

令和 4 年 5 月 19 日現在

機関番号：15301

研究種目：特別推進研究

研究期間：2016～2020

課題番号：16H06296

研究課題名（和文）作物のミネラル輸送システムの統合解析

研究課題名（英文）Integrated analysis of mineral transport system in crops

研究代表者

馬 建鋒（Ma, Jian Feng）

岡山大学・資源植物科学研究所・教授

研究者番号：80260389

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 424,600,000円

研究成果の概要（和文）：イネやソバなどの作物において、作物の生育に欠かせない必須ミネラルや人の健康に密接にかかわる有害ミネラルの吸収、転流、分配に関わる重要な輸送体遺伝子を30以上同定し、その環境応答や制御機構、作物の生育や生産性に果たす役割を様々な手法を用いて解明した。また世界で初めてケイ素輸送体の結晶化、構造解明に成功した。さらに作物全体のミネラル動態に関する数理モデルを構築した。これらの研究成果はNature誌をはじめとする多くの国際トップジャーナルに発表してきた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

作物のミネラル輸送を解明することは作物の生産性だけでなく、食物連鎖を経て我々の健康にも重要な課題である。本研究で同定された様々な新規ミネラル輸送体やその構造、構築されたミネラル輸送数理モデルはこれまでに知られていないミネラル輸送機構の統合的解明に貢献するだけでなく、ミネラルストレス耐性作物の作出、安全性の高い有害ミネラルフリー作物の作出、養分利用効率の高い作物の作出などにも寄与する。

研究成果の概要（英文）：We have identified more than 30 transporter genes related to uptake, translocation and distribution of mineral elements including essential, beneficial and toxic elements mainly in rice and buckwheat. We further revealed the mechanisms for response of these transporters to environmental changes, regulation of transporters and their roles in plant growth and productivity by using different approaches. For the first time, we succeeded to crystallize the silicon transporter Lsi1 and revealed its crystal structure. We also constructed a mathematical model for mineral element transport at whole plant scales. These achievements have been published in many international top journals including Nature.

研究分野：植物栄養生理学

キーワード：ミネラル 輸送体 タンパク質結晶構造 数理モデル 作物

1. 研究開始当初の背景

動物とは異なり、植物はミネラル栄養を営み、生育に必須なミネラルは 14 種類のみである。これらのミネラルは土壌から根によって吸収され、根から地上部に転流された後、各器官へ過不足なく分配される。したがって、植物におけるミネラル輸送システムの理解は作物の生産性の向上に非常に重要である。一方、土壌中には必須栄養素以外に有害なミネラルも存在し、それらのミネラルが多くなると、作物の生産性に悪影響を与えるだけでなく、食物連鎖を経て我々の健康にも甚大な影響を与える。カドミウムによるイタイイタイ病やヒ素の慢性中毒はその典型的な例である。したがって、作物の安全性を高めるために、これらの有害ミネラルの輸送システムの理解と制御も重要な課題である。

土壌中のミネラルが種子まで輸送されるには、根による吸収、根から地上部への転流、地上部における分配、古い組織から新しい組織への再分配など様々な過程が含まれる。これらの各過程において様々な輸送体(トランスポーター)が必要であるが、その多くはまだ同定されていなかった。また輸送体タンパク質による輸送基質の選択性はタンパク質と基質との相互作用によって形成されるので、その分子機構を理解するにはタンパク質の立体構造解析が必須である。しかし当時膜タンパク質の立体構造解析は極めて困難であり、立体構造解析された輸送体タンパク質の数は少なく、ほとんどが原核生物由来のものであった。

2. 研究の目的

本研究では、作物(イネ、ソバなど)における必須(リン、亜鉛、銅、鉄、マンガン、ホウ素、マグネシウム)、有用(ケイ素)及び有害(アルミニウム、ヒ素、カドミウム)ミネラルの新規輸送体を様々な手法で単離し、その機能や役割を解明することを主な目的とした。また、輸送体の結晶構造解析を行い、分子レベルでの輸送機構の解明や数理モデルによる個体レベルの輸送システム解析を行い、作物のミネラル輸送システムの統合的解明をも目的とした。

3. 研究の方法

本研究では、各種ミネラルの吸収、転流、分配及び再分配にかかわる新規輸送体を単離するために、ミネラル集積の品種間差や突然変異体などを用いた。また遺伝子の発現パターンや輸送体の組織・細胞・細胞内局在などを調べるために、定量 RT-PCR や免疫組織染色などを駆使した。ミネラル輸送における役割を解明するために遺伝子破壊株などを作成して、生理学、分子生物学、生化学など多彩な手法で解析した。さらにミネラル輸送体を培養細胞などに大量発現し、精製・結晶化して X 線結晶構造解析によって輸送体の構造解明に供試した。数理モデルを構築するために、得られた実験情報に基づいて異なるスケール(コンパートメントモデルとミクロスケールの拡散方程式モデル)のモデリングを行った。

4. 研究成果

(1)新規ミネラル輸送体遺伝子の同定と機能解明

イネからミネラルの吸収、分配、無毒化に関わる幾つかの重要な遺伝子を同定した。まずリンに関して新規リン酸輸送体遺伝子 SPDT(Sultr-like Phosphorus Distribution Transporter)を同定した。SPDT は硫酸イオン輸送体ファミリーに属すが、プロテオリポソーム再構成系およびアフリカツメガエル卵母細胞発現系を用いた実験により硫酸では無くリン酸を輸送することが明らかになった(Nature, 2017)。この遺伝子は節で高発現し、リンの分配に関与する。遺伝子破壊株では、新葉や種子へのリンの分配が減少し、下位葉のリンが増加した。圃場栽培条件では遺伝子破壊株は収量にはほとんど影響が見られず、玄米中のフィチン酸が 2~3 割減少した(図 1)。したがってこの知見は、リン酸施肥の削減、フィチン酸による水圏の富栄養化の抑制、穀物中の鉄や亜鉛などの吸収効率の改善に期待できる。そのほか、シロイヌナズナやオオムギにおける SPDT の相同遺伝子についても機能解析を行い、リン酸の分配における役割の違いを明らかにした(Molecular Plant, 2020; New Phytologist, 2022)。さらに種子へのリン酸のローディングに OsPHO1;1 と OsPHO1;2 が重要な役割していることを突き止めた(Plant Cell Physiology, 2020, PCP best paper award 受賞)。

