

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)

「生物資源の持続可能な生産・利用に資する研究」

「テーラーメイド育種と栽培技術開発のための稲作研究プロジェクト」

採択年度：平成 24 年度/研究期間：5 年/相手国名：ケニア

終了報告書

国際共同研究期間*1

平成 25 年 5 月 22 日から平成 30 年 5 月 21 日まで

JST 側研究期間*2

平成 24 年 6 月 1 日から平成 30 年 3 月 31 日まで
(正式契約移行日 平成 25 年 4 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該年度末

研究代表者：山内 章
名古屋大学大学院生命農学研究科・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(実績)

研究題目・活動	H24年度 (10ヶ月)	H25年度	H26年度	H27年度	H28年度	H29年度 (12ヶ月)
1. ケニアにおけるイネ育種および品種評価システムの開発 (名古屋大学・岡山大学グループ) 1-1. 交配・育成施設の整備 1-2. 品種特性評価圃場の整備 1-3. 品種特性評価用基準品種の整備 1-4. 育種・特性評価に関する手引きの作成		交配・育成施設設置 評価圃場整備完了			特性評価基準品種リスト 育種・特性評価に関する手引き	
2. 既存品種の特性評価と有用農業形質の特定 (名古屋大学・岡山大学グループ) 2-1. 既存品種の特性評価 2-2. 既存品種の有用農業形質の特定 2-3. 有用農業形質に関する QTL 解析		品種の特性評価データ一覧 有用農業形質の特定			QTL の検出	
3. 有用 QTL を導入したケニア向け育種素材の開発 (名古屋大学・岡山大学グループ) 3-1. 有用 QTL を導入した NIL/RIL の作出 3-2. 有用 QTL 導入効果の解明 3-3. 有用 QTL を導入した中間母本の作出		NIL/RIL の作出		QTL 導入効果の解明 中間母本の作出		
4. 栽培環境、栽培技術、生育状況の実態解明と技術改善の検討 (島根大学・山形大学・名古屋大学グループ) 4-1. 栽培環境と栽培管理の実態調査 4-2. 栽培技術に関する課題の抽出 4-3. 栽培技術改善方策の検討 4-4. 栽培技術改善に関する実証試験	栽培環境と栽培管理の実態解明	栽培技術に関する課題抽出	技術改善方策の提案		技術改善の実証	
5. G×E×M の相互作用の解析 (名古屋大学・岡山大学・島根大学・山形大学グループ) 5-1. 栽培環境および栽培管理が既存品種の機能発現に及ぼす影響の解析 5-2. 栽培環境および栽培管理が有用 QTL 導入系統の機能発現に及ぼす影響の解析 5-3. 有用 QTL が有効に機能するための条件の解明 5-4. 品種の能力を十分に発現させる栽培技術の開発	栽培環境・栽培管理の影響解明	栽培環境・栽培管理の影響解明		QTL の機能発現条件の解明	栽培技術の提案	

(2) 中間評価での指摘事項への対応

①G×E×Mの相互作用の解析を通じた中間母本と栽培技術の開発

G×E×Mの相互作用の解析を通じた中間母本と栽培技術の開発に向けて、耐冷性、低肥条件適応性、耐塩性、いもち病抵抗性、収数増加に関する遺伝子を導入した準同質遺伝子系統 (NIL)、組換え自殖系統 (RIL) および染色体断片置換系統 (CSSL) を作出し、これらを用いた栽培試験を行った。とくに収数増加に関する遺伝子を導入した系統については、ケニア国内 3 地点 (中央高地のムエア、インド洋沿岸のムトゥワパ、ウガンダ国境に近いアルーペ) での連絡試験を実施し栽培環境の影響を調査した。

②電気、水などのインフラ強化とケニア側予算の確保

2016 年、キンビンビ村に水道 (ケニア山中腹から直接取水し、浄水処理は行われていない) が敷設された。この水道管をケニア農畜産業研究機構 (Kenya Agricultural and Livestock Research Organization: KALRO) ムエア支所に接続したため、実験室の水環境は大幅に改善された。さらに KALRO ムエア支所では、井戸を設置するための申請を行っている。化学実験および遺伝子解析に使用する水については、供与機材として導入した蒸留水製造装置と純水製造装置によって確保している。電気については、実験室のアンペアを増加し、三相電源を引き入れるなどして改善した。現在では、全ての機器を問題なく使用することが可能となっている。

ケニア側の予算については、農業省との協議を重ねた結果、2015 年度以降は、十分な額ではないものの農業省から割り当てられた。日本側の予算で支出し難い、会議費、土壤の運搬経費、ケニア側研究者の出張旅費などに充当した。

③実験棟の建設

本プロジェクトの実施拠点である KALRO ムエア支所の研究施設・設備は、プロジェクト開始当初、きわめて不十分な状態であった。本プロジェクトが導入する実験機器を設置し、化学分析や遺伝子解析などを行うことができる実験室が必要であったため、2013 年度に実験棟の新築を KR 見返り資金に申請し、承認された。その後、ケニア政府の手続きに想定以上の日数を要したが、2015 年 8 月に研究施設改修計画の入札が行われ、2016 年 1 月に施工業者が決定した。当初の計画よりは、大幅に遅れたものの 2017 年 8 月に新実験棟が竣工した (写真 1)。その後、旧実験室からの移転作業を順次進め、プロジェクトの実施拠点として活用された。



