

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 10 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19H02942

研究課題名（和文）イネ葉鞘における塩排除能の品種間差を生じる分子機構の解明

研究課題名（英文）Study on the molecular mechanism of genotypic variation in the salt removal ability of rice leaf sheath

研究代表者

三屋 史朗（MITSUYA, Shiro）

名古屋大学・生命農学研究科・准教授

研究者番号：70432250

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,500,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、葉鞘の塩排除能の分子機構を解明することを目的として、葉鞘の塩排除能に関する遺伝子座、遺伝子の探索を行った。方法として品種間差を利用する方法と、関連遺伝子の突然変異系統を利用する方法の2つの方法で行った。まず品種間差を利用する方法では、葉鞘の塩排除能の異なる品種IR-44595と318を用いてQTL解析を行った。その結果、葉鞘の塩排除能に関わる遺伝子座が検出された。この発見は、葉鞘の塩排除能を向上させイネの耐塩性を向上させる可能性を示した。また、Tos17挿入による突然変異系統のスクリーニングにより、OsNHX1遺伝子が本形質に関わることが示され、本形質の分子機構が明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義は、イネの耐塩性に重要な葉鞘の塩排除能の分子機構が解明された点である。イネの耐塩性は特に根の塩排除能により説明され、分子機構の解明も根の塩排除能に偏っていた。本研究では葉鞘の塩排除能の分子機構をさらに解明した点が重要である。さらに社会的意義であるが、近年の気候変動により海水面が上昇し沿岸地域での塩害被害がより甚大になっている。アジアの沿岸地域では特に稲作が盛んであり塩害は解決すべき重要な課題である。本研究で見出した葉鞘の塩排除に係るQTLはイネの耐塩性を向上させることができるため、特に沿岸地域で見られる塩害によるイネ収量の減少を抑える方法を見出した点が社会的に意義がある。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to determine the molecular mechanism of salt removal ability in rice leaf sheath and to identify the causal gene and/or genetic loci. We used two methods, one is a genetic approach using genotypic variation, and another is a molecular approach using Tos17-inserted mutants. In the genetic approach, we used two rice varieties IR-44595 and 318 that showed differential ability regarding salt removal in leaf sheath. Using the F2 population between IR-44595 and 318, we successfully detected some QTL for Na removal ability. The QTL may contribute to improving rice salt tolerance by improving salt removal ability in leaf sheath. In addition, we found that OsNHX1 may be involved in the salt removal ability in leaf sheath by expressing in the peripheral vasculature.

研究分野：作物生理学

キーワード：イネ 耐塩性 葉鞘 塩害 塩排除能

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

本研究の最終目的はイネの耐塩性を向上させることである。塩害下でイネは主に塩 (NaCl) を吸収し、葉身に高濃度塩が蓄積すると光合成が阻害されて生育と収量が著しく減少する。そのため、イネの耐塩性には葉身の塩蓄積を増加させないため、塩排除能と呼ばれる機構が重要である。本研究ではイネ葉鞘が有する塩排除能に注目した。

葉鞘の塩排除能とは、葉身への NaCl の流入を減らすため、葉身に到達する前に葉鞘において導管からナトリウム (Na) とクロライド (Cl) を排除し葉鞘内に隔離する機構のことである。葉鞘の Na 排除能はイネ (Mitsuya ら, 2002) やコムギ (James ら, 2011) で見られ、葉鞘の Na 濃度は葉身 Na 濃度の 5-10 倍にも達する。さらに申請者はイネ葉鞘が Cl も Na と同様に排除することを見出した (Neang ら, 2019)。

申請者は葉鞘の塩排除機構を明らかにするため、葉鞘内での詳細な塩の動態を Na と Cl に分けて調べてきた。その結果、Na, Cl の排除機構は、導管流からの排除と、その後葉鞘中央部柔細胞に輸送・隔離される二段階で成り立つことがわかった (図 1)。一方、Na はイネ葉鞘基部で、Cl は葉鞘先端部で排除され、さらに Na 排除能は塩ストレスに应答して増加するが Cl 排除能は应答しないなど、Na と Cl の排除は異なる機構があることを明らかにした。塩排除能に関わる遺伝子は、イネ、コムギともに Na 輸送体タンパク質 HKT1;4 が Na の導管からの排除に関わると報告されているが (Oda ら, 2018、James ら, 2011) 中央部柔細胞への隔離に関わる遺伝子は未知であり、Cl については葉鞘での排除に関わる遺伝子は知られていない。

