

水稻の高温障害抑制のための水田水管理法に関する研究 Study on Paddy Water Management for Mitigating High Temperature Injury of Rice

○吉田貢士*, 松林周磨**, 塩沢昌**

○Koshi YOSHIDA, Shuma MATSUBAYASHI and Sho Shiozawa

1. はじめに

近年、日本では地球温暖化や移植時期の早期化が原因とされる水稻高温障害が多発している。登熟期が夜間高温になると呼吸量が増加し、等級低下がもたらされる。平均気温が1℃上がると未熟米率が10%上がるという報告もある。高温障害の抑制対策の1つに掛け流し灌漑による抑制が試みられている。しかし水温低下効果や水温と高温障害発生の関連性について、熱収支・熱移動を考慮したモデルや実測による検討はされていない。そこで、本研究では水管理による高温障害抑制効果の定量的な検討を目的とし、高温障害発生地域で田面水温等を観測し、水温分布等を実測した。また、得られたデータを基に水田内温度予測モデルを構築し、数値実験により、掛け流し灌漑による水温低下効果の及ぶ範囲と、葉温への影響を定量評価した。

2. 現地観測

現地観測は宮城県亶理・山元地区(2009年 5/26~9/9, 2010年 5/26~9/8)と熊本県山鹿市(2010年 7/11~9/22)で行った。亶理では水田7箇所、山鹿では水田2箇所、水田内の水温等の実測値を得た。2010年の亶理は例年に比べ高温で、一等米比率は前年より40%低下した。2010年8月の田面水温は前年より平均で2.7℃高かった(Fig.1)。2009年亶理圃場における水深変化をFig.2に示す。8/15に水深2.5cmを境に水深低下速度が遅くなったことより、堰板高さは2.5cmと推定された。よって12日~14日の昼間に掛け流しが行われていたと考えられる。この時の水口、中央、水尻の観測結果をFig.3に示す。水口の最高水温は他点に比べて低い傾向にあり、14日は中央より7℃低い結果となった。

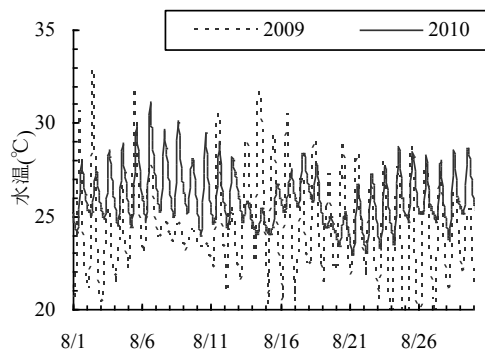


Fig.1 Paddy Water Temperature in Watari

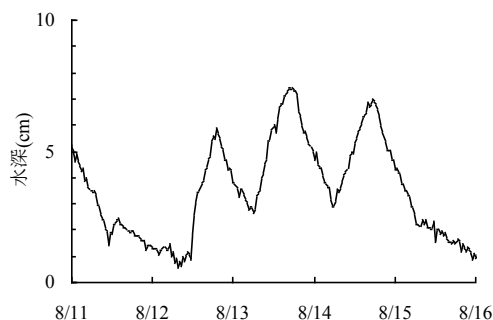


Fig.2 Paddy Water Depth in Watari (2009)

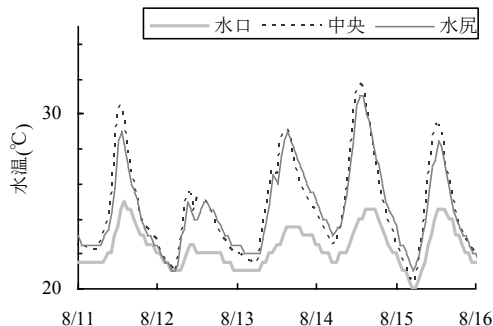


Fig.3 Paddy Water Temp in Watari (2009)

3. 水田内温度予測モデル

水面から大気への鉛直方向の熱交換を、田面水、葉、植生内空気、大気が熱交換する「二層モデル」で表現した。水田内の水平方向の熱移

[所属] *茨城大学 Ibaraki University, **東京大学 The University of Tokyo

[キーワード] 熱収支、2層モデル、水田水温、葉温、掛け流し灌漑

動は移流方程式により表現した(Fig.4). 田面水、葉における熱収支式を次の式(1)(2)に示す。

$$\frac{\partial T_w}{\partial t} = -v \frac{\partial T_w}{\partial x} + \frac{R_{n,w} - H_w - \lambda E_w - G}{\rho C_p h} \quad (1)$$

$$R_{n,c} = H_c + \lambda E_c \quad (2)$$

T_w : 水温, t : 時間, v : 流速, x : 水平距離, R_n : 純放射量, H , λE , G : 顕熱, 潜熱, 地中伝導熱フラックス, ρC_p : 水熱容量, h : 田面水深, 下付 w は水面, c は葉面の値を示す. 各純放射量は放射項目の収支をとり, 潜熱, 顕熱は熱交換対象との蒸気圧差, 温度差に, 地中伝導熱は地温との温度差に比例する形で計算した。

