

高温登熟障害抑制のための冷水掛流し灌漑による 稲体温度・群落内気温・地温低下効果

Effect of continuous irrigation with cool running-water on rice, air temperature inside rice canopy, and soil temperature for preventing high temperature damage of rice

西田和弘* 宇尾卓也* 吉田修一郎* 塚口直史**

NISHIDA Kazuhiro*, UO Takuya*, YOSHIDA Shuichiro*, TSUKAGUCHI Tadashi**

水稻の高温障害対策として冷水掛流し灌漑が注目されている。冷水掛流し灌漑とは、気温や田面水温よりも低温の用水を灌漑することで、稲を直接冷却しようとする方法であり、これによる米の品質の向上が報告されている。一方で掛流し灌漑による水温低下が、稲体温度や群落内気温・地温といった米の品質に影響を与えると考えられる水稻群落・土壌の鉛直方向の温度環境に与える影響は十分に明らかでない。そこで本研究では、試験圃場で掛流し灌漑試験を行い、掛流し灌漑による水温低下が、稲体温度・群落内気温・地温に与える影響を調べた。

方法

掛流し灌漑試験は、2013年の夏季に石川県立大学の試験水田(12.7 a)を用いて実施した(Fig.1)。水田にはコシヒカリを作付けし、掛流し試験開始までは通常の水管理の下で生育させた。水稻の移植日は5/16であり、出穂期は、8/4であった。

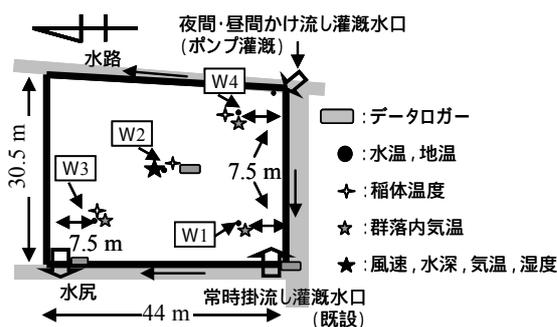


Fig.1 Schematic representation of the experimental paddy fields

掛流し灌漑試験は、出穂から20日以内の2013年8月8日から21日までの期間に行った。掛流し灌漑は、8月7~8、8~9日に夜間掛流し灌漑を、8月10日に昼間掛流し灌漑を行った

後、8月12日(11時)より常時掛流し灌漑を行った。夜間および昼間の灌漑試験では、ガソリンエンジンポンプを水田南東に設置し、これを用いて灌漑を行ったが、8月12日以降の常時掛流し試験では、通常使用されている水田の南西にある水口から灌漑を行った。

夜間および昼間の掛流し試験時に、水田内の3地点(W4, W2, W3)において、高さごとの水稻の熱画像を撮影し、水温低下に伴う高さごとの稲体温度低下効果を検討した。検討には2012年の掛流し試験時の測定結果も用いた。また、常時掛流し灌漑時に、水田水温、高さごとの群落内気温(W4, W1, W3)、深さごとの地温(W1~4)を測定し、水温低下に伴う群落内気温・地温低下効果を検討した。

結果と考察

掛流し灌漑による水温低下によって、稲体温度は低下したが、その温度低下は高さごとに異なった。一例としてFig.2に夜間掛流し試験時に撮影した水稻の熱画像を示す。水稻の温度は、水温が低いほど低くなり、また、温度低下効果は、下部で大きく上部で小さくなった。このような傾向は、その他の測定結果においても同様に見られた。一般に、登熟期の稲群落は葉が茂っているため、水面からの放射の多くは下方の葉で遮られると考えられる。そのため、掛流し灌漑時の稲体冷却効果は、下部で大きい上部では小さくなる。

Fig.3はW3(水尻)を基準とした稲体温度低下と水温低下の比の各測定の平均値と地面からの高さの関係を示したものである(水温低下が1.8以上の結果のみを使用)。高さ30, 50,

* 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

** 石川県立大学 Ishikawa Prefectural University,

キーワード：高温登熟障害, 掛流し灌漑, 稲体温度, 群落内気温, 地温

70, 90 cm におけるこの比 (\pm 標準偏差) は、夜間では $0.62(\pm 0.18)$, $0.43(\pm 0.31)$, $0.36(\pm 0.20)$, $0.22(\pm 0.08)$, 昼間では $0.55(\pm 0.09)$, $0.23(\pm 0.16)$, $0.27(\pm 0.03)$, 0.11 となり、地面からの高さが高いほど小さくなった。

群落内気温も稲体温度と同様に、水温低下に伴い低下したが、温度低下は群落下部で大きく上部では小さかった。また、温度低下効果は風速の増加に伴い低下した。Fig.4 は、W4 を基準とした水温低下 (ΔTw) と高さ 30 cm の群落内気温低下 (ΔTa) の比 ($\Delta Ta/\Delta Tw$)、と地面からの高さ 2 m における風速の関係をプロットしたものである (水温低下 2 以上の測定結果使用)。 $\Delta Ta/\Delta Tw$ は、風速が増加するにつれ減少する傾向が見られ、風速が弱い夜間の方が昼間よりも大きな値となった。このように、掛流し灌漑による稲体温度・群落内気温低下効果は、水温のみで決まらず、風速が弱いほど効果が大きくなる。