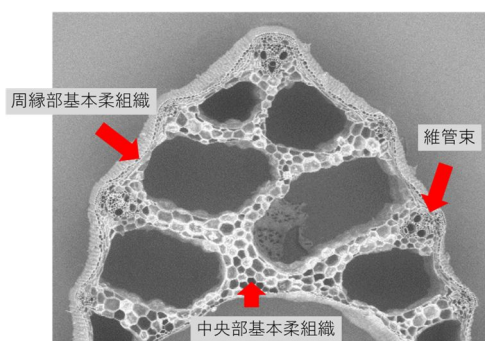


図 1. 葉鞘の内部構造。塩は周縁部維管束の道管から放射方向にアンローディングされ、中央部基本柔組織に蓄積される (Neang ら, 2019)。

イネ葉鞘の塩排除能が育種で改良できるかを探るため、イネ 296 品種を用いて葉鞘における Na, Cl 排除能の品種間差を調べた結果、葉鞘の Na 排除能は最大 25 倍、Cl 排除能は最大 13 倍の品種間差があり、育種の目的形質として使えることが示唆された。さらにゲノムワイド関連 (GWAS) 解析を行い、葉鞘における Na と Cl 排除能の品種間差を決定する一塩基多型 (SNP) の同定に成功した (Neang ら, 2020)。これらの SNP の存在する領域には Na または Cl 輸送体遺伝子は見られず、新奇な遺伝子が Na, Cl の輸送・隔離を間接的に制御することが示唆された。しかし現在のところ、SNP の存在する領域のどの遺伝子が原因となるのか、また塩の動態のどの段階が律速となるのか、品種間差を生じる分子機構は明らかになっていない。

### 2. 研究の目的

イネの葉鞘が示す Na および Cl 排除能には品種間差があるが、品種間差がどのような分子機構で制御されているのか不明である。さらに、イネ葉鞘における Na, Cl 排除能に関与する SNP の同定に成功したが、これらの SNP はゲノムに存在する原因遺伝子の位置を示唆するに過ぎない。そのため、具体的にどの遺伝子が葉鞘の Na, Cl 排除能を調節するのかを調べる必要がある。

これらの学問的問いが明らかにすることで、葉鞘における塩排除能の品種間差を決定する分子機構を明らかにし、葉鞘の塩排除能を強化する形質や遺伝子の提言に繋げたい。

### 3. 研究の方法

#### (1) イネ葉鞘内塩分布の定量解析

イネ 296 品種から見出した葉鞘の塩排除能に優れた品種 IR-44595 と劣った品種 318 を用いた。これら 2 品種を水耕栽培系において栽培した。吉田氏水耕液を用いて栽培し、栽培開始後 2 週間目に様々な濃度の NaCl を加えた水耕液に植物を移すことによって塩処理を施した。塩処理開始して 1 週間後、地上部主茎の葉鞘と葉身を分けて収穫し、さらに葉鞘を基部、中央部、先端部に分けて、乾燥後組織内 Na, カリウム (K) 濃度の測定に用いた。

#### (2) 葉鞘の塩排除能に関わる QTL 解析

葉鞘の塩排除能に関わる量的形質遺伝子座 (QTL) を単離するため、イネ 296 品種から見出した葉鞘の塩排除能に優れた品種 IR-44595 と劣った品種 318 を用いた。これら 2 品種を交配させてさらに自殖させた F<sub>2</sub> 集団を作製した。この F<sub>2</sub> 集団を水耕栽培系において栽培した。吉田氏水耕液を用いて栽培し、栽培開始後 18 日目に 30 mM NaCl を加えた水耕液に植物を移すことによって塩処理を施した。塩処理開始して 1 週間後、地上部主茎の葉鞘と葉身を分けて収穫し、乾燥後組織内 Na, K 濃度の測定に用いた。また分げつからゲノム DNA を抽出し、Genotype-by-Sequencing 用ライブラリを作製したのち (Phung ら, 2019) イルミナ社 HiSeq を用いてシーケンシングを行った。その結果得られた 2221 の一塩基多型を用いて、R により QTL 解析を行った。

