

令和 2 年 6 月 17 日現在

機関番号：82111

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03896

研究課題名(和文) イネの物質輸送関連遺伝子の微気象応答とその生理的役割 - オミクスと農業気象の融合

研究課題名(英文) Responses of gene expressions in rice plants to micro-meteorological conditions; their physiological role in absorption of water and nutrients from roots

研究代表者

桑形 恒男 (KUWAGATA, Tsuneo)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・農業環境変動研究センター・ユニット長

研究者番号：90195602

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,800,000円

研究成果の概要(和文)：野外での日々の微気象環境の変化がイネの水や養分の輸送を担う各種遺伝子群の発現におよぼす影響と、それらの遺伝子の応答性の生理的な役割について調べた。アクアポリン(生体膜の水やCO₂輸送を担うたんぱく質)の蒸散要求量の変化に対する発現応答が、栽培方法や生育ステージの違いに関わらず普遍的に観察された。また葉に発現している約半数の遺伝子の発現量が、蒸散要求量に応じて変化していることが示された。イネの水利用効率の品種や大気CO₂濃度に対する変化や、土壌水分の低下によるイネの生理応答の解析から、微気象環境の変化に対する遺伝子の発現応答が、植物の生育戦略上で重要な役割を持っている可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

植物の生育は多数の遺伝子によって調整されているが、植物が生育する野外では、光環境や気温・湿度、地温などの複数の環境がさまざまな時間スケールで複雑に変化する。野外で生育しているイネを対象として、水や養分の輸送を担う各種遺伝子の状態と生育状態の変化を調べたところ、イネは日々の蒸散要求量や土壌水分などの微気象環境の変化に応じて、それら遺伝子の発現量をダイナミックに変化させ、自らの水輸送や養分吸収、光合成などの機能を柔軟に調節している可能性が示された。これは植物の生存戦略において重要な調節機能であり、気候変動下における作物の安定生産技術を構築する上で役立つ基礎的な知見である。

研究成果の概要(英文)：We experimentally investigated how micro-meteorological conditions influence expression levels of the functional genes which contribute to absorption of water and nutrients by the rice crops, and examined the physiological roles of the environmental responses of these genes to the growth of rice. The experimental results indicated that the expression levels of many kinds of aquaporin genes both in roots and leaves increased with the transpirational demand during the all growth stages, and that expression level of about half of all genes in the rice leaves had a positive (or negative) correlation with transpiration in the early ripening period. Finally, we demonstrated that the environmental response of functional genes to day-to-day variation in micro-meteorological conditions could play important roles in several eco-physiological processes, such as physiological response of roots to decrease in soil water content and change in water use efficiency with atmospheric CO₂ concentration.

研究分野：農業気象学、生物環境物理学

キーワード：アクアポリン イネ 環境応答 群落微気象 蒸散 植物生理 トランスクリプトーム 農業生産環境

1. 研究開始当初の背景

野外で生育する植物は、日々の気象条件にตอบสนองして多数の遺伝子の mRNA 発現量を調整していることが、近年の研究により明らかになりつつある。例えば、永野らの研究(文献)によれば、イネの葉で発現している遺伝子の 97%の発現量が、気象条件、移植後日数、サンプリング時刻の 3 つの要因で予測でき、予測可能な遺伝子のうち、42%の遺伝子が気象条件に対する依存性を示していた。気象条件に対する依存性を示す遺伝子全体の 66%は、気温によって発現量の気象応答性が最もよく説明できた(文献)。

植物の遺伝子発現は気象条件そのものではなく、植物体や根域の温度、蒸散要求量、葉面の濡れ具合など、植物に対して物理的/生理的に意味を持つ微気象環境にตอบสนองし、生理的な機能を制御しているものと予想される。例えばイネの根に発現する 18 種類のアクアポリン(膜の水透過タンパク)は、過去 24 時間の根域温度と当日朝の蒸散要求量(ポテンシャル蒸発量 E_p)にตอบสนองして遺伝子発現が変化し、その応答性の違いで複数のグループに分類できることが、われわれのグループの最近の野外実験で示された(文献 ,)。植物が蒸散要求量を何らかの手段で感知し、アクアポリン全体の発現を協調的に制御することで環境に適応しているものと解釈できる。

