

用水路壁面温度が用水路水温に与える影響

The influence of canal wall temperature on water temperature in irrigation canal

○ 新村 麻実*
(SHIMMURA Mami)

谷口 智之**
(TANIGUCHI Tomoyuki)

石井 敦***
(ISHII Atsushi)

1. 背景と目的

灌漑水温は農業生産に影響を与える重要な因子である。一例として、冷水温による米の収量の減少¹⁾や気候変動下における灌漑水温の上昇による栽培時期の変動²⁾が知られている。著者らは、これまでに幹線用水路に一次河川水温予測モデル³⁾を適用することで灌漑水温の推定を試みた。しかし、推定精度は適用区間、水深、水路幅といった条件によって大きくばらつき、農業用水路特有の要因が水温に影響していることが示唆された⁴⁾。

そこで、本研究では用水路壁面温度が水温に与える影響を観測によって明らかにすること、また、その影響を用水路水温推定モデルに組み込み、推定精度への効果を検討することを目的とした。

2. 対象地と観測方法

茨城県つくばみらい市に位置する福岡堰土地改良区受益地区を研究対象地とし、水路の蛇行が少なく南北方向に位置する支線用水路（五ヶ村用水路）において現地観測ならびにモデル適用をおこなった。本水路の勾配は周辺水田の勾配よりも緩やかであるため、上流地点では水路天端と地面がほぼ同じ標高であるのに対し、下流地点では水路が地面から 1.4 m 程度露出している。

五ヶ村用水路の上端と 1.2 km 下流地点において自記水位・水温計(Solinst 社 Levellogger Edge Model 3001、水温の観測精度は±0.05 °C)による観測を実施した。また、下流地点近傍の用水路壁面に自記温度計(KN ラボラトリース社 スーパーサーモクロン、温度の観測精度は±0.5°C)を設置し、温度を連続測定した。壁面温度は、用水路兩岸の水路天端から約 0.02 m、0.42 m 下部の用水路内壁と、水路天端から約 0.02 m、0.42 m、0.82 m 下部の用水路外壁を測定した。温度計は、壁面との接触面以外を断熱材で覆い、気温や日射の影響を受けないようにした。観測は 2016 年 8 月 5 日から 8 日の非降雨日に 10 分間隔で実施された。

3. 適用モデルの概要

近藤³⁾の河川水温モデルをもとに、以下の熱収支式で流下過程での水温変化を推定する。

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

ここで、 $R \downarrow$ は入力放射量 [Wm^{-2}]、 $\varepsilon = 0.96$ は水の長波放射に対する黒体度[-]、 $\sigma = 5.67 \times 10^{-8}$ はステファンボルツマン定数 [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$]、 T_w は水温[K]、 H は水面から大気への顕熱輸送量 [Wm^{-2}]、 ιE は水面から大気への潜熱輸送量 [Wm^{-2}]、 G_g は距離河床の土壌への地中伝導熱 [Wm^{-2}]、 G_w は水温をあげるのに必要な昇温熱 [Wm^{-2}]である。水塊の流下過程における熱収支を 60 s ごとに(1)式で求めた。なお、気象データは対象地近傍のつくば館野気象台の値を用いた。

本研究では、(1)式に用水路壁面から水塊への伝達熱の影響を加えた。

$$R \downarrow - \varepsilon \sigma T_w^4 - H - \iota E - G_g + C_{temp} = G_w \quad (2)$$

*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

***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

ここで、 C_{temp} は用水路壁面から水塊への伝達熱[Wm⁻²]であり、次式で求めた。

$$C_{temp} = \alpha (T_{wall} - T_w) \quad (3)$$

ここで、 α は熱伝達率、 T_{wall} は用水路壁面温度である。

4. 結果

1) 観測結果

対象水路の上流地点、下流地点の日平均最高水温はそれぞれ、28.9℃、29.4℃、日平均最低水温は27.5℃、27.7℃であった。上流から下流への流下時間はおよそ30分であり、流下過程で最大0.5℃の水温上昇が確認された。また、用水路右岸側の最高壁面温度は水路内外ともに上部ほど高く、最も高い内壁上部の日平均最高温度は55.0℃であった。また、右岸側の最低温度は内外ともに上流ほど低く、最も低い内壁上部の日平均最低水温は26.3℃であり、用水路の最低水温を下回った。同様の傾向は左岸側でも確認されたことから、用水路壁面温度は上部で日較差が大きくなることが明らかになった。

また、8日午前6時以降に水位が上昇し、内壁下部の温度計が水没した。水没時(8日6時~16時)の壁面温度は、上流地点の水温より約1.2℃常に高温であった。この値を水中の用水路壁面温度の入力値(壁面温度は上流の水温よりも常に1.2℃高い)と仮定し、改良モデルに適用した。

2) 改良モデルの推定結果

比較的天候が安定していた2016年8月5日から6日において、用水路壁面と水塊の熱伝達を考慮した改良モデルを適用した。この際、水中の用水路壁面温度は上流地点の水温よりも常に1.2℃高く、この差は用水路壁の地点や水路の上・下流によらず一定と仮定した。

伝達熱を考慮していない推定値、考慮した推定値の日平均最高水温はそれぞれ28.9℃、29.1℃、日平均最低水温は27.0℃、27.3℃であった(図1)。用水路壁面との伝達熱を考慮した結果、二乗平均誤差で0.32℃から0.07℃に精度は向上した。

5. 考察

対象水路は、下流ほど水路が地上に露出するため、日射を受けて用水路壁面温度が上昇しやすい構造となっている。そのため、用水路壁面温度を考慮することで用水路水温の推定精度が向上したと考えられる。一方、用水路全体が地中に埋まっている水路では、周辺の土中温度が用水路壁面温度に影響する可能性がある。

また、本研究では、用水路壁面温度を地点によらず一定と仮定しており、温度分布や時間変化については検討できていない。今後は、用水路壁面温度の観測地点数を増やすことや他の水路での観測を実施することで、この点についての検討を深める予定である。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 JP16J00747 の助成を受けておこなわれた。

引用文献

- 1) Roel L, Muters RG, Eckert JW, Plant RE (2005): Effect of low water temperature on rice yield in California. *American Society of Agronomy*, 97(3), 943-948.
- 2) Ohta S, Kimura A (2007): Impacts of climate changes on the temperature of paddy waters and suitable land for rice cultivation in Japan. *Agricultural and Forest Meteorology*, 147, 186-198.
- 3) 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), 184-196.
- 4) 新村麻実, 谷口智之 (2015): 水田地域用排水過程への河川水温モデルの適用. 平成27年度農業農村工学会大会講演会.

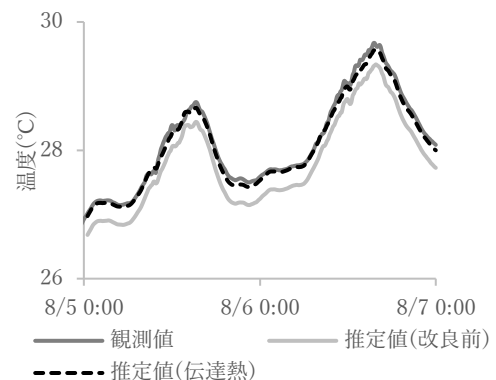


図1 五ヶ村用水路下流地点の推定値と観測値(2016年8月5日-6日)
Fig.1 Comparison between observed value and estimated value at downstream of Gokason branch canal.