

国際科学技術共同研究推進事業
地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム（SATREPS）

研究領域「生物資源の持続可能な生産と利用に資する研究」

研究課題名「稲の安全性と高栄養価に貢献する育種および水管理技術
の開発」

採択年度：令和 3 年（2021 年）度/研究期間：5 年/

相手国名：バングラデシュ人民共和国

令和 5（2023）年度実施報告書

国際共同研究期間^{*1}

2022 年 8 月 28 日から 2027 年 8 月 27 日まで

JST 側研究期間^{*2}

2021 年 6 月 1 日から 2027 年 3 月 31 日まで

（正式契約移行日 2022 年 7 月 1 日）

^{*1} R/D に基づいた協力期間（JICA ナレッジサイト等参照）

^{*2} 開始日=暫定契約開始日、終了日=JST との正式契約に定めた年度末

研究代表者： 神谷 岳洋

東京大学大学院農学生命科学研究科・准教授

I. 国際共同研究の内容（公開）

1. 当初の研究計画に対する進捗状況

(1) 研究の主なスケジュール

研究題目・活動	2021年度 (10ヶ月)	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度 (12ヶ月)
1. バングラデシュ在来品種を用いたコメへの元素蓄積に関する新規遺伝子の同定						
1-1. バングラデシュ稲品種を用いた遺伝学的解析による遺伝子の同定と機能解析	← 材料の確立	← QTL解析と遺伝子の同定			← 機能解析	
1-2. 変異原処理した稲のスクリーニングによる変異株の単離と原因遺伝子の同定および機能解析	← 材料の確立	← スクリーニングと遺伝子の同定			← 機能解析	
1-3. 変異原処理した日本稲（コシヒカリ）の変異株の原因遺伝子の同定および機能解析		← QTL解析と遺伝子の同定			← 遺伝子の機能解析	
2. 優良アレルを用いた育種素材及びDNAマーカー確立						
2-1. 交配とDNAマーカーを用いた優良アレルのバングラデシュ稲品種への導入			DNAマーカー完成 ▼	交配とマーカー選抜		育種素材確立 ▼
2-2. バングラデシュイネの形質転換系の確立及び、ゲノム編集による鉄・亜鉛栄養を向上した稲の確立		日本稲品種を用いたゲノム編集の検証 ←		バングラデシュイネ品種を用いたゲノム編集個体の作製 ←		育種素材確立 ▼
2-3. 育種素材の圃場における栽培と形質評価による、鉄、亜鉛、カドミウムの形質に関する有望系統の選抜			育種素材確立、DNAマーカー作成 ▼			有望系統確立 ▼
2-4. 有望系統、育種素材をBRRI、BINA、民間種子会社に配布する活動計画の作成				← セミナー等の開催		
3. コメ中ヒ素・カドミウムの低減を目指した栽培管理方法の確立						
3-1. バングラデシュ圃場と品種を用いた栽培管理手法の検討	圃場の情報 収集 ←	栽培管理法確立 ▼			→	
3-2. 収量維持と玄米中ヒ素低減を両立できる落水期間を判断するための水管理指標の検討		指針の決定 ▼			→	
3-3. 3-1, 3-2で得た成果を複数圃場で検証し、普及に向けた栽培マニュアルを作成				マニュアルの完成 ▼	←	
3-4. デモンストレーションサイトの選定に向けた調査の実施		ベースライン調査 →				
4. コメ中ヒ素の低減を目指した栽培管理方法の普及・定着						
4-1. コメ中ヒ素・カドミウムを低減させる栽培方法の農家への普及					← 普及活動	
4-2. コメ中ヒ素を低減させる栽培方法を担う人材の育成			←		研修の実施 →	
4-3. コメ中ヒ素を低減させる栽培方法を農業政策に組み込むための取り組み				←	セミナー等の開催	

(2) プロジェクト開始時の構想からの変更点（該当する場合）

- 研究題目・活動について、遺伝子の同定とDNAマーカー・育種素材の確立が混在してわかり難かったため、「1. バングラデシュ在来品種を用いたコメへの元素蓄積に関与する新規遺伝子の同定」と「2. 優良アレルをもちいた育種素材及びDNAマーカー確立」に分けた。また、各項目についても以下（2～7）のように変更した。

成果目標について変更はないが、内容の変更を伴うものは、2と4である。それ以外は、題目の整理に伴う

名称の変更である。

2. 「1-1. バングラデシュ稲品種を用いた QTL マッピングによる遺伝子の同定と機能解析」は、QTL マッピングを遺伝学的解析とした。これは、QTL のみでは遺伝子が同定できない場合に備えて、GWAS を並行して行うためである。
3. 1-3 を「変異原処理した日本稲（コシヒカリ）の変異株の原因遺伝子の同定および機能解析」とした。この項目は、昨年までは 1-2 に含まれていたが、秋田県立大学が単独で行うことから単独の項目とした。
4. 「2-1. 変異原処理されたバングラデシュ稲品種からの PCR または次世代シーケンスを用いた育種素材の単離」が上手くいかないため計画を変更した。それに伴い、「2-1.交配と DNA マーカーを用いた優良アレルのバングラデシュ稲品種への導入」とした。これは、当初はバングラデシュ稲品種より優良アレル(OsVIT2 と OsNRAMP5)を単離する予定であったが、期待通りの結果が得られなかったため、これまでに得られている日本稲品種背景の優良アレルを交配することによってバングラデシュ稲品種に導入する方法に変更した。
5. 「2-2. バングラデシュイネの形質転換系の確立及び、ゲノム編集による鉄・亜鉛栄養を向上した稲の確立」を新たに作成した。元々含まれていたものであるが、秋田県立大学が単独で担当することから別項目とした。
6. 「2-2. 2-1 で単離した育種素材の圃場における栽培と形質評価による、鉄、亜鉛、カドミウムの形質に関する有望系統の選抜」を「2-3.育種素材の圃場における栽培と形質評価による、鉄、亜鉛、カドミウムの形質に関する有望系統の選抜」とした。これは、名称の変更である。
7. 「2-3. 有望系統を BRRI、BINA、民間種子会社に配布する活動計画の作成」を「有望系統と育種素材」とした。これは元々育種素材も配布する予定であったが、抜けていたため追加した。
8. 3-1 については、BAU の試験は現在実施中の試験で3年分となり予定通り終了する。一方で、2023 年 12 月から試験圃場となるジョソールは今作が 1 作目であり、気象変動も併せて 2 年分のデータ採取が必要となるため、2025 年中旬まで延長した。
9. 3-2 は日本での実験であるが、2022 年度に作付けした東京大学の西東京市の圃場が、記録的な豪雨により水没し、多くの稲が生育できなかったためデータが得られなかった。2 年分のデータ採取が必要なため、2023 年度に加えて 2024 年度の結果を得るために 1 年延長した。

2. 計画の実施状況と目標の達成状況（公開）

(1) プロジェクト全体

・プロジェクト目標の達成状況とインパクト

研究全体としては順調に進んでいる。TILLING による変異株の単離については予定通り進んでいなかったが、他の方法で対応することにより当初の目標は達成できる見込みである（研究活動 2-1）。

研究拠点となるバングラデシュ農業大学（BAU）の実験室の改修を終えた。タイルの張り替え、照明の設置、小動物が入ってきそうな隙間を塞ぐ、電圧安定器の設置、空調の設置などである。機材については、現地代理店との契約、支払いをほぼ終えて、あとは通関、設置を待つのみである。