2. 研究の目的

野外での微気象環境は、植物の生育ステージや生理特性の影響を強く受け、気象条件だけでは決まらない。本研究では、実際に作物が栽培される野外での日々の群落微気象環境の変化が、イネの水や養分の輸送を担う各種遺伝子群(アクアポリンや窒素輸送体など)の発現におよぼす影響を定量化し、光合成や蒸散、炭素/窒素などの成分分析データと合わせて解析することで、その生理的な役割の解明を目指す。

3. 研究の方法

(1) イネ遺伝子発現解析のための基盤データの整備

既存の実験データの整備

これまでに実施した、さまざまなイネの環境応答実験において取得したイネサンプル(根と葉)を対象に、RNA-Seq 法により全遺伝子の発現量(トランスクリプトーム)と、C/N(炭素/窒素)などの無機成分を分析する。またこれら実験サンプルに対する群落微気象環境(蒸散要求量、葉温、根域温度など)を、一般気象データならび生育・管理情報と、独自に開発したイネ群落微気象モデルを用いて算定する。

新規実験データの取得

a. 水田群落での微気象応答実験: 形質が異なる 2 つのイネ品種(ジャポニカ/インディカ)を対象に、FACE(開放系大気 CO_2 増加)実験サイトなどの野外水田圃場において、群落での遺伝子発現の微気象応答実験を実施する。気象条件が異なる複数日を対象に、2 つの品種に対する群落の微気象環境と、光合成や気孔コンダクタンスを計測する。同時に日中の遺伝子解析用サンプルを取得し、生育調査と C/N などの無機成分を分析する。

b. 土壌水分に対する応答実験: 土壌水分や酸化還元電位の変化が、水や養分の輸送を担う遺伝子発現の応答を通してイネの生育動態におよぼす影響を調べる。形質が異なる 2 つのイネ品種(ジャポニカ/インディカ)に対して、還元処理(セルロース添加)および中干し(乾燥)処理を加えた場合の生育反応を調査するとともに、根の遺伝子発現量や無機成分の吸収に及ぼす影響について解析する。

(2) 微気象環境に対する遺伝子発現応答とその生理的役割の解明

微気象環境に対する遺伝子発現応答の解析

(1)で整備した、さまざまなイネの環境応答実験におけるトランスクリプトームデータを用いて、水や養分の輸送を担う各種遺伝子群(アクアポリン、窒素や主な無機養分の輸送に関わる遺伝子)の mRNA 発現量の日々の微気象環境に対する応答性を評価する。アクアポリンなどの遺伝子発現は午前中に極大値を取る傾向があるため、実測データより日周変化の影響を確認した上で、主に 8~12 時のデータを用いて、対象遺伝子の蒸散要求量や根域温度(または気温)、土壌水分処理などに対する応答を、根と葉の両者について定式化する。

次に、上記の解析で得られた、アクアポリンを中心とした水や養分の輸送を担う各種遺伝子の発現量の日々の微気象環境(蒸散要求量、気温、根域温度、土壌水分など)に対する応答性を整理し、生育条件や品種による違いを評価する。具体的には「水耕栽培イネ用いた野外実験」、「野外圃場での栽培実験」、「人工気象室と網室での微気象環境応答ならび土壌乾燥&還元処理実験」、「FACE(開放系大気 CO_2 増加)実験」などで取得した遺伝子発現量の定量結果を用いて、栽培方法(水耕/土耕)や品種(ジャポニカ/インディカ)、生育ステージの違いなどによって、地上部(葉)と地下部(根)における遺伝子発現量の微気象環境に対する応答性がどのように異なっているかを解析する。

微気象環境がイネ生育動態に与える影響

(1)で整備したデータを用いて、微気象環境(蒸散要求量、 CO_2 濃度、葉温、根域温度、土壌水

分など)の変化が蒸散量や光合成・養分輸送などのイネ生育動態に与える影響を解析する。養分輸送はイネサンプルの成分分析データなどから把握し、ジャポニカ品種とインディカ品種の応答性の違いについても評価する。

