

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 5 月 2 日現在

機関番号：16301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K05851

研究課題名(和文) 夏季高温時における水田の水管理がイネ葉温と穂温の形成に果たすメカニズムと効果

研究課題名(英文) Effects of the water management in a rice field on leaf and panicle temperature under the high air temperature in summer

研究代表者

大上 博基 (Oue, Hiroki)

愛媛大学・農学研究科・教授

研究者番号：80213627

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：イネ品種ひめの凧(HR)、にこまる(NM)等の気孔コンダクタンス(g_s)を比較した結果、HRの g_s が最高であった。群落温度(T_c)と穂温の測定値はHRが最低であったことから、HRは高い g_s で蒸散を促進し葉温と周囲の穂温を低下させたと考えられた。高温時の灌漑直後に T_c は0.4～0.7℃低下し、HRの T_c の方がNMよりも0.5～0.8℃低かった。群落多層モデルで g_s と水管理の効果を再現すると、両品種とも28℃水温の方が32℃水温よりも T_c が0.2℃低く、いずれの水温でもHRの T_c がNMよりも0.4℃低かった。群落下部からの小さい上向き長波放射と顕熱フラックスが T_c と穂温を低くしたと考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

暑さに強いとされる愛媛県オリジナルのイネ品種ひめの凧は、にこまるやコシヒカリよりも気孔コンダクタンス(g_s)が高く葉温と穂温が低かったことから、高い g_s が高温耐性の一因と考えられた。この成果は、系統選抜中のイネ交配種の g_s を比較するフェノタイピングで、高温耐性種を選択できる可能性を意味する。水管理の効果について、高温時の灌漑によるイネ群落温度の低下が測定によって実証された。また、多層モデルによるシミュレーションで、高温時の灌漑による低水温が、上向きの長波放射と顕熱フラックスを低下させ、群落上部の葉温と穂温を低下させる可能性が明らかになった。以上が、本研究成果の学術的・社会的意義である。

研究成果の概要(英文)：Comparisons of the measured stomatal conductance (g_s) in rice cultivars Himenorin (HR), Nikomaru (NM), and others showed the g_s of HR was highest. Comparisons of the measured canopy temperature (T_c) and panicle temperature (T_p) showed T_c and T_p were lowest in HR, which was regarded to be caused by the highest g_s in HR that should have promoted transpiration to cool leaves and even surrounded panicles. Just after irrigation with cool water in a high temperature environment, the measured T_c decrease 0.4 to 0.7 °C, and T_c in HR was 0.5 to 0.8 °C lower than in NM. The numerical simulation with Multi-Layer Model showed that the calculated T_c under 28 °C water was 0.2 °C lower than under 32 °C water in both rice cultivars, and 0.4 °C lower in HR than in NM under both water temperature. The model simulation suggested that the mechanism of decreasing T_c and T_p was the lower upward long wave radiation and the lower sensible heat flux from the bottom canopy layer.

研究分野：地域水文気象学

キーワード：イネの群落温度 気孔コンダクタンス 夏季高温 水管理 ひめの凧 光化学的応答 多層微気象モデル 品種間差

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) イネの高温障害と穂温

イネの出穂・開花時期の最高気温が 35°C を越えると、花粉障害型の高温不稔が発生する(例えば Matsui, 2007) 可能性があることは良く知られている。長谷川ら(2008)は、関東・東海地域で異常高温によるイネの高温不稔が高い割合で発生したことを確認し、Maruyama et al. (2013)は、熱帯・亜熱帯地域でイネの高温不稔が度々発生していることを報告している。また長谷川らは、不稔割合は気温よりも穂温と高い相関を示す傾向があることを明らかにした。したがって、高温環境下において如何に穂温の上昇を抑制できるかが、高温不稔を防止するための重要なポイントである。さらに、高温不稔被害の程度には品種間で差があり、高温不稔耐性の高い品種の存在も確認されている。