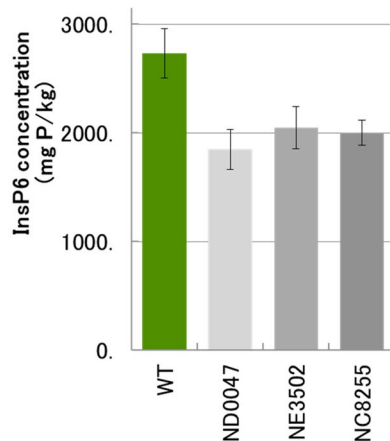


図 1 野生型イネと SPDT 変異体における玄米中のフィチン酸の濃度

イネ種子中の銅濃度の品種間差を利用して、OsHMA4 遺伝子を同定した。OsHMA4 は液胞膜に局在する銅輸送体をコードする。主に根の内鞘細胞に局在し、この遺伝子を破壊すると、種子への銅の蓄積が増加した (Nature Communications, 2016)。またイネのホウ素の吸収や優先的分配に関与する輸送体やその制御機構を明らかにした。イネのホウ素吸収は根の外皮や内皮に偏在する OsLsi1 と OsBOR1 によって行われることを明らかにした (Plant Physiology 2022) (図 2 上)。ホウ素の優先的分配に OsNIP3;1 と OsBOR1 が関与し、OsNIP3;1 タンパク質は節の肥大維管束木部に局在し (図 2 下)、導管から細胞内にホウ素を取り込んだ後、OsBOR1 によって発達中の器官 (新葉や穂) へと優先的にホウ素が分配される (Plant Physiology, 2018, New Phytologist, 2021)。さらに、環境中のホウ素濃度の変動に対して、吸収と分配の過程において遺伝子レベルとタンパク質レベルで応答することを突き止めた。すなわち、環境中のホウ素濃度が高くなると、吸収に関わる OsLsi1 は応答しないが、OsBOR1 は素早く分解される。またこの分解はクラスリン非依存性経路を介していた。一方、分配に関わる OsNIP3;1 遺伝子の発現は高ホウ素濃度によって抑制されるが、OsBOR1 遺伝子の発現は影響されなかった。しかし、OsNIP3;1 と OsBOR1 タンパク質はともに高ホウ素濃度によって素早く分解された。これらの研究成果は Plant Physiology と New Phytologist の表紙を飾った。

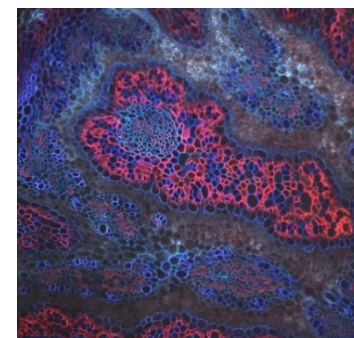
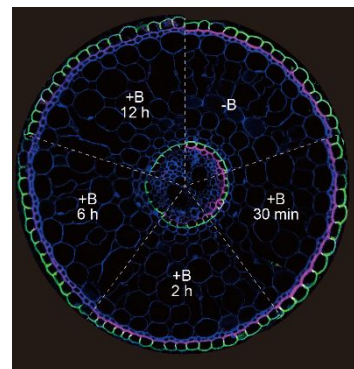


図2 イネのホウ素吸収に関わる輸送体 OsLsi1 (緑)と OsBOR1 (マゼンタ)の組織局在 (上)と節 I における OsNIP3:1 の組織・細胞局在

ケイ酸の吸収に関して、長い間不明だった導管への積み込み (ローディング) に関する輸送体 OsLsi3 を同定した。OsLsi3 は根の基部の内鞘細胞に局在し、極性を示さなかったが (図 3)、Lsi2 プロモーター制御下では、外皮と内皮に

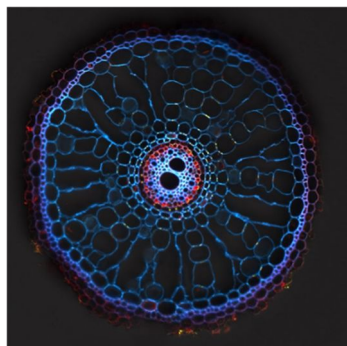


図3 イネ根における OsLsi3 の組織・細胞局在

向心側に偏在した。また数理モデリングによって、導管へのケイ素のローディングへ対する Lsi3 の貢献が 20% 程度であることが分かった (New Phytologist 2022)。一方、イネのケイ酸輸送体遺伝子 Lsi1 の発現制御について調べた結果、この輸送体遺伝子の発現制御に、根や根圏のケイ酸ではなく、地上部でのケイ素集積が重要であることを明らかにした。またプロモーター上のケイ素応答に必要な領域を突き止めた (Plant Cell Physiology, 2016)。さらに Lsi1 タンパク質の発現に根のカスパリー帯の関与を明らかにした (図 4, Plant Cell, 2019, 表紙)。ケイ酸輸送

体 Lsi1 の極性分布に関わるアミノ酸残基を同定し、様々な変異体を用いて輸送体の極性局在が効率的な養分吸収に対する重要性を実証した。

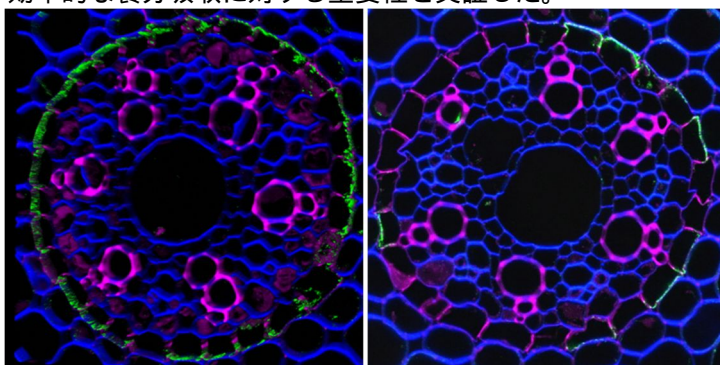


図4 イネケイ素輸送体 Lsi1 の発現に対するカスパリー帯の重要性。左、野生型イネ; 右、カリバリー帯形成欠損変異体。緑、Lsi1 シグナル; マゼンタ、リグニン; 青、セルロース。

