

水温予測モデルを用いた水稻の高温障害抑制のための水管理法に関する研究

Water management for suppressing high temperature injury of rice using water temperature predicting model

松林周磨*・吉田貢士**・塩沢昌*

Shuma Matsubayashi・Koshi Yoshida・Sho Shiozawa

1.はじめに

近年、日本では地球温暖化により水稻の高温障害が発生し、等級低下が引き起こされている。これは夜間高温による呼吸量増加によるもので、最低気温が 24 超でその発生は顕著になる。高温障害抑制対策の 1 つとして通水灌漑が行われているが、その効果や灌漑水量の定量的な検討が必要とされる。本研究では水管理の効果を反映させた水温予測モデル構築と、そのモデルを用いた数値実験を行うことによる水管理法の効果と必要水量の評価を目的とした。

2.モデルの概要

モデルの概念図を図 1 に示す。このモデルは水稻の生長データ、気象データ、灌漑条件から水温を計算するものである。

モデルでは植生層と水面の 2 層に分けて熱収支を計算した。これはイネの生長を反映するもので、生長により水面への日射の到達量が減少する。それぞれの熱収支式を式(1)(2)に示す。

$$R_{n,w} + I_r + R_a = H_w + \lambda E_w + B + G + P_r + Q_t \quad (1)$$

$$R_{n,v} = H_v + \lambda E_v \quad (2)$$

$R_{n,w}$ ・ $R_{n,v}$ ：水塊・植生層における純放射量、 H_w ・ H_v ：水面・葉面からの顕熱フラックス、 E_w ・ E_v ：水面・葉面からの潜熱フラックス、 G ：水塊から地中への地中伝導熱フラックス、 B ：水塊貯熱量、 I_r ・ R_a ：灌漑水・降雨により供給される熱量、 P_r ・ Q_t ：浸透水・排水により持ち出される熱量

それぞれの層における顕熱フラックスは葉面及び水面温度と気温の差に、潜熱フラックスは葉面及び水面と大気の水蒸気差に比例し、次式(3)(4)で表される。

$$H = F_h (T - T_a) \quad (3)$$

$$\lambda E = F_e (e_{sat}(T) - e_a) \quad (4)$$

F_h ：水面または植生層における顕熱伝達係数、 T ：水面または葉面温度、 T_a ：気温、 F_e ：水面または植生層における潜熱伝達係数、 $e_{sat}(T)$ ：水面または葉面における飽和水蒸気圧、 e_a ：大気中の水蒸気圧

また、地中伝導熱フラックス G は熱伝導方程式(5)をもとに計算し、水塊貯熱量変化 B は水温変化から算出した。

$$\frac{\partial T_G}{\partial t} = \alpha_G \frac{\partial^2 T_G}{\partial x^2} \quad (5)$$

T_G ：地温、 t ：時間、 x ：深さ、 α_G ：熱拡散係数

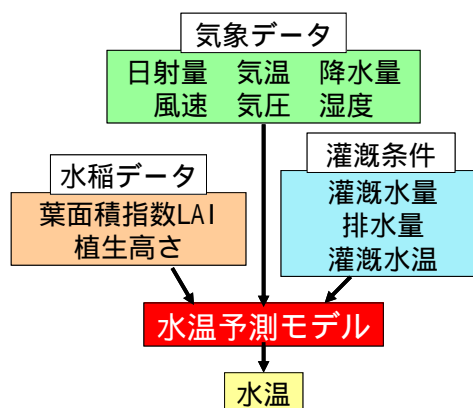


図 1 水温予測モデルの概念図
Fig.1 The conceptual diagram of water temperature predicting model

* 東京大学大学院 農学生命科学研究科, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The Univ. of Tokyo

** 茨城大学農学部, College of Agriculture, Ibaraki Univ.

キーワード 熱収支, 水田水温, 灌漑

3.現地観測(2008年6月13日~8月29日)

水温予測モデル構築と検証のため東大田無農場において現地観測を行った。日射、気温、湿度、水温、地温、植生内気温、水深を観測した。また、水稻のデータとして根、葉、穂の重量と乾物重、根と葉の長さ、葉面積を計測した。また、実験室において田無水田土壌の熱拡散係数をプローブ法によって測定を行った。