(2) 穂温はどのようなメカニズムで形成され水管理条件にどのような影響を受けるか

一般にイネの高温不稔を回避するために、育種、肥料、栽培、水管理などの技術が適用されている(e.g., Morita et al., 2016)。この中で水管理技術によって穂温を低下させて被害を回避することは、気象条件とイネの生理生態学的な応答が関係する学術的に興味深いテーマである。ただし、穂温を形成するメカニズムとその品種間差などの未解明な問題を解き、高温不稔の危険性を予測し、減収と品質低下に対する水管理手法を確立するためには、群落内部の微気象条件と穂温を推定する微気象モデルとイネの生理生態学的な環境応答を予測するモデルの構築が、緊急性の高い課題であると言える。従来の研究では、この点が十分に解明されていない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、近年多発している夏季の異常高温に対し、イネの高温障害とりわけ花粉障害型の高温不稔を回避するため、コメ生産者が圃場に対応可能な水管理方法とその効果を科学的に明らかにするとともに、いくつかのイネ品種のフェノタイプングを行って高温耐性の可能性に迫り、今後ますます危惧される高温条件下におけるコメの収量と品質の維持・向上を図ることである。この目的のため、本研究では高温障害回避の可能性につながる条件として、気孔コンダクタンスおよびその影響を受ける群落温度と、光化学的パラメータに注目した(図1)。

(1) 気孔コンダクタンス・群落温度・光化学的応答の品種間差

暑さに強いとされる愛媛県オリジナルのコメ品種ひめの凜をはじめ、イネ数品種を対象とし、気孔コンダクタンス、光化学的パラメータ、光合成速度等を測定して比較するとともに各量をモデル化した。また各品種のイネ群落温度(葉温と穂温)を測定し気孔コンダクタンスとの関係を検討した。

(2) 高温時の灌漑による水管理が群落温度に及ぼす影響

数品種を対象とし、高温時に灌漑実験を行い、灌漑区画と対照区画において群落温度を測定し、灌漑が群落温度に及ぼす影響と品種間差を実験的に検証した。

(3) 多層モデルによる群落温度の形成メカニズムの検討

水管理およびイネ品種の違いが群落内部多層の微気象環境(鉛直分布)に及ぼす影響(2)の実験結果)を検証し、群落温度(の違い)が形成されるメカニズムを明らかにするために、多層モデルを構築して数値シミュレーションを行った

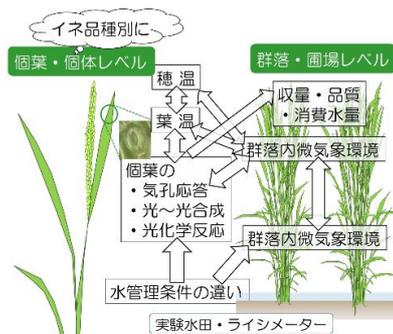


図1 本研究の目的と視点

3. 研究の方法

(1) ライシメータ実験

令和3年度はひめの凜(HR)、にこまる(NM)、コシヒカリ(KH)、令和4年度はHR、NM、ヒノヒカリ(HH)を対象とし、各品種につき各3個の合計9個のライシメータ(プラスチック容器; 960×458×358mm)で、それぞれ10個体栽培した。実験水田の水管理に倣って慣例的な水田の水管理を全てに共通に適用しながら、下記(3)の測定を行った。

(2) 水田実験

愛媛大学附属高校の教育水田で、令和4年度はHR、NM、KH、HHをそれぞれ2.0m四方の区画に移植し、令和5年度はHRとNMを1.55m四方の2区画にそれぞれ移植した。栽植密度は列間25cm×株間25cmで16株/m²である。令和5年度には、HRとNMの各2区画を灌漑実験用と対照実験用とし、高温時の午後に数回の灌漑実験を実施した。測定項目は(3)のとおりである。

(3) 測定項目

微気象および生理生態学的測定

(1)、(2)ともに、止葉伸長期以降、各品種個葉の気孔コンダクタンス(g_s)と電子伝達速度をポロメーター・クロロフィル蛍光測定器(LI-600PF, Li-Cor)で、g_s、光合成速度、クロロフィル蛍光パラメータを蒸散・光合成測定システム(LI-6400+6400-40LCF, Li-Cor)で測定し、上記の測定対象葉のSPAD値(SPAD-502Plus, KONICA MINOLTA)を測定した。灌漑実験時には各区画の群落温度を測定した(放射温度計THI-300, TASC0)。また、出穂開花期前後に、群落内部の透過日射量の鉛直分布を測定した(ACCUPAR LP-80+SQ100X, Apogee)。各区画の水温・地温と土壤