遺伝子の微気象環境応答の生理的な役割の解明

蒸散要求量や土壌水分などの変化が、イネの蒸散量や養分吸収に与える影響と、アクアポリンや養分輸送に関わる各種遺伝子の発現量変化との関係から、それら遺伝子の微気象環境に対する発現応答の生理的な役割について検討する。インディカ品種のタカナリや北陸 193 号は、ジャポニカ品種に比べて高収量、高蒸散かつ高温特性に優れるが、これらの形質に関係した両品種間での遺伝子発現応答の違いについても抽出する。さらに根と葉の遺伝子の発現応答の違いとその生理的な意味を考察する。

4. 研究成果

(1) 微気象環境に対する遺伝子の発現応答における蒸散要求量の重要性

水や養分の輸送を担うアクアポリンの蒸散要求量に対する応答が、栽培方法(水耕/土耕)や品種(ジャポニカ/インディカ)、生育ステージ、発現部位(根/葉)の違いに関わらず普遍的に観察され、分子種による応答性の違いも類似していた。*OsPIPs* を中心とした大部分のアクアポリンは蒸散要求量と正の相関を示すが、いずれの状況においても負の相関を示す *OsPIP2;6* などの分子種もある。蒸散要求量に対する応答感度は、ジャポニカ品種(コシヒカリ)よりインディカ品種(タカナリ)の方がやや高い傾向がみられた。

出穂期におけるポット栽培イネ(あきたこまち)を対象として、トランスクリプトーム(全遺伝子発現量)の短時間(4時間)の微気象環境変化に対する応答性を調べた結果(網室での実験)、イネの蒸散量は蒸散要求量に比例して変化し、発現量 100rpm 以上の遺伝子においては、根では全体の約 7%、葉では 50%以上もの遺伝子の発現量が、蒸散量と統計的に有意な正または負の相関を持っていた(文献)。葉に発現している半数もの遺伝子が、短期的な蒸散要求量の変化に応じて発現量を変化させていたことは予想外であり、日々の蒸散要求量の変化に対する遺伝子の発現応答が、野外における植物の生育戦略において重要な役割を持つ可能性が示唆された。

(2) 形質が異なる 2 つのイネ品種(ジャポニカ/インディカ)の光合成/水利用効率の特徴と遺伝子発現との関係性

FACE 実験によって得られた形質の異なる 2 品種(ジャポニカ品種コシヒカリと多収のインディカ品種タカナリ)の光合成特性の比較によると、タカナリの方がコシヒカリと比べて光合成能力が高く、その理由として、生育前半は気孔コンダクタンスが高いこと、生育後半は葉内コンダクタンスが高いことが主として寄与していることが示された(文献)。アクアポリンなどの水輸送や CO_2 輸送に関わる遺伝子の発現量の微気象環境に対する応答性が、両品種で異なることが遺伝子発現データの解析によって得られ、それらの応答性の相違が気孔コンダクタンスと葉内コンダクタンスに影響を及ぼしている可能性が示唆されるが、詳細については不明である。タカナリの光合成能力が高いもう一つの要因として、窒素吸収能力の違いがあげられる。窒素輸送に関連した遺伝子発現量の 2 品種間の違いとその生理的な役割について、本研究で取得したデータを用いて今後調べていく予定である。

タカナリはコシヒカリより気孔コンダクタンスが高いため、蒸散量が増加するものの、光合成速度の増加率に比べると低く、水利用効率(=光合成量/蒸散量)はコシヒカリより高くなることから、FACE 実験の計測データと群落微気象モデルによる解析で示された(文献、図 1)。蒸散量の増加は葉温の低下をもたらすし、イネの高温障害のリスクを低下させる。また大気 CO_2 濃度が増加した環境では気孔コンダクタンスが低下し、蒸散量の増加が抑制される一方で、光合成速度が増加するため、タカナリの水利用効率はさらに上昇する(文献、図 1)。蒸散量や水利用効率の大気 CO_2 濃度に対する依存性と、2 つの品種間におけるアクアポリンなどの遺伝子発現量の CO_2 濃度や蒸散量に対する応答性の違いとの関係について、本研究で取得したデータを用いて引き続き解析を継続する予定である。