写真 1 2017 年 8 月に竣工した KALRO ムエア支所の新実験棟

④KALROにおける若手研究者不足の解消

KALROでは、ケニア政府による支出削減政策のため、研究員の新規採用が約15年間行われてこなかった。このため、KALROでは若手研究者が極端に不足している。KALRO自体もこのような状況を憂慮しており、2016年度から研究者の新規採用を再開した。なお、現状では研究員という職名での新規採用は出来ないため、インターン（実質的には研究員）という名称で雇用している。2016年度にKALROムエア支所にも1名が配属され、カウンターパート研究者としてプロジェクトに加わった。また、文部科学省奨学金（大使館推薦）を得て岡山大学に留学し本プロジェクトに参加していたケニア人留学生1名が、2017年3月末に博士（農学）を取得して帰国し、同6月にKALROムエア支所のインターンとして採用され、本プロジェクトに引き続き参加した。さらに、同じく文部科学省奨学金（大使館推薦）を得て名古屋大学に留学し、2016年3月に博士（農学）を取得したケニア人留学生1名は、2016年4月から2018年5月まで名古屋大学の研究員としてプロジェクトに参加した。本プロジェクト終了後、同研究員は、KALROに採用され、KALROムエア支所において研究活動を継続している。また、文部科学省奨学金（SATREPS 枠）により島根大学（博士課程後期課程）に留学したKALROカカメガ支所所属の研究員については、帰国後元の職場に復帰し、ムエア支所に異動するための手続きを進めている。以上の通り、日本で教育を受けた優秀な若手研究者がKALROムエア支所に集結し、若手研究者不足の問題は解消されつつある。

⑤供与機材・実験圃場の維持管理のための予算確保

KALROにおける研究予算は、全て外部資金によって賄われているのが現状である。このため、供与機材・実験圃場の維持管理に係る費用を工面するためには、十分な外部予算を獲得する必要がある。本研究のケニア側プロジェクトマネージャーであるキマニ支所長は、SATREPS以外にも、いくつかの外部資金を得て研究を行っている。実験圃場の維持管理の費用の一部には、これらの予算を充当することが可能である。本プロジェクトに参加している日本側およびケニア側の研究者は、本プロジェクトの成果をさらに発展させて研究を継続するための競争的資金への申請に務めている。また、日本側研究者は、科研費やその他の研究予算により、必要に応じて供与機材・実験圃場の維持管理を行いつつ共同研究を継続する。また、KALROムエア支所では、プロジェクト終了後、外部の研究者が研究施設を利用する場合には利用料を徴収し、これを維持管理費用に充てることを検討している。

⑥実験補助員・圃場作業員の継続雇用のための予算確保

現状では、KALROの常勤職員を増員することは難しく、実験補助員・圃場作業員の雇用にかかる経費についても、外部資金によって賄われているのが現状である。SATREPSプロジェクトで雇用している実験補助員・圃場作業員の一部については、プロジェクト終了後、KALROムエア支所で実施中の他プロジェクトの予算を使って継続雇用する。また、日本側研究者は、科研費やその他の研究予算により共同研究を継続し、実験補助員・圃場作業員を雇用する予定である。

⑦プロジェクトの研究理念の浸透・実践を図るセミナー等の開催

本プロジェクトの取り組みについて広く発信し、研究成果の周辺国への展開に必要な国際的なネットワークの構築について協議することを目的として、2016年12月6日、ケニアの首都ナイロビにあるケニア農畜産業研究機構本部会議場において、KALRO、科学技術振興機構（JST）、国際協力機構（JICA）、アフリカ稲作開発のための共同体（CARD）との共催によるSATREPS国際シンポジウムを開催した。詳細については後述する。

⑧品種開発計画への研究と普及を繋ぐ内容の記載

本プロジェクトにおいて開発した中間母本を基にして品種を作出し、品種登録を経て農家に普及するための種子生産に至るまでの工程を示した育種計画書を作成した。本育種計

画書は、2018年4月17日にKALRO本部で開催されたProject Steering Committeeに提出され、承認された。本プロジェクト終了後、カウンターパート研究者は、本育種計画書に従って品種開発を進め、将来的には普及させ計画である。

⑨PDMの改訂

数値目標を明記し一部の表現を修正したPDM修正案を含む中間報告書がPSC (Project Steering Committee)の承認を得た。これにより、プロジェクト目標及び成果の指標について、プロジェクトの実情を勘案したより適切なものとなった。

⑩生物多様性条約 (CBD) 順守

本プロジェクトの開始以前にケニアから輸入したイネ品種の取り扱いについて、一般財団法人バイオインダストリー協会生物資源総合研究所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遺伝資源センターに相談した。その結果、日本の名古屋議定書担保国内措置については問題がないことを確認した。当時、イネ品種の提供者と名古屋大学との間で締結した材料移転契約 (Material Transfer Agreement, MTA) については、今後、食料農業植物遺伝資源条約 (ITPGR) の標準材料移転契約 (Standard Material Transfer Agreement, SMTA) に切り替える方向で検討中である。

(3) プロジェクト開始時の構想からの変更点 (該当する場合)