水分および区画全体の正規化差植生指数 (NDVI; S2-111-SS + S2-112-SS, Apogee) を自動測定・記録した。当実験水田から直線距離 50m 程度離れた別の実験水田で、日射量等の放射収支 4 項目、群落内部と上部の気温・湿度と風速鉛直分布などの微気象条件を自動測定・記録した。

イネ生育測定

1 週間に 1 回、各品種の草丈、群落高、莖数、葉面積指数を測定した。生育期間中に 3~4 回、各区画の代表的なサイズのイネ個体を採取して室内に持ち帰り、層別刈取り法で植物体面積密度の鉛直分布と乾物重を測定した。収穫後に乾物重、収量、千粒重などを測定した。

(4) モデル化

上記の各イネ品種を対象とし、気孔コンダクタンス (g_s)、クロロフィル蛍光の誘導期現象におけるクロロフィル蛍光パラメータ ($F_0, F_m, F_s, F_0', F_m'$)、光合成速度 (P) の測定値を用いて、基本的には光合成有効放射 (PPFD) と g_s, P 、電子伝達速度 (ETR), 非光化学的消光 (NPQ), 光化学反応の量子収率 (Φ_{PSII}), 光で制御された非光化学的消光の量子収率 (Φ_{NPQ}), の関係を品種別にモデル化した。主要モデルとして群落多層微気象モデル (Oue, 2001; Oue et al., 2008) を改良し、群落内部の透過(下向き)日射の測定値を再現するようにモデルパラメータをチューニングして多層モデルを構築した。このモデルに各品種の g_s モデルを組み込み、外部気象条件を入力して群落温度を含む群落内部の微気象条件の鉛直分布を再現した。

4. 研究成果

(1) 気孔コンダクタンス (g_s) の品種間差

LI-600PF で測定した HR の g_s は、中干期間に NM および KH よりも高い状態を維持し、出穂開花期から登熟期にも、止葉の g_s を最高として第 4 葉まで総じて NM および KH よりも有意に高く、NM の g_s は KH よりも高かった (ns)。KH は登熟期に止葉の g_s が有意に HR および NM よりも高いことが特徴的だったが、第 3 葉以下は老化が早く g_s が低かった (表 1)。以上のことから、HR は高い g_s で蒸散を促進し葉温を低下させる機能を持つと推測できた (令和 3 年度)。

LI-600PF で測定した出穂 1 日前から出穂 20 日後までの平均 g_s 値は、両葉とも HR 最高 (一部有意) NM 最低であった (表 2)。また、LI-6400 + 6400-40LCF を用いて最大分けつ期 (7 月 20 日) から登熟期 (9 月 16 日) まで生育期別に測定した最上葉の $Q-g_s$ 曲線 (非直角双曲線でパラメータ化) を比較すると、生育期通して全 PAR 域で HR が最高で NM が最低であり、特に登熟期にも高い g_s を保持することがわかった (図 2)。(令和 4 年度)。

(2) 光化学的応答の品種間差 (令和 4 年度) (大上他, 2023)

LI-6400 + 6400-40LCF を用いて最大分けつ期 (7 月 20 日) から登熟期 (9 月 16 日) まで生育期別に測定したクロロフィル蛍光パラメータ ($F_0, F_m, F_s, F_0', F_m'$) を用いて、 Φ_{PSII} の量子収率 ($\Phi_{PSII} = 1 - F_s/F_m'$) と、光誘導による非光化学的消光の量子収率 ($\Phi_{NPQ} = F_s/F_m' - F_s/F_m$) を計算した。

Φ_{PSII} は吸収した光エネルギーのうち光化学反応に使われる光エネルギーの割合である。 Φ_{NPQ} は吸収した光エネルギーのうちキサントフィルサイクルなどで熱放散される光エネルギーの割合である。両者の光応答を再現するため、 Φ_{PSII} のパラメータ化には指数関数を適用し (図 3)、 Φ_{NPQ} のパラメータ化には最大値を 1.0 とする非直角双曲線を適用した (図 4)。

表 1 各ステージ (1: 止葉展葉前の栄養成長期, 2: 出穂開花期, 3: 登熟期) における各品種の平均 g_s ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) (令和 3 年測定) (Oue, 2023)

