 km メッシュに内挿した (以下、気候値内挿). これをモデルに入力した場合と、内挿を行わずに入力した場合 (以下、非内挿) で、最下流に位置する K 頭首工地点の流量予測精度を比較した.

2.4 渇水予測性能の評価 2023 年 4 月 21~25 日には、K 頭首工地点の河川流量が必要流量を下回る事象が観測された. そこで、4 月 19 日配信の予報値を用いて K 頭首工地点における 4 月 20~29 日の渇水予測を行った. なお、ここでは、K 頭首工地点の河川流量が必要流量を下回った場合を渇水とした. 予測計算にあたっては、2022 年 1 月 1 日~2023 年 4 月 19 日の気象観測値を入力とした計算により流域の初期状態量を推定し、4 月 20 日からは

* 農研機構 農村工学研究部門 Institute for Rural Engineering, NARO

** 筑波大学 University of Tsukuba

キーワード: 週間アンサンブル予報, 統計的ダウンスケーリング, 渇水予測

アンサンブルメンバー別に気候値内挿した気象予測値を入力とした流量計算を行った（以下、予測気象値計算）。そして、渇水の発生（または未発生）を正しく予測したメンバーの割合（以下、渇水的中率）により渇水予測性能を評価した。また、アンサンブル予報を使用しない従来手法として、過去 30 年間の気象観測値をアンサンブルメンバーとみなした計算を同様の条件で行い（以下、過去気象値計算）、渇水的中率を比較した。

3. 結果と考察

3.1 分布型水循環モデルによる河川流量再現結果

ダムから直接の補給を受ける S 頭首工地点では、4 月 1 日～5 月 15 日の河川流量を Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) において 0.89 と高い精度で再現できた（図 1a）。K 頭首工地点については、短期的な流量の増減は平滑化されたものの、灌漑期の開始に伴う流量増加等の全体的な流量変動の傾向を再現できた（図 1b; NSE=0.63）。

3.2 高解像度化した気象予測値による河川流量の予測精度

気温、相対湿度および降水量の流域平均値の予測精度について、アンサンブル平均値により検証したところ、気温は 10 日先まで相関係数 0.98 以上、相対湿度は 10 日先まで同 0.6 以上、降水量は 5 日先まで同 0.6 以上の精度で予測できることが分かった。これを用いて K 頭首工地点の 4 月 1 日～5 月 15 日の流量を予測した結果、非内挿の場合にはリードタイム 5 日までの平均で NSE=0.59、気候値内挿の場合には NSE=0.66 の精度で予測できた（いずれもアンサンブル平均）。気候値内挿では、地形に起因した降雨の分布を反映できたことから、河川流量の予測精度が向上したと考えられる。

3.3 渇水予測性能 図 2 には、対象渇水イベントにおける流量予測結果を示す。予測気象値計算の場合、リードタイム 6 日先までの範囲において、非常に小さいばらつき幅で渇水の発生を予測できていた。リードタイム 7 日以降は、降雨予測値のばらつきにより流量予測値もばらつくものの、渇水の有無の的中率においては、リードタイム 10 日先までの平均で 92%の精度で予測できた。一方、過去気象値計算は、予測気象値計算と比較してばらつきが大きく、渇水的中率は 71%であった。週間アンサンブル予報を活用することで、従来手法よりもばらつき幅が小さく、かつ高い精度で渇水を予測できた。

4. おわりに

鬼怒川流域に適用した分布型水循環モデルに、1 km メッシュに高解像度化した週間アンサンブル予報データを入力することで、1 週間先までの河川流量を予測した。その結果、K 頭首工地点で 2023 年 4 月中旬に発生した渇水を、92%の的中率で予測することができた。

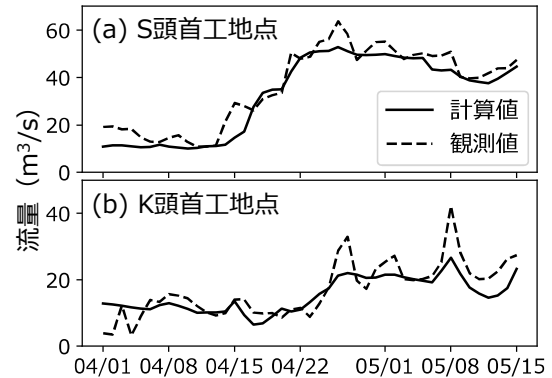


図 1 S 頭首工および K 頭首工地点における河川流量再現結果

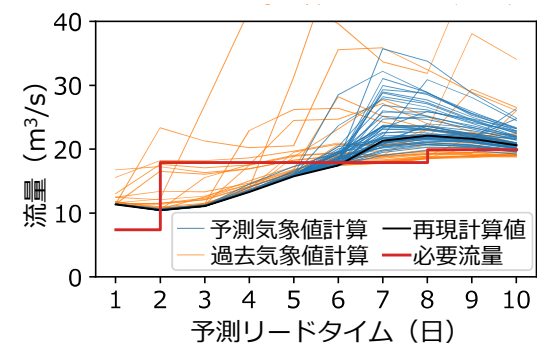


図 2 K 頭首工地点の渇水予測計算結果

参考文献 Takada et al. (2024): Water Resources Research, 60, e2022WR034219. 宮島ら (2018a) : H30 農業農村工学会大会講演会講演要旨集, 466-467. 宮島ら (2018b) : 農業農村工学会論文集, 307, I_185-I_195.