

## 水田地域用排水過程への河川水温モデルの適用 Application of river water temperature model to irrigation and drainage process of paddy area

○ 新村 麻実\*  
(SHIMMURA Mami)

谷口 智之\*\*  
(TANIGUCHI Tomoyuki)

### 1. はじめに

水温は水生生物の生育環境や農業生産に影響する重要な因子である。流域内の水温は、河川の流下過程で日射や気温、さらに大気や地中との熱交換によって変化することが知られているが<sup>1)</sup>、日本の河川の場合、河川水の多くは水田灌漑に利用されているため、水田地域内での水温変化が流域水温に影響する。そこで新村ら(2014)は、水田地域内での水温観測によって、①水稻の生育状況によって水田地域内での水温変化は変化しており、出穂期以前までは夜間のみ、出穂期以降は一日を通して、水田は用水よりも低温の排水を還元していること、②湛水は温度変化することなく小排水路に流出していること、③日中における水田内での水温変化の影響は、排水路の流下過程における熱交換や配水管理用水の流入によって徐々に逡減することを明らかにした<sup>2)</sup>。

本研究では、上記のような河川と水田地域内での水温変化構造の違いを踏まえた上で、既存の河川水温モデルを用・排水路に適用し、その再現性を検討することによって、水田地域内での水温予測で考慮しなければならない要因を明らかにした。

### 2. 方法

#### ①用水路・排水路へのモデル適用

茨城県つくばみらい市福岡堰土地改良区受益地区を研究対象地とした。受益地区内の用・排水路それぞれに、近藤(1995)の河川水温モデルを適用し、流下過程での水温変化の再現性を検討した。適用モデルでは、水面・大気間の熱交換および河床の地中伝導熱が考慮されており、以下の熱収支式で表される。

$$R\downarrow - \varepsilon \sigma T_w^4 - H - \iota E - G_g = G_w \quad (1)$$

ここで、 $R\downarrow$ は入力放射量、 $\varepsilon$ は水の長波放射に対する黒体度、 $\sigma$ はステファンボルツマン定数、 $T_w$ は水温、 $H$ は水面から大気への顕熱輸送量、 $\iota E$ は水面から大気への潜熱輸送量、 $G_g$ は距離河床の土壌への地中伝導熱、 $G_w$ は水温をあげるのに必要な昇温熱である。水塊の流下過程における熱収支を(1)式によって求め、60sごとに水温を推定した。本モデルでは、ある水塊の流下に伴った水温変化をラグランジュ的に計算するため、得られた推定水温を検証地点の時系列データに変換した。また、気象データ(入力放射量、最高・最低水温、日平均比湿、日平均風速)には対象地近傍のつくば館野気象台の値を用い、流路パラメータ(水深、流速、流下距離)は下記の現地観測で求めた。

#### ②現地観測

モデル構築に必要なモデルの入力値と検証値を得るため、水位・水温計(Solinst社 Levelogger Edge Model 3001, 水温の観測精度は0.1℃)を福岡堰受益地区の以下の地点に設置した。幹線用水路内の流下過程の水温変化を把握し、検証値として使用するため、幹線用水路内の上流・中流・下流の計3地点を選定した。また、排水が小排水路、支線排水路を通過する際の水温変化を把握するため、圃区全体の排水が集まる小排水路末端と、その小排水路が合流する支線排水路の末端にも水位・水温計を設置した。解析と検証には2013年8月15～16日の晴天日のデータを用いた。

\*筑波大学大学院生命環境科学研究科 Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

\*\*筑波大学生命環境系 Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

キーワード:灌漑水温, 水田灌漑

### 3. 水温モデルの適用結果

#### (1) 幹線用水路の水温

幹線用水路内の上流・中流区間 4.3 km、中流・下流区間 5.7 km にそれぞれモデルを適用した。中流、下流の推定には、モデル入力値としてそれぞれ上流、中流地点の観測水温を与えた。中流地点の観測値、推定値はそれぞれ、日平均最高水温が 30.3℃、29.4℃、日平均最低水温が 28.6℃、27.6℃であった(図 1)。上流・中流区間の水深は 1 m 前後であり、地中伝導熱の影響は相対的小さいと考えられることから<sup>1)</sup>、上流・中流区間では地中伝導熱以外の要因によって誤差が生じたと考えられる。そこで、水面からの放出熱量(顕熱輸送量、潜熱輸送量、水面放射量)が水塊に与える影響が小さくなるように(1)式を以下のように修正した。

$$R \downarrow - \alpha (\varepsilon \sigma T_w^4 - H - \rho E) - G_g = G_w \quad (2)$$