#### (3) 突然変異株を利用した葉鞘の塩排除能に関わる遺伝子解析

これまでの研究により葉鞘の塩排除能に関係があると考えられた遺伝子群について、Tos17 変異株の探索を行った。その種子について国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構の宮尾 安藝雄博士、および国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構次世代作物開発研究センターの福田篤徳博士より分譲いただいた。それらの系統の種子を用いて、イネ葉鞘の塩排除能を評価した。水耕栽培系を用いて各系統を吉田氏水耕液を用いて栽培した。2 週間後に複数濃度の NaCl を水耕液に加えることによって塩処理を施し、塩処理 1 週間後に地上部を葉鞘と葉身に分けて各部位の Na および K 濃度を調べた。

### 4. 研究成果

#### (1) イネ葉鞘内塩分布の定量解析

IR-44595 と 318 を様々な濃度の NaCl 処理下で育て、葉鞘と葉身における Na 濃度を比較した。IR-44595 のほうが 318 に比べて Na 濃度の葉鞘-葉身比が高かった。Na 濃度の葉鞘-葉身比は葉鞘における Na 排除能の指標となるため、IR-44595 のほうが 318 よりも葉鞘の Na 排除が優れていることが示された。しかしその品種間差は、低濃度の NaCl 処理下でより顕著に見られたが、高濃度 NaCl 処理下では品種間差は小さくなった。この結果は、葉鞘の塩排除能を十分に活かすことのできる土壌塩濃度があることを示唆している。

イネ葉鞘内での塩分布がイネ葉鞘の塩排除能に品種間差をもたらすことを仮説とし、IR-44595 と 318 の葉鞘内塩分布を比較した。その結果、イネ葉鞘の塩排除能の優劣に関わらず Na

は葉鞘の基部で最も多く蓄積していたため、葉鞘内での塩分布には品種間差がなく、イネ葉鞘の塩排除能の品種間差に影響しないことが示された。

### (2) 葉鞘の塩排除能に関わる QTL 解析

本研究の結果、葉鞘の Na 排除能に関わる QTL として第 4 番染色体と第 11 番染色体に suggestive QTL が検出された ( $qNSBR4, qNSBR11$ ) (図 2)。Suggestive QTL は 5%水準では有意ではないものの 10%水準で有意な QTL を示す。第 11 番染色体の同様の領域には、葉身の Na 濃度、葉鞘の Na 濃度、および地上部の Na 濃度に関する QTL も検出された。この第 11 番染色体 QTL は IR-44595 アレルにより耐塩性に有利になるため、IR-44595 の有する第 11 番染色体 QTL は IR-44595 の有する葉鞘の塩排除能をイネ耐塩性向上に活用する遺伝資源となる可能性を示した。またさらなるファインマッピングを行い原因遺伝子を同定する必要がある。

一方第 4 番染色体に見られる  $qNSBR4$  は地上部の Na 濃度に関する QTL と重複する遺伝子座に検出され、318 由来であった。さらに地上部 Na 濃度の QTL は第 1 番染色体にも検出され ( $qSNCL1.1, qSNCL1.2$ ) 318 由来であった。この  $qSNCL1.1$  および  $1.2$  はすでに耐塩性 QTL として