イネのアルミニウム耐性に関わるクエン酸輸送体遺伝子 OsFRDL4 の発現量の品種間差について、プロモーター上の ART1 シス配列を含むレトロトランスポゾン様配列の挿入が原因であり、ジャポニカイネの栽培化の初期に挿入が起こったことを突き止めた (Plant Physiology, 2016)。また転写因子 ART2 の機能解析を通じて、イネのアルミニウム耐性の新たな経路を突き止めた (New Phytologist, 2018)。さらにオオムギのアルミニウム耐性に関わるクエン酸輸送体遺伝子 HvAACT1 の発現調節機構を調べたところ、耐性品種において HvAACT1 上流

に 15.3kb の新規レトロトランスポゾンの挿入を見つけた (Plant Physiology, 2018)。その挿入はプロモーターの役割をし、HvAACT1 の発現レベルの向上と根先端への発現をもたらし、しかも、この挿入の脱メチル化が HvAACT1 の発現に関与していることを突き止めた。

アルミニウム集積植物であるソバから、アルミニウム耐性に関わる輸送体遺伝子 FeIREG1 を単離した。FeIREG1 は主に根に発現し、その発現量はアルミニウムによって誘導される。また

FeIREG1は液胞膜に局在し、液胞にアルミニウムを隔離して無毒化に寄与していることを明らかにした(Plant Cell Physiology, 2016)。またソバのアルミニウム耐性に関わる細菌型ABCトランスポーターFeSTAR1とFeSTAR2についても機能解析を行った。FeSTAR1とFeSTAR2の発現はともにアルミニウムによって誘導され、またイネやシロイヌナズナの相同遺伝子よりかなり高発現していた。さらにFeSTAR1とFeSTAR2は複合体を形成して機能していることを明らかにした(Plant Cell Physiology, 2018)。一方、ハーフサイズABC輸送体FeALS1.1とFeALS1.2について様々な機能解析を行った結果、FeALS1.1とFeALS1.2とも液胞膜に局在していることがわかった。FeALS1.1とFeALS1.2はアルミニウムを根や葉の細胞の液胞に隔離することに機能していることを明らかにした(New Phytologist, 2017)。さらにアルミニウムによって誘導される二つのMATE遺伝子について機能解析を行ったところ、いずれもクエン酸を輸送することを明らかにした。FeMATE1は細胞膜に局在するのに対して、FeMATE2は主にゴルジ体に局在していた。様々な解析を通じて、FeMATE1はアルミニウムに応答した根のクエン酸分泌に関与し、FeMATE2はゴルジ体でのアルミニウム無毒化に関与していることを明らかにした(Plant Cell Physiology, 2017)。

有害金属カドミウム(Cd)に関して、オオムギやソバのカドミウムの吸収に関与する輸送体遺伝子HvNramp5とFeNramp5(Plant Physiology, 2016, Plant Cell Physiology, 2021)を同定した。またオオムギのカドミウム集積の品種間差を利用して、根の液胞膜に局在するカドミウム輸送体遺伝子HvHMA3を突き止めた。またHvHMA3の上流に挿入されたトランスポゾン的一种がHvHMA3の発現を増加させていたことを明らかにした(Nature Food, 2020)。さらにこの因子を繰り返し交配でビールオオムギの主要品種に導入したところ、種子のカドミウム集積を大幅に減少させることができた。

その他に、葉緑体へのマグネシウム輸送体OsMGT3(Nature Plants, 2020)、3種類のアンモニウム輸送体(New Phytologist, 2021)、亜鉛の吸収に関わる輸送体OsZIP9、イネの節で高発現し金属の分配に関わる輸送体や金属結合タンパク質の遺伝子OsVIT2, OsFRDL1, OsMT2a, OsMT2b, OsVMT, OsZIP4などの機能を解明した。またイネから細胞の伸長に必要なカリウム-塩素共輸送体遺伝子OsCCC1(Plant Physiology, 2016)を同定し、その機能を詳しく解析した。さらにイネの耐塩性にマグネシウム輸送体OsMGT1が重要な役割をしていることを突き止めた(Plant Physiology 2017)。

(2) 輸送体の結晶構造解析

結晶構造解析に有利なミネラル輸送体を選別するために、候補のホモログ遺伝子約10種類をGFPと融合タンパク質として発現させ、可溶化して蛍光ゲルろ過クロマトグラフィー法で分析し、構造解析に適している輸送体タンパク質を選抜した。

イネ由来のケイ素取り込み輸送体Lsi1の立体構造はX線結晶構造解析を用いて1.8 Åの分解能で決定した(Nature Communications, 2021)。その結果、イネの根では4つのLsi1が集合して機能しており、それぞれのLsi1にケイ酸が透過する穴(チャンネル)が見つかった(図5a)。このチャンネルのもっとも狭くなっている部分に注目すると、Lsi1では5つのアミノ酸によって取り囲まれていた(図5b)。Lsi1と進化上共通の祖先をもつ水チャンネルのアクアポリンでは当該部分は4つのアミノ酸によって取り囲まれている(図5c)、Lsi1では5つ目のアミノ酸(65番目のThr)が別に存在し、そこに水分子が結合することでケイ酸が透過するのに最適なかたちをしていることがわかった(図5b)。そこで今回新たに見つかった5つ目のアミノ酸を人為的に変えてLsi1の機能を調べたところ、この部分がケイ酸の透過に重要であることが確認できた。続いて理論化学計算を用いてケイ酸透過の仕組みを検証した。アクアポリンの発見が2003年のノーベル化学賞に選ばれているように、細胞への水や物質の取り込みは生物学の重要な研究テーマである。この論文は、イネLsi1の立体構造を明らかにしただけでなく、アクアポリンが透過する物質を決める要因として5つのアミノ酸が関わることを示した初めての例となった。Lsi1はケイ酸だけでなく、人体に有毒な亜ヒ酸も輸送することが知られている。本研究によりLsi1の輸送基質の選択に関わるアミノ酸が明らかになったので、今後の展望としてケイ素を透過するがヒ素を透過しない改良型Lsi1を作成してイネに導入することが現実的となった。

