

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「生物資源分野」

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：平成・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3（2021）年度実施報告書

国際共同研究期間^{*1}

20**年 月 日から2027年 月 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 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 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 1-3. 1-3. 1-1, 1-2で単離した遺伝子に変異を有する稲の圃場における形質評価及びDNAマーカーの作成	材料の確立	QTL解析と遺伝子の同定			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	
	←			→		
			育種素材確立、DNAマーカー完成			有望系統確立
			←	▼		▼
2. 変異原処理したバングラデシュ稲品種と既知優良アレルをもちいた育種素材及びDNAマーカー確立 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 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 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	材料の確立	スクリーニング				
	←					
				育種素材確立	DNAマーカー完成	
				←	▼	▼
				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 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 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 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	圃場の情報収集		栽培管理法確立			
	←		▼			
			指針の決定			
			▼			
				マニュアルの完成		
				←	▼	
		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 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 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						普及活動
						←
						研修の実施
						←
					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)

なし

2. プロジェクト成果の達成状況とインパクト (公開)

(1) プロジェクト全体

コロナの影響により11月下旬から12月上旬にわたって詳細策定調査を行なった。参画機関であるバングラデシュ農業大学(BAU)、バングラデシュイネ研究所(BRRI)、バングラデシュ原子力農業研究所(BINA)、農業普及局(DAE)を訪問し、再度研究への協力をお願いした。また、ヒ素汚染地域で

【令和3年度実施報告書】【220531】

ある Faridpur を訪問し、試験栽培圃場や近隣の農家を訪問し、ヒ素汚染について状況を把握した。以上の各機関、農家を訪問した情報をもとに PDM の作成を行なった。

プロジェクトを円滑に進めるために、関係者のみアクセスできるポータルサイトを作成し、実験結果、内容、プロジェクトの進行状況を各自がいつでも把握できるようにした。また、メーリングリストを作成し速やかに情報共有を行えるように整備した。

2021年度のバングラデシュへの渡航は詳細策定調査のみであったが、メールで随時連絡を取り合うとともに、現地代表者とオンライン会議を適宜行うことにより、プロジェクトを円滑に進めることができた。

- ・成果目標の達成状況とインパクト等

なし

- ・プロジェクト全体のねらい（これまでと異なる点について）

なし

- ・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

なし

- ・人的交流の構築(留学生、研修等)

詳細策定調査の際に、日本への留学を希望している BAU の学生と面談し、2022年10月に研究生として東京大学へ入学することを予定している。

- (2) 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の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

- 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

- ・QTL解析のためのバングラデシュ品種のコメの元素分析

QTLに用いる品種を決定するために、イスラム教授により収集されたバングラデシュの137品種の玄米の元素分析をICP-MSにより行なった。品種群において特に高い品種や低い品種については、精米についても測定した。これらの解析により得られた元素濃度の結果と、出穂期、栽培期を考慮し、QTL解析のための交配の組み合わせを決定した。また、育種の際の参考情報として、全ての品

種の玄米について画像を撮影し、画像から粒長と粒幅を測定した。

・種子の増幅

バングラデシュ農業大学から送っていただいた 137 品種のセットを日本でも使用できるように、種子の増幅を試みた。しかし、9 割以上の種は発芽せず、また、残りの 1 割についても発芽率が低く、再度送ってもらう予定である。また、バングラデシュでの保存方法に問題があると考えられるので、イスラム教授に保存方法について助言を行った。

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

・イスラム教授により EMS 変異原処理した BRRI dhan84 が 3000 系統、BINA により γ 線照射した BRRI dhan84 が 2000 系統作成された。EMS 変異系統に関しては変異頻度を見積もるために、次世代シーケンサーによる解析を行ない、1500-2000 箇所変異が導入されていることを確認した。変異系統の M3 世代について、2021 年度の乾季作で、ヒ素汚染地域である Faridpur の農家圃場にて栽培しており、2022 年度に ICP-MS による元素分析を実施する予定である。

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

・M7 世代において、鉄・亜鉛が玄米で 1.5 倍から 2 倍に増加した変異株を 3 系統得ている。原因遺伝子の同定のために、戻し交配した F2 系統の配列を次世代シーケンサーにより解析した。

②研究題目 1 のカウンターパートへの技術移転の状況

なし

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

当初の計画通り進んでおり、特になし。

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）に関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。