Stage	5th			4th			3rd		2nd			1st		flag		
	HR	NM	KH	HR	NM	KH	HR	NM	KH	HR	NM	HR	NM	KH	HR	NM
1	0.325	0.291	0.221bc	0.461a	0.287b	0.229c	0.544a	0.373b	0.199c	0.582a	0.414b	0.438a	0.309b	—	—	—
2	0.187a	0.146b	0.252ab	0.274a	0.175b	0.262bc	0.375a	0.271b	0.336ab	0.368a	0.295b	—	—	0.325ab	0.363a	0.280b
3	0.120	0.077	—	0.173a	0.098b	0.115bc	0.191a	0.153b	0.231ab	0.234a	0.195b	—	—	0.320ab	0.327a	0.255b
1-3	0.195	0.159	—	0.309a	0.190b	0.195c	0.403a	0.286b	0.238c	0.434a	0.322b	—	—	0.322ab	0.342a	0.265b

表 2 出穂後日数-1 ~ 20 日後における各品種の平均 g_s ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) (令和 4 年測定)

	2nd			flag		
	NM	HR	HH	NM	HR	HH
n	12	12	12	12	12	12
g_s	0.251b	0.341a	0.29ab	0.281c	0.414a	0.344b

HR の Φ_{PSII} は、登熟期には他 2 品種よりも有意に高かった。しかし、最高分けつ期と止葉伸長期には品種間に有意差はなく、出穂開花期には HH よりも有意に低かった。HR の Φ_{NPQ} は、登熟期には他 2 品種よりも有意に低かった。しかし、最高分けつ期と止葉伸長期には品種間に有意な差はなく、出穂開花期には強光条件以外で HR の Φ_{NPQ} は HH よりも有意に高かった。

次に、 Φ_{PSII} 曲線と Φ_{NPQ} 曲線の交点を求めた。

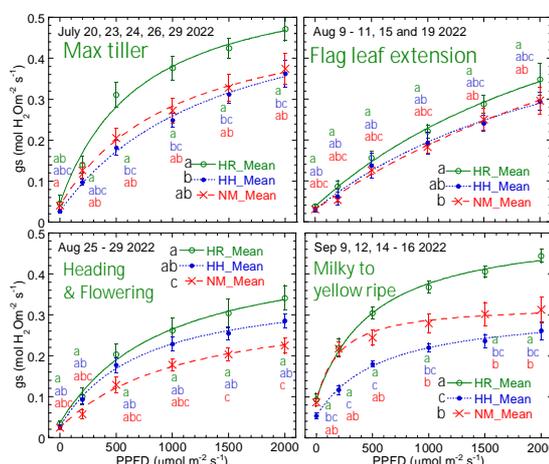


図 2 HR, HH, NM 最上葉の $Q-g_s$ 曲線

交点における PAR は、吸収光エネルギーが主として光化学反応に使用される状態から熱消散される状態へ変化する光条件を意味する。3 品種の交点における PAR を生育期別に表 3 に示す。HR の交点 PAR は出穂開花期以外は他 2 品種よりも高かった。したがって HR は、出穂開花期を除き、他 2 品種よりも高い光エネルギーを PSII で光化学反応に利用した可能性が見つけられた。