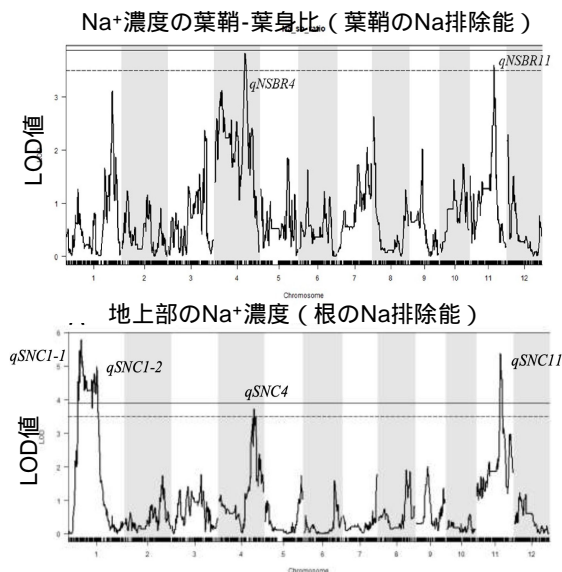


図 2. IR-44595 と 318 由来の F2 集団から検出された葉鞘の Na 排除能および根の Na 排除能に関する QTL

知られている Pokkali 由来  $SKCI$  やノナボクラ由来  $Saltol$  と同様の領域であった。

### (3) 突然変異株を利用した葉鞘の塩排除能に関わる遺伝子解析

本研究で供試した突然変異株のうち、 $OsNHX1$  遺伝子に Tos17 が挿入された  $OsNHX1$  ノックアウト変異株 (Fukuda ら, 2004) が、葉鞘の Na 排除能が野生株に比べて劣ることが示された。このことより、 $OsNHX1$  が葉鞘の Na 排除能に関わることが示唆された。さらに  $OsNHX1$  遺伝子のプロモーター領域を GUS 遺伝子につないで日本晴に導入することにより、 $OsNHX1$  遺伝子の発現部位を調べた。GUS 発現部位を GUS 染色することにより調べたところ、葉鞘の周縁部維管束組織で強く染色された。この結果は Fukuda ら (2011) の結果と同様であり、 $OsNHX1$  遺伝子は葉鞘の周縁部維管束組織で発現して、葉鞘の塩排除能に寄与することが示された。

さらに葉鞘が K も Na と同様に高濃度蓄積するため (Neang ら, 2019)、葉鞘の K 蓄積に関わる遺伝子探索のため、カリウム輸送体遺伝子  $OsAKT1$  遺伝子の Tos17 挿入ノックアウト株を使用した。その結果、 $OsAKT1$  遺伝子がノックアウトされた系統では、K の葉鞘葉身比が低下した。

また *OsAKT1* 遺伝子のプロモータ領域に GUS 遺伝子を繋いで日本晴に導入したところ、GUS 活性は葉鞘の周縁部維管束で検出された。この結果より、*OsAKT1* 遺伝子は葉鞘の周縁部維管束領域で発現することにより、おそらく道管の K をアンローディングして葉鞘組織に蓄積させ、葉身への K 輸送量を制限する働きを持つことが示唆された。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 5件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Neang Sarin, Goto Itsuki, Skoulding Nicola Stephanie, Cartagena Joyce A., Kano-Nakata Mana, Yamauchi Akira, Mitsuya Shiro	4. 巻 20
2. 論文標題 Tissue-specific expression analysis of Na <sup>+</sup> and Cl <sup>-</sup> transporter genes associated with salt removal ability in rice leaf sheath	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 BMC Plant Biology	6. 最初と最後の頁 502
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s12870-020-02718-4	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 Neang Sarin, de Ocampo Marjorie, Egdane James A, Platten John Damien, Ismail Abdelbagi M, Seki Masahide, Suzuki Yutaka, Skoulding Nicola Stephanie, Kano-Nakata Mana, Yamauchi Akira, Mitsuya Shiro	4. 巻 126
2. 論文標題 A GWAS approach to find SNPs associated with salt removal in rice leaf sheath	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Annals of Botany	6. 最初と最後の頁 1193 ~ 1202
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/aob/mcaa139	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
1. 著者名 Neang Sarin, de Ocampo Marjorie, Egdane James A., Platten John D., Ismail Abdelbagi M., Skoulding Nicola S., Kano-Nakata Mana, Yamauchi Akira, Mitsuya Shiro	4. 巻 46
2. 論文標題 Fundamental parenchyma cells are involved in Na <sup>+</sup> and Cl <sup>-</sup> removal ability in rice leaf sheath	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Functional Plant Biology	6. 最初と最後の頁 743 ~ 743
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1071/FP18318	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
1. 著者名 de Ocampo Marjorie P., Ho Viet The, Thomson Michael J., Mitsuya Shiro, Yamauchi Akira, Ismail Abdelbagi M.	4. 巻 218
2. 論文標題 QTL mapping under salt stress in rice using a Kalarata-Azucena population	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Euphytica	6. 最初と最後の頁 74
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10681-022-03026-8	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 Watanabe Yumika, Mitsuya Shiro, Yamauchi Akira	4. 巻 16
2. 論文標題 Root sampling method for aquaporin gene expression analysis in rice	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Plant Root	6. 最初と最後の頁 11~20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3117/plantroot.16.11	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 Goto Itsuki, Neang Sarin, Kuroki Ryuichi, Reyes Vincent Pamugas, Doi Kazuyuki, Skoulding Nicola Stephanie, Taniguchi Mitsutaka, Yamauchi Akira, Mitsuya Shiro	4. 巻 13
2. 論文標題 QTL analysis for sodium removal ability in rice leaf sheaths under salinity using an IR-44595/318 F2 population	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Plant Science	6. 最初と最後の頁 1~9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpls.2022.1002605	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25件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 10件)