試行錯誤的に  $\alpha$  を決定したところ、 $\alpha$  が 0.1 のときに推定精度が高くなった(図 1)。このことから、水面からの放出熱量のすべて、もしくは、いずれかが河川と幹線用水路では異なることが示唆された。また、下流地点における観測値、推定値はそれぞれ平均日最高水温が 30.2℃、30.8℃、平均日最低水温が 26.5℃、26.4℃であり、最高水温が過大に推定された。水深が小さい中流・下流区間では、水路壁等によって大気の循環が阻まれるため、水面表層の風速や気温などの気象条件が計算で用いた気象観測点と異なっていた可能性が考えられる。

#### (2) 支線排水路の水温

小排水路-支線排水路区間の 1.4 km において水温を推定した。支線排水路では、複数の小用水路と小排水路が合流することで水深が増加する。しかし、各水路からの流入量は把握できていないため、ここでは流入のすべてが小用水路の落水による場合と小排水路からの流入による場合の 2 通りを仮定して計算した。小用水路の落水温度には幹線用水路の中流地点、小排水路の流入水温には小排水路の観測値を使用した。用水の落水のみを考慮した場合、支線排水路の観測値と推定値は、それぞれ日平均最高水温が 31.3℃、30.6℃、日平均最低水温が 25.6℃、28.1℃であり、最高水温が過小、最低水温は過大に推定された。小排水路の流入のみを考慮した場合の推定値は、日平均最高水温が 28.8℃、日平均最低水温が 26.4℃であり、誤差の傾向は同様であった。よって、用水路と小排水路の流入だけでは推定誤差の説明がつかない。今回の計算では、用水路からの落水温度に幹線用水路の観測値を用いたが、用水は幹線用水路、支線用水路、小用水路を流下する過程で流量が減少するため、下流ほど大気や水路との熱交換の影響を受けやすい。つまり、支線排水路への落水温度は、幹線用水路の観測値よりも最高水温(日中)が高く、最低水温(夜間)が低かったため、支線排水路の水温は最高水温が過小、最低水温が過大に推定されたと考えられる。このことから、支線排水路の水温変化を正確に再現するためには、小排水路や用水路からの流入に加えて、用水路の流下過程における落水温度の変化もあわせて考慮する必要があることが示唆された。

### 4. 結論

水田地域内では河川とは異なる水温変化が起きており、河川水温モデルを単純に用水路、排水路に適用するだけでは大きな誤差が生じる。水温変化を精度よく再現するためには、用水路では水面表層の気象条件、排水路では流入水の量と水温を考慮する必要がある。

謝辞：本研究は、文部科学省のテニユアトラック普及・定着事業により支援された。

引用文献：1)近藤純正(1995):河川水温の日変化 (1)計算モデル-異常昇温と魚の大量死事件-, 水文・水資源学会誌, 8(2), pp.184-196, 2) 新村麻実・谷口智之・高達良典(2014):水田地域における用水・排水の温度変化, 平成26年度農業農村工学会大会

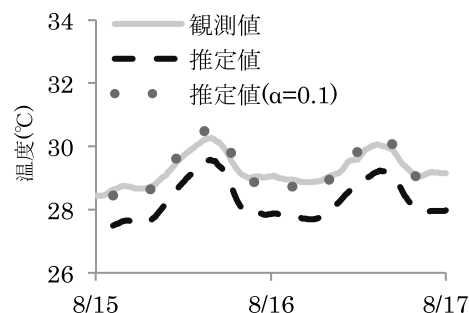


図 1 幹線用水路の中流地点における水温の観測値と推定値  
Fig.1 Observed and estimated temperatures at the middle point of the main irrigation canal