人材面については、後述するように、BAU 講師の東大への博士課程への入学、BAU 博士課程への DAE 職員の参画があり、日本側、バングラ側ともに人材育成が進んでいる。

・地球規模課題解決に資する重要性、科学技術・学術上の独創性・新規性（これまでと異なる点について）

なし。

・研究運営体制、日本人人材の育成(若手、グローバル化対応)等

東京大学の博士研究員が 2024 年 2 月に 1 人辞めたが、2023 年 4 月より修士の学生 1 名、博士の学生 1 名（バングラデシュ農業大学（BAU）修士課程修了し東大へ入学。BAU では講師）がプロジェクトに参画し、それぞれ熱心に研究に取り組んでいるため大きな影響はない。修士の学生とともにバングラデシュへ渡航し、BAU の学生との交流、現地圃場と農家を訪問した。

農研機構において 2023 年 6 月より博士研究員が 1 名参画し、2023-2024 年乾季作において、計約 3 ヶ月現地に滞在し、水管理、収量調査を実施している。加えて、現地の BAU 博士課程学生（DAE の職員）と共に水管理を実施し、水管理技術を伝えた。

バングラデシュに延 10 年滞在歴があり、ベンガル語に堪能かつ、文化にも造詣が深い業務調整員が 2023 年 4 月より着任したことにより、バングラデシュにおける物品の調達、実験室の改装、普及活動に向けた準備など、バングラデシュにおける活動がスムーズに進んだ。

・人的交流の構築(留学生、研修等)

BAU で修士課程を修了した同校の講師が東京大学の入学試験に合格し、2023 年 4 月より博士課程（後期）に入学した。BAU に設置する予定の機器を利用して、元素分析や DNA マーカー育種を実施できるような知識と技術の一部をすでに身につけている。

BAU の Mahmud Hossain Sumon 教授（本プロジェクトの deputy director）が、JSPS 海外招へい研究者として東京大学に 10 ヶ月滞在（2023 年 9 月—2024 年 6 月）しており、イネのヒ素取り込みに関与する鉄プラーク形成機構について解析を行なっている。

そのほか、上記「研究運営体制、日本人人材の育成(若手、グローバル化対応)等」を参照。

(2) 各研究題目

(2-1)研究題目1：「バングラデシュ在来品種を用いたコメへの元素蓄積に関与する新規遺伝子の同定と育種素材及び DNA マーカーの確立」

東京大学グループ（リーダー：神谷）

秋田県立大学グループ（リーダー：増田）

① 研究題目1の当初計画（全体計画）に対する実施状況（カウンターパートへの技術移転状況含む）

1-1. バングラデシュ稲品種を用いた遺伝子の同定と機能解析（神谷）

＊バングラ側の設備が十分でないことから、稲品種の収集と栽培はBAUで、それ以外は日本側が単独で実施した。具体的には、GWASに関しては、BRRIとBINAより提供していただいた品種、それ以外はBAUが収集した品種の種子増殖を行なった。玄米の分析以降は、日本側研究者ならびにBAUから東京大学への留学生（博士課程後期）が実施した。

2022年度乾季にバングラデシュで栽培されたヒ素濃度が異なる品種の組み合わせのF2系統の玄米の元素分析を東京大学のICP-MSにより行った。独立したF1由来の3集団（各集団300個体、計900個体）の元素分析を行った。当プロジェクトで着目しているヒ素、鉄、亜鉛のいずれについても明確な分離を示さず、連続的に変化することを確認した。

次に、ヒ素について着目し、分析したF2をヒ素濃度が高い集団、低い集団に分け、F3バルクよりDNAを抽出し、次世代シーケンサーを用いたQTL解析（QTL-seq法）により、複数の遺伝子座を見出すことができた。また、昨年度より日本側でも準備を開始しているQTL解析の集団については、F2種子の準備ができたことから、今年度、日本にて栽培、QTL解析を実施する予定である。また、ヒ素以外の元素についての解析は、2024年度実施予定である。

QTL解析に加えて、バングラデシュイネ品種を用いたゲノムワイド関連解析（GWAS）の準備を進めた。次世代シーケンスによりゲノム配列を決定するために、各品種1粒を用いて栽培し種子を増幅した。しかし、中には全く発芽しなかった品種や、種子の形態が他の品種と思われるものがバングラデシュからの留学生の鋭い観察眼のおかげで発覚した。また、他の品種が混ざっているものなどがあったために、それらについては再度入手し種子増幅を行っている。

また、日本稲集団を用いたGWAS解析を進め、ヒ素濃度に関わる候補遺伝子座を見出し、候補遺伝子についてゲノム編集を用いた遺伝子破壊株を作成している。

1-2. 変異原処理したバングラデシュ稲のスクリーニングによる変異株の単離と原因遺伝子の同定および機能解析（神谷）

＊バングラデシュ側の設備が十分でないことから、稲品種の種子増幅のための栽培はBAUで、それ以外は日本側が単独で実施。玄米の分析以降は、日本側研究者ならびにBAUから東京大学への留学生（博士課程後期）が実施した。

イスラム教授により作成された変異原処理したBRRI dhan84のM3世代の玄米のスクリーニングを行った。2022年度までに、2021年度乾季にFaridpur（ヒ素汚染地域）で栽培した1932系統の元素分析を完了している。2023年度は2022年度雨季にBAU圃場で栽培された1万系統について追

加で分析を実施し、2022、2023 年度の 2 年分を合わせて、6919 系統の分析（1 次スクリーニング）が完了した。なお、2022 年度の栽培に Faridpur ではなく BAU 圃場を用いた理由としては、1）管理が容易であること、2）Faridpur と BAU 圃場で玄米中ヒ素濃度に大きな差がなかったことが挙げられる。1 次スクリーニングの結果より、昨年同様の選抜基準（*注）を用いて変異株の候補を選び、2 次スクリーニングを実施した。Faridpur については、145 系

Mutants selected for the third screening and their grain phenotype					
No	Mutant name	Phenotype			
		Zn	Fe	As	Cd
1	250-GRY_7_2	High	High	Low	Average
2	300-GRY_53_2	High	Average	Average	Average
3	0.5%EMS_163_1	High	High	Average	Average
4	250-GRY_109_1	Average	High	High	Average
5	400-GRY_117_1	Average	High	Average	Average
6	300-GRY_73_1	High	High*	Low	High
7	1%EMS_94_2	High	High	Low	Average
8	250-GRY_7_2	High	Average	Low	Average
9	250-GRY_141_1	Low	Average	Low	Average
10	300-GRY_194_2	High	High	Low	Average
11	1%EMS_23_1	Average	Average	Low	Average
12	0.5%EMS_507_1	Average	Average	Low	Average
13	1%EMS_94_*_1	High	High	Low	Average
14	1%EMS_109_1	Average	Average	Low	Average
15	1%EMS_101_2	High	High	Low	High
16	300-GRY_130_1	Average	Average	Low	Low*
17	400-GRY_123_2(dw*)	High	High	Low	High
18	250-GRY_144_1	Average	Average	Low	Average
19	1%EMS_101_1	High	High	Low	High
20	300-GRY_132_1	Average	Average	High	Average
21	0.5%EMS_57_1	Average	Average	High	Low
22	250-GRY_132_1	Average	Average	Average	Low
23	250-GRY_129_1	Low	Average	Average	Low
24	0.5%EMS_73_2	Average	Average	Average	Low

統、BAU については 240 系統を選抜し、Faridpur は全ての系統、BAU の系統については 2023 年度の雨季栽培計画に間に合った 22 系統（240 系統中）を栽培、分析を実施した。その結果、ターゲットとしている元素について再現性が良い変異株を複数得ることができた（右表は Faridpur で得られた 145 系統の 2 次スクリーニングより選んだ 24 系統。3 次スクリーニングのための栽培を 2023-2024 年乾季作で栽培中。）。