移流による熱移動は, 水田を水口~水尻方向に n 個に区間分けし, 次の式(3)で計算した。

$$\frac{T_w - T_w^0}{\Delta t} = -v \frac{T_{w,m} - T_{w,m-1}}{\Delta x} \quad (3)$$

Δt : 時間刻み, Δx : 区間長で, 上付 0 は前タイムステップ, 下付 m は m 番目区間を示す。

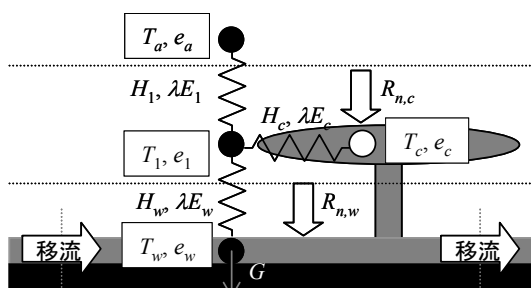


Fig.4 Structure of Two Layer Model

4. モデル検証

2010 年 8 月における亘理の気象データ, 亘理圃場の大きさ, LAI, 植生高さ等を入力し, 8 月の水田水温をモデルで再現した(Fig.5). 計算値と実測値の RMSE は 0.6℃であった。

5. 数値実験による灌漑シミュレーション

田面水深 1 cm として掛け流し灌漑を行った際の水温を計算し, 灌漑を行わなかった場合の水温と比較した. 気象条件に 8 月 10 日亘理の値を用い, 灌漑水量は 25 mm/day, 灌漑水温は 20℃ (平均気温約 28℃)とした. その結果, 水口の水温は日平均で 5.4℃低下し, 田面平均葉温は 1.2℃低下した(Fig.6). 水温低下量に対す

る葉温低下量は約 1/4 であった. また, 灌漑水により水温が 1℃以上低下している範囲は水口から約 20 m に限られた(Fi.7). 湛水深 10 cm と深くした場合も同様の結果が得られた。

6. まとめ

数値実験より, 灌漑水を多量に用いた際でも水温低下効果は水口付近のみで, 掛け流し灌漑による高温障害抑制効果は限定的であることがわかった。

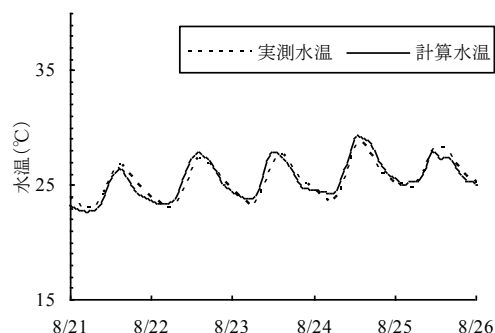


Fig.5 Comparison of Calculated and Observed Paddy Water Temperature

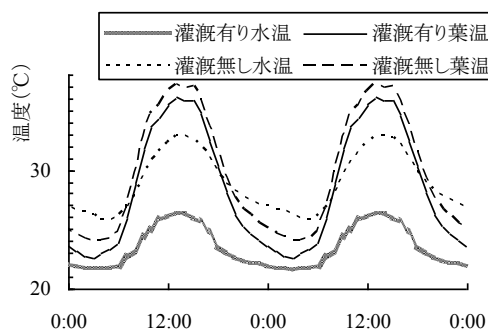


Fig.6 Effect of Continuous Irrigation to Paddy water Temp and Leaf Temp

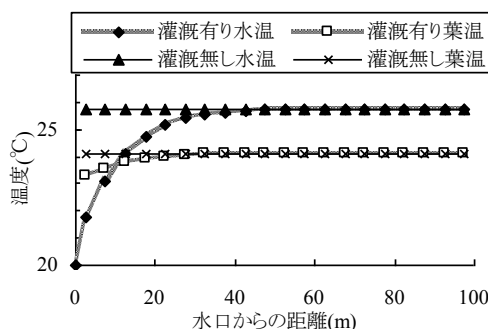


Fig.7 Effect of Continuous Irrigation to Horizontal Profile of Paddy Water Temp