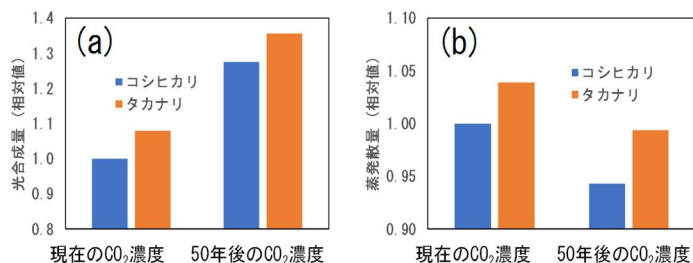


図 1. タカナリとコシヒカリにおける(a)光合成量と(b)蒸散量(文献に基づく)

登熟前期を対象とした群落微気象モデルによる計算結果。モデル計算に必要なパラメータは FACE 実験の計測データに基づき算定。蒸散量のうち、水面からの蒸散量の割合は 1 割程度以下。現在の CO_2 濃度: 400ppm、50 年後の CO_2 濃度: 600ppm。

(3) 土壌水分と還元状態の変化が、水や養分の輸送を担う遺伝子発現の応答を通してイネの生育動態におよぼす影響

日本晴(ジャポニカ品種)と北陸 193 号(多収のインディカ品種)の土壌水分(中干し処理)

と土壌還元(セルロース処理)への応答について比較すると、中干しおよびセルロース処理で変動する遺伝子は北陸 193 号の方が日本晴より多かった(図 2)。これは北陸 193 号で処理間での生育変化が大きかったことと整合的であり、インディカ品種の北陸 193 号の方が土壌水分と還元状態の変化に敏感に反応していることがわかった。

中干しとセルロース処理で共通して変動する遺伝子と異なる遺伝子があり、両者の処理で一部異なる生理反応が生じていることが推察された。共通して変動する遺伝子群の中に酸化還元酵素関連遺伝子があり、酸化還元反応には共通性があると考えられた。

土壌還元における変動遺伝子には CytP450、Peroxidase、Oryzalexin、MAPK などの生物・非生物ストレスに関わる遺伝子群がみられ、特に北陸 193 号でその傾向は顕著であった。一方、土壌水分の低下によって 2 品種とも硝酸還元酵素や硝酸輸送体遺伝子の増加がみられ(北陸 193 号で顕著)土壌の酸化にともなうアンモニアの硝化に対応して硝酸吸収が促進されている可能性が示された。同時に ABA 感受性遺伝子も増加しており、土壌水分の低下によって乾燥ストレス応答が生じているものと推察された。

以上より、土壌水分の低下や土壌還元に対して、イネが酸化還元、障害ストレス、窒素代謝、水分ストレスなど多面的な反応をしていることと、その感受性には品種間差異があることが示された。

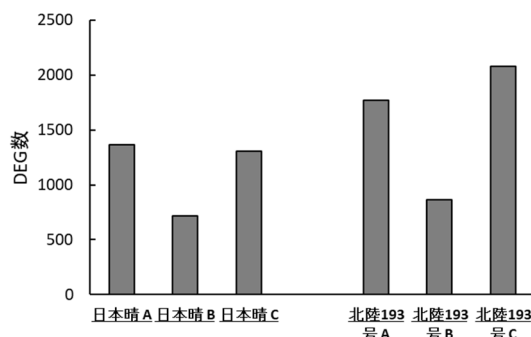


図 2 . 対照区に対する変動遺伝子 (DEG) 数
A : 中干し処理、B : セルロース処理
C : 中干し&セルロース処理

(4) まとめと今後の展望

アクアポリンの蒸散要求量に対する発現応答が、栽培方法や品種、生育ステージ、発現部位の違いに関わらず普遍的に観察された。さらに地上部(葉)に発現している半数もの遺伝子が、短期的な蒸散要求量の変化に応じて発現量をダイナミックに変化させていることが認められ、日々の蒸散要求量の変化に対する遺伝子の発現応答が、植物の生育戦略において重要な役割を持っている可能性が示唆された。今後は各遺伝子の機能に着目した研究が必要である。