その中で、既知の遺伝子に変異を持っていると考えられた変異株〔ヒ素のみが高い系統、モリブデンとその同族元素である（硫黄、セレン）が低い系統〕について次世代シーケンスによって全ゲノム配列を決定し、原因候補遺伝子の配列を親系統である BRRI dhan84 と比較したところ、ヒ素が高い系統については既知のヒ素輸送体であり、その遺伝子破壊系統が高ヒ素を示すことが報告されている OsABCC1 に変異を有していることを見出した。モリブデン変異株については、シロイヌナズナで硫黄応答性が報告されている遺伝子に変異を見出した。以上の結果から、これまでのスクリーニングが正しく行われていることが示された。

2023 年 12 月より始まった乾季作にて、これまでにを行った 2 次スクリーニング（Faridpur）、1 次スクリーニング（BAU）の結果から選抜した 300 系統余りを栽培し、2024 年 5 月初めに収穫を終えた。玄米にしたのち、日本に持ち込み元素分析を実施する予定である。

なお、この課題については、BAU から東京大学への留学生（博士課程後期）が担当しており、分析および分子生物学的な技術を習得し、R を用いたデータ解析方法を習得している。

*選抜基準

Fe、Zn：元素濃度が高い上位 20 系統、及び、ICP-MS による分析ごと（300 サンプル）に計算した Z スコアが 2 以上；As、Cd：元素濃度が低い下位 20 系統、及び、ICP-MS による分析ごと（300 サンプル）に計算した Z スコアが-2 以下。

1-3. 変異原処理した日本稲（コシヒカリ）の変異株の原因遺伝子の同定および機能解析

これまでに、鉄・亜鉛が玄米で 1.5 倍から 2 倍に増加したコシヒカリ背景の変異株を 3 系統得た。そのうち、一つの系統については、イネの生育には影響しないものの苗の段階で葉の SPAD 値

が低下する(黄色化する)という明確な表現型が認められた。さらに、この表現型は、他のイネ品種と交配した F5 世代の個体においても、コメの鉄含有量が高いという形質と関連性が見られた。この形質は、バングラデシュで実用化する際に、農家がイネ品種を管理する上で有効であると考えられる。現在、この原因遺伝子の同定を進めている。

また、他の変異株系統においても、他のイネ品種と交配し F6 世代で形質が固定化された。鉄・亜鉛が高いという形質は、複数の遺伝子によるものと考察されるが、各世代のイネ系統を材料とし、原因遺伝子の同定を進めている。

② 研究題目 1 の当該年度の目標の達成状況と成果

おおむね予定通りである。

③ 研究題目 1 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

なし

④ 研究題目 1 の研究のねらい（参考）

バングラデシュ在来品種を用いてコメへの元素蓄積（鉄、亜鉛、ヒ素）に關与する遺伝子を同定し、育種素材及び DNA マーカーを確立し、育種基盤を確立することを目的とする。

⑤ 研究題目 1 の研究実施方法（参考）

元素分析の結果見出された元素濃度が異なる品種を掛け合わせ、QTL 解析により原因遺伝子を同定する。さらに、得られた遺伝子に対して DNA マーカーを作成し育種に利用する。

(2-2)研究題目 2：「優良アリルをもちいた育種素材及び DNA マーカー確立」

東京大学グループ（リーダー：神谷）

秋田県立大学グループ（リーダー：増田）

① 研究題目 2 の当初計画（全体計画）に対する実施状況（カウンターパートへの技術移転状況含む）

2-1. 交配と DNA マーカーを用いた優良アリルのバングラデシュ稲品種への導入（神谷）

*日本側が所有する材料を用いるため、また、分子生物学的実験が必要であり、設備がないことから BAU では実施できないため日本側が単独で実施。

EMS 変異導入した BRRI dhan84、2000 株を用いて OsNRAMP5、OsVIT2 の TILLING を行なった。しかしながら、目的とする変異株は得られなかった。このまま続けても目的とする株が得られないリスクがあるため、既に神谷が有している日本稲ひとめぼれ背景の OsNRAMP5（カドミウムが低い）、OsVIT2（鉄、亜鉛が高い）変異株とバングラデシュ品種との交配を進めることにより当初目標を達成することにした。交配は、昨年度よりバックアップとして進めており、OsVIT2 については BC4F1 まで進んでいる。また、これら遺伝子の変異を検出するための DNA マーカーの確立を行なった。

方法は変更したが、当初の目的である育種材料の確立は達成できることには変わらない。

2-2. バングラデシュイネの形質転換系の確立及び、ゲノム編集による鉄・亜鉛栄養価の向上（全て日本側で実施）（増田）

遺伝子の機能を抑えることで種子の鉄・亜鉛を増やせる遺伝子がいくつか報告されている。本項目では、それらの遺伝子をゲノム編集で破壊し、バングラデシュイネの鉄・亜鉛栄養の向上を目指す。今年度は、バングラデシュイネでゲノム編集を可能にするため、（１）バングラデシュイネ品種の形質転換系の確立、（２）日本稲（あきたこまち）を用いた当該遺伝子のゲノム編集個体の作成、を行った。

（１）バングラデシュイネ品種の形質転換系の確立

昨年度までに、バングラデシュの主要な品種である BRRI dhan28、BRRI dhan29、また、1-2 の変異株の親系統である BRRI dhan84 等のバングラデシュイネ品種の種子を日本国内にて増幅し、組織培養や形質転換に必要な充分な量の種子（各 1 万粒以上）を得ている。

カルス誘導テストを行ったところ N6D 培地 (Aung, May Sann, et al. "Iron biofortification of Myanmar rice." *Frontiers in Plant Science* 4 (2013): 158.)で、各イネ品種のカルスの誘導が観察された。次に、カルスからの植物体形成テストを行ったところ、いずれの品種についても一定の数の再生体が得られ、現行の培地組成でイネの形質転換とゲノム編集が可能であることが示唆された。加えて、形質転換体の選抜に必要な抗生物質であるハイグロマイシンの濃度についても検討し、最適な濃度を決定した。

（２）日本稲（あきたこまち）を用いた当該遺伝子のゲノム編集個体の作成

OsVIT1 は、T-DNA 挿入変異体 (Zheng et al. 2012)、*OsYSL9* は RNAi (Senoura et al. 2019)、*OsNAAT1* はタンパク質のアミノ酸 20 残基の欠損 (Cheng et al. 2007) により、イネ種子中の鉄および亜鉛が増加するという報告がある。しかし、T-DNA 挿入変異体および RNAi は遺伝子組換え技術によるものであり、バングラデシュにおいてもそのままの実用化は難しい。*OsNAAT1* の欠損体も、そのイネ系統を入手しプロジェクトで利用するのは困難なほか、バングラデシュの品種と戻し交配をするのに 5 年以上かかることが予想される。いずれも機能欠損さえすれば種子の鉄および亜鉛を増加させることが予想され、ゲノム編集が有効であると考えられた。ゲノム編集を行うためには、形質転換が必要であるが、バングラデシュイネ品種では、(1)に示すように、まず効率的な形質転換系を確立させる必要がある。そこで、バングラデシュイネの形質転換およびゲノム編集と並行して、ゲノム編集ベクター (CRISPR-Cas9 ベクター、および設計した gRNA 配列) の有効性と、これらの遺伝子のうち、どれを対象とすることが最も有効かを検証するため、日本のイネ品種もゲノム編集の対象とすることとした。したがって、*OsVIT1*、*OsNAAT1*、*OsYSL9* を対象とし、ゲノム編集で変異を導入するベクターをそれぞれ作成し、日本稲品種である「あきたこまち」の形質転換を行った。*OsVIT1*, 27 個体、*OsYSL9* 24 個体のベクター導入体を得られ、そのうち、各四個体ずつに、遺伝子の機能を破壊するような変異がホモまたはヘテロに導入されていることをシーケンシングにより確認した。また、得られた T₁ 種子の精白米の元素分析を行ったところ、鉄・および亜鉛の増加が確認され、これら遺伝子の機能破壊が Fe、Zn の増加に有効であることが示唆された。*OsNAAT1* のゲノム編集体について