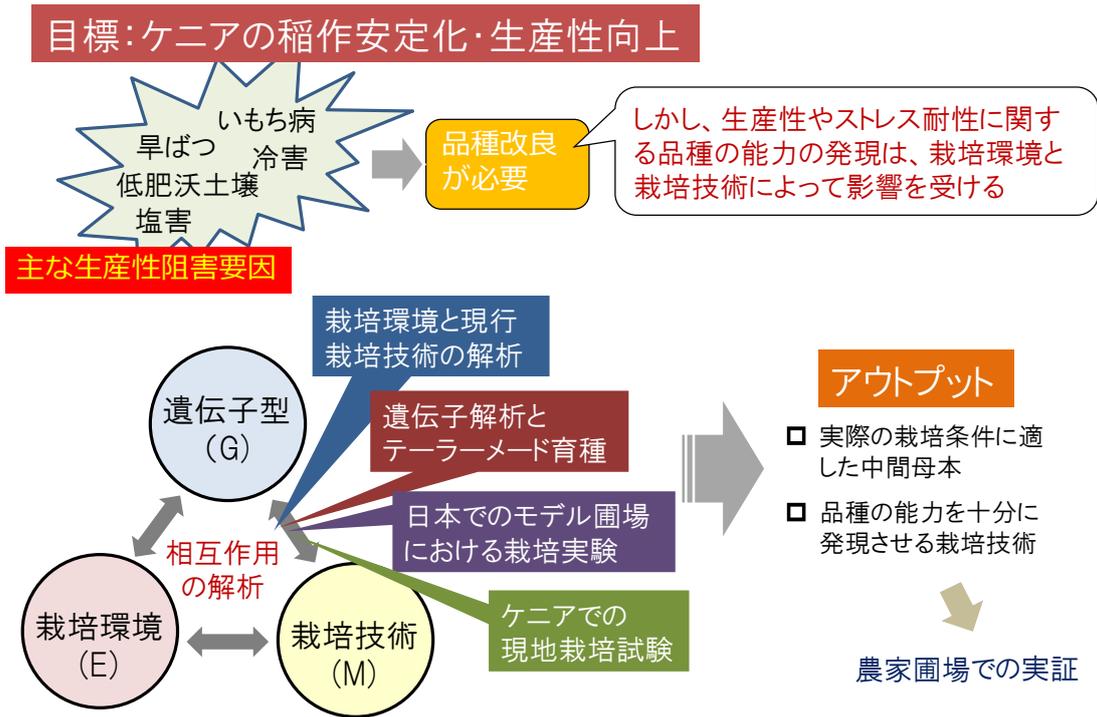
該当しない。

2. プロジェクト成果目標の達成状況とインパクト (公開)

(1) プロジェクト全体

1-1. プロジェクト全体のねらい

ケニアの稲作は、早ばつ、高地で起こる冷害、土壌の低肥沃度、塩害、いもち病などによって阻害されている。これらの生物的・非生物的ストレスを克服し、稲作の安定化と生産性向上を実現することは、ケニアの農業における最重要課題のひとつである。近年では、ストレス耐性や作物生産性に関わる様々な形質とそれらに關与する量的遺伝子座 (Quantitative Trait Locus: QTL) が明らかにされ、有用なQTLを導入した品種を開発することが技術的に可能となっている。しかし、実際に圃場で発現するストレス耐性や生産性は、品種のもつ遺伝的要因だけで決まるわけではなく、栽培環境と栽培管理による影響を受けて変化する。そこで本研究では、栽培対象地域の環境条件を精査したうえで、遺伝子型×栽培環境×栽培管理の相互作用の解析を通して、その条件下で有効に機能するQTLをテラーメードで導入した育種素材および品種の能力を十分に発現させる栽培技術を開発する (図1)。



1-2. 成果目標の達成状況とインパクト等

ケニア農畜産業研究機構（KALRO）ムエア支所において、イネの交配を大量に行うための施設・設備および特性評価を行うための試験圃場が整備され、耐旱性、耐冷性、低肥条件適応性、いもち病抵抗性の評価を現地で行うことが可能となった。これらの特性評価圃場を利用して、既存品種の特性評価を行い、ストレス耐性に優れケニアの栽培環境に適応した有用育種素材を特定するとともに、ストレス耐性・抵抗性を評価するための基準品種を選定した。また、特定したストレス耐性品種を用いて、低肥条件適応性、耐旱性、節水条件適応性および耐塩性に関する形態的特徴および生理的機構の解明を進めた。特定した有用農業形質に関連する QTL については、ファインマッピングにより座乗する染色体領域を絞り込んだ。さらに、ケニア向け品種に必要な形質を持つ系統を選抜するための DNA マーカーを開発するとともに、SNP 情報を利用した DNA マーカー検出系（SNP アレイ）および次世代シーケンサーによる DNA マーカー選抜系の開発を進めた。DNA マーカーを利用して、環境ストレスに強い遺伝子やケニア向け品種に必要な形質を持つ有望イネ系統を作出し、それらの評価と選抜を行い、中間母本の開発を進めた。さらに、耐冷性、低肥条件適応性、耐塩性、いもち病抵抗性、籾数増加に関する遺伝子を導入した準同質遺伝子系統（NIL）、組換え自殖系統（RIL）および染色体断片置換系統（CSSL）を作出し、導入した遺伝子の効果の検証を進めた。栽培環境および栽培管理が有用農業形質の発現に及ぼす影響を評価するための一連の実験を行い、耐旱性、耐冷性および籾数増加に関わる品種の能力を十分に発現させる栽培技術の開発を進めた。また、ムエア灌漑地区では、土壌への Ca や Mg の集積に起因するイネの K 不足が起こることを現地調査によって明らかにした。さらに、イネの K 不足の問題を解消する施肥方法を提案し、その効果の検証を行った。また、同地区における灌漑水を有効に使うための節水栽培技術の開発を進めた。

1-3. ワークショップ・セミナー・シンポジウム

名古屋大学農学国際教育協力研究センターが、2014年3月24日（月）、名古屋大学野依記念学術交流館において開催した2013年度第7回オープンセミナー「基礎研究×国際協力」において、本プロジェクトの取り組みについて「イネと研究者を育てて、アフリカの食糧不足を解消する」の演題で報告した。報告後に行われた総合討論においては、学内外から集まった100人近い参加者との間で活発な質疑応答が行われ、国際共同研究の意義や人材育成の重要性について議論した。