(3) 研究題目 2 : 「変異原処理したバングラデシュ稲品種と既知優良アレ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 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

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

・ TILLING によるスクリーニング系の確立

TILLING は、ゲノム遺伝子中の 1 塩基置換 (SNP) を PCR で簡便に検出する方法であり、バングラディッシュ現地で本法を活用出来れば、現地での育種を効果的に進めることができる。TILLING を現地にて低コストで行うための実験系の構築を行なった。具体的には、TILLING 法の実施には必要不可欠だが、バングラディッシュ国内で購入すると非常に高価か入手自体が困難である Taq 及び CelI の酵素を自分達で精製可能にする方法の確立を行なった。Taq に関しては Taq を生産するプラスミドを取り寄せ、大腸菌での発現、簡易精製法、CelI を阻害しないローディングバッファーの調整方法を確立した。CelI については、セロリを栽培し、生成方法を確立した。いずれの方法についてもプロトコルを作成した。また、DNA の電気泳動法についても、低分子量 DNA を分離できる簡便で安価な泳動方法を確立した。

・ バングラデシュ品種への既知優良アレルの導入

研究代表者が有するコメのカドミウムが低い変異株 1281_m (OsNRAMP5 破壊株) と鉄が高い変異株 1095_k (OsVIT2 破壊株) をそれぞれバングラデシュの品種と掛け合わせて F1 を作成した。また、OsNRAMP5、OsVIT2 の変異を検出する DNA マーカーを作成し、作成した F1 で DNA マーカーが機能することを確認した。

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・亜鉛栄養価の向上形質転換に用いる予定である BRR1 dhan28 と BRR1 dhan29 を発芽、栽培し、日本の環境でも種子を収穫できることを確認した。

② 研究題目 2 のカウンターパートへの技術移転の状況

なし

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

なし

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株を TILLING により検索したり、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）

EMS 変異導入した BRR1 dhan 84 を用いた TILLING による探索、CRISPR による作成を行う。

(4) 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」

農研機構グループ（リーダー：中村）

① 研究題目 3 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

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

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 10 品種を BAU 圃場（Mymensingh）で栽培、コメ中ヒ素（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するとともに間断灌漑に最適な水稻品種を選定するための試験を開始した。

3-2. 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

対象地域複数箇所の井戸水を採取、As・Cd 濃度を分析し、浅層井戸のみならず深い井戸でも比較的高濃度の As が存在する場合があることが判明した。

② 研究題目 3 のカウンターパートへの技術移転の状況

土壌水分計の使用方法について教えた。

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

なし

④ 研究題目 3 の研究のねらい（参考）

水管理によりコメ中のヒ素を低減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）

バングラデシュのコメ品種を現地の圃場で栽培し、収量やコメ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確立する。

II. 今後のプロジェクトの進め方、および成果達成の見通し（公開）

今後のプロジェクトの進め方に特に変更はない。コロナ禍においてもプロジェクトが進められるように、上述したようにオンライン会議やポータルサイト、メーリングリストを作成しており、日本側、バングラデシュ側共にそれらの使用についてはすでに慣れており、すでに密な連携体制が構築されている。今後は、不測の事態に備えて、日本側でも実験材料を揃えることや、圃場の環境データについてもクラウドで日本でもリアルタイムで見られるようにすることにより、材料の損失や機器の破損についても対応できる体制を整えていく予定である。

暫定期間中の計画は順調に進んでおり、現段階での修正の必要はない。成果達成へ向けて順調に進んでいると言える。

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）

(1) プロジェクト全体

コロナ禍のため現地へ渡航できず、研究内容や情報の共有について問題が生じた。その点は、上述したように、ポータルサイトの作成や、メーリングリストの作成、オンライン会議を行うことにより、解決した。さらに、コロナ禍のため現地へ渡航できず、研究内容や情報の共有について問題が生じた。その点は、上述したように、ポータルサイトの作成や、メーリングリストの作成、オンライン会議を行うことにより、解決した。さらに、コロナ禍であっても、11月下旬から12月上旬にわたって研究代表者は、参画機関であるバングラデシュ農業大学（BAU）、バングラデシュイネ研究所（BIRRI）、バングラデシュ原子力農業研究所（BINA）、農業普及局（DAE）を訪問するとともに、ヒ素汚染地域である Faridpur の試験栽培圃場や近隣の農家を訪問し、得られた情報をもとに PDM を作成することが出来た。