1. 発表者名 後藤樹・山内章・三屋史朗
2. 発表標題 葉鞘でのナトリウム排除能力の異なるイネ2品種におけるナトリウム輸送体の発現量解析
3. 学会等名 日本作物学会第251回講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐久間哲・山内章・三屋史朗
2. 発表標題 塩ストレストレーニングはストレス記憶により長期塩害条件で生育するイネの収量を向上する
3. 学会等名 日本作物学会第251回講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 後藤 樹, 山内 章, 三屋 史朗
2. 発表標題 葉鞘の塩排除・隔離能の高いイネ品種の選抜と葉鞘内の塩分布
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 Sarin Neang, Marjorie De Ocampo, James A. Egdane, John Damien Platten, Abdelbagi M. Ismail, Nicola Stephanie Skoulding, Mana Kano-Nakata, Akira Yamauchi, Shiro Mitsuya
2. 発表標題 Expression Analysis of Candidate Genes Associated with the Removal of Na <sup>+</sup> and Cl <sup>-</sup> by Leaf Sheath in Rice
3. 学会等名 日本作物学会第248回講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sarin Neang, Nicola Stephanie Skoulding, Mana Nakata-Kano, Akira Yamauchi and Shiro Mitsuya
2. 発表標題 Expression analysis of genes associated with the distribution of Na <sup>+</sup> and Cl <sup>-</sup> in the internal leaf sheath tissues of rice
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 仲田 (狩野) 麻奈, 若山正隆, 門脇里恵, Deshabandu KHST, 山崎竜太郎, 三屋史朗, 山内章, 江原宏
2. 発表標題 乾燥ストレス後の再灌水がイネ器官間の代謝変動に与える影響
3. 学会等名 日本作物学会第254回講演会
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 山本有美賀, 杉浦大輔, 山内章, 谷口光隆, 三屋史朗
2. 発表標題 イネの塩ストレス応答におけるアブシジン酸と過酸化水素蓄積の品種間差と耐塩性の関係
3. 学会等名 日本作物学会第254回講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三宅拓郎, 谷口光隆, 山内章, 三屋史朗
2. 発表標題 OsAKT1遺伝子がイネ葉鞘でのカリウムイオン排除・蓄積に関わる
3. 学会等名 日本作物学会第254回講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鈴木海斗, 佐久間哲, 谷口光隆, 山内章, 三屋史朗
2. 発表標題 イネに対する生育初期の一過的塩ストレスは生育中期の塩感受性を高める
3. 学会等名 日本作物学会第254回講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 De Ocampo MP, Egdane JA, Mitsuya S, Yamauchi A, Ismail AM
2. 発表標題 Combining tolerance of salinity and submergence into IR64 background through marker-assisted backcrossing
3. 学会等名 日本作物学会第254回講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Perdiguerra KNC, Mitsuya S, Yamauchi A, Marajas IR, Cruz PCS
2. 発表標題 Attainable and actual yields, and yield-limiting constraints in irrigated rice growing areas in the Philippines
3. 学会等名 日本作物学会第254回講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Mitsuya S
2. 発表標題 Analysis of molecular mechanisms of salt removal ability in leaf sheaths and the possibility of its application for molecular breeding in rice
3. 学会等名 North Carolina Univ. - Nagoya Univ. Academic Consortium 21 Workshop (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Neang S, Nget R, Kong K, Srun K, Kak B, Ken M, Heng S, Noeun S, Hong S, Yon S, Yamauchi A, Mitsuya S
2. 発表標題 Evaluating salinity tolerance of rice varieties and soil salinity in coastal rice-cultivated areas of Cambodia
3. 学会等名 日本作物学会第255回講演会 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 浅原南, 谷口光隆, 三屋史朗
2. 発表標題 イネ葉鞘での塩応答遺伝子の網羅的解析とエピジェネティック制御の解明
3. 学会等名 日本作物学会第255回講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名	Marjorie Punzalan de Ocampo, Bui Phuoc Tam, JamesA. Egdane, Shiro Mitsuya, Akira Yamauchi, Amelia Henry, Abdelbagi M. Ismail
2. 発表標題	Mapping of Salinity Tolerance in Rice Through Genome-Wide Association Study (GWAS) at Seedling and Reproductive Stages
3. 学会等名	10th Asian Crop Science Association Conference (国際学会)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	Shiro Mitsuya, Sarin Neang, Nicola S. Skoulding, Joyce A. Cartagena, Mana Kano-Nakata, Akira Yamauchi
