

灌漑取水が河川水温の推定結果に与える影響 Effect of irrigation intake on estimated results of river water temperature

○ 新村 麻実*
(SHIMMURA Mami)

谷口 智之**
(TANIGUCHI Tomoyuki)

1. 背景

日本では河川水の多くを水田灌漑に利用している。河川から取水された用水は排水として河川に再び還元されるが、8月以降は用水よりも排水の最高水温が低いことが明らかになっている¹⁾。これまで、河川水温に関しては、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水温が変化すること²⁾や河川流下に伴って平均水温が平衡水温へと近づくこと³⁾が知られており、いくつかの水温予測モデルが構築されている。しかし、水田地域の水利用が河川水温の推定結果に与える影響についての検討は不十分である。

2. 目的

水田地域を多く含んだ流域に対して、既存の河川水温モデルに農業取水の影響を加えたモデルを適用することで、水田水利用が河川水温の推定結果に与える影響を検討する。

3. 方法

1) 適用モデルの概要

茨城県と栃木県をまたぐ小貝川流域を対象地とした(図1)。近藤(1995)の河川水温モデル²⁾を、小貝川本川の37.4 kmとその支川である五行川の1.7 kmの区間に適用した。適用モデルは、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た河川水温予測モデルである。計算に必要な気象データは対象地近傍の气象台のデータを使用した。河川のパラメータは水深、流速、流下距離であり、それぞれ現地にて計測した。熱収支式は以下で表され、昇温熱により水が昇温または降温する。

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

$R \downarrow$ 入力放射量[Wm⁻²]、 $\varepsilon=0.96$ 水の長波放射に対する黒体度[-]、 $\sigma=5.67 \times 10^{-8}$ ステファンボルツマン定数[Wm⁻²K⁻⁴]、 T_w 水温[K]、 H 水面から大気への顕熱輸送量[Wm⁻²]、 ιE 水面から大気への潜熱輸送量[Wm⁻²]、 G_g 距離河床の土壌への地中伝導熱[Wm⁻²]、 G_w 水温をあげるのに必要な昇温熱 [Wm⁻²]

水塊の流下過程における熱収支を(1)式によって求め、60 sごとに水温を推定した。

2) モデルの改良点

小貝川本川上流地点から下流地点にかけて川幅、水深、流速が増加する。川幅は、上流地点から下流地点にかけて2kmおきに Google Earth を用いて計測し、流下距離と川幅の関係を線形近似することで流下による川幅の拡大を再現した。水深と流速は、上流地点と下流地点の値をそれぞれ ADCP による現地観測で得られた通水断面と Manning 式から求めた。各値は流下にもともなって単調に増加すると仮定した。

五行川にモデルを適用する際に田谷川堰の用水温を河川水温の入力

値として与えた。五行川については流下にもともなう河川パラメータの変化が大きくないため、田谷川堰の10.6 km上流で観測し

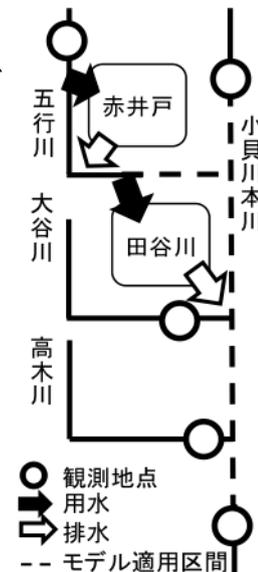


図1 モデル適用区間
Fig. 1 Model application section

*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

**九州大学大学院農学研究院 Faculty of Agriculture, Kyushu University

キーワード:水温モデル, 取水, 水田地域

た値を河川全体に用いた。さらに、農業取水の影響を検討するために、田谷川堰の取水を考慮した場合と考慮しない場合の2条件で計算した。なお、田谷川堰受益地からの排水は別の河川(大谷川)に還元するため、ここでの取水の影響は小貝川本川に合流する五行川の流量の減少という形で現れる。

3) 現地観測

モデルの入力値と検証値を得るため、小貝川本川の上流地点とその37.4 km下流地点、五行川末端から12.3 km上流の地点、大谷川、高木川の末端において水位・水温計(Solinst社 L evelogger Edge Model 3001、水温の観測精度は0.1℃)による観測をおこなった。また、赤井戸堰と田谷川堰の受益地区の用水と排水も観測した。本稿では2013年8月14~17日(晴天日)の観測データをモデル入力値として用いた。

4. モデルの適用結果

図2に小貝川下流地点における観測値とモデル推定値(取水あり、取水なし)を示す。日平均最高水温は推定値(取水あり)29.1℃、推定値(取水なし)29.0℃、観測値28.6℃、日平均最低水温は推定値(取水あり)26.3℃、推定値(取水なし)26.2℃、観測値26.3℃であった。最低水温は再現できたものの、最高水温は過大推定となり、特に8月16日の日中の差が大きかった。また、取水の有無による推定水温の差は小さかった。

小貝川の上流地点と下流地点の日平均流量はそれぞれ1.7 m³/s、15.0 m³/sである。つまり、本河川では自流水よりも流下過程での水田地帯からの排水流入や支川の合流によって流量が増加し、それにもなると水温も変化する。小貝川と五行川の合流地点で推定された小貝川本川と五行川の日平均最高水温はそれぞれ30.1℃、29.6℃であり、また、大谷川、高木川で観測された日平均最高水温はそれぞれ27.7℃、28.1℃であった。このように小貝川本川の水温は、支川が合流するたびに低下するようモデル上で計算されているが、それでも最高水温は過大推定となった。この原因の一つとして、水田地帯からの排水還元の影響が考えられる。本モデルでは考慮していないが、田谷川堰受益地からの排水(日平均流量1.1 m³/s)は大谷川と小貝川本川の合流地点で流入する。田谷川堰の排水の日平均最高水温は28.1℃であることから、この排水流入を考慮することで最高水温の推定精度が向上すると考えられる。

また、本解析では観測値と推定値の変動に時間的なずれが生じた。これについては流下にもともなう流速変化を正確に再現できていないことが挙げられる。支川との合流地点で段階的に流速を変化させるなどのモデル改良が今後の課題である。

5. まとめ

多く水田地帯を含む小貝川流域において既存の河川水温モデルの適応し、農業取水を考慮する場合としない場合で河川水温の推定精度を検討した。その結果、いずれの場合も二乗平均誤差で0.42℃過大に推定された。また、取水を考慮した場合としていない場合ではほとんど差は生じなかった。小貝川本川には水田地帯からの排水が直接流入しているものがあり、その水温は小貝川本川の水温よりも低温である。よって、本流域の水温を正確に再現するには水田地帯の排水を考慮する必要があることが示唆された。

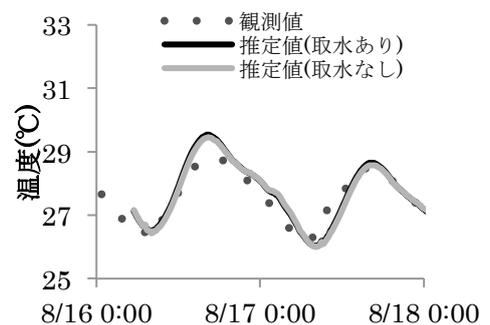


図2 小貝川下流地点の推定値と観測値(2013年8月16日-17日)

Fig.2 Comparison between observed value and estimated value

引用文献

- 1) 新村麻実, 谷口智之(2013):水田地帯を多く含む流域における農業用水の温度変化, 農業農村工学会誌, 81(4), pp.27-30.
- 2) 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
- 3) 新井正・西沢利栄(1974): 水温論, 共立出版.