

# 手取川七ヶ用水における掛流し灌漑が用排兼用水路の水温に与える影響 The influence of spill-over irrigation on water temperature in dual-purpose canal in Tedorigawa Shichika irrigation area

○木村匡臣\* 飯田俊彰\* 笠井幸樹\*\* 光安麻里恵\* 久保成隆\*

○KIMURA Masaomi\*, IIDA Toshiaki\*, KASAI Kouki\*\*, MITSUYASU Marie\* and KUBO Naritaka\*

1. はじめに 水稻の高温障害対策として掛流し灌漑を行うためには、十分な量の低温の用水が必要となる。用排兼用水路網を利用する地域では、上流側の水田で湛水されて昇温した排水を下流側の水田で反復利用するため、特に掛流し灌漑時に下流側の水田で比較的高温の用水を灌漑しており、広域における効率的な高温障害対策水管理方法の策定が求められている。本研究では、石川県手取川七ヶ用水における幹線水路の流量および水温、支線排水路の水位および水温の観測結果を基に、用水の水温変動シミュレーションモデルを作成し、掛流し灌漑時の水田からの排水の還流が水路水温に与える影響を推定した。

2. 観測方法 手取川七ヶ用水 4-1, 4-2 号支線を調査対象幹線水路とし、Fig.1 に示す観測点の水路底に自記式の水位水温計を設置して、30 分間隔で水位、水温を測定した。すべての水位水温計を落差工の上流部に設置し、水位水温計設置位置から落差工段落部までの区間で不等流計算を行って水位・流量関係曲線を求め、測定水位を流量へ換算した。また、幹線水路に流入する排水の量と水温を把握するため、Fig.1 に示す観測対象排水流入地点に自動撮影カメラと水温ロガーを設置し、30 分間隔で排水路の水位および水温を測定した。さらに、手取川七ヶ用水土地改良区より、主要分水工における 1 時間毎の流量データを、石川県立大学の試験圃場に設置された気象観測装置より、日射、気温、湿度、気圧、風速の 1 時間毎のデータを得た。

3. 水温変動シミュレーションモデルの概要と排水還流量の推定方法<sup>1)</sup> 水路を流下する水塊をオイラー的に見た熱の保存則である(1)式を CIP 法により差分化して数値解を求める

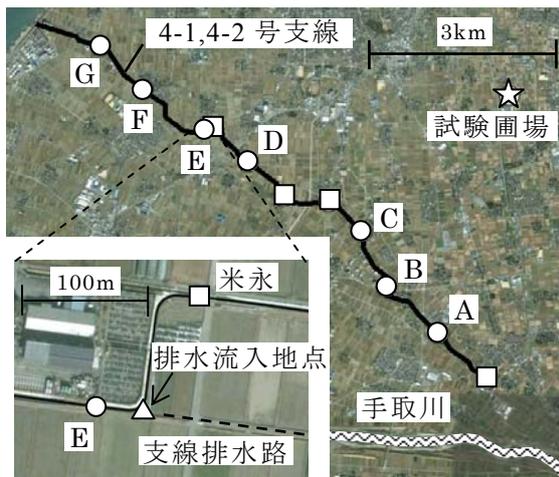


Fig.1 研究対象地 (○: 観測点, □: 分水工)  
Study area (○: observation point, □: division works)

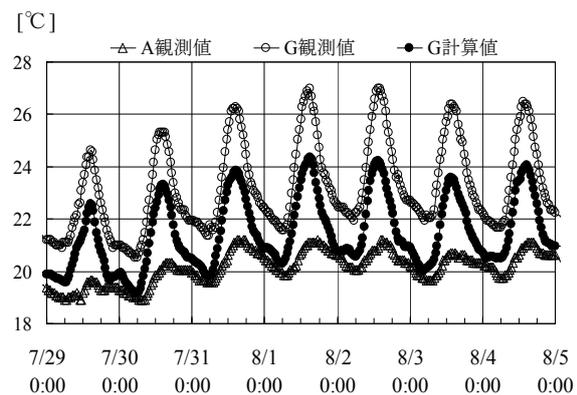


Fig.2 水温の観測値(A,G)と計算値(G)  
Observed (A, G) and calculated (G) water temperature

\* 東京大学大学院農学生命科学研究科 Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo  
\*\* 東京大学農学部 Faculty of Agriculture, The University of Tokyo  
キーワード: 灌漑水温, 用排兼用水路, 手取川七ヶ用水

ことにより、気象要因による水温上昇を計算した。

$$\frac{\partial T_w}{\partial t} + \frac{Q}{A} \frac{\partial T_w}{\partial x} = \frac{R_n - H - LE - G_g}{\rho_w c_w D} \quad (1)$$