2. 発表標題	Mechanism of Salt Removal Ability in Leaf Sheath of Rice and its Potential for Molecular Breeding
3. 学会等名	10th Asian Crop Science Association Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	Akira Yamauchi, Mana Kano-Nakata, Shiro Mitsuya, Yoshiaki Inukai, Roel Rodriguez Suralta, Jonathan Manito Niones
2. 発表標題	Functional Significance of Roots for Adaptation and Productivity of Crop Plants Grown under Various Environmental Stresses
3. 学会等名	10th Asian Crop Science Association Conference (国際学会)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	Kim Nyka Caraan Perdiguerra, Pompe Campoy Sta. Cruz, Shiro Mitsuya, Akira Yamauchi
2. 発表標題	Analysis of Genotype and Environment Interaction, and the Response of Grain Yield of Lowland Rice ( <i>Oryza sativa</i> L.) to Nitrogen Application Under Different Environment in the Philippines
3. 学会等名	10th Asian Crop Science Association Conference (国際学会)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名 Sarin Neang, Nicola Stephanie Skoulding, Joyce A. Cartagena, Mana Kano-Nakata, Akira Yamauchi, Shiro Mitsuya
2. 発表標題 Expression Analysis of Genes Involved in Removal of Na <sup>+</sup> and Cl <sup>-</sup> by Leaf Sheath in Rice
3. 学会等名 10th Asian Crop Science Association Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yumika Yamamoto, Masaki Uchida, Mana Kano-Nakata, Akira Yamauchi, Shiro Mitsuya
2. 発表標題 Contribution of the Chromosome 11 of a Salinity-Tolerant Rice Variety Nona Bokra to High Dry Matter Production under Salinity and Its QTL Mapping
3. 学会等名 10th Asian Crop Science Association Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yasutaka Noda, Mana Kano-Nakata, Shiro Mitsuya, Akira Yamauchi
2. 発表標題 Root and Leaf Plasticity in Response to Soil Moisture Fluctuation in Rice
3. 学会等名 10th Asian Crop Science Association Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Joyce Cartagena, Yao Yao, Shiro Mitsuya, Takashi Tsuge
2. 発表標題 Root Type-Specific Transcriptome Diversity in Salinity Tolerant and Sensitive Rice Varieties
3. 学会等名 10th Asian Crop Science Association Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Satoru Sakuma, Akira Yamauchi, Shiro Mitsuya
2. 発表標題 Rice Memorizes Salinity Stress by Training and Improves the Salinity Stress Response and Yield
3. 学会等名 10th Asian Crop Science Association Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Itsuki Goto, Akira Yamauchi, Shiro Mitsuya
2. 発表標題 Identification of Rice Varieties Showing Superior Salt Removal Ability in Leaf Sheath and Its Contrasting Varieties
3. 学会等名 10th Asian Crop Science Association Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yumika Watanabe, Shiro Mitsuya, Akira Yamauchi
2. 発表標題 Differences in Aquaporin Expression and Their Response to Osmotic Stress among Component Roots in a Rice Root System
3. 学会等名 10th Asian Crop Science Association Conference
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 塩ストレスが植物に与える影響と適応機構	4. 発行年 2022年
2. 出版社 エヌ・ティー・エス	5. 総ページ数 460
3. 書名 バイオスティミュラントハンドブック：植物の生理活性プロセスから資材開発、適用事例まで	

〔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	カルタヘーナ ジョイス  (CARTAGENA Joyce Abad)  (10519929)	名古屋大学・生命農学研究科・准教授          (13901)	

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