

灌漑水量・方法が水田水温・地温に与える影響

The effect of irrigation water amount and methods on water and soil temperature in a paddy field

○柴田里子* 西田和弘* 吉田修一郎* 塩沢 昌*

○Satoko Shibata, Kazuhiro Nishida, Shuichiro Yoshida, Sho Shiozawa

1. はじめに

田面水温、地温は水稻生育に影響を与えることが知られている。水温、地温は、主に気象条件により決定されるが、灌漑による影響も受ける。この灌漑の影響は、灌漑水温、水田の特性（主に浸透量）で決まる灌漑水量の違い、農家ごとの灌漑方法の違いによって異なることが予測される。そのため、現場における田面水温・地温の把握には、これらの影響を明らかにすることが必要である。そこで、本研究では、現場観測および灌漑の影響を考慮した水田内水温分布予測モデルによる数値実験により、灌漑水量（浸透量）、灌漑方法の違いが水田水温・地温に与える影響を調べた。

2. 現場観測

1) 調査地概要

現場観測は、2015年の6～9月に、石川県白山市の一般農家水田（以後：石川水田）、東京都西東京市の試験水田（以後：東京水田）で行った。両水田共に、水田内複数地点に水温計・地温計を設置し（Fig.1）、水温・地温分布を測定した。また、水深・各種気象項目も測定した。

浸透量・灌漑水量は、東京水田の方が石川水田より3～4倍多く、測定期間中の平均浸透量と平均灌漑水量は、それぞれ、東京水田で39.3, 36.0 mm/day、石川水田で10.0, 12.1 mm/dayであった。灌漑は、石川水田では数日に1回夜間に（夜間間断灌漑）、東京水田ではほぼ常時（約16h/d）行われていた。灌漑水温はどちらも20℃前後で気温や田面水温より常に低温であり、灌漑水により田面水が冷却される条件であった。

2) 結果

出穂前30日～出穂後20日の日平均水温の経時変化をFig.2に示す。両水田共に、水温は水口に近いほど低温となった。この傾向は、間断

灌漑が行われた石川水田では灌漑実施日のみ顕著に見られたが、常時灌漑が行われた東京の水田では常に見られた。両水田の出穂後20日間の平均水温・地温分布を比較した結果をFig.3に示す。平均水温・地温に関しても水口付近に近いほど低温となった。しかし、温度低下は、石川水田では水口近傍のみで見られたのに対し、東京水田では中央付近まで見られた。

3. 数値実験

1) 水温分布予測モデルの概要

数値実験には、西田ら（2013）の水平水移動を考慮した水田水温予測モデルを用いた。このモデルは、①田面内水平水移動の計算、②水温・葉温の計算（田面水・植生の熱収支式：(1)、(2)式）、③地温計算（熱伝導移流方程式：(3)式）の3つの部分で構成される。

$$f_v R_d + (1 - f_v) \sigma T_c^4 = \sigma T_w^4 + H_w + LE_w + G + C_w \frac{\partial h T_w}{\partial t} + C_w \frac{\partial Q T_w}{\partial x} + C_w I T_w \quad (1)$$

$$(1 - f_v)(R_d + \sigma T_w^4) = 2(1 - f_v) \sigma T_c^4 + H_c + LE_c \quad (2)$$

$$C_s \frac{\partial T_s}{\partial t} = K_s \frac{\partial^2 T_s}{\partial z^2} - C_w I \frac{\partial T_s}{\partial z} \quad (3)$$

ここで、 T_w 、 T_c 、 T_s は水温、葉温、深さごとの地温、 t は時間、 x は水口からの距離、 z は深さ、 R_d は入力放射（日射+天空放射）、 f_v は透過率、 H 、 LE は顕熱と潜熱（ w ：水面、 c ：植生）、 G は地中への熱フラックス、 C_w 、 C_s は水、土の熱容量、 K_s は土の熱伝導率、 Q は単位水田幅あたり流量、 h は水深、 I は浸透フラックスである。

このモデルの精度を、現場観測結果と計算値の比較により調べたところ、計算値は実測値の時間変動・空間分布をよく表現することがわかった（Fig.4）（水温と地温のRMSE：1.2, 1.2℃（石川水田）、1.8, 1.7℃（東京水田））。

* 東京大学大学院農学生命科学研究科 Graduate School of Agric. and Life Sciences, The Univ. of Tokyo
キーワード：灌漑、水田水温、地温

2) 数値計算条件

このモデルを用いて、灌漑水量（浸透量）および灌漑方法の違いが水温・地温分布に与える影響を調べた。計算条件は、灌漑水量（=浸透量+蒸発散量（排水無し））3条件（浸透量；10, 20, 40 mm/d）×灌漑方法2条件（連続灌漑；常に一定水量灌漑，間断灌漑；2日おきに19h～5hに灌漑）の計6条件とし、それぞれの水温・地温分布を計算・比較した。気象条件は石川水田の出穂後20日間のデータ（8/1-8/21）を与え、無降雨とした。また、灌漑水温は20℃で一定、水田長さは、100 mとした。