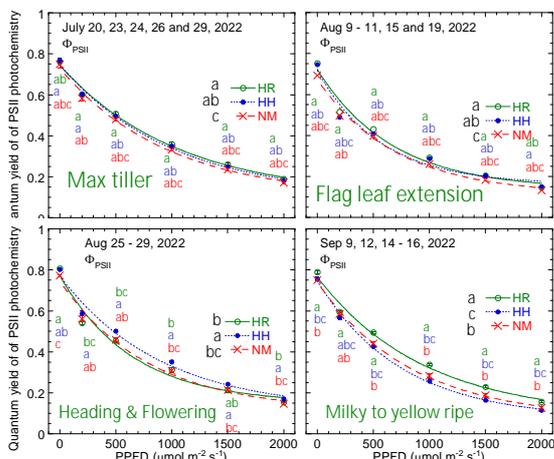


図 3 HR, HH, NM 最上葉の Q- Φ_{PSII} 曲線

表 3 各品種生育期別の $\Phi_{PSII} = \Phi_{NPQ}$ となる PAR

Growth stage		Max tiller	Flag leaf extension	Flowering	Milky to yellow ripe
PAR at $\Phi_{PSII} = \Phi_{NPQ}$	HR	958.05	612.97	709.68	867.11
	HH	887.11	537.24	866.99	637.75
	NM	812.54	497.26	730.66	740.01
$\Phi_{PSII} = \Phi_{NPQ}$	HR	0.3594	0.3707	0.3560	0.3574
	HH	0.3670	0.3753	0.3646	0.3606
	NM	0.3705	0.3745	0.3628	0.3479

(3) 光合成速度 (P) の品種間差 (大上他, 2023) 最上葉の Q-A 曲線 (非直角双曲線) を比較すると、HR の P は出穂開花期 (HR の ETR は HH より低かった) には HH とほぼ同じであったが、最大分けつ期と登熟期には大部分の光条件で HR の P が他 2 品種よりも有意に高かった (図 5)。

光合成速度は、気孔開度、温度や CO₂ 環境の影響を受ける Rubisco 活性状態、温度や電子伝達能力 (Φ_{PSII}) などの影響を受ける RuBP 再生能力によって制御される。したがって HR は、高い g_s によって Rubisco に制限される光合成速度を高く保持するとともに、出穂開花期を除いて高い光エネルギーを光化学反応に利用できる特性の効果により、P が高い特性があると評価できた。

(4) 群落温度の品種間差と高温時の灌漑 (水管理) が群落温度を低下させる効果 (Oue et al., 2024)

出穂開花期前後に数回実施した灌漑実験のうち、令和 5 年 8 月 19 日の午後 (13:28 から 13:35 まで) に行った実験結果を記述する。3(2)に記述した HR と NM の灌漑実験区 (HR₁₀ と NM₁₀) に、用水路の水 (水温 28.1 °C) をバケツで灌漑した。灌漑前後における灌漑実験区と対照実験区 (HR₂ と NM₂) における群落温度 (T_c) と気温 (T_a) の経時変化を図 6 に示す。灌漑前、両実験区における T_c の差よりも品種間における T_c の差の方が大きく明確であり、HR の T_c は NM と比較して、対照区で 0.4 °C 低く灌漑実験区で 0.6 °C 低かった。この T_c 差は g_s の違いによると考えられた。灌漑実験直後、灌漑区の T_c は対照区と比較して、HR で 0.6 °C 低く NM で 0.4 °C 低かった。低温水の灌漑が T_c を低下させたと考えられた。また HR の T_c は NM と比較して、対照区で 0.6 °C 低く灌漑実験区で 0.8 °C 低かった。この T_c 差は g_s の違いによると考えられた。灌漑後 1 時間半以上経過時、両実験区における T_c の差はほぼなくなり、HR の T_c は NM と比較して対照区で 1.1 °C 低く灌漑実験区で 0.9 °C 低かった。この T_c 差は g_s の違いによると考えられた。以上のように、品種間で異なる気孔応答特性 (g_s) と水管理が群落温度に及ぼす影響を実証した。

(5) 多層モデルによる(4)の効果の再現と群落温度の形成メカニズムの検討

モデルと数値シミュレーションの概略

群落上部と内部における微気象環境 (植物体と群落下部の水面における放射エネルギー、運動エネルギー、顕熱・潜熱エネルギーの交換過程) の鉛直分布 (10cm 層別) を再現する多層モデルを構築した (図 7)。乱流輸送は 2 次クロージャモデルで再現した。植物体面積密度の鉛直分布測定値を入力し、群落内の透過日射量の測定値を再現するように、葉面の放射エネルギー遮蔽・反射貢献率 (F_l) の鉛直分布をチューニングした。気孔コンダクタンス (g_s) の鉛直分布には、10 ~ 30cm 層ごとに上から止葉、第 2 ~ 5 葉の各 Q- g_s 曲線を与えた。群落上の気象条件には