2014年7月12日、名古屋大学野依記念学術交流館において、地球規模課題対応国際科学技術協力（SATREPS）公開シンポジウム「アフリカにおける稲作研究の発展と展望」を開催した。冒頭に行われた基調講演においては、アフリカの稲作において問題となっている様々な生物的・非生物的ストレスを克服するための品種改良の重要性が指摘された。シンポジウムでは、本プロジェクトの概要と進捗状況に関する報告を行った。また、ケニア、タンザニア、セネガルなどで行われているイネ研究が紹介された。総合討論においては、様々なストレスに晒されているアフリカの厳しいイネ栽培環境の克服に向けた研究が新たなサイエンスの創出に繋がる可能性などが議論され、アフリカの問題解決を出口とする稲作研究の重要性が再確認された。

本プロジェクトの取り組みについて広く発信し、研究成果の周辺国への展開に必要な国際的なネットワークの構築について協議することを目的として、2016年12月6日、ケニアの首都ナイロビにあるケニア農畜産業研究機構本部会議場において、KALRO、科学技術振興機構（JST）、国際協力機構（JICA）、アフリカ稲作開発のための共同体（CARD）との共催によるSATREPS国際シンポジウム「Tailor-made rice breeding and cultivation technology development for sub-Saharan Africa -Progress and future prospects of the SATREPS project in Kenya-」を開催した。シンポジウムには、日本とケニアを含む14カ国から、研究者、技術者および国際協力関係者を含む合計105名が参加し、基調講演、口頭発表（12件）、ポスター発表（19件）およびパネルディスカッションが行われた（図2、3）。基調講演では、IRRIがアフリカの稲作において問題となっている様々な生物的・非生物的ストレスを克服するために行っている様々な取り組みが紹介され、品種改良の重要性が指摘された。続いて、国際共同研究プロジェクトに参画している日本とケニアの研究者7名により、本プロジェクトがこれまでに進めてきたアフリカ向けイネ品種の開発に必要なスクリーニングシステムと交配設備の整備、様々な環境ストレス耐性や生産性を向上させる遺伝子/QTLを導入したアフリカ向け有望系統の作出、品種の能力を引き出す栽培方法の開発、共同研究を通じた人材育成などについて報告が行われた。さらに、アジア、アフリカおよび南米で行われている稲作関連のSATREPSプロジェクトの概要と成果、アフリカ稲センターがアフリカの国々との連携により実施している品種改良と栽培技術開発に関する取り組み、タンザニアにおけるイネ研究と品種開発の現状について説明があった。また、JICAのアフリカにおける稲作技術協力プロジェクトの活動として、ウガンダとケニアの事例が紹介された。パネルディスカッションにおいては、サブサハラアフリカにおける地域共通の重要課題であるアフリカ向けイネ品種と品種の能力を引き出す栽培方法の開発・普及に向けた国際的な協力体制の構築について活発な意見交換が行われた。その結果、本プロジェクトで整備したイネ品種の特性評価とイネの交配を大量に行うための施設・設備を活用し、国際農業研究機関との連携による国際協働ネットワークを構築することにより、KALROムエア支所をアフリカにおけるイネ育種および栽培技術開発の拠点として機能させることが提案された。シンポジウムの翌日、12月7日には、ムエア灌漑地区およびKALROムエア支所へのフィールドトリップが行われ、参加者は、ムエアに広がる広大な水田とプロジェクトの研究活動実施状況を視察した。

2018年3月3日、本プロジェクトの最終報告会として、名古屋大学農学国際教育協力研究センター第17回オープンフォーラム「ケニア稲作研究で何がわかったのか？」を名古屋大学農学部第12講義室で開催した。本報告会には、ケニアから招へいたプロジェクトマネージャーであるジョン・キマニ博士ら6名も参加し、これまでの5年間で得られた研究

成果を報告した。また、今後のより発展的な研究構想および研究成果の社会実装への道筋について議論した。

上記以外にも、2017年2月7日に岡山大学資源植物科学研究所（倉敷市）において開催されたアジア・アフリカと取り組む資源植物科学イノベーション「汎アフリカ大学院と協働する資源植物科学イノベーション研究拠点」報告会、2017年8月28日にJICA研究所国際会議場（東京）において開催された科学と開発をつなぐブリッジ・ワークショップ「会って・驚いて・役立てる」などにおいて、本プロジェクトの紹介を行った。



図2 14カ国から集まったシンポジウムの参加者



図3 ポスターセッションの様子

1-4. 研究運営体制、日本人人材の育成(若手、グローバル化対応)、人的支援の構築(留学生、研修、若手の育成)等

本プロジェクトでは、約6ヶ月おきに進捗報告会を開催し、メンバー間での情報共有に努めるとともに研究内容について議論を深めている。また、ケニアにおいても研究の進捗管理および情報共有のため、ケニア側と日本側を含むプロジェクト関係者による定例会議を毎週行っている。定例会議においては、セミナー形式で実験結果の報告・検討や論文紹介も行っている。プロジェクト合同調整会議は、年1~2回開催し活動および予算の報告と承認を行っている。2014年7月には、ケニア側プロジェクト関係者3名を名古屋大学に招へいし、日本側メンバーと意見交換を行った。

本プロジェクトでは、日本側研究者の持つイネ研究技術のケニアの研究者への移転を進めており、将来的には、KALRO ムエア支所を東アフリカにおけるイネ研究および人材育成の拠点として発展させることを目指している。この一環として、2013年6月4日~12月2日にKALROのカウンターパート研究員1名を外国人客員研究員として、名古屋大学農学国際教育協力研究センターで受け入れ、共同研究を通じた技術移転を行った。2016年4月26日~10月1日には、KALROの研究員1名を農学国際教育協力研究センターで受け入れ、カウンターパート研修を実施した。また、2016年6月29日~8月5日に行われたJICA課題別研修「アフリカ地域 稲作振興のための中核的農学研究者の育成」、2017年3月5日~4月18日に「食料安全保障のための農学ネットワーク協力(通称AGRI-Net)」の一環として実施されたJICA招へい事業による研修「イネ育種高度化」、および2017年7月15日~8月10日にエジプトで行われたJICA第三国研修「Rice Research and Extension」にKALROの研究員をそれぞれ1名ずつ参加させた。

