

手取川七ヶ用水の用排兼用水路網における 水温変動シミュレーションモデルの検証

Verification of water temperature variation simulation model in dual purpose canal network in Tedori-gawa Shichika irrigation area

○小林 聡 木村匡臣 飯田俊彰 久保成隆

○KOBAYASHI Satoru, KIMURA Masaomi, IIDA Toshiaki and KUBO Naritaka

1. はじめに 水稻の高温障害対策としての掛流し灌漑には、低温の用水が大量に必要である。用排兼用水路網においては、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している。そのため広域で掛流し灌漑を実施する際は、水路内での水温変動の様子を解明、モデル化し水田への取水水温を予測する必要がある。本研究では石川県手取川七ヶ用水の水路網を対象に幹線水路の流量と水温の観測を行い、4-1、4-2号支線の観測をもとに作成したモデル¹⁾を他支線に適用し検証を行った後、シナリオシミュレーションを実施した。

2. 観測方法 手取川七ヶ用水4号支線を対象とし、Fig.1に示す観測点と各分水工において、流量および水温を30分間隔で測定した。観測点は4-1、4-2号支線ではA~Gの7箇所、4-3、4-5、4-6号支線ではそれぞれH、I、Jの1箇所である。

3. 水温変動シミュレーションモデルの概要¹⁾ 水路水温の保存則と連続式を連立して導出される(1)式を一次風上差分法により差分化して数値計算を行い、水温変動を計算した。

$$\frac{\partial T_w}{\partial t} + \frac{Q}{A} \frac{\partial T_w}{\partial x} = \frac{R_n - H - LE - G_g}{\rho_w c_w D} + \frac{(T_{win} - T_w) Area}{AL} K_{return} \times 10^{-3} \quad (1)$$

ここで、 T_w は水温[K]、 Q は流量[m³/s]、 A は流積[m²]、 R_n は純放射[W/m²]、 H は顕熱フラックス[W/m²]、 LE は潜熱フラックス[W/m²]、 G_g は地中熱伝導フラックス[W/m²]、 ρ_w は水の密度[kg/m³]、 c_w は水の比熱[J/(K・kg)]、 D は水理学的水深[m]、 T_{win} は水田からの排水水温[°C]、 $Area$ は計算対象区間内に排水を流入させる圃場面積[m²]、 L は計算対象水路長[m]、 K_{return} は水田からの排水還流量[mm/s]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。

4. 観測、計算結果 水温の観測結果をFig.2に示す。既往の研究²⁾の計算では、排

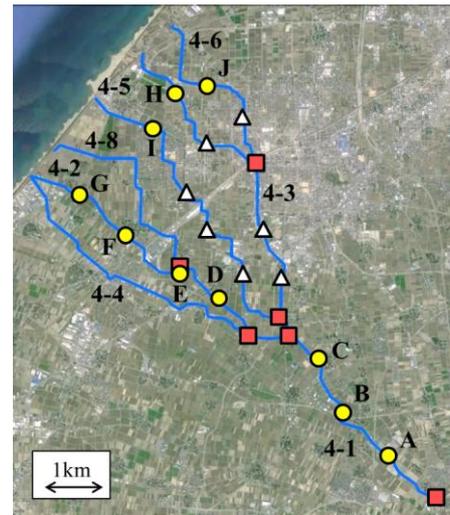


Fig.1 研究対象地

Study area

(青線：幹線水路，黄丸：観測点，赤四角：分水工，白三角：計算水路区間の境界)