も、25 個体以上のゲノム編集体を得た。こちらは現在、種子の元素分析を進めている。

② 研究題目 2 の当該年度の目標の達成状況と成果

TILLING が予定通り進まなかったことから計画を変更した。そのため、活動名の変更を行なった。

③ 研究題目 2 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

バングラデシュで最も多く生産されている BRRI dhan28、BRRI dhan29 が、いもち病感受性であり、その被害が近年深刻であることから、バングラデシュ農業省は 2024 年度からこれらの品種の栽培を推奨しない方針をとることが明らかとなった。そこで、より、いもち病に強く、今後、農家への栽培を積極的に進める予定であると DAE の複数の関係者から提案された BRRI dhan89, BRRI dhan92, BRRI dhan100 を育種の対象とすることとした。

④ 研究題目 2 の研究のねらい（参考）

遺伝子の機能を抑えることでコメの鉄・亜鉛を増やせる遺伝子、また、コメのカドミウムが低下する遺伝子がいくつか報告されている。それらの遺伝子の機能欠損アレルを交配によりバングラデシュ品種に導入したり、ゲノム編集で破壊したりして、育種素材を確立することを目的とする。

⑤ 研究題目 2 の研究実施方法（参考）

すでに取得済みの機能欠損アレルを用いた交配、CRISPR による作成を行う。

(2-3)研究題目 3：「コメ中ヒ素の低減を目指した栽培管理方法の確立」

① 研究題目 3 の当初計画(全体計画)に対する実施状況(カウンターパートへの技術移転状況含む)

農研機構グループ（リーダー：中村）

バングラデシュ農業大学（リーダー：Islam Md. Rafiqul）

3-1. バングラデシュ圃場と品種を用いた栽培管理手法の検討

＊日本、バングラデシュ側研究者が共同で実施

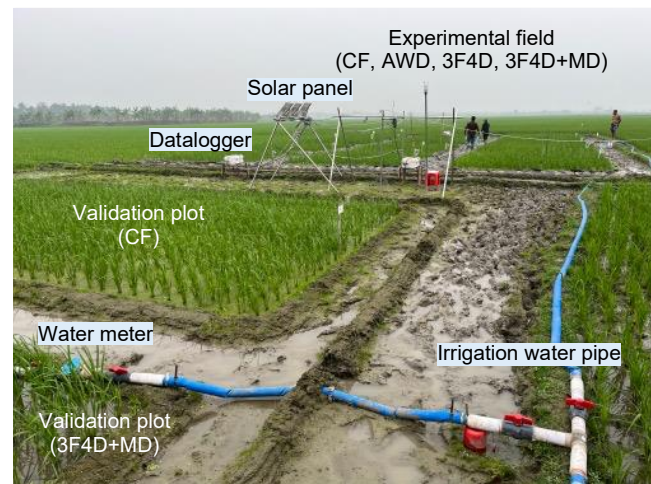
玄米中ヒ素(As)の低減を目指した栽培管理方法を確立するために、バングラデシュ農業大学(BAU)圃場(マイメンシン)および現地圃場(ジョソール)において灌漑間隔の異なる間断灌漑(湛水3日間、落水4日間を繰り返す間断灌漑(以下3湛4落)、湛水3日間、落水7日間を繰り返す間断灌漑(以下3湛7落)、Alternate Wetting and Drying(以下AWD)および慣行水管理(常時湛水)で水稻を栽培し、玄米中ヒ素(As)およびカドミウム(Cd)濃度、さらに収量に与える水管理の影響を調査した。これまで乾期作(Boro)で3年実施し、BAU圃場では1、2、3年目でそれぞれ水稻10、5および3品種を、ジョソール現地圃場では2023年度に1品種を栽培している。

2021年度、2022年度の試験によりバングラデシュの排水設備がない圃場でも間断灌漑を水管理として実施できることが明らかとなった。更に収量を維持し玄米中Asを低減できる栽培管理として間断灌漑3湛4落が有望であることが示唆された。排水設備のない間断灌漑では、灌漑水量の調整により湛水期間を、田面水消失後から次の灌漑までの日数を変更することで落水期間を調整した。栽培期間中は土壌の体積含

水率、酸化還元電位 (E_H) を自動測定し、4 日間の落水に伴う体積含水率低下が約 10% 弱および E_H 上昇 150~300 mV と乾燥が緩やかであることを確認した。その 4 日間の落水を含む間断灌溉 3 湛 4 落は、常時湛水区に比べて玄米中 As 濃度を低下、玄米収量を維持する傾向を示した。玄米中 As 濃度は、3 湛 7 落区 < 3 湛 4 落区 ≤ AWD < 湛水区の順に低い傾向が見られ、湛水区が有意に高かった。収量は初年目に間断灌溉 3 湛 4 落と常時湛水管理が同程度であったのに対し AWD と 3 湛 7 落で有意に低いという結果であり、2 年目は処理区間の有意差はなかった。本結果は、間断灌溉 3 湛 4 落は慣行である常時湛水管理に比べて収量を維持した上で玄米中 As を有意に低減できることを示す。

現在行っている 2023 年度乾季作(3 年目)の試験においては間断灌溉 3 湛 4 落による玄米中 As の低減効果を更に高める目的で間断灌溉 3 湛 4 落に中干しを加えた処理も行い、BAU 圃場とジョソール現地圃場で収量および玄米中 As 濃度への影響を調査している(右図はジョソール圃場の様子)。なお、中干しを加えた間断灌溉 3 湛 4 落については、3F4D+MD と命名し、下記 3-3 のマニュアルにも明記した。

本試験を通してバングラデシュの研究者および学生に As 低減水管理の実施方法および試験に関わる測定方法に関する技術移転を随時行ってきた。水管理方法については、日本人研究者がバングラデシュに出張した際、複数回にわたりセミナーや検討会等を通じて水管理の解説を行った。測定方法については、センサーの作成、使い方およびデータ解析等について現地で共同作業を行うとともに測定の不具合等が起きた際には日本からリモートで支援することで技術移転を行っている。



3-2. 収量維持と玄米中ヒ素低減を両立できる落水期間を判断するための水管理指標の検討

※日本圃場での研究のため日本側研究者が単独で実施

農研機構グループ（リーダー：中村）

水管理指標を検討する目的で AWD15 および AWD20（作土内水位が地下 15 cm および 20 cm に達したら灌溉。2022 年度は AWD15 のみ実施）、中干し後湛水および中干し後間断灌溉 3 湛 4 落（3F4D+MD）を行う水管理区を、茨城県つくば市にある農研機構圃場にそれぞれ設け、水稻を栽培した。作付け期間中の土壌の体積含水率および作土内水位等を測定し、落水日数あるいは水位を用いた指標に基づく水管理が玄米中 As・Cd 濃度、収量に与える影響を調査し、水位および体積含水率の関係を調査した。