本プロジェクトには、これまでに16名の日本人学生が参加し、このうちケニアにおける栽培試験や現地調査には8名が参加した。本プロジェクトによって途上国における栽培試験や現地調査の経験を得た大学院生には、国際舞台での活躍が期待される。2016年3月に博士(農学)を取得した日本人修士1名は、2016年4月からプロジェクトの研究員となり、ケニアに長期滞在して共同研究を行った。

これまでに名古屋大学、岡山大学および島根大学で受け入れたケニア人留学生（日本政府奨学金大使館推薦 2 名、日本政府奨学金 SATREPS 卒 2 名および国際協力機構 ABE イニシアティブ 2 名）6 名が、本プロジェクトに参加した。ケニア人留学生は、日本で先進的な研究技術を習得するとともに日本流の研究への取り組み方を身につけ、帰国後も稲作研究に従事し、日本との架け橋として活躍することが期待されている。博士課程前期課程の 2 名は 2017 年 3 月に修了し、所属機関に復職した。2016 年 3 月に博士（農学）を取得したケニア人留学生 1 名は、2016 年 4 月から 2018 年 5 月まで名古屋大学の研究員としてプロジェクトに参加した。本プロジェクト終了後、同研究員は、KALRO に採用され、KALRO ムエア支所において研究活動を継続している。2017 年 3 月に博士（農学）を取得別の 1 名は、帰国後、KALRO に採用され、カウンターパート研究者としてプロジェクトに参加した。また、2018 年 3 月に博士課程後期課程を修了し博士（農学）を取得した別の 1 名は、帰国後 KALRO カメガ支所に復職した。

本プロジェクトでは、ケニアの大学と連携し、若手イネ研究者の育成に取り組んだ。本プロジェクトのカウンターパートである KALRO の研究員 4 名がケニヤッタ大学およびナイロビ大学の大学院修士課程に入学し、本プロジェクトの研究によって学位論文を作成した。この他、3 名のケニア人大学院生（修士課程）を受け入れ、KALRO ムエア支所において研究指導を行い、内 1 名は 2016 年度中に修了した。

(2) 研究題目 1：「ケニアにおけるイネ育種および品種評価システムの開発」

KALRO グループ（リーダー：John M. Kimani）・名古屋大学（リーダー：山内章）・岡山大学グループ（リーダー：前川雅彦）

①研究題目 1 の研究のねらい

ケニアの稲作は、早ばつ、高地で起こる冷害、土壌の低肥沃度、塩害、いもち病などによって阻害されている。これらの生物的・非生物的ストレスを克服し、稲作の安定化と生産性向上を実現することは、ケニアの農業における最重要課題のひとつである。そこで、耐旱性、耐冷性、いもち病圃場抵抗性、低肥条件適応性、多収性、塩害などを現地で評価・選抜するための評価圃場、基準品種および評価基準を整備し、ケニア向けイネ品種育成のための育種システムを構築する。

②研究題目 1 の研究実施方法

ケニア向けイネ品種開発のための交配、育成施設、ならびに種子の保存を行うための施設を整備する。また、既存品種の生育、収量、収量構成要素、形態的特徴、アロマ、耐倒伏性、脱粒性などの農業形質を評価し、品種特性評価データ一覧を作成するとともに、そのための評価マニュアルを作成する。さらに、耐旱性、耐冷性、肥料反応性、低肥条件適応性、いもち病圃場抵抗性をケニアで評価するための評価圃場を整備し、形質ごとの評価基準および評価基準品種を整備する。その上で、交配、品種特性評価、品種選抜、品種登録などを包括するイネ育種に関する手引きを作成し、ケニアにおけるイネ育種システムを確立する。また、イネ品種（遺伝資源）を維持保存するためのシステムを構築する。

③研究題目 1 の当初の計画（全体計画）に対する成果目標の達成状況とインパクト

1-1. 交配・育成施設の整備

KALRO ムエア支所において、真空ポンプ除雄および温湯除雄による交配施設を整備した（図 4、5）。また、交配したイネを栽培するためのビニールハウスを交配室の隣に設置した。これらの施設を整備したことにより、現地でイネの大量交配を行うことが可能となった。



図4 KALRO ムエア支所に整備された
交配施設



図5 交配の様子

1-2. 品種特性評価圃場の整備

ムエア灌漑地区には黒綿土 (black cotton soil) と呼ばれるバーティソル目の土壌とニティソル目の土壌が広く分布している。黒綿土は、モンモリロナイト質粘土に富み、保水性は高いが、乾燥すると著しく収縮して非常に硬くなると共に大きな亀裂を生じ、湿ると膨潤して亀裂が閉じるという特性を有する。しかし、KALRO ムエア支所キログ農場の土壌は、全てニティソル目の土壌であった。このため、コンクリート枠で仕切った水田および畑に黒綿土を客土し、節水栽培適応性や耐旱性の評価において土壌による違いを比較するための試験圃場を造成した。さらに、4種類の異なる土壌条件下における耐旱性および節水栽培適応性を評価するため、ビニールハウス内に設置したコンクリート枠で仕切った栽培ベッドに点滴灌漑システムを設置し、ケニアの稲作地域4ヶ所から採取した砂質粘土、火山灰土、赤色土および黒綿土を充填した栽培装置を作成した。本栽培装置を利用することにより、2種類の土壌水分条件×4種類の土壌条件×3反復の栽培試験を行うことが可能となった。陸稲の耐旱性の評価に用いる傾斜圃場（勾配：10%）は、自然に傾斜した圃場を整地することによって造成した。