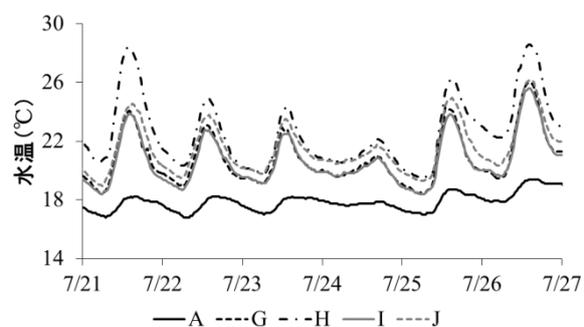


Fig.2 水温の観測値

Observed water temperature

Table.1 各区間に排水を還流する水田面積
Areas of paddy fields that return water to each section

区間	水田面積 (ha)
A~G	154.6
A~H	245.6
A~I	251.2
A~J	182.2

水を還流する水田の面積が大きい支線ほど水温が高くなっていたが、各区間に排水を還流する水田面積を示した **Table.1** と比較すると、排水を還流する水田面積と水温の大小は必ずしも一致していない。これは、既往の研究では4-1, 4-2号支線のみの流量を観測しており、他支線の流量はそれと同様に变化するものと仮定して計算を行ったためだと考えられる。そこで、各支線において観測した流量を用いて水温の計算を行った。流量は観測点間では線形に減少するとした。結果を **Fig.3** に示す。各支線の7月1日～8月31日における晴天日の観測値と計算値の誤差 (RMSE) は、G地点 0.32℃、H地点 0.94℃、I地点 0.87℃、J地点 0.98℃であった。複数箇所で流量を観測していた4-2号支線のみならず、1箇所しか流量を観測していない他支線においても精度よく水温変動を再現できることが示された。ただし、水路を流下する流速についてはある程度正確に推定する必要がある。

5. シナリオシミュレーション 支線全域において可能な限りの掛流し灌漑を行った場合 ($K_{return} = 4.59 \times 10^{-5} \text{mm/s}$ とした) のシミュレーションを行った。結果を **Fig.4** に示す。

水温が気温に近い値、もしくは気温より高い値となっていた。また、**Fig.2** と **Fig.4** を比較すると、現在の水管理下と全域掛流し灌漑時の水温の上昇幅は支線によって異なっており、排水を還流する水田面積が大きい支線ほど水管理の変化の影響を受けやすいことがわかる。このことから、高温障害対策として掛流し灌漑を実施する際には、掛流し灌漑と飽水管理の併用により同時に還流される排水量を減らす等の策を講ずる必要がある。

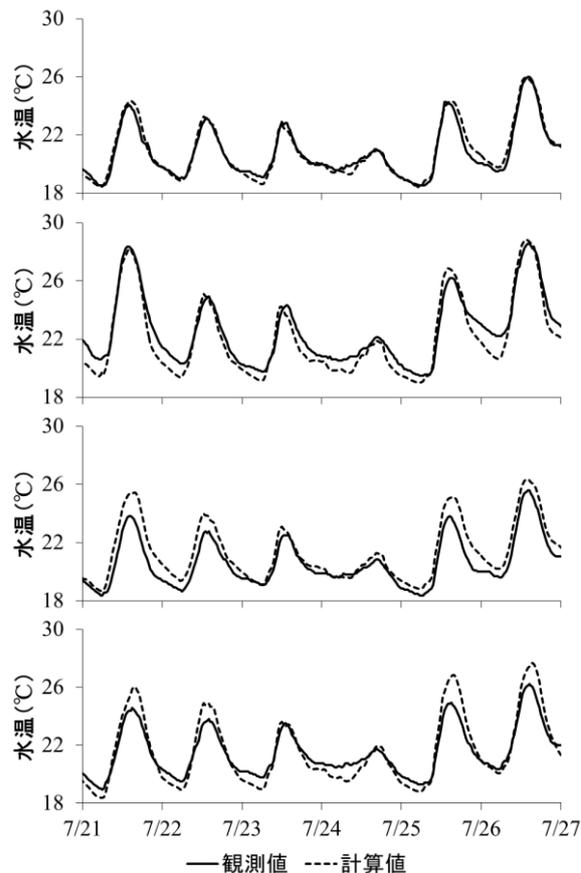


Fig.3 水温の計算値
Calculated water temperature
(上から G, H, I, J)

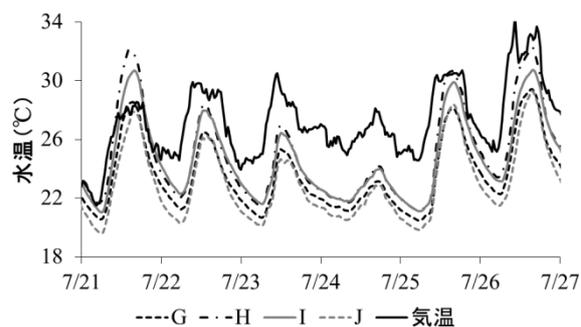


Fig.4 シナリオシミュレーション結果
Scenario simulation result

参考文献 1) 小林 聡ら (2014): 平成 26 年度農業農村工学会大会講演会要旨集, 454-455. 2) 木村 匡臣ら (2014): 平成 26 年度農業農村工学会大会講演会要旨集, 456-457.

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。