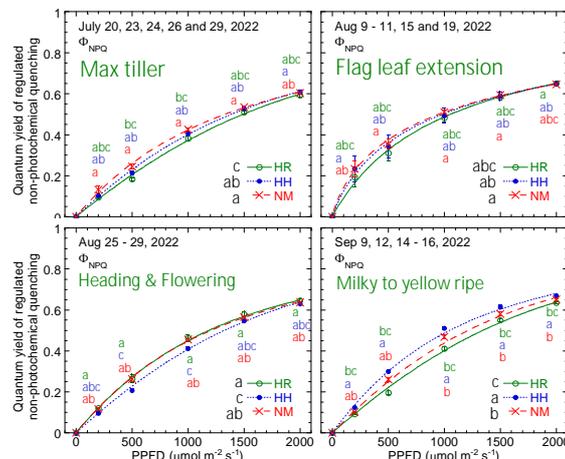


図 4 HR, HH, NM 最上葉の Q- Φ_{NPQ} 曲線

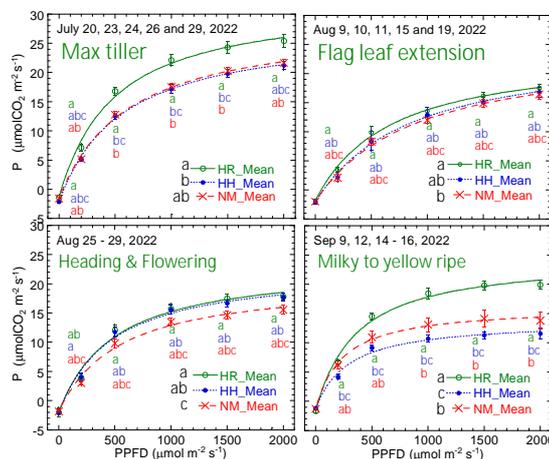


図 5 HR, HH, NM 最上葉の Q-A 曲線

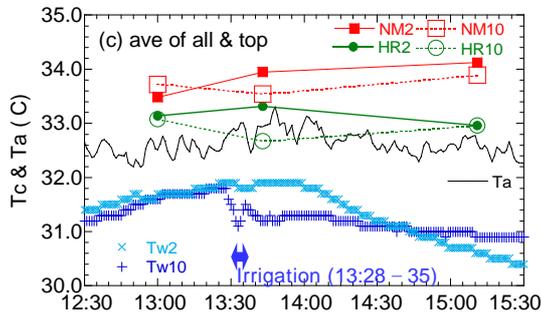


図6 灌漑前後における灌漑区と対照区における群落温度 (Tc) と気温 (Ta) の経時変化

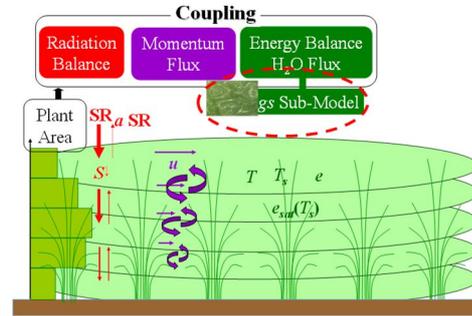


図7 群落多層微気象モデルの概念図 (Oue, 2001; Oue et al., 2008)