(3) 輸送モデルの構築

イネの根と節、葉の作物全体の数理モデルをシンプルなコンパートメントモデルで構築した。この初期段階のコンパートメントモデルを用いて、ケイ素の根における輸送体の発現量に関する

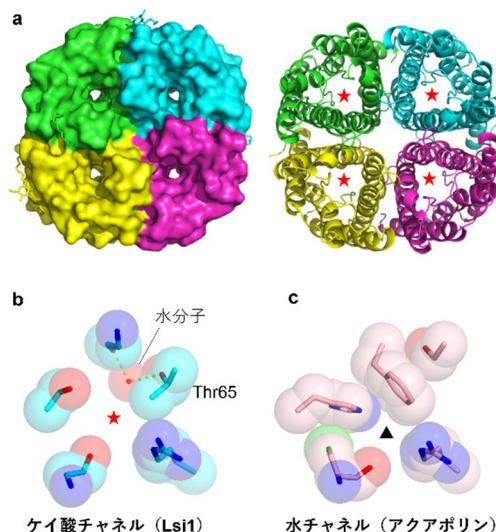


図5 イネケイ酸輸送体Lsi1の結晶構造

る時間的周期の適応的な意義を明らかにした (Frontiers in Plant Science, 2017)。

次に、初期段階のコンパートメントモデルをミクロレベルで構築した詳細な根・節モデルとカップリングした。その際、異なるスケールを複合するために、陰解法ではなく陽解法による水動態モデルを新たに構築し、計算速度を従来の約 10 万倍に加速させた。この複合スケールのモデルを用いて、複数のミネラルについて、ミネラル輸送体配置とその結果の作物体内でのミネラル動態を解析し、ミネラル輸送体配置と各器官への蓄積能力に関する分類を行った。

次に、複合スケールのモデルのさらなる詳細化をはかった。具体的には、根の拡散方程式モデルを 3 次元モデルに拡張することで、イネの根における通気組織の垂直方向分布の構造などを模倣することができるようにした (New Phytologist 2022)。また、モデルを作物が徐々に成長する様子を模倣することができるモデルに発展させるため、よりロバストな作物体成長モデルの定式化を提案した (Journal of Agricultural Meteorology 2019)。さらには、イネにおいてより重要な面積を有する葉に注目し、その詳細化を行った。具体的には、光合成の詳細な数理モデルや、ATP の変化とプロトン輸送体の活性を考慮した細胞の膨圧までもシミュレートすることができる数理モデルに発展させた。このことにより、温度や日射量、湿度などの微細な変化に対する植物の反応とその結果としての水動態を精緻化することができ、ミネラル動態をより精緻にシミュレートできるモデルを構築した。(Frontiers in Plant Science, 2021)。

本研究の結果、ミネラルの輸送システムの数理モデルを構築し、ミネラル輸送システムの統合的解明を目指すための、数理モデルを開発することができた。作物全体のミネラル動態を明らかにするための詳細な数理モデルの素地を作った初めての成果であり、作物におけるミネラル輸送動態の詳細な解明のための数理的なコアを提示することができた。

これまでの研究成果は Nature や Nature Communications、Nature Plants, Nature Food をはじめ、国際トップジャーナルに 100 以上の論文として掲載されている。研究代表者は毎年関連する国際学会で基調講演や招待講演などを依頼された。また権威あるイギリス John Innes Centre の Friday Seminar やドイツ IPK の Gatersleben Lecture に招聘された。国際トップジャーナルの総説も執筆している。さらに 2015 年から 7 年連続で世界で最も引用率の高い研究者として選出され、国際的に高く評価されている。

研究代表者は 2019 年に日本農学賞及び読売農学賞、2021 年に日本植物生理学会を受賞しており、また共同研究者の山地直樹と宮地孝明はそれぞれ 2017 年と 2018 年に文部科学大臣表彰若手科学者賞を受賞した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計103件（うち査読付論文 103件 / うち国際共著 56件 / うちオープンアクセス 52件）