本年度試験では、2022 年試験同様、湛水管理と比較した玄米中 As の低減効果は 3F4D+MD で AWD15 よりも高めで、玄米中 As 濃度は、有意差はないものの湛水 > AWD15 > AWD20 > 3F4D+MD の順に低くなる傾向が見られた。精玄米重および整粒歩合に処理間の有意な差は見られず、玄米中 Cd 濃度は AWD20 のみ有意に高かった。

本年度は特に水位あるいは日数をそれぞれ落水期間決定の指標とした AWD および 3F4D+MD 各処理区における土壌水分の変化を解析した。体積含水率が 2 回目以降の乾燥前に比べて約 10% も高

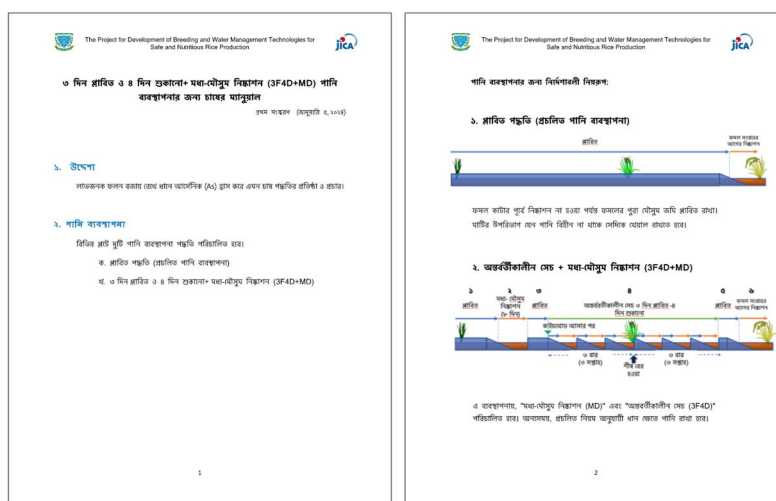
く、水位低下に対する体積含水率低下も緩慢な傾向が見られた。このことは初回の乾燥でしっかりと土壌を収縮・乾燥させることの重要性を示す。出穂期前後に落水を開始する間断灌漑では実施前に中干しを行うかどうかで間断灌漑による As 低減効果が異なる可能性が考えられる。

落水時の AWD 区では作土内水位が約-5~-7cm 付近を下回ると体積含水率が低下を開始し、-15 cm に達するまでに体積含水率は 20% 弱の低下が見られた。また、AWD15 では圃場により水位と体積含水率の関係が異なり、-15 cm に達するまでに 5 日程度の落水期間を要し、その時の体積含水率低下が 20% を超える例も存在した。本結果は水位を水管理の指標に用いると土壌によっては乾きすぎになる可能性があることを示す。既往の研究成果から溶存 As 濃度の低下および生育に影響の少ない体積含水率低下は 10% を超える程度と考えられる。体積含水率低下が 20% を超えると生育への影響が懸念されることから、土壌によっては AWD で過乾燥気味となる可能性もある。このため本プロジェクトでは、水管理指標に水位は採用せず日数を用いる方向で検討する。

3-3. 普及に向けた栽培マニュアル作成

＊日本、バングラデシュ側研究者が共同で実施。

玄米中 As 低減水管理として 3F4D+MD をバングラデシュの排水設備がない圃場でも実施できるように改良し、マニュアルのプロトタイプを日本語、英語およびベンガル語で作成した(右写真はベンガル語によるマニュアルの最初の2ページ)。



3-4. デモンストレーションサイトの選定に向けた調査の実施

ジョソール、ファリドプール、およびショナルガオンの各地区で現地圃場視察、井戸水および玄米を採取し、As 濃度を調査した。DAE やイスラム教授に紹介された農家圃場を訪問し、ジョソール 1 カ所、ファリドプール 3 カ所、ショナルガオン 1 カ所の玄米試料および井戸水試料を採取、As 濃度を分析した。いずれの候補地も井戸水、玄米のヒ素濃度は基準値以上であった。その中から、現地試験圃場およびデモンストレーションサイトの前段階である検証圃場をジョソールの圃場に決定した。その理由として、1) 圃場が均平であり水管理の実験がしやすいこと、2) 過去に BAU の実験を同圃場で実施したことがあり圃場主が信頼できること (BAU 研究者が以前圃場試験を行ったことがあり人となりを知っている)、3) 近く (車で 30 分程度) に JICA が許可した日本側研究者が宿泊できる施設があること、また、実験施設 (イスラム教授の依頼により BARI のジョソール支部の実験室を使用) があること、4) 同圃場を管轄する DAE の UA0 が興味をもってくれたこと、5) 圃場主がポンプオーナーであること、が挙げられる。

ジョソール現地圃場では、2023-2024 年乾季（Boro）作においてデモンストレーションサイト設置の前段階であるバリデーショナルサイトを設定し、常時湛水区および間断灌漑 3 湛 4 落区を設けて、水稻を栽培している。今後、収量調査や玄米、井戸水、土壌中の As 濃度を分析予定である。

② 研究題目 3 の当該年度の目標の達成状況と成果

本年度計画は概ね達成できた。本年度は、排水設備のない圃場でも利用できるように改良した 3F4D+MD が収量に影響を与えず玄米中 As 低減できる可能性を昨年度に引き続き示すことができた。また水管理指標には日数が適切であることを示し、それらの内容を含む 3F4D+MD を実施するためのマニュアルのプロトタイプを作成した。

③ 研究題目 3 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

当初試験を実施する予定であったファリドプール現地圃場では、玄米の無機 As 濃度が想定よりも低く、試験圃場とするには As 濃度が低すぎると判断した。そのためファリドプール現地圃場では試験を実施せず、デモンストレーションサイトの選定に向けた調査結果に基づき、本乾季作よりジョソール現地圃場に試験圃場および検証圃場（バリデーショナルサイト）に設定し、試験を実施している。

④ 研究題目 3 の研究のねらい（参考）

バングラデシュの排水設備がない圃場でも利用可能な玄米中無機 As を低減する水管理を開発・普及することを目的とする。

⑤ 研究題目 3 の研究実施方法（参考）

バングラデシュの玄米品種を現地の圃場で栽培し、収量や玄米中のヒ素濃度を測定することにより、現地に適した水管理手法を開発し、マニュアル等の作成により普及を図る。

(2-4)研究題目 4：「コメ中ヒ素の低減を目指した栽培管理方法の確立」

① 研究題目 4 の当初計画（全体計画）に対する実施状況（カウンターパートへの技術移転状況含む）

＊日本、バングラデシュ側研究者が共同で実施

4-2. コメ中ヒ素を低減させる栽培方法を担う人材の育成

3F4D+MD について、研究題目 3 で得られた予備的な結果を BAU とともに共有し、関係者にヒ素低減に効果があることを説明した。具体的には、2023 年度に得た予備的な結果（2022-2023 年乾季作の結果）をもとに、水管理の方法とそのヒ素低減における効果、収量に与える影響をまとめたスライド（上記 3-2, 3 で作成）を英語、ベンガル語で作成し、デモンストレーションサイトがあるジョソール県の DAE の職員に説明を行なった。また、BAU にて学生、教員向けに水管理についてのセミナーを開催した。

なお、2023 年 12 月より開始した乾季作では、BAU 圃場では BAU の修士課程の学生が、ヒ素汚染地域であるジョソール圃場では、BAU の博士課程の学生が、それぞれ圃場管理の責任者となり、日本側研究者(NARO 研究員が合計3ヶ月程度バングラデシュに滞在)とともに水管理及びデータの収集を実施し、水管理の技術を学んでいる。