4.モデルの検証

東京の気象台で観測された気象データ、実測した水稻データを入力して田無農場における水温をモデルにより計算した。図2に水温の実測値と計算値を示す。6月と7月を同定期間、8月を検証期間とし、同定期間において顕熱・潜熱伝達係数の計算で用いたパラメータの同定を行った。それぞれの期間における誤差は同定期間で1.09、検証期間で0.87となった。計算値は実測値をよく表現していた。

5.数値実験による水管理法の検討

構築した水温予測モデルを用いて水管理法の評価のための数値実験を行った。

気象条件に気象台で観測されたデータ(気温約24~32)を、水稻データに実測値を用いた。まず22時から翌朝7時まで5mm/hのペースで掛け流し灌漑を行った際の水温を計算した。これを灌漑水温20と25で行い、通水灌漑を行わなかった場合の水温と比較した。この水管理法での必要灌漑水量は1日あたり45mmであった。灌漑有無での水温を比較すると20で灌漑した場合は明確な温度低下が見られ、最低水温は1.3低下したが、25で灌漑した場合温度変化は少なく、最低水温低下量は0.1であった(図3)。

また、灌漑水温25の場合において15時から水深が0になるまで5mm/h排水し、翌7時から水深30mmになるまで5mm/h入水する水位調整を行い、灌漑有無での水温を比較した(図4)。最低水温低下量は0.2で、同じ水温で掛け流し灌漑をすることに比べて有効であった。

以上のように作成したモデルにより灌漑方法の定量的な検討が可能となった。

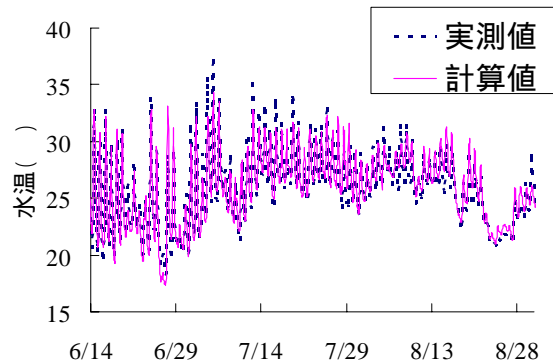


図2 実測水温と計算水温の比較

Fig.2 Comparison of measured and calculated water temperature

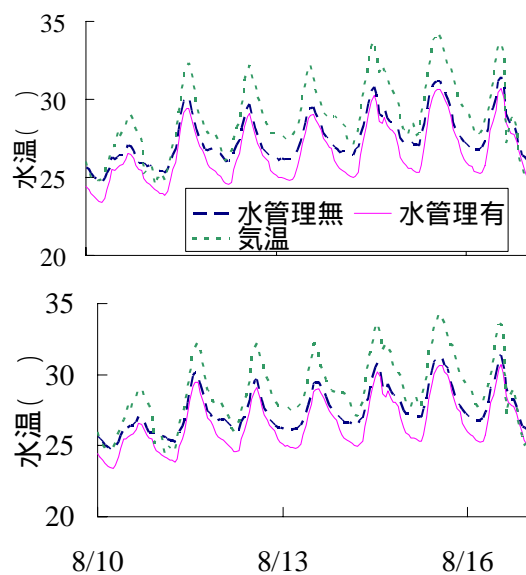


図3 掛け流し灌漑有無の水温比較
(灌漑水温 上20 下25)

Fig.3 Comparison of water temperature under flowing water management condition and not managed condition

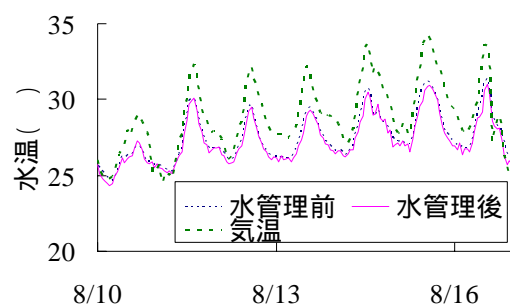


図4 水位調整有無の水温比較

Fig.4 Comparison of water temperature under water depth management condition and not managed condition