$T_w$ は水温[K],  $Q$ は流量[m<sup>3</sup>/s],  $A$ は流積[m<sup>2</sup>],  $R_n$ は純放射[W/m<sup>2</sup>],  $H$ は顕熱フラックス[W/m<sup>2</sup>],  $LE$ は潜熱フラックス[W/m<sup>2</sup>],  $G_g$ は地中熱伝導フラックス[W/m<sup>2</sup>],  $\rho_w$ は水の密度[kg/m<sup>3</sup>],  $c_w$ は水の比熱[J/(K・kg)],  $D$ は水理学的水深[m]である。各熱フラックスは、石川県立大学試験圃場における気象データより求めた<sup>2)</sup>。

2つの観測点間に流入する排水量は、例えば観測点FG間の場合、(2)式により推定した。

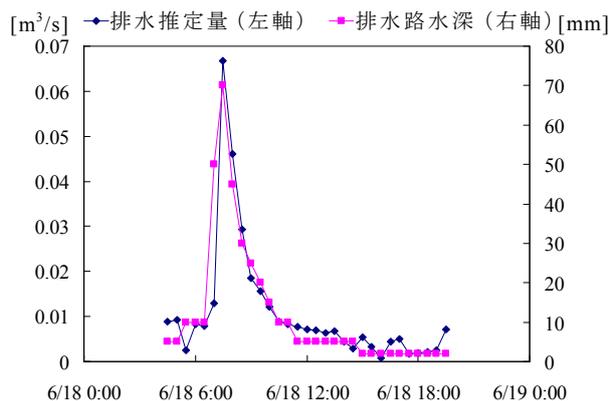
$$Q_{FG\_dis} = \frac{T_{wG\_obs} - (T_{wF\_obs} + \Delta T_{wFG\_cal})}{T_{w\_dis} - (T_{wF\_obs} + \Delta T_{wFG\_cal})} Q_{G\_obs} \quad (2)$$

$Q_{FG\_dis}$ はFG間に流入する排水の推定量,  $Q_{G\_obs}$ は観測点Gにおける流量の観測値,  $T_{wF\_obs}$ ,  $T_{wG\_obs}$ は観測点F, Gにおける水温の観測値,  $\Delta T_{wFG\_cal}$ は上述の水温変動シミュレーションモデルより求めた、観測点FG間の気象要因による水温上昇量,  $T_{w\_dis}$ は水田からの排水の水温である。ここでは、 $T_{w\_dis}$ は気温と等しいと仮定して計算を行った。

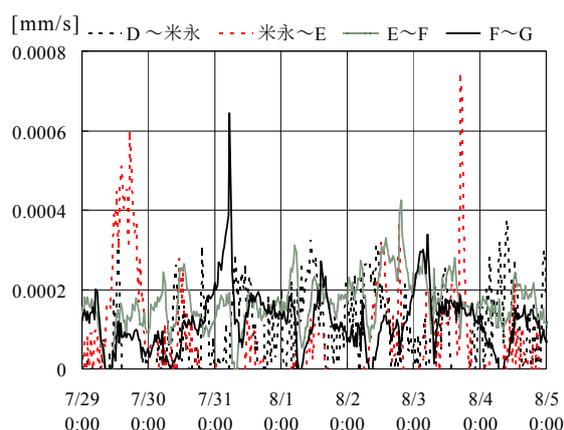
**4. 結果および考察** 2012年7月29日～8月4日における観測点A, Gでの水温の観測値と、観測点Gにおける水温の計算値を **Fig.2** に示す。観測点AG間では日中の水温が約5～6℃高くなっていたことがわかる。そのうち3℃程度は気象要因により上昇したものであり、残りの約2～3℃は水田からの排水が還流したことによる上昇分であると推定された。

排水流入地点で多量の排水が観測された6月18日における、米永分水工～観測点E間の排水流入量の推定値と、排水路水深の観測値を **Fig.3** に示す。両者の変動の傾向はほぼ同様であることがわかり、本研究における排水流入量の推定方法の有効性が確認された。

7月29日～8月4日における、観測点Dより下流の各観測点間の単位面積当たりの排水推定量を **Fig.4** に示す。排水推定量はどの区間においても平均すると  $2 \times 10^{-4}$  mm/s 程度であった。また、夜間から朝方にかけて増大するパターン、昼間から夕方にかけて増大するパターンなどが見られ、これらの時間帯に掛流し灌漑や落水を行っていたことが推察された。



**Fig.3** 排水還流量の推定値と排水路水深の観測値  
Estimated discharge and observed water depth of return flow



**Fig.4** 各区間の排水還流量の推定値  
Estimated discharge of return flow

**参考文献** 1) 木村匡臣ら(2013):掛流し灌漑による高温障害対策時の用排兼用水路の水温形成, 農業農村工学会誌, **81**(4), 289-292. 2) 近藤純正(1994):水環境の気象学—地表面の水収支・熱収支—, 朝倉書店.  
**謝辞** 本研究は、文部科学省気候変動適応研究推進プログラム「地球環境変動下における農業生産最適化支援システムの構築 (代表: 二宮正士)」の一部として行われた。研究遂行に当たり、手取川七ヶ用水土地改良区および石川県立大学に、多大なるご配慮を頂いた。記して謝意を表する。