1. 著者名 Gu Mian, Huang Hengliang, Hisano Hiroshi, Ding Guangda, Huang Sheng, Mitani Ueno Namiki, Yokosho Kengo, Sato Kazuhiro, Yamaji Naoki, Ma Jian Feng	4. 巻 234
2. 論文標題 A crucial role for a node localized transporter, HvSPDT, in loading phosphorus into barley grains	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 New Phytologist	6. 最初と最後の頁 1249 ~ 1261
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/nph.18057	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 Huang Sheng, Yamaji Naoki, Sakurai Gen, Mitani Ueno Namiki, Konishi Noriyuki, Ma Jian Feng	4. 巻 234
2. 論文標題 A pericycle localized silicon transporter for efficient xylem loading in rice	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 New Phytologist	6. 最初と最後の頁 197 ~ 208
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/nph.17959	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 Konishi Noriyuki, Ma Jian Feng	4. 巻 232
2. 論文標題 Three polarly localized ammonium transporter 1 members are cooperatively responsible for ammonium uptake in rice under low ammonium condition	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 New Phytologist	6. 最初と最後の頁 1778 ~ 1792
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/nph.17679	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 Che Jing, Yamaji Naoki, Ma Jian Feng	4. 巻 230
2. 論文標題 Role of a vacuolar iron transporter OsVIT2 in the distribution of iron to rice grains	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 New Phytologist	6. 最初と最後の頁 1049 ~ 1062
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/nph.17219	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 Lei Gui Jie, Fujii-Kashino Miho, Wu De Zhi, Hisano Hiroshi, Saisho Daisuke, Deng Fenglin, Yamaji Naoki, Sato Kazuhiro, Zhao Fang-Jie, Ma Jian Feng	4. 巻 1
2. 論文標題 Breeding for low cadmium barley by introgression of a Sukkula-like transposable element	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Food	6. 最初と最後の頁 489 ~ 499
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s43016-020-0130-x	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 Li Jian, Yokosho Kengo, Liu Sheng, Cao Hong Rui, Yamaji Naoki, Zhu Xin Guang, Liao Hong, Ma Jian Feng, Chen Zhi Chang	4. 巻 6
2. 論文標題 Diel magnesium fluctuations in chloroplasts contribute to photosynthesis in rice	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Plants	6. 最初と最後の頁 848 ~ 859
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41477-020-0686-3	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 Mu Shuai, Yamaji Naoki, Sasaki Akimasa, Luo Le, Du Binbin, Che Jing, Shi Huichao, Zhao Haoqiang, Huang Sheng, Deng Fenglin, Shen Zhenguo, Guerinot Mary Lou, Zheng Luqing, Ma Jian Feng	4. 巻 105
2. 論文標題 A transporter for delivering zinc to the developing tiller bud and panicle in rice	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Plant Journal	6. 最初と最後の頁 786 ~ 799
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/tpj.15073	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 Yokosho Kengo, Yamaji Naoki, Ma Jian Feng	4. 巻 62
2. 論文標題 Buckwheat FeNramp5 Mediates High Manganese Uptake in Roots	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Plant and Cell Physiology	6. 最初と最後の頁 600 ~ 609
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pcp/pcaa153	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 Yu En, Yamaji Naoki, Mao Chuanzao, Wang Hua, Ma Jian Feng	4. 巻 72
2. 論文標題 Lateral roots but not root hairs contribute to high uptake of manganese and cadmium in rice	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Experimental Botany	6. 最初と最後の頁 7219 ~ 7228
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/jxb/erab329	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 Huang Sheng, Sasaki Akimasa, Yamaji Naoki, Okada Haruka, Mitani-Ueno Namiki, Ma Jian Feng	4. 巻 183
2. 論文標題 The ZIP Transporter Family Member OsZIP9 Contributes To Root Zinc Uptake in Rice under Zinc-Limited Conditions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Plant Physiology	6. 最初と最後の頁 1224 ~ 1234
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1104/pp.20.00125	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 Lei Gui Jie, Fujii-Kashino Miho, Wu De Zhi, Hisano Hiroshi, Saisho Daisuke, Deng Fenglin, Yamaji Naoki, Sato Kazuhiro, Zhao Fang-Jie, Ma Jian Feng	4. 巻 1
2. 論文標題 Breeding for low cadmium barley by introgression of a Sukkula-like transposable element	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Food	6. 最初と最後の頁 489 ~ 499
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s43016-020-0130-x	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 Che Jing, Yamaji Naoki, Miyaji Takaaki, Mitani-Ueno Namiki, Kato Yuri, Shen Ren Fang, Ma Jian Feng	4. 巻 61
2. 論文標題 Node-Localized Transporters of Phosphorus Essential for Seed Development in Rice	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Plant and Cell Physiology	6. 最初と最後の頁 1387 ~ 1398
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pcp/pcaa074	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 Lei Gui Jie, Yamaji Naoki, Ma Jian Feng	4. 巻 229
2. 論文標題 Two metallothionein genes highly expressed in rice nodes are involved in distribution of Zn to the grain	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 New Phytologist	6. 最初と最後の頁 1007 ~ 1020
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/nph.16860	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 Shao Ji Feng, Yamaji Naoki, Huang Sheng, Ma Jian Feng	4. 巻 230
2. 論文標題 Fine regulation system for distribution of boron to different tissues in rice	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 New Phytologist	6. 最初と最後の頁 656 ~ 668
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/nph.17169	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 Li Jian, Yokosho Kengo, Liu Sheng, Cao Hong Rui, Yamaji Naoki, Zhu Xin Guang, Liao Hong, Ma Jian Feng, Chen Zhi Chang	4. 巻 6
2. 論文標題 Diel magnesium fluctuations in chloroplasts contribute to photosynthesis in rice	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Plants	6. 最初と最後の頁 848 ~ 859
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41477-020-0686-3	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 Saitoh Yasunori, Mitani-Ueno Namiki, Saito Keisuke, Matsuki Kengo, Huang Sheng, Yang Lingli, Yamaji Naoki, Ishikita Hiroshi, Shen Jian-Ren, Ma Jian Feng, Suga Michihiro	4. 巻 12
2. 論文標題 Structural basis for high selectivity of a rice silicon channel Lsi1	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 6236 ~ 6245
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-021-26535-x	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 Yamaji Naoki, Ma Jian Feng	4. 巻 99
2. 論文標題 Bioimaging of multiple elements by high resolution LA ICP MS reveals altered distribution of mineral elements in the nodes of rice mutants	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Plant Journal	6. 最初と最後の頁 1254 ~ 1263
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/tpj.14410	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 Che Jing, Yokosho Kengo, Yamaji Naoki, Ma Jian Feng	4. 巻 181
2. 論文標題 A Vacuolar Phytosiderophore Transporter Alters Iron and Zinc Accumulation in Polished Rice Grains	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Plant Physiology	6. 最初と最後の頁 276 ~ 288
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1104/pp.19.00598	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 Wang Zhigang, Yamaji Naoki, Huang Sheng, Zhang Xiang, Shi Mingxing, Fu Shan, Yang Guangzhe, Ma Jian Feng, Xia Jixing	4. 巻 31
2. 論文標題 OsCASP1 is required for Casparian strip formation at endodermal cells of rice roots for selective uptake of mineral elements	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Plant Cell	6. 最初と最後の頁 2636 ~ 2648
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1105/tpc.19.00296	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 Ding Guangda, Lei Gui Jie, Yamaji Naoki, Yokosho Kengo, Mitani-Ueno Namiki, Huang Sheng, Ma Jian Feng	4. 巻 13