コロナ禍において詳細策定調査が遅れたために、2021年度内の RD 署名が完了しなかったが、イスラム教授が関係省庁に働きかけ、最終的には自身で RD を持って関係省庁を回ることにより、2022年5月5日 RD の締結に至った。

(2) 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）

コメの発芽率が低いことが問題であった。乾燥と保存方法に問題があったため、保存に必要な冷蔵庫を急遽購入していただいた。

(3) 研究題目2：「変異原処理したバングラデシュ稲品種と既知優良アレ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）

(2) 同様コメの発芽率が問題であった。

- (4) 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」
農研機構グループ（リーダー：中村）

コロナ禍で日本人研究者の現地渡航ができない中、主にウェブ会議やメールを多用し、研究計画および測定方法について話し合いを行なった。

IV. 社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

- (1) 成果展開事例

なし

- (2) 社会実装に向けた取り組み

なし

V. 日本のプレゼンスの向上（公開）

なし

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。)

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

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

著作物数 0 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

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

招待講演 0 件
 口頭発表 0 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

招待講演 0 件
 口頭発表 0 件
 ポスター発表 0 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

0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

0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	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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)	<ul style="list-style-type: none"> 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

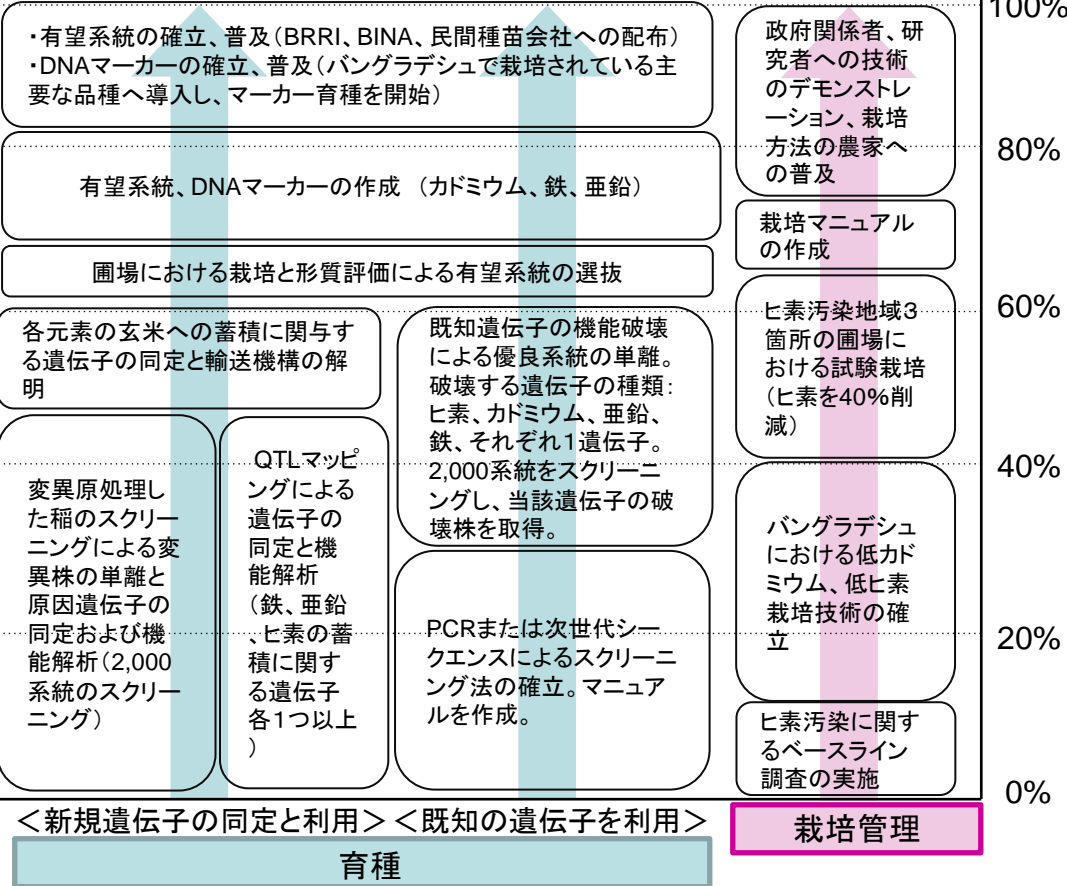
上位目標

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



<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