なお、BAU の博士課程の学生は、DAE の職員であり、学位取得後は DAE に復帰し、Upazilla レベルの DAE のトップである UAO に昇進する予定であり、水管理技術の普及への役割が期待される。

② 研究題目 4 の当該年度の目標の達成状況と成果

おおむね予定通りである。

③ 研究題目 4 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

・ジョソールの圃場主（兼ポンプオーナー）が、我々が実施している水管理方法に興味を持ち、圃場試験（収量、灌漑水量）の結果を共有してもらいたいとの申し出があった。さらに、収量に変化がないようならば来年自身の圃場でも行ってみたいとのコメントをいただいた。その背景として、圃場があるジョソールを含むバングラデシュ南西部における井戸の枯渇が挙げられる。圃場主の話によると、2023-2024 年乾季作の終わりには、自宅にある 3 本の井戸のうち、灌漑用井戸以外の 2 本（飲料用、生活用水）が枯れてしまい、飲料用水には灌漑用水をサンドフィルターに通して利用しているとのことであった。圃場主や周囲の農家は、水不足が年々深刻になっているということを感じており、節水栽培の必要性を感じているとのことである。また、節水栽培については彼一人が単独で行っても効果がなく、周辺農家が一斉に取り組む必要があるとのコメントをいただいております、次年度以降の普及活動の参考とする。

・DAE が節水栽培である AWD の実証実験をバングラ全土で実施していることが明らかになった。その背景には、政府が水不足を大きな問題として捉えていることが挙げられる。実際に、BAU があるマイメンシンでも BAU から車で 10 分程度離れた圃場で実施しており、担当の SAAO（圃場レベルでの DAE 職員）より説明を受けた。

以上で得られた情報は、本プロジェクトで普及を目指す 3F4D+MD の普及に追い風となるものであり、これら情報を活かして次年度以降の普及活動を実施していく。

④ 研究題目 4 の研究のねらい(参考)

コメ中ヒ素を低減する栽培方法である 3F4D+MD を実証サイト内外へ普及することを目的とする。

⑤ 研究題目 4 の研究実施方法（参考）

DAE や農家に対して栽培方法の説明を行う。

Ⅱ. 今後のプロジェクトの進め方、およびプロジェクト／上位目標達成の見通し（公開）

- ・今後のプロジェクトの進め方および留意点

今年度中には BAU の研究室のセットアップが完成すると考えている。これまでは日本側が主に研究を進めてきたが、セットアップが完成すれば、バングラデシュ側がメインで研究を進められるようになると考えている。そのためにも知見や技術を供与していく。

- ・プロジェクト目標達成の見通し

一部方法見直しがあったが、当初の予定通り進む予定である。

- ・上位目標に向けての貢献や成果の社会的なインパクトの見通し

参画機関である BINA, BRRI, DAE を訪問し、プロジェクトの成果の説明を行った。DAE については、普及ターゲットとしている地域のオフィスを訪問した。

Ⅲ. 国際共同研究実施上の課題とそれを克服するための工夫、教訓など（公開）

- ・プロジェクト全体の現状と課題

2022 年度バングラ側でおこなっている圃場試験において、バングラデシュ側と意思疎通がうまくいかず、一部水管理が予定通りに行かなかった点があった。これは相手国側研究者を通して、フィールドワーカーへの指示が伝わっていなかったことによる。本年度は、工程表を作成し、バングラデシュ側の圃場管理者（ジョソール：BAU 博士課程学生（DAE 職員）、BAU：BAU 修士課程学生）に工程ごとに圃場の写真を撮るように依頼し、クラウドに自動的にアップロードされるシステムを構築し、かつ、逐次日本側およびバングラ側が圃場のデータをモニタリングするようにした。さらに、2023 年 4 月に現地に着任した業務調整員がフォローすることなどにより改善することができた。

上述した方法による現地研究者との情報共有により、水管理に重要な期間であり、日本側研究者のバングラデシュ国内出張または渡航が禁止されていた期間（バングラデシュ総選挙期間：2023 年 12 月 23 日—2024 年 1 月 23 日；ラマダンおよびイード期間：2024 年 3 月 12 日—2024 年 4 月 11 日）も、マニュアル通りの水管理を実施することができた。次年度もラマダンおよびイード期間が水管理に重要な期間と重なるが、BAU 博士課程学生（DAE 職員）は次年度も在籍しており、正しい水管理を実施できるものと考えている。

- ・諸手続の遅延や実施に関する交渉の難航

1. TAPP とバングラ側予算措置について

プロジェクト開始以来の大きな問題であった Technical Assistance Project Proposal (TAPP)については、イスラム教授の多大な努力の末、ようやく 2023 年 11 月に承認された。一方で、2024 年 5 月 20 日現在、TAPP に記載の予算は未だイスラム教授が執行できる状況にはなく、バングラ側には予算がついていない状況である。バングラデシュの次の会計年度の開始日である 2024 年 7 月 1 日以降になるのでは

ないかと期待しているが、公式な情報は何もなく見通しは立っていない。

2. 供与機材について

本プロジェクトでは機材の多くを現地業者から購入している。東京大学と現地業者の契約は機材の8割について終了している。全てが海外製で国内在庫はないため輸入しており、ダッカの税関の倉庫に届いているとの情報を得ている。しかし、通関が遅れており、当初は2024年4月に第一弾の機器が納品される予定であったが、2024年5月20日現在、20点程度ある機材のうち、5点ほどが通関したのみであり、他の機材は1ヶ月以上税関の倉庫にある状態である。使用予定であった機器の一つ（中型糶摺り機）が実験に間に合わなかったため、同等の機能を持つものを現地で購入し対応した。引き続き、現地業者と密に連絡をとり、速やかな通関を実施してもらうようお願いしている状況である。

3. ジョソール圃場における計画停電への対応

慢性的な電力不足によりバングラデシュでは計画停電が行われている。ジョソール圃場の灌漑は、電気駆動の井戸ポンプによって行われていることから、同圃場における実験に影響が出ることが考えられた。しかし、圃場主がNARO 研究員とともに地域の電力を管理している委員会を訪問し、日本の研究者が実験を行っていること、また、その研究の重要性を訴えることにより、圃場主の地域は計画停電から外れ、通常通り実施することができた。なお、BAU は大学ということで計画停電から除外されており、学内で停電が起こることは稀である。

IV. 社会実装に向けた取り組み（研究成果の社会還元）（公開）

- ・バングラデシュ南西部にて活動している NGO（水関係）へコンタクトし、プロジェクトの内容を説明するとともに、次年度以降の活動への協力について協議した。
- ・研究実施状況で述べたように、DAE や農家への説明を行った。バングラデシュでの普及にはロコミが重要とのことで、圃場作業を見学にきた農家に対して、業務調整員より、日本のプロジェクトが行われていること、また、その内容について説明している。また、圃場主も研究の内容を理解しており、周囲の住民に対して日本のプロジェクトである旨、説明を行っている。
- ・NARO より参画している石川覚博士が大会長を務めた第28回ヒ素シンポジウムにて、神谷とBAU のMahmud Hossain Sumon 教授が招待講演を行い、それぞれ、プロジェクトの紹介とバングラデシュにおけるヒ素の現状について紹介した。