3) 結果

各条件の20日間の平均水温分布の計算結果をFig.5に示す。どちらの灌漑方法でも総灌漑水量が多いほど、同一地点の平均水温は、低温となった。一方、同一灌漑水量の下で水温を比較すると、水口付近では連続灌漑の方が低温であるが、水口から離れるにつれ間断灌漑の方が低温となった。以上の結果より、灌漑間隔が長いほど、より遠くまで灌漑の影響が及び水温が平均化されることが分かった。

4. まとめ

灌漑水量が多いほど同一地点の平均水温・地温を低下させること、同一灌漑水量の下では灌漑の間隔が長いほど水温・地温を水田内で均一化させることがわかった。

引用文献

西田ら(2013)：農業農村工学会大会講演要旨集 pp.324-325

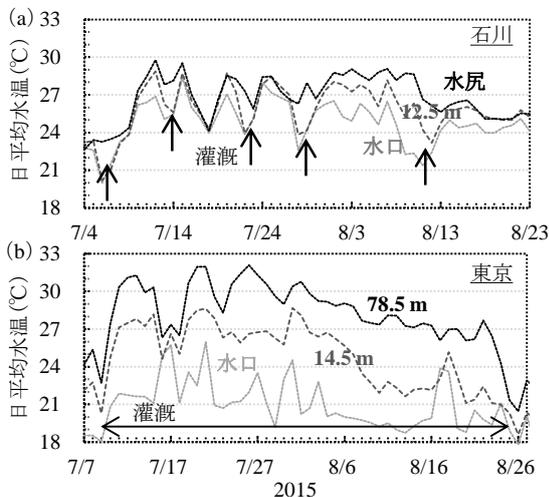


Fig.2 Changes in daily mean water temperature from 30 days before heading to 20 days after heading (a)Ishikawa (b)Tokyo)

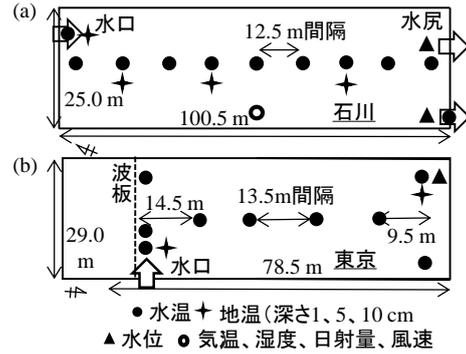


Fig.1 Schematic representation of the experimental paddy fields (a) Ishikawa (b) Tokyo

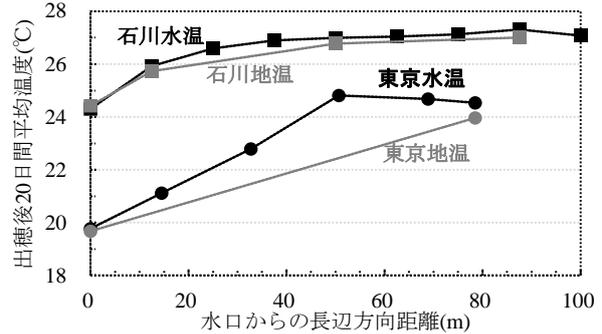


Fig.3 Distribution of the 20-day average temperature of water and soil in the paddy fields (Ishikawa and Tokyo)

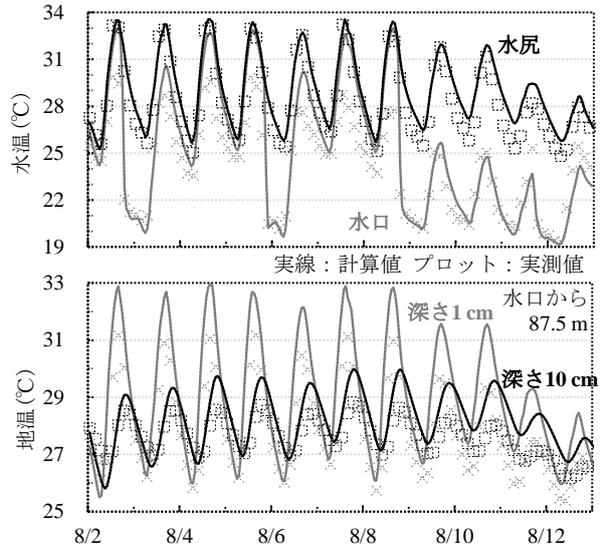


Fig.4 Comparison of calculated and observed water and soil temperature in Ishikawa paddy field (8/2-8/12)

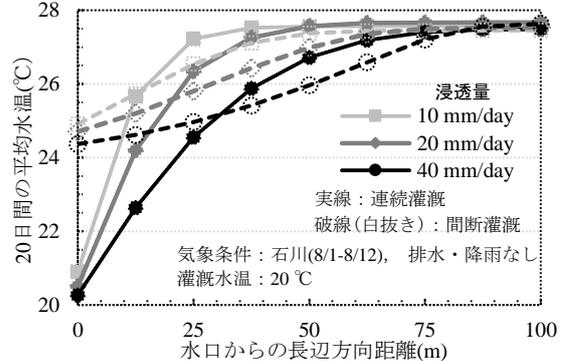


Fig.5 Comparison of 20-day average water temperature distributions