2. 論文標題 Vascular Cambium-Localized AtSPDT Mediates Xylem-to-Phloem Transfer of Phosphorus for Its Preferential Distribution in Arabidopsis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Molecular Plant	6. 最初と最後の頁 99 ~ 111
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.molp.2019.10.002	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 Wang Peitong, Yamaji Naoki, Inoue Komaki, Mochida Keiich, Ma Jian Feng	4. 巻 226
2. 論文標題 Plastic transport systems of rice for mineral elements in response to diverse soil environmental changes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 New Phytologist	6. 最初と最後の頁 156 ~ 169
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/nph.16335	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 Kashino-Fujii Miho, Yokosho Kengo, Yamaji Naoki, Yamane Miki, Saisho Daisuke, Sato Kazuhiro, Ma Jian Feng	4. 巻 178
2. 論文標題 Retrotransposon Insertion and DNA Methylation Regulate Aluminum Tolerance in European Barley Accessions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Plant Physiology	6. 最初と最後の頁 716 ~ 727
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1104/pp.18.00651	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 Che Jing, Tsutsui Tomokazu, Yokosho Kengo, Yamaji Naoki, Ma Jian Feng	4. 巻 220
2. 論文標題 Functional characterization of an aluminum (Al)-inducible transcription factor, ART2, revealed a different pathway for Al tolerance in rice	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 New Phytologist	6. 最初と最後の頁 209 ~ 218
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/nph.15252	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 Che Jing, Yamaji Naoki, Yokosho Kengo, Shen Ren Fang, Ma Jian Feng	4. 巻 59
2. 論文標題 Two Genes Encoding a Bacterial-Type ATP-Binding Cassette Transporter are Implicated in Aluminum Tolerance in Buckwheat	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Plant and Cell Physiology	6. 最初と最後の頁 2505 ~ 2511
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pcp/pcy171	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 Shao Ji Feng, Xia Jixing, Yamaji Naoki, Shen Ren Fang, Ma Jian Feng	4. 巻 69
2. 論文標題 Effective reduction of cadmium accumulation in rice grain by expressing OsHMA3 under the control of the OsHMA2 promoter	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Experimental Botany	6. 最初と最後の頁 2743 ~ 2752
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/jxb/ery107	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 Chen Zhi Chang, Yamaji Naoki, Horie Tomoaki, Che Jing, Li Jian, An Gynheung, Ma Jian Feng	4. 巻 174
2. 論文標題 A Magnesium Transporter OsMGT1 Plays a Critical Role in Salt Tolerance in Rice	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Plant Physiology	6. 最初と最後の頁 1837 ~ 1849
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1104/pp.17.00532	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 Sakurai Gen, Yamaji Naoki, Mitani-Ueno Namiki, Yokozawa Masayuki, Ono Keisuke, Ma Jian Feng	4. 巻 8
2. 論文標題 A Model of Silicon Dynamics in Rice: An Analysis of the Investment Efficiency of Si Transporters	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Frontiers in Plant Science	6. 最初と最後の頁 1187
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpls.2017.01187	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 Yamaji Naoki, Ma Jian Feng	4. 巻 39
2. 論文標題 Node-controlled allocation of mineral elements in Poaceae	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Current Opinion in Plant Biology	6. 最初と最後の頁 18 ~ 24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pbi.2017.05.002	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 Lei Gui Jie, Yokosho Kengo, Yamaji Naoki, Fujii-Kashino Miho, Ma Jian Feng	4. 巻 215
2. 論文標題 Functional characterization of two half-size ABC transporter genes in aluminium-accumulating buckwheat	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 New Phytologist	6. 最初と最後の頁 1080 ~ 1089
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/nph.14648	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 Lei Gui Jie, Yokosho Kengo, Yamaji Naoki, Ma Jian Feng	4. 巻 58
2. 論文標題 Two MATE Transporters with Different Subcellular Localization are Involved in Al Tolerance in Buckwheat	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Plant and Cell Physiology	6. 最初と最後の頁 2179 ~ 2189
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pcp/pcx152	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 Shao Ji Feng, Yamaji Naoki, Liu Xin Wei, Yokosho Kengo, Shen Ren Fang, Ma Jian Feng	4. 巻 176
2. 論文標題 Preferential Distribution of Boron to Developing Tissues Is Mediated by the Intrinsic Protein OsNIP3	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Plant Physiology	6. 最初と最後の頁 1739 ~ 1750
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1104/pp.17.01641	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 Yamaji Naoki, Takemoto Yuma, Miyaji Takaaki, Mitani-Ueno Namiki, Yoshida Kaoru T., Ma Jian Feng	4. 巻 541
2. 論文標題 Reducing phosphorus accumulation in rice grains with an impaired transporter in the node	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 92 ~ 95
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/nature20610	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 Yokosho Kengo, Yamaji Naoki, Mitani-Ueno Namiki, Shen Ren Fang, Ma Jian Feng	4. 巻 57
2. 論文標題 An Aluminum-Inducible IREG Gene is Required for Internal Detoxification of Aluminum in Buckwheat	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Plant and Cell Physiology	6. 最初と最後の頁 1169 ~ 1178
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pcp/pcw065	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 Huang Xin-Yuan, Deng Fenglin, Yamaji Naoki, Pinson Shannon R.M., Fujii-Kashino Miho, Danku John, Douglas Alex, Guerinot Mary Lou, Salt David E., Ma Jian Feng	4. 巻 7
2. 論文標題 A heavy metal P-type ATPase OsHMA4 prevents copper accumulation in rice grain	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 12138 ~ 12138
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/ncomms12138	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 Wu Dezhi, Yamaji Naoki, Yamane Miki, Kashino-Fujii Miho, Sato Kazuhiro, Feng Ma Jian	4. 巻 172
2. 論文標題 The HvNramp5 Transporter Mediates Uptake of Cadmium and Manganese, But Not Iron	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Plant Physiology	6. 最初と最後の頁 1899 ~ 1910
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1104/pp.16.01189	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 Mitani-Ueno Namiki, Yamaji Naoki, Ma Jian Feng	4. 巻 57
2. 論文標題 High Silicon Accumulation in the Shoot is Required for Down-Regulating the Expression of Si Transporter Genes in Rice	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Plant and Cell Physiology	6. 最初と最後の頁 2510 ~ 2518
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pcp/pcw163	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 Yokosho Kengo, Yamaji Naoki, Fujii-Kashino Miho, Ma Jian Feng	4. 巻 172
2. 論文標題 Retrotransposon-Mediated Aluminum Tolerance through Enhanced Expression of the Citrate Transporter OsFRDL4	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Plant Physiology	6. 最初と最後の頁 2327 ~ 2336
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1104/pp.16.01214	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 Huang Sheng, Konishi Noriyuki, Yamaji Naoki, Shao Ji Feng, Mitani-Ueno Namiki, Ma Jian Feng	4. 巻 188
2. 論文標題 Boron uptake in rice is regulated post-translationally via a clathrin-independent pathway	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Plant Physiology	6. 最初と最後の頁 1649 ~ 1664
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/plphys/kiab575	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50件 (うち招待講演 22件 / うち国際学会 18件)