V. 日本のプレゼンスの向上（公開）

- ・プロジェクトのFacebook を作成し、活動の様子を報告している。
- *Facebook はバングラデシュで最も利用されている SNS である。

以上

VI. 成果発表等

(1)論文発表等【研究開始～現在の全期間】(公開)

①原著論文(相手国側研究チームとの共著)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)

論文数 0 件
うち国内誌 0 件
うち国際誌 0 件
公開すべきでない論文 0 件

②原著論文(上記①以外)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
2022	Prashant Kandwal, Toru Fujiwara, Takehiro Kamiya, "OsVIT2 Mutation Increases Fe and Zn of Grain Without Compromising the Growth in Paddy Field", Frontiers in Plant Science, 2022.22, vol. 13868661, pp.1-8	https://doi.org/10.3389/fpls.2022.868661	国際誌	発表済	

論文数 1 件
うち国内誌 0 件
うち国際誌 1 件
公開すべきでない論文 0 件

③その他の著作物(相手国側研究チームとの共著)(総説、書籍など)

年度	著者名,タイトル,掲載誌名,巻数,号数,頁,年		出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項
		著作物数	0 件		
		公開すべきでない著作物	0 件		

④その他の著作物(上記③以外)(総説、書籍など)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ-おわりのページ		出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項
2023	Aung MST, Masuda HT*, Hattori H. (2023). Book Chapter IV. Nicotianamine enhances zinc transport to seeds for biofortification. In: Swamy M., Trijatkiko KR, Macovei A. (eds) "Zinc Biofortification in Rice through Genetic Engineering and Genome Editing" ELSEVIER, 2023, 77-96		書籍	発表済	ISBN: 9780323854061
2023	May Sann Aung and Hiroshi Masuda. Iron toxicity and tolerance in crop plants: Insights from omics studies. In: Hossain M.A, Hossain AKM Z., Bourgerie, Z., Fujita M., Dhankher, O.P., Haris P. (Eds.) "Heavy Metal Toxicity and Tolerance in Plants: A Biological, Omics, and Genetic Engineering Approach". Wiley, 2023, 169-190		書籍	発表済	総700ページの書籍のうち、第8章 (p169 - p190) を執筆。
		著作物数	2 件		
		公開すべきでない著作物	0 件		

⑤研修コースや開発されたマニュアル等

年度	研修コース概要(コース目的、対象、参加資格等)、研修実施数と修了者数	開発したテキスト・マニュアル類	特記事項
2022	TDRセンサー、ロガーへの接続、圃場への設置についてBAUで講習した内容についてマニュアルを作成した。教員2名、学生3名が参加。	TDRセンサーの設置、ロガーへの接続についてのマニュアル(英文)	文章、画像、動画(リンク)を用いて作成
2022	TDRセンサー、ロガーへの接続、圃場への設置についてBAUで講習した内容についてマニュアルを作成した。教員2名、学生3名が参加。	Ehセンサーの設置、ロガーへの接続についてのマニュアル(英文)	文章、画像、動画(リンク)を用いて作成
2022	TDRセンサー、ロガーへの接続、圃場への設置についてBAUで講習した内容についてマニュアルを作成した。教員2名、学生3名が参加。	水位計の設置、補正についてのマニュアル(英文)	文章、画像、動画(リンク)を用いて作成
2023	間断灌漑について研究者向けのマニュアルを作成した。	間断灌漑についてのマニュアル(英文、ベンガル語)	文章、画像を用いて作成

VI. 成果発表等

(2) 学会発表【研究開始～現在の全期間】(公開)

① 学会発表(相手国側研究チームと連名)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2023	国内学会	李俊松、Md. Rafiqul Islam、藤原徹、神谷岳洋(東京大学、BAU)、マンガンの蓄積に関する遺伝子の同定と機能分析、日本土壌肥料学会2023年度愛媛大会、愛媛、9月12日	口頭発表

招待講演	0 件
口頭発表	1 件
ポスター発表	0 件

② 学会発表(上記①以外)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2022	国際学会	Hiroshi Masuda (秋田県立大学)、Iron Excess Response and Tolerance Mechanisms in Rice, 19th International Symposium on Rice Functional Genomics、Phuket, Thailand、2022年11月6日	招待講演
2022	国際学会	May Sann Aung (秋田県立大学)、Exploration of iron excess-responsive novel cis-regulatory elements in rice and simulation of promoter structures by a bioinformatics approach、IPNC 国際植物栄養学会議、Iguassu Fall, ブラジル、2022年9月24日	口頭発表
2022	国際学会	May Sann Aung (秋田県立大学)、Iron excess-responsive novel cis-regulatory elements and promoter structures in rice explored by bioinformatics approach、19th International Symposium on Rice Functional Genomics、Phuket, Thailand、2022年11月4日-6日	ポスター発表
2022	国内学会	May Sann Aung (秋田県立大学)、The role of vacuolar phosphate efflux transporter OsVPE2 in response to iron excess in rice、日本土壌肥料学会2022年度大会、東京、2022年9月13日-15日	ポスター発表
2022	国内学会	神谷岳洋(東京大学)、稲の安全性と高栄養価に貢献する育種および水管理技術の開発、第13回熱帯バイオマスフラッグシップシンポジウム、オンライン、2022年12月22日	招待講演
2023	国内学会	神谷岳洋(東京大学)、バンラデシュにおけるコメのヒ素低減を目指してー育種と水管理からのアプローチー、第28回ヒ素シンポジウム、つくば、2023年11月30日	招待講演
2023	国内学会	Soshi Nakamura, Toru Fujiwara, Takehiro Kamiya (東京大学)、Unveiling Arsenic Tolerance Genes in Rice: A Genomw-wide Association Study、第65回日本植物生理学会、神戸、2024年3月17日	ポスター発表
2023	国内学会	増田寛志(秋田県立大学)、出穂期を早めた秋田県内向け鉄・亜鉛栄養価の高いイネの育種 第2報 ~ 交配 F3、F4 世代の報告 ~、2023年度 日本土壌肥料学会、愛媛、2023年9月12日-14日	口頭発表
2023	国内学会	May Sann Aung (秋田県立大学)、OsbHLH061 and OsbHLH062 are involved in iron homeostasis and crucial regulators of iron excess in rice、2023年度 日本土壌肥料学会、愛媛、2023年9月12日-14日	ポスター発表
2023	国際学会	May Sann Aung (Akita Prefectural University)、Vacuolar phosphate transporter OsVPE2 plays a role in iron excess tolerant mechanism in rice、20th ISRFG (International Symposium of Rice Functional Genomics)、Bangalore, India、2023年11月3日-5日	ポスター発表
2023	国内学会	Katsumi Takahashi (Akita Prefectural University)、Production of High Iron and Zinc Akitakomatchi rice by genome editing of OsVIT1 or OsYSL9 transporter、第65回 日本植物生理学会、神戸、2024年3月17日-19日	ポスター発表
2023	国内学会	Ai Ito (Akita Prefectural University)、Breeding of high iron and zinc rice varieties which are suitable to cultivate in Akita、~The results of F4 and F5 generations~、第65回 日本植物生理学会、神戸、2024年3月17日-19日	ポスター発表

招待講演	3 件
口頭発表	2 件
ポスター発表	7 件

VI. 成果発表等

(3) 特許出願【研究開始～現在の全期間】(公開)

①国内出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者 所属機関	関連する外国出願※
No.1													
No.2													
No.3													

国内特許出願数 0 件
公開すべきでない特許出願数 0 件

②外国出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者 所属機関	関連する国内出願※
No.1													
No.2													
No.3													