形質が異なる 2 つのイネ品種(ジャポニカ品種コシヒカリ/多収のインディカ品種タカナリ)の比較から、気孔コンダクタンスと葉内コンダクタンスが高いことが、光合成能力の維持に寄与していることが示された。水輸送や CO₂ 輸送に関わる遺伝子(アクアポリンなど)の発現量の微気象環境に対する応答性の相違が、これら 2 つのコンダクタンスに影響を及ぼしている可能性が示唆されたが、具体的なメカニズムの解明については今後の課題として残された。

土壌水分の低下や土壌還元に対して、イネが酸化還元、障害ストレス、窒素代謝、水分ストレスなど多面的な反応をしていることと、その感受性には品種間差異があることが、遺伝子の発現応答解析によって示された。これら遺伝子の発現量を計測することで、根の生育診断などに応用できる可能性がある。

<引用文献>

Nagano A.J., et al. (2012) Deciphering and Prediction of Transcriptome Dynamics under Fluctuating Field Conditions, *Cell*, 51(6), 1358-1369.

Sakurai-Ishikawa J., et al. (2011) Transpiration from shoots triggers diurnal changes in root aquaporin expression, *Plant, Cell and Environ.*, 34, 1150-1163.

Kuwagata T., et al. (2014) Response of aquaporin expressions in the rice roots to micrometeorological environments, *Proceedings of International Symposium on Agricultural Meteorology 2014*, 177.

Murai-Hatano M., Kuwagata T., et al. (2015) Rice plants sense daily weather and regulate aquaporin gene expressions in the roots -close correlation with potential evaporation-, *J. Agric. Meteorol.*, 71(2), 124-135.

桑形恒男ほか(2020) 蒸散要求量はイネのトランスクリプトームを制御する重要な微気象要因である、第 61 回日本植物生理学会年会要旨集、362 .

Ikawa, H., et al. (2019) High mesophyll conductance in the high-yielding rice cultivar Takanari quantified with the combined gas exchange and chlorophyll fluorescence measurements under free-air CO₂ enrichment, *Plant Production Science*, 22(3), 395-406.