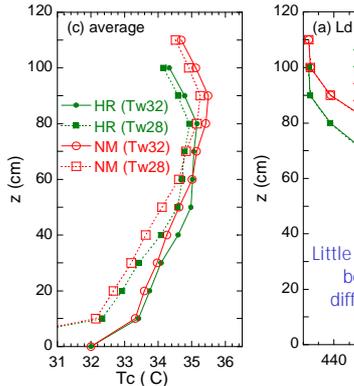


図8 Tcの鉛直分布

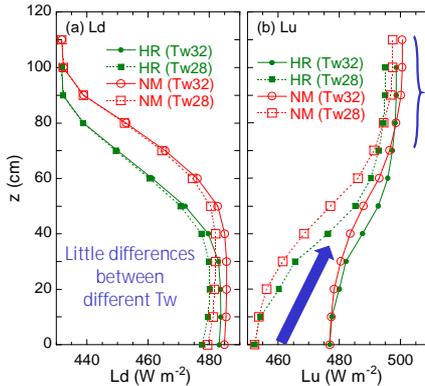


図9 LdとLuの鉛直分布

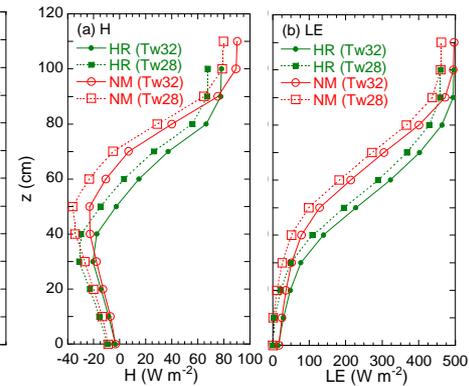


図10 HとLEの鉛直分布

同日 13 ~ 14:00 の平均値を与え、水面温度には灌漑前の水田水温 32 と 28 を与えた。

gs の品種間差と灌漑が群落温度に及ぼす影響の数値実験結果

2つの水面温度条件におけるHRとNMのTc鉛直分布を図8に示す。80cmより上層で、水温28条件におけるTcは32条件よりも両品種とも0.2低く、HRのTcはNMよりも両水温条件とも0.4低いと推定された。

群落温度の形成メカニズム

同条件で計算された下向き (Ld) および上向き (Lu) 長波放射の鉛直分布を図9(a), (b)に示す。Ldには水温による差はほとんどないが、水面Luの水温条件間の差が群落上部にも影響していることがわかる。これは群落上部のTcを低くしたメカニズムの一つであると考えられる。

次に、同条件で計算された顕熱フラックス (H) と潜熱フラックス (LE) の鉛直分布を図10(a), (b)に示す。この鉛直分布は、各層において植物体 (z = 0では水面) と大気の間で交換される顕熱と潜熱を水面から各高度まで積算した値である。高度50~60cm以下のHがマイナス値なのは、TcがTaよりも低いからである。異なる水面温度条件でHを比較すると、28条件の方がHが低いことがわかる。これはTcが低いことによる。群落下部層のH分布に注目すると、28条件における水面の低いHが、群落上部にまで影響していることがわかる。この現象は、上記のLuはもちろん、Taなど群落内で形成される微気象環境との相互作用の結果であるが、低温の水面による低いHが群落上部のTcを低くしたもう一つのメカニズムであると考えられる。Hの品種間差については、水面では差がなかったが、群落下部層からgsの違いに起因するHの差が群落上部層まで積算されていることがわかる。一方、異なる水面温度条件でLEを比較すると、群落中部層ではHRの方が高いが、群落頂部(蒸発散に相当する)ではほとんど差が無い。この結果は、gsの高いHRの方が蒸発散が多いという予想に反する結果である。HRとNMの群落頂部のLEの間に差がほとんどないという予想に反する結果の原因は、HRの小さい正味放射(LuはHRの方が低い)が、群落構造の違いでHRの方が吸収短波放射が小さい)と、HRの低いHの2つの効果が相殺し、熱収支の結果としてLEにほとんど差が生じなかったためである。

以上のように、多層モデルを用いた数値シミュレーションにより、gsの品種間差と灌漑が群落温度に及ぼす影響を明らかにすることができ、これらに加えて群落構造の違いによる影響も明らかにすることができた。従来の国内外における関連研究には無かった新たな知見である。

<引用文献>

Hiroki Oue. 2023. Comparisons of the stomatal conductance and electron transport rate of three Japanese rice cultivars including Himenorin in Ehime Prefecture. Journal of Agricultural Meteorology 79 (2). 77 – 84. <https://doi.org/10.2480/agrmet.D-22-00025>

大上博基他. 2023. ひめの凜と他コメ品種における気孔コンダクタンスと光化学反応パラメータの比較. 令和5年度農業気象学会中四国支部. 中国四国の農業気象. 36.