外国特許出願数 0 件
公開すべきでない特許出願数 0 件

VI. 成果発表等
 (4) 受賞等【研究開始～現在の全期間】(公開)

①受賞

年度	受賞日	賞の名称	業績名等 (「〇〇の開発」など)	受賞者	主催団体	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項

0 件

②マスコミ(新聞・TV等)報道

年度	掲載日	掲載媒体名	タイトル/見出し等	掲載面	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項

0 件

VI. 成果発表等

(5) ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等の活動【研究開始～現在の全期間】(公開)

① ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等

年度	開催日	名称	場所 (開催国)	参加人数 (相手国からの招聘者数)	公開/ 非公開の別	概要
2022	9月2日	DAEを訪問	バングラデシュ	3名		種子の普及について意見交換を行なった
2022	12月6日	コメのヒ素を低減する水管理方法、コメのbiofortificationについてのセミナー(BAU)	バングラデシュ	59名	公開	水管理(中村)、biofortification(増田)についてBAUにてセミナーを行なった。BAUの教員、学生、BINAより研究者が参加した。
2022	12月8日	BARCを表敬訪問	バングラデシュ	7名		プロジェクトの紹介を行なった。
2022	12月8日	BARCを表敬訪問(上とは別部署)	バングラデシュ	6名		プロジェクトの紹介を行なった。
2023	3月1日	Dr. Mirza Mofazzal Islam(BINA, Director General)を表敬訪問	バングラデシュ	20名		プロジェクトの紹介、及び協力への謝辞を行なった。
2023	3月4日	Dr. Lutful Hassan(BAU, Vice-chancellor)を表敬訪問	バングラデシュ	7名		プロジェクトの紹介、及び協力への謝辞を行なった。
2023	5月20日	文化講演会「土に生きる植物～栄養吸収の仕組み～」	日本	40名	公開	出身高校(長野県立大町高校)の同窓会が企画した文化講演会にて、本プロジェクトの紹介をおこなった(神谷)
2023	5月22日	バングラデシュ農業セクター勉強会(JICA主催)	日本(オンライン)	20名以上	非公開	神谷がプロジェクトの紹介を行った。
2023	7月9日	BRRI(Director general)を表敬訪問	バングラデシュ	20名以上	非公開	プロジェクトの紹介、及び協力への謝辞を行なった。
2023	9月21日	イネのヒ素に関するセミナー(BAU)	バングラデシュ	35名	公開	英国アバディーン大学のProf. Adam Priceと神谷がイネのヒ素低減に関する方法に関して講演した。
2023	9月24日	Fardirpur(Duputy director), Fairpur sadar upazilla(UAO)を表敬訪問	バングラデシュ	10名以上	非公開	プロジェクトの紹介を行なった。
2023	9月25日	Jashore(Duputy director), Chaugacha upazila(UAO)を表敬訪問	バングラデシュ	10名以上	非公開	プロジェクトの紹介を行なった。
2023	11月27日	Jashore, BARIを表敬訪問	バングラデシュ	10名以上	非公開	プロジェクトの紹介、ラボスペースの使用について説明を行った。
2023	2月27日	Dr. Emdadul Haque Chowdhury(BAU, Vice-chancellor)との面会	バングラデシュ	20名以上	非公開	2023年7月に就任したvice-chancellorとの初の面会。プロジェクトの紹介、および協力への謝辞を行った

14 件

② 合同調整委員会(JCC)開催記録(開催日、議題、出席人数、協議概要等)

年度	開催日	議題	出席人数	概要
2023	2024年2月27日	これまでの進捗状況と今後の予定について報告と共有	26名	プロジェクト合同調整委員会会合。これまでの進捗報告および活動計画の説明を行った。ハイブリッドにより開催。

1 件

成果目標シート

研究課題名	稲の安全性と高栄養価に貢献する育種および水管理技術の開発
研究代表者名 (所属機関)	神谷岳洋(東京大学 大学院農学生命科学研究科 准教授)
研究期間	R3採択(令和3年6月1日～令和9年3月31日)
相手国名／主 要相手国研究 機関	バングラデシュ/バングラデシュ農業大学、バングラ デシュ稲研究所、バングラデシュ人民共和国農業省、 バングラデシュ原子力農業研究所、Lal Teer Seed Limited
関連するSDGs	目標 2. 飢餓を終わらせ、食料安全保障及び栄養改善を実 現し、持続可能な農業を促進する 目標 3. あらゆる年齢のすべての人々の健康的な生活を確 保し、福祉を促進する

成果の波及効果

日本政府、社 会、産業への 貢献	・栽培法、育種技術・材料の他国への普及による国際 社会におけるプレゼンスの向上 ・成果の国内へのフィードバックによる国内稲の栄養 価向上と国民の健康増進
科学技術の発 展	・育種、栽培技術の向上 ・作物の栄養価を改良する新規遺伝子の発見
知財の獲得、 国際標準化の 推進、遺伝資 源へのアクセ ス等	・バングラデシュ在来稲のミネラル栄養価、重金属濃 度に関する情報と遺伝的情報の獲得 ・DNAマーカーの作成 ・栄養価を改良した有望系統の育種
世界で活躍で きる日本人材 の育成	・国際的に活躍できる広い視野をもった若手研究者の 育成(途上国との協力と連携、国際共同研究の経験、 学会発表、論文発表など研究業績の蓄積)
技術及び人的 ネットワークの 構築	・バングラデシュの大学、研究所、政府機関、種苗会 社とのネットワークの構築
成果物(提言 書、論文、プ ログラム、マ ニュアル、 データなど)	・安全性、高栄養価に資する新規DNAマーカーの作成 ・バングラディッシュ稲の元素濃度データ ・バングラデシュ稲の形質転換マニュアル ・稲の元素動態機構に関する論文 ・栽培管理に関する論文

上位目標

稲の育種及び水管理によりバングラデシュにおいて安全性及び栄
養価の高い食糧生産の促進

有望系統及びDNAマーカー育種により得られた新品種候補の品種登録出願
コメ中ヒ素の蓄積を低減する栽培手法のモデルサイト以外への普及

プロジェクト目標

安全性と栄養価向上に貢献する稲の育成及びコメ中ヒ素を低減
させる栽培方法にかかる技術の確立

・有望系統の確立、普及(BRRI、BINA、民間種苗会社への配布)
・DNAマーカーの確立、普及(バングラデシュで栽培されている主
要な品種へ導入し、マーカー育種を開始)

有望系統、DNAマーカーの作成 (カドミウム、鉄、亜鉛)

圃場における栽培と形質評価による有望系統の選抜

各元素の玄米への蓄積に関与す
る遺伝子の同定と輸送機構の解
明

変異原処理し
た稲のスクリー
ニングによる変
異株の単離と
原因遺伝子の
同定および機
能解析(2,000
系統のスクリー
ニング)

QTLマッピ
ングによる
遺伝子の
同定と機
能解析
(鉄、亜鉛
、ヒ素の蓄
積に関す
る遺伝子
各1つ以上
)

優良アリ
ルを用い
た育種素
材および
DNAマ
ーカー確立

ゲノム編
集による
鉄、亜鉛
を向上し
た稲の確
立

政府関係者、研
究者への技術
のデモンスト
レーション、栽培
方法の農家へ
の普及

栽培マニュアル
の作成

ヒ素汚染地域3
箇所の圃場
における試験栽培
(ヒ素を40%削
減)

バングラデシュ
における低カド
ミウム、低ヒ素
栽培技術の確
立

ヒ素汚染に関す
るベースライン
調査の実施

<新規遺伝子の同定と利用> <既知の遺伝子を利用>

育種

栽培管理