Ikawa, H., et al. (2018) Increasing canopy photosynthesis in rice can be achieved without a large increase in water use-a model based on free-air CO₂ enrichment. *Global Change Biology*, 24, 1321-1341.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 7件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Ikawa, H., Sakai, H., Chen, C.P., Soong, T.H., Yonemura, S., Taniguchi, Y., Yoshimoto, M., Tokida, T., Zhang, G., Kuwagata, T., Nakamura, H., Avenson, T., and Hasegawa, T.	4. 巻 22
2. 論文標題 High mesophyll conductance in the high-yielding rice cultivar Takanari quantified with the combined gas exchange and chlorophyll fluorescence measurements under free-air CO2 enrichment	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Plant Production Science	6. 最初と最後の頁 395-406
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） DOI:10.1080/1343943X.2019.1626253	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
1. 著者名 Matsunami Maya, Hayashi Hidehiro, Tominaga Yoko, Nagamura Yoshiaki, Murai-Hatano Mari, Ishikawa-Sakurai Junko, Kuwagata Tsuneo	4. 巻 433
2. 論文標題 Effective methods for practical application of gene expression analysis in field-grown rice roots	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Plant and Soil	6. 最初と最後の頁 173 ~ 187
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.1007/s11104-018-3834-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 KUWAGATA Tsuneo, HAGINOYA Shigenori, ONO Keisuke, ISHIGOOKA Yasushi, MIYATA Akira	4. 巻 74
2. 論文標題 Influence of local land cover on meteorological conditions in farmland: Case study of a rice paddy field near Tsukuba City, Japan	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Agricultural Meteorology	6. 最初と最後の頁 140 ~ 153
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.2480/agrmet.D-18-00018	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 IKAWA Hiroki	4. 巻 77
2. 論文標題 A Literature Review on Vegetation-Atmosphere Interaction Research for Carbon Cycle and Energy Balance in Terrestrial Ecosystems	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 低温科学	6. 最初と最後の頁 1 ~ 15
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） doi:10.14943/lowtemsci.77.1	査読の有無 無
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 桑形恒男, 伊川浩樹, 丸山篤志, 小野圭介, 吉本真由美, 石田祐宣, 渡辺力	4. 巻 77
2. 論文標題 水田群落微気象モデルの概要と農学分野への応用	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 低温科学	6. 最初と最後の頁 125 ~ 136
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi:10.14943/lowtemsci.77.125	査読の有無 無
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 丸山篤志, 石田祐宣, 桑形恒男, 渡辺力	4. 巻 77
2. 論文標題 高度な農地水管理のための水田水温シミュレーション	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 低温科学	6. 最初と最後の頁 137 ~ 144
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi:10.14943/lowtemsci.77.137	査読の有無 無
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 Fukui S., Ishigooka Y., Kuwagata T., Kondo M., and Hasegawa T.	4. 巻 73(3)
2. 論文標題 Taking account of water temperature effects on phenology improves the estimation of rice heading dates: Evidence from 758 field observations across Japan	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Agricultural Meteorology	6. 最初と最後の頁 84-91
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI: 10.2480/agrmet.D-16-00018	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 Ikawa H., Ono K., Mano M., Kobayashi K., Takimoto T., Kuwagata T., and Miyata A.	4. 巻 73(3)
2. 論文標題 Evapotranspiration in a rice paddy field over 13 crop years	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Agricultural Meteorology	6. 最初と最後の頁 109-118
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI: 10.2480/agrmet.D-16-00011	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 石川(櫻井)淳子, 羽田野麻理, 林秀洋, 松波麻耶, 桑形恒男	4. 巻 26(3)
2. 論文標題 イネにおけるアクアポリンの機能と環境応答	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 根の研究	6. 最初と最後の頁 39-55
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ikawa, H., Chen, C.P., Sikma, M., Yoshimoto, M., Sakai, H., Tokida, T., Usui, Y., Nakamura, H., Ono, K., Maruyama, M., Watanabe, T., Kuwagata, T., and Hasegawa, T.	4. 巻 24
2. 論文標題 Increasing canopy photosynthesis in rice can be achieved without a large increase in water use-a model based on free-air CO2 enrichment	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Global Change Biology	6. 最初と最後の頁 1321-1341
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI: 10.1111/gcb.13981	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

[学会発表] 計16件(うち招待講演 0件/うち国際学会 9件)