1. 発表者名 Konishi, N. and Ma, J. F.
2. 発表標題 Role of ammonium transporters in ammonium uptake by rice roots
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 Che, J., Yamaji, N. and Ma, J. F.
2. 発表標題 Mutation of OsVIT2 alters iron distribution in rice
3. 学会等名 The 61st Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Physiologists
4. 発表年 2020年

1 . 発表者名 Ma, J. F.
2 . 発表標題 Cadmium accumulation in cereal crops
3 . 学会等名 International Forum on Soil, Fertilizer, Crop and Environment (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Lei, G. J., Hisano, H., Saisho, D., Yamaji, N., Sato, K. and Ma, J. F.
2 . 発表標題 Mechanism underlying differential expression of HvHMA3 involved in cadmium accumulation in barley
3 . 学会等名 The 61st Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Physiologists
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Huang, S., Yamaji, N., Xia, J. X. and Ma, J. F.
2 . 発表標題 Functional characterization of OsCASP1 involved in formation of Casparian strip in rice
3 . 学会等名 The 61st Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Physiologists
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Ding, G., Lei, G. J., Yamaji, N., Yokosho, K., Mitani-Ueno, N., Huang, S. and Ma, J. F.
2 . 発表標題 Identification of a transporter for preferential distribution of phosphorus in Arabidopsis.
3 . 学会等名 The 61st Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Physiologists
4 . 発表年 2020年