低肥条件適応性を評価するための陸稲畑および水田については、ソルガムを2回、ヒマワリを1回無施肥で栽培し、土壌養分を収奪することによって整備した。低リン畑圃場については、コンクリート枠で仕切った畑にリン酸欠乏土壌を客土することにより造成した。また、試験用水田をコンクリート枠で24区画に仕切り、窒素肥料、リン酸肥料、カリ肥料、たい肥を異なる組み合わせで施用する3反復の長期連用施肥試験水田を造成した。

耐塩性検定圃場については、イネの塩害が問題となっているブラ・ホラ灌漑地区からアルカリ塩性土壌を採取し、ビニールハウス内に設置したコンクリート製の栽培ベッドに充填することにより作成した。

ケニア中部の高原地帯では、6～8月にかけての低温期にイネの障害型冷害（低温による受精障害）が発生する。しかし、低温期の開始時期や期間は年によって異なる上、各年の低温期間中も気温は一定ではない。そこで、耐冷性評価に供試するイネ品種を5～6月にかけて複数回移植することによって生育期間が異なる品種でも確実に生殖成長期（低温による被害を最も受けやすい時期）の低温ストレスがかかるようにした耐冷性評価システムを確立した。

いもち病抵抗性評価システムを構築するため、いもち病の発生しやすい栽培環境と栽培時期を調査した。その結果、畑条件において、9月下旬～10月初旬に播種、スプリンクラーで毎日灌漑、前作で罹病した稲わらを圃場に撒布、多施肥で栽培することによって、いもち病を確実に発生させることができるようになった。

以上の通り、KALRO ムエア支所において、耐旱性、節水条件適応性、低肥条件適応性、耐塩性、耐冷性、いもち病抵抗性の評価圃場を整備し、イネ品種・系統の特性評価を行うことが可能となった（図6）。