Fig.5 に、掛流し灌漑試験前からの W1 と W4 の日平均地温変化 (深さ 4, 9, 16 cm) を平均水温変化と合わせて示す。各深さの平均地温は、掛流し試験前は両水田でほぼ同じであったが、その後の掛流し灌漑に伴う平均水温低下によって低下した。また、水温低下に伴う地温低下は表層で大きく深部で小さかった。一般に、地温変化は、地表面付近では周期の短い温度変化が伝わるが、深部になるにつれ周期の短い変化は伝わらず周期の長い温度変化、すわなち、より下方の地温の影響が大きくなる。そのため、掛流し灌漑による地温低下効果は表層ほど大きく、深部に向かうにつれ小さくなる。

まとめ

- 1) 水温低下に伴い稲体温度や群落内気温は低下するが、その効果は下部で大きく上部では小さかった。また、水温低下に伴う群落内気温低下効果は、風速の増加に伴い減少した。
- 2) 水温低下に伴う平均地温低下は、表層に近いほど大きくなった。気象条件の影響が大きい稲体温度や群落内気温と異なり、稲の生育に影響を与えると考えられる表層の水田地温は水温の温度変化のみで決まる。

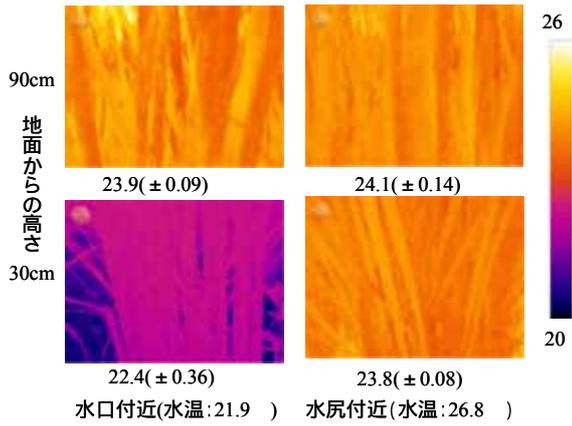


Fig.2 Thermal images obtained at 0:00 on 2013 August 8

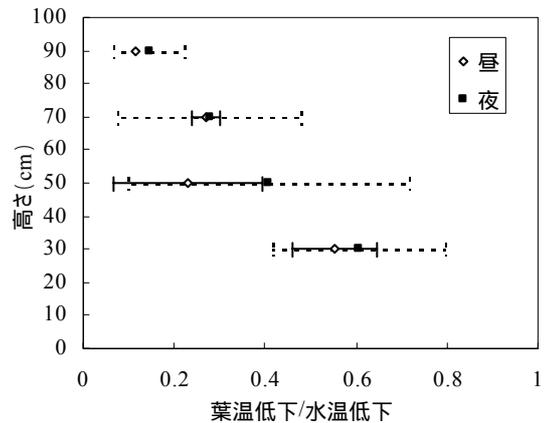


Fig.3 Vertical profiles of the rice / water temperature decrease

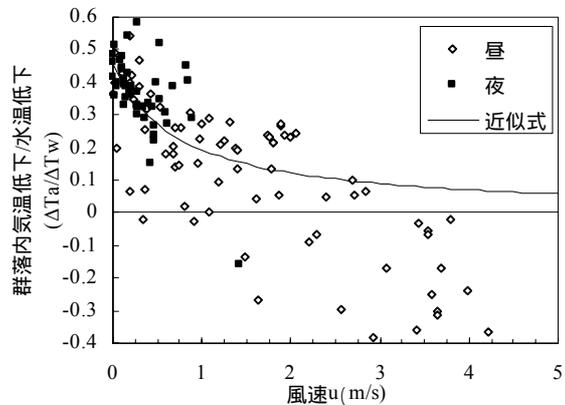


Fig.4 Relationship between wind speed and air temperature decrease at 30 cm from soil surface / water temperature decrease

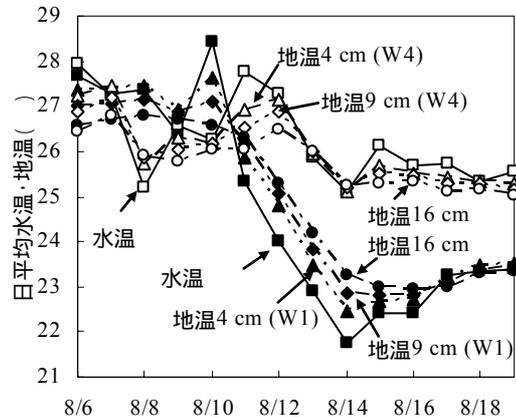


Fig.5 Changes in daily average soil temperature at W1 and W4