1. 発表者名 三谷奈見季・山地直樹・馬 建鋒
2. 発表標題 ケイ酸輸送体Lsi2の相同遺伝子SIET3,4,5の機能解析
3. 学会等名 日本土壌肥料学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小西範幸・馬 建鋒
2. 発表標題 ケイ酸輸送体Lsi1の極性分布に関するモチーフの同定
3. 学会等名 日本土壌肥料学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 横正健剛・山地直樹・馬 建鋒
2. 発表標題 ソバのマンガン高集積に関するFeNramp5の機能解析
3. 学会等名 日本土壌肥料学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ma, J. F.
2. 発表標題 Transporters for loading mineral elements to rice grains
3. 学会等名 The 62st Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Physiologists (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shao, J. F.・山地直樹・Huang, S.・馬 建鋒
2. 発表標題 イネOsBOR1は器官・組織毎のホウ素分配に関与する
3. 学会等名 第62回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Huang, S. and Ma, J. F.
2. 発表標題 Functional characterization of a ZIP family transporter OsZIP2 in rice
3. 学会等名 第62回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小西範幸・馬 建鋒
2. 発表標題 クラスリン依存性エンドサイトーシスはイネのミネラル輸送体の偏在に関与しない
3. 学会等名 第62回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山地直樹・三谷奈見季・馬 建鋒
2. 発表標題 ケイ素蓄積に伴うイネ葉身のトランスクリプトーム解析
3. 学会等名 日本土壌肥料学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三谷奈見季・山地直樹・馬 建鋒
2. 発表標題 イネのケイ素蓄積に関わる輸送体SIET4の更なる解析
3. 学会等名 日本土壌肥料学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小西範幸・馬 建鋒
2. 発表標題 ケイ酸輸送体Lsi1の極性形成に関わる制御因子の探索
3. 学会等名 日本土壌肥料学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 余 恩・山地直樹・馬 建鋒
2. 発表標題 Role of lateral roots and root hairs in high uptake of manganese and cadmium in rice
3. 学会等名 日本土壌肥料学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ma, J. F.
2. 発表標題 Transporters for loading mineral elements to rice grains
3. 学会等名 The 62st Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Physiologists (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Huang, S. and Ma, J. F.
2. 発表標題 Functional characterization of a ZIP family transporter OsZIP2 in rice
3. 学会等名 The 62st Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Physiologists
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山地直樹・三谷奈見季・馬 建鋒
2. 発表標題 ケイ素蓄積に伴うイネ葉身のトランスクリプトーム解析
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2021年度北海道大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 横正健剛・山地直樹・馬 建鋒
2. 発表標題 ソバのマンガン高集積に関与するFeNramp5の機能解析
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2020年度岡山大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ma, J. F.
2. 発表標題 Cadmium accumulation in cereal crops
3. 学会等名 International Forum on Soil, Fertilizer, Crop and Environment (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 櫻井 玄、山地直樹、三谷奈見季、横沢正幸、小野 圭介、酒井 英光、吉本 真由美、馬建鋒
2. 発表標題 イネにおけるケイ素輸送モデルによる輸送体配置の影響分析
3. 学会等名 日本土壌肥料学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ma, J. F., Yamaji, N. and Sasaki, A.
2. 発表標題 Zinc transporters for uptake, translocation and distribution in rice. The 15th International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements
3. 学会等名 The 15th International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ma, J. F.
2. 発表標題 Ion homeostasis in rice
3. 学会等名 Gordon Research Conference on Organelar Channels and Transporters 2019 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ma, J. F.
2. 発表標題 Molecular mechanisms of cadmium transport in rice. How to reduce cadmium accumulation in rice grain
3. 学会等名 The 16th International Phytotechnology Conference: Phytotechnologies for Food Safety & Environmental Health (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ma, J. F.
2. 発表標題 New approaches for increasing density and availability of zinc and iron in rice grain.
3. 学会等名 The 17th International Symposium on Rice Functional Genomics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山地直樹・横正健剛・佐々木明正・馬 建鋒
2. 発表標題 イネの鉄分配に関するOsOPT7の詳細解析
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2019年度静岡大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ma, J. F.
2. 発表標題 Improvement of crop production and quality through manipulation of mineral element transporters in rice and barley
3. 学会等名 日本育種学会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 横正健剛
2. 発表標題 イネのアルミニウム耐性と鉄輸送に関するMATE遺伝子の機能解析
3. 学会等名 日本土壌肥料学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三谷奈見季・山地直樹・馬 建鋒
2. 発表標題 イネのLsi2相同遺伝子の機能解析
3. 学会等名 日本土壌肥料学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Gen Sakurai, Naoki Yamaji, Namiki Mitani-Ueno, Masayuki Yokozawa, Keisuke Ono, Jian Feng Ma.
2. 発表標題 Integrated micro-scale and macro-scale modeling of silicon transportation system in rice
3. 学会等名 植物生理学会（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yasunori Saitoh, Kengo Matsuki, Shin-ichiro Yonekura, Lingli Yang, Namiki Mitani, Naoki Yamaji, Jian-Ren Shen, Jian Feng Ma and Michi Suga
2. 発表標題 Structure of a silicon transporter in plant
3. 学会等名 植物生理学会（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ma, J. F.
2. 発表標題 Control of node-based mineral element distribution for better and safe crop production
3. 学会等名 Emerging Technologies for Global Food Security Conference 2018（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 (2)Ma, J. F., Fujii-Kashino, M., Yamaji, N., Yamane, M., Saisho, D. and Sato, K.
2. 発表標題 Regulation of aluminum tolerance in barley.
3. 学会等名 10th International Symposium on Plant-Soil Interactions at Low pH (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ma, J. F., Song, W. Y., Zhao, F., Shao, J. F. and Yamaji, N.
2. 発表標題 Reducing accumulation of toxic metal and metalloid in rice grain
3. 学会等名 16th International Symposium on Rice Functional Genomics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ma, J. F.
2. 発表標題 Plant nutrition for human health
3. 学会等名 Agricultural Bioscience International Conference 2018, Technology for Better Life (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山地直樹・馬 建鋒
2. 発表標題 レーザーアブレーションICP-MSを用いたイネ節の維管束間輸送過程の解析
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2018年度神奈川大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 横正健剛・陳 志長・山地直樹・馬 建鋒
2. 発表標題 イネのART1と相互作用するタンパク質OsBBPIsの機能解析
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2018年度神奈川大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ma, J. F.
2. 発表標題 Node-based transporters for mineral element distribution in rice
3. 学会等名 Plant Biology 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ma, J. F.
2. 発表標題 Genes controlling cadmium and arsenic accumulation in rice
3. 学会等名 The International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ma, J. F., Yamaji, N., Sasaki, A. and Ueno, D
2. 発表標題 Uptake, distribution and detoxification of manganese in rice
3. 学会等名 XVIII International Plant Nutrition Colloquium 2017, Manganese satellite meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ma, J. F. and Yamaji, N.
2. 発表標題 Molecular mechanisms for distribution of mineral elements in plants
3. 学会等名 XVIII International Plant Nutrition Colloquium 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 横正健剛・邵 継鋒・山地直樹・沈 仁芳・馬 建鋒
2. 発表標題 ソバのNrampファミリー遺伝子の機能解析
3. 学会等名 第58回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山地直樹・馬 建鋒
2. 発表標題 イネのケイ酸輸送体Lsi6の節における著しい高発現は組換えプロモーターでは再現できない
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2017年度仙台大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ma, J. F.
2. 発表標題 Role of ABC transporters in detoxification and accumulation of toxic elements in rice.
3. 学会等名 6th Special Meeting on ATP-Binding Cassette (ABC) Proteins: From Multidrug Resistance to Genetic Diseases (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Ma, J. F., Yamaji, N., Sasaki, A. and Ueno, D.
2. 発表標題 Transporters for uptake, distribution and detoxification of Mn in rice
3. 学会等名 The 17th International Workshop on Plant Membrane Biology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Ma, J. F.
2. 発表標題 Finding mineral element transporters for better and safe production of rice
3. 学会等名 2016 Annual Symposium of Korean Society of Breeding Science, Gene, Genome & New Technology for Plant Breeding (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 竹本侑馬・山地直樹・馬 建鋒
2. 発表標題 イネ節に局在するOsSultr3;4は新葉や穀粒へのリンの優先的分配に關与する
3. 学会等名 第57回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 三谷奈見季・山地直樹・馬 建鋒
2. 発表標題 イネ由来ケイ酸輸送体Lsi1の更なる解析
3. 学会等名 日本土壤肥料学会2016年度大会
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 Huang, S. and Ma, J. F.	4. 発行年 2021年
2. 出版社 CRC Press	5. 総ページ数 335
3. 書名 The Soil-Human Health Nexus	

1. 著者名 Wang, W., Yamaji, N. and Ma, J. F.	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 190
3. 書名 Cadmium Toxicity	

1. 著者名 Mitani-Ueno, N., Yamaji, N. and Ma, J. F.	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 558
3. 書名 Rice Genomics, Genetics and Breeding	

〔産業財産権〕

〔その他〕

http://www.rib.okayama-u.ac.jp/plant.stress/index.html http://www.rib.okayama-u.ac.jp/plant.stress/index-j.html http://www.rib.okayama-u.ac.jp/plant.stress/index-j.html http://www.rib.okayama-u.ac.jp/plant.stress/index.html http://www.rib.okayama-u.ac.jp/plant.stress/index-j.html http://www.rib.okayama-u.ac.jp/plant.stress/index.html
--

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	山地 直樹 (Yamaji Naoki) (00444646)	岡山大学・資源植物科学研究所・准教授 (15301)	
研究分担者	宮地 孝明 (Miyaji Takaaki) (40550314)	岡山大学・自然生命科学研究支援センター・研究教授 (15301)	
研究分担者	三谷 奈見季 (Mitani Namiki) (40581020)	岡山大学・資源植物科学研究所・准教授 (15301)	
研究分担者	横正 健剛 (Yokosho Kengo) (50790622)	岡山大学・資源植物科学研究所・助教 (15301)	
研究分担者	菅 倫寛 (Suga Michihiro) (60634920)	岡山大学・異分野基礎科学研究所・准教授 (15301)	
研究分担者	櫻井 玄 (Sakurai Gen) (70452737)	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)	

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1件

国際研究集会 The 60th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Physiologists	開催年 2019年～2019年
--	--------------------

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
---------	---------