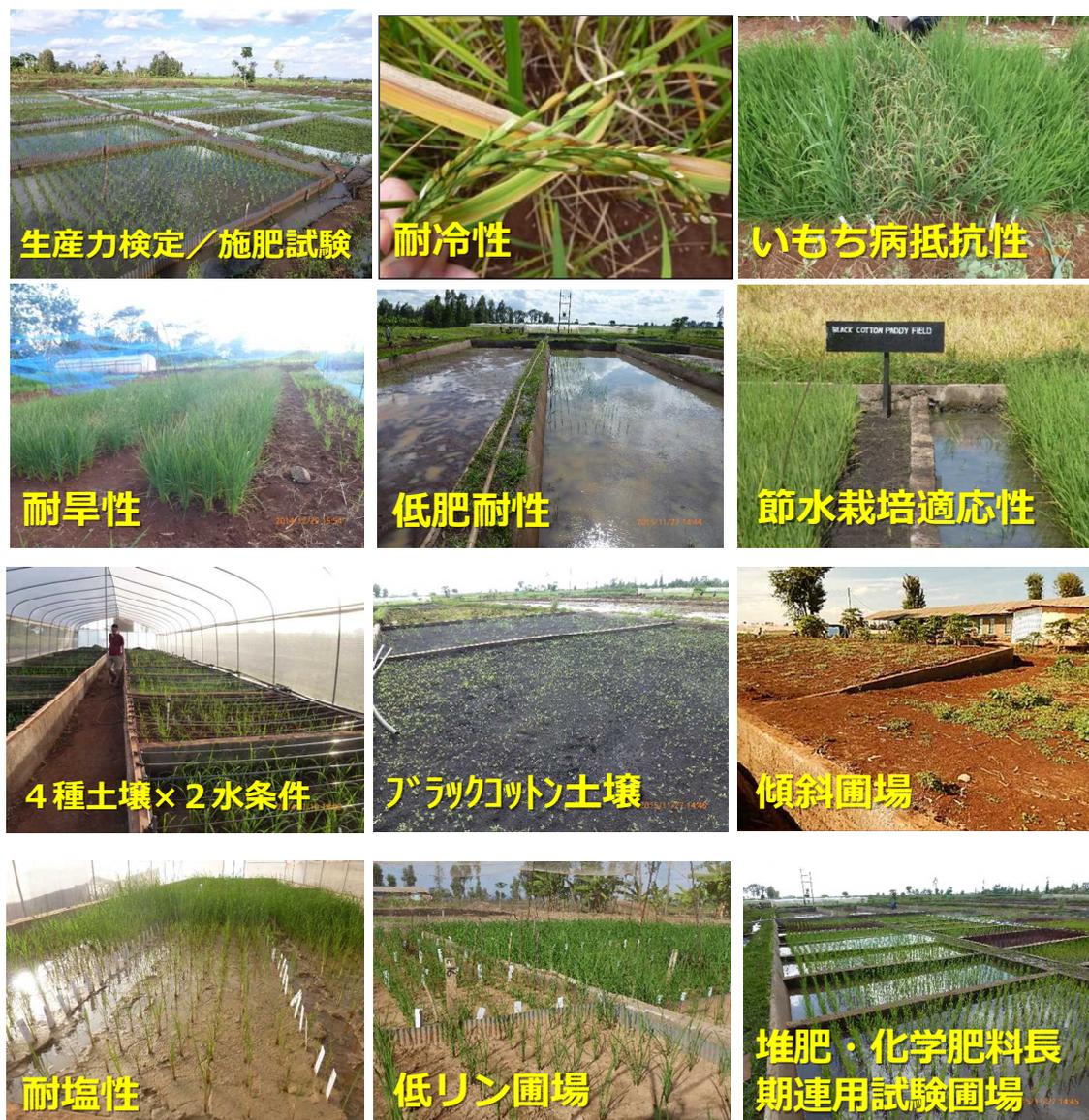


図6 KALRO ムエア支所におけるイネ品種特性評価圃場

1-3. 品種特性評価用基準品種の整備

ケニアにおける耐旱性評価のための基準品種を選定するため、天水畑とスプリンクラー灌漑畑を利用した耐旱性検定圃場において、ケニアの既存改良品種、在来品種、国際研究機関から得た耐旱性系統群を含む系 470 系統を評価した。実験の結果、土壌乾燥ストレスに応じた側根の発育に関する可塑性が強い耐旱性品種として NERICA 1 を、深根性の基準品種として NERICA 4、IRAT109 および CIAT 143 を、感受性品種として Basmati370 および Komboka を選定した。低窒素条件適応性については、キログ農場の低肥水田において 193 系統の評価を行い、低窒素条件適応品種として MWUR1、I-102、pLIA-1 および Taichung 65 を、非適応品種として Basmati370 を選定した。低リン耐性品種として、NERICA 1、MWUR-1、Basmati370、BW196 および WAB56-104 を、感受性品種として Taichung 65、Yumenohatamochi、Lemont および IR24 を選定した。耐塩性については、塩害が問題となっているブラ・ホラ灌漑地区において、国際稲研究所 (IRRI) から提供された耐塩性系統群のスクリーニング試験を行った。また、KALRO ムエア支所に作成した耐塩性評価圃場において、105 系統を調査

した。ケニア用の高耐塩性品種として FL478、Kala Rata 1-24、Nona Bokra および Pokkali の4品種を、耐塩性が中程度の品種として NERICA 1 を、感受性品種として IR29 と Basmati370 を選定した。耐冷性については、ケニアに確立した評価システムにおいて 103 系統を調査した。また、陸稲 NERICA18 品種、親品種 WAB56-104、WAB56-50 および WAB181-18 の耐冷性について、ケニアの評価システムにおける結果と愛知県農業総合試験場山間農業研究所で行った冷水かけ流し法による結果を比較し、両者が概ね一致することを確認した。NERICA 品種の耐冷性には大きな変異があり、ケニアにおける耐冷性評価のための基準品種として有用であることが明らかとなった。耐冷性評価の基準品種として、耐冷性極強を 12 品種、耐冷性強を 4 品種、耐冷性中程度を 6 品種、耐冷性弱を 2 品種、耐冷性極弱を 7 品種選定した。いもち病抵抗性の評価のためには、国際稲研究所 (IRRI) と国際農林水産業研究センター (JIRCAS) が共同で開発した 23 種のいもち病抵抗性遺伝子を個々に有する判別品種群 (Tsunematsu et al. 2000) を利用できることを確認した。

1-4. 育種・特性評価に関する手引きの作成

圃場試験の実施方法、品種特性評価、土壌分析、交配方法、交雑後代の養成と選抜、系統保存、種子管理、遺伝子解析、マーカー選抜、QTL 解析および廃液処理などを包括するマニュアルを作成した。本マニュアルには、プロジェクトが導入した育種および実験技術が網羅されており、技術の継承に役立つものと期待される。

1-5. 品種維持保存体制の確立

本プロジェクト開始以前は、品種の維持管理体制が確立しておらず、過去に導入された品種の多くが失われる状況であった。そこで、イネ品種の種子を適切に管理するため体制を整備するため、保有するイネ品種のリストを作成し、種子を整理するとともに発芽率を調査した。本プロジェクトによって、保有する品種の種子を定期的に増殖し、低温で乾燥保存するシステムが確立され、運用されるようになった。品種維持保存方法については、マニュアルにも記載されている。

④研究題目 1 のカウンターパートへの技術移転の状況

日本から派遣された教員・研究員が現地に常時 1~3 名滞在し、ケニア側研究者と協働することにより、交配および育種、評価圃場の設計、特性評価用基準品種の選抜、品種維持管理等に関する技術移転を行った。

ケニア側プロジェクトマネージャーを含む 2 名のカウンターパート研究者を名古屋大学農学国際教育協力研究センターの外国人客員研究員として半年ずつ招へいし、共同研究を通して、耐冷性評価方法、低肥沃土壌適応性評価手法などに関する技術移転を行った。また、カウンターパート研究者 1 名を半年間 JICA カウンターパート研修員として名古屋大学農学国際教育協力研究センターで受け入れ、耐塩性評価および節水栽培適応性に関する技術移転を行った。さらに、文部科学省国費留学生 (SATREPS 枠) として、名古屋大学および島根大学の大学院博士課程後期課程にカウンターパート研究者を 1 名ずつ受け入れ、研究指導を行った。2 名ともプロジェクト終了までに博士号を取得し帰国した。KALRO ムエア支所において、ケニアの大学院生 (大学院修士課程) 7 名を受け入れ、現地で耐旱性、耐冷性、低肥条件適応性などに関する技術移転を行うと共に研究指導を行った。

2014 年 7 月に 3 名、2018 年 3 月に 6 名のカウンターパート研究者を約 10 日間日本に招へいし、育種、品種保存、形質評価などに関する技術移転を行った。

⑤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 該当しない。

(3) 研究題目 2 : 「既存品種の特性評価と有用農業形質の特定」

名古屋大学（リーダー：山内章）・岡山大学グループ（リーダー：前川雅彦）・KALRO グループ（リーダー：John M. Kimani）

①研究題目 2 の研究のねらい

開発した品種評価システムを用いて、ケニアの品種および名古屋大学が保有する世界の有用遺伝資源の特性評価を行い、育種素材としての有用性について検討する。その上で、有用育種素材と現地適応品種などとの交雑後代システムを利用して、有用農業形質に関連する QTL を検出する。