Hiroki Oue, et al. 2024. Evaluation of effects of stomatal conductance and irrigation on the rice canopy temperature by measurements and the multi-layer model. International Symposium on Agricultural Meteorology (ISAM2024), March 15, ISAM-I2-6.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 OUE Hiroki	4. 巻 79
2. 論文標題 Comparisons of the stomatal conductance and electron transport rate of three Japanese rice cultivars including Himenorin in Ehime Prefecture	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Agricultural Meteorology	6. 最初と最後の頁 77～84
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2480/agrmet.D-22-00025	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Ichwan N, Oue H, Yuliawan T, Augustine U	4. 巻 1182
2. 論文標題 Yield and biomass under the different water levels on three Japonica rice cultivars	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IOP Conference Series: Earth and Environmental Science	6. 最初と最後の頁 012038～012038
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1088/1755-1315/1182/1/012038	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計14件（うち招待講演 4件/うち国際学会 9件）

1. 発表者名 大上博基, Yadanar Zaw, Taufiq Yuliawan, Nazif Ichwan, Augustine Ukpoju
2. 発表標題 他コメ品種と比較したひめの凜の微気象学的特性 (Micrometeorological specificities of Himenorin compared with other rice cultivars).
3. 学会等名 2023年度（第72回）農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大上博基, Taufiq Yuliawan, Nazif Ichwan, Augustine Ukpoju, Yadanar Zaw
2. 発表標題 ひめの凜と他コメ品種における気孔コンダクタンスと光化学反応パラメータの比較.
3. 学会等名 令和5年度農業気象学会中四国支部・中国四国の農業気象
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hiroki Oue, Taufiq Yuliawan, Nazif Ichwan, Augustine Ukpoju
2. 発表標題 Evaluation of effects of stomatal conductance and irrigation on the rice canopy temperature by measurements and the multi-layer model.
3. 学会等名 International Symposium on Agricultural Meteorology (ISAM2024) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Hiroki Oue
2. 発表標題 Hydrometeorology for Environmental Science. - Agricultural meteorology for Plant Production -
3. 学会等名 The 2nd TALENTA Agricultural Summer Course 2023. Faculty of Agriculture, Universitas Sumatera Utara (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hiroki Oue
2. 発表標題 Use of Agricultural Meteorological Data to Support the Plant Production Management
3. 学会等名 International Seminar on Smart Farming 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroki Oue
2. 発表標題 Use of Agricultural Meteorology Data for Sustainable Plant Production
3. 学会等名 Empowering Rostrum for Innovation and Development (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 H Oue, Y Zaw, T Yuliawan, N Ichwan, A Ukpoju, F Irsyad, M M Mon, A S Utami
2. 発表標題 Comparisons in the stomatal conductance and electron transport rate of the four Japanese rice cultivars
3. 学会等名 The 5th International Conference on Sustainability Agriculture and Biosystem (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 N Ichwan, H Oue, T Yuliawan, U Augustine
2. 発表標題 Yield and Biomass under the Different Water Levels on Three Japonica Rice Cultivars
3. 学会等名 The 5th International Conference on Sustainability Agriculture and Biosystem (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大上博基, Yadanar Zaw, Taufiq Yuliawan, Nazif Ichwan, Augustine Ukpoju
2. 発表標題 主要コメ3品種と比較した「ひめの凜」群落温度の特性
3. 学会等名 令和4年度農業気象学会中四国支部・中国四国の農業気象35
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroki Oue, Yadanar Zaw, Taufiq Yuliawan, Nazif Ichwan, Augustine Ukpoju
2. 発表標題 Specificities in the stomatal conductance and canopy temperature of Himenorin compared with the other three rice cultivars
3. 学会等名 International Symposium on Agricultural Meteorology (ISAM2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Nazif Ichwan, Hiroki Oue, Taufiq Yuliawan, Augustine Ukpoju
2. 発表標題 Evapotranspiration and water use efficiency under the different water levels on three Japonica rice cultivars
3. 学会等名 International Symposium on Agricultural Meteorology (ISAM2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大上博基
2. 発表標題 愛媛県の主要コメ2品種と比較した「ひめの凜」の蒸散・光合成特性
3. 学会等名 令和3年度愛媛大学大学院農学研究科・愛媛県農林水産研究所合同研修会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大上博基, Yadanar Zaw, Fadli Irsyad, May Myat Mon, Ami Sukuma Utami
2. 発表標題 主要コメ2品種と比較した「ひめの凜」の気孔応答の特性
3. 学会等名 日本農業気象学会中国・四国支部大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hiroki Oue, May Myat Mon, Yadanar Zaw and Fadli Irsyad
2. 発表標題 Characteristics in the stomatal response and photosynthesis of "Himeno-Rin" compared with the other two rice cultivars
3. 学会等名 ISAM2022 (International Symposium on Agricultural Meteorology 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------