1. 発表者名 Tsuneo Kuwagata, Yasushi Ishigooka Shigenori Haginoya Hiroki Ikawa, Keisuke Ono, Mayumi Yoshimoto, Minehiko Fukuoka, Motoki Nishimori, Toshihiro Hasegawa, Yasuhiro Usui, and Akira Miyata
2. 発表標題 Characteristics and monitoring of local climate in rice paddy area of Japan
3. 学会等名 49th Asia Pacific Advanced Network (APAN) Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 桑形恒男、石田祐宣、羽田野(村井)麻理、松波麻耶、照井慎吾、永野惇
2. 発表標題 蒸散要求量はイネのトランスクリプトームを制御する重要な微気象要因である
3. 学会等名 第61回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 平松秀一、杉浦大輔、永野惇、近藤始彦
2. 発表標題 土壌の酸化還元状態に対する応答性のイネ品種間差異の解明
3. 学会等名 日本作物学会第249回講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hiroki Ikawa, Keisuke Ono, Akira Miyata, Yasushi Ishigooka, Tsuneo Kuwagata, Tsutomu Watanabe, Motoki Nishimori, Hidemitsu Sakai, Charles P. Chen, Mayumi Yoshimoto, Takeshi Tokida, Hirofumi Nakamura, Hitomi Wakatsuki, and Toshihiro Hasegawa
2. 発表標題 Mining physiological and phenological traits to increase water use efficiency of a high-yielding rice cultivar using a crop growth model
3. 学会等名 AgMIP-East Asia and Climate Smart Agriculture Symposium & The 6th Symposium on the Development and Application of Agricultural System Models in China (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tsuneo Kuwagata, Yasushi Ishigooka Shigenori Haginoya Hiroki Ikawa, Keisuke Ono, Mayumi Yoshimoto, Minehiko Fukuoka, Motoki Nishimori, Toshihiro Hasegawa, Yasuhiro Usui, and Akira Miyata
2. 発表標題 Characteristics of local climate in rice paddy area of Japan
3. 学会等名 AgMIP-East Asia and Climate Smart Agriculture Symposium & The 6th Symposium on the Development and Application of Agricultural System Models in China (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Maruyama, A. Nemoto, M., Hamasaku, T., Ishida, S., and Kuwagata, T.
2. 発表標題 Modeling of energy exchange and water temperature for paddy fields with variable water depth and surface roughness
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nishimori, M., Ishiooka, Y., Kuwagata T., Wakatsuki, H., and Hasegawa, T.
2. 発表標題 Rice quality analysis using the Crop Survey database of Japan for climate impact assessment
3. 学会等名 3rd Agriculture and Climate Change Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ono, K., and Ikawa, H.
2. 発表標題 Field-scale productivity and water use of a high-yielding rice cultivar
3. 学会等名 International Symposium on Agricultural Meteorology 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 桑形恒男、伊川浩樹
2. 発表標題 Simple physical-based model of transpiration and water uptake of plants for physio-ecological study
3. 学会等名 第60回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 滝本貴弘、高田裕介、桑形恒男
2. 発表標題 農耕地における土壌温度・水分推定システムのプロトタイピング
3. 学会等名 日本農業気象学会2019年全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 平松秀一、杉浦大輔、近藤始彦
2. 発表標題 還元的根圏環境に対する応答性のイネ品種間差
3. 学会等名 日本作物学会第246回講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊川浩樹, 桑形恒男
2. 発表標題 異なる水稻品種による群落が大気の熱環境に及ぼす影響
3. 学会等名 日本気象学会2017年度秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ikawa, H.
2. 発表標題 Rice production, water use, and atmospheric feedbacks
3. 学会等名 International Symposium on Agricultural Meteorology 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kuwagata, T., Haginoya, S., Ono, K., and Ishigooka, Y.
2. 発表標題 Influence of local land cover to the meteorological conditions in farmland -Case Study for rice paddy field near Tsukuba City in Japan-
3. 学会等名 International Symposium on Agricultural Meteorology 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Usui, Y., Hirota, T., Kuwagata, T., Taniguchi, K., and Hirafuji, M.
2. 発表標題 Differences of canopy environment and stomatal conductance in sugar beet (Beta vulgaris)
3. 学会等名 International Symposium on Agricultural Meteorology 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松波麻耶, 羽田野麻理, 林秀洋, 桑形恒男, 石川淳子
2. 発表標題 野外群落環境における水稲根の水と窒素の吸収に関連する遺伝子の発現動態
3. 学会等名 日本作物学会第245回講演会
4. 発表年 2018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
研究分担者	近藤 始彦 (KONDO Motohiko) (00355538)	名古屋大学・生命農学研究科・教授 (13901)	
研究分担者	伊川 浩樹 (IKAWA Hiroki) (10754393)	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・農業環境変動研究センター・主任研究員 (82111)	
研究分担者	杉浦 大輔 (SUGIURA Daisuke) (50713913)	名古屋大学・生命農学研究科・助教 (13901)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	羽田野 麻理 (HATANO Mari)	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・東北農業研究センター・上級研究	
研究協力者	松波 麻耶 (MATSUNAMI Maya)	岩手大学・農学部・助教	
研究協力者	永野 惇 (NAGANO Atsushi)	龍谷大学・農学部・准教授	
研究協力者	石田 祐宣 (ISHIDA Sachinobu)	弘前大学・大学院理工学研究科・准教授	
研究協力者	照井 慎吾 (TERUI Shingo)	弘前大学・大学院理工学研究科	
連携研究者	吉本 真由美 (YOSHIMOTO Mayumi) (40343826)	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・農業環境変動研究センター・主席研究員 (82111)	
連携研究者	福井 眞 (FUKUI Shin) (90754573)	早稲田大学・人間科学学術院・助教 (32689)	
連携研究者	中河 嘉明 (NAKAGAWA Yoshiaki) (80768614)	国立研究開発法人国立環境研究所・地球環境研究センター・特別研究員 (82101)	