②研究題目 2 の研究実施方法

研究題目 1 で開発した品種特性評価システム等を用いて、ケニアのイネ品種を含む既存品種の農業形質を評価し、品種特性評価データを整理する。また、ネリカ品種、ケニア品種などが持つ有用農業形質を特定し、育種素材としての有用性を検証する。その上で、特定した有用農業形質に関連する QTL を検出する。また、既知の耐旱性、耐冷性、低肥条件適応性品種と現地適応品種などとの交雑後代システムを利用して、これらの形質に関連する QTL を検出する。

③研究題目 2 の当初の計画（全体計画）に対する成果目標の達成状況とインパクト

2-1. 既存品種の特性評価

ケニアの在来品種を含む既存品種の出穂期、生産性、形態的特徴、脱粒性などの特性を評価し、ケニアの栽培環境に適した有用育種素材を特定した（図 7）。既存品種の特性評価試験は、雨季に比べて平均気温が相対的に高い乾季に行ったが、ムエア地域では乾季においても夜温が 16℃前後まで下がる事が多く、障害型冷害を受けた品種が認められた。ムエア地域においては、耐冷性は必須の形質であることが明らかになった。また、収量向上のための有用育種素材として、ST6、ST12、Habataki、pLIA-1 および WAB181-18 を同定した。

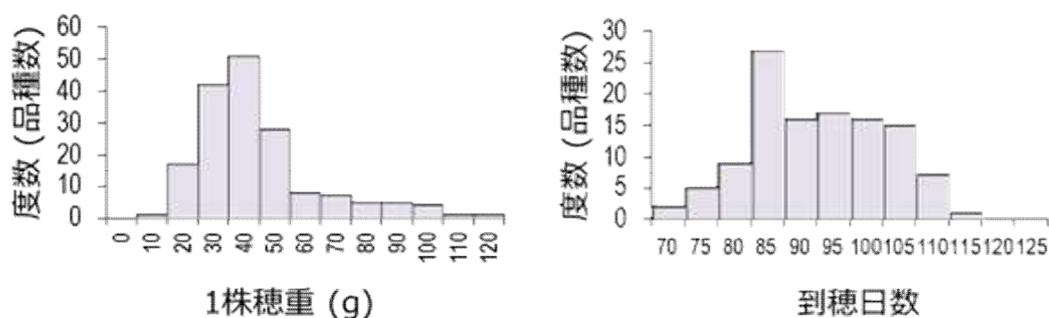


図 7 既存品種の 1 株穂重および到穂日数の変異

KALRO ムエア支所キログ農場において確立した耐冷性検定システム（複数回の移植による自然検定法）を用いて、103 品種・系統を評価した。その結果、ケニアの主力品種 Basmati370、Basmati217、ITA310、BW196 および IR2793-80-1 は、いずれも低温感受性品種であることが明らかとなった。今後のケニア国におけるコメ増産のため、今回特定された耐冷性品種と同等以上の耐冷性を持った品種の育成が期待される。また、耐冷性の有用育種素材として、Silewah、ASU、Kuchum、LTH、Hananomai、WAB56-104、NERICA 1、NERICA 3、NERICA 4、NERICA 7、NERICA 8 および NERICA 12 の 12 品種を同定した。

天水畑とスプリンクラー灌漑畑を利用した耐旱性検定圃場において、国際研究機関から得た耐旱性系統群（405 品種/系統）のスクリーニングを行い、ケニアの栽培環境に適した耐旱性有望系統として NERICA 1、NERICA 4、IRAT109、Kinandang Patong、Azucena、Yumenohatamochi および CIAT 143 を選抜した。また、NERICA 品種を含む陸稲品種と水稻品種の異なる圃場水管理条件に対する適応性を評価した。品種群によって圃場水管理条件適

応性が異なり、灌漑畑条件で高収量となる品種と湛水条件で高収量となる品種が認められた。

ポット試験および低肥水田を利用した圃場試験により、既存 187 品種の低肥条件適応性を評価し、ケニアの栽培環境に適した低肥条件適応性の有用育種素材として、MWUR1、I-102、pLIA-1 および Taichung 65 を同定した。また、既存イネ品種の低リン圃場における生育、収量および収量構成要素を調査した。その結果、NERICA 1、MWUR-1、Basmati 370、BW196 および WAB 56-104 の 5 品種が低リン耐性の育種素材として有望であると考えられた。

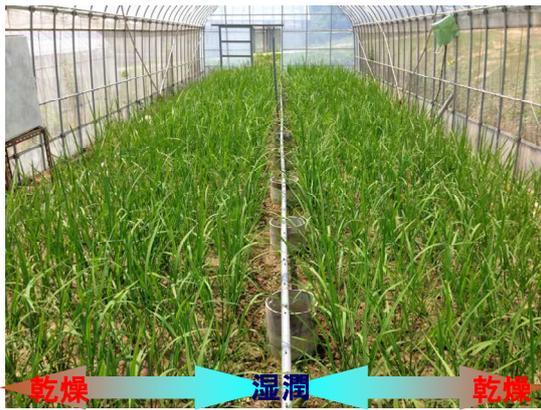
塩害が問題となっているブラ・ホラ灌漑地区において、国際稲研究所（IRRI）から提供された耐塩性系統群のスクリーニング試験を行い、ケニアの栽培環境に適した耐塩性有望系統として、SRC36 を選抜した。また、IRRI から分譲を受けた耐塩性系統、ケニアの在来品種、既知の耐塩性品種等を塩類土壌の入った圃場で栽培し、耐塩性およびケニアの栽培環境に対する適応性の評価を行った。その結果、耐塩性の有用育種素材として、IR63307-4B-13-2、FL478、Kala Rata 1-24、Nona Bokra、Pokkali および SRC36 を同定した。

KALRO ムエア支所に構築したいもち病抵抗性検定圃場において、23 種のいもち病抵抗性遺伝子を個々に有する判別品種群、ケニアの既存品種および NERICA 品種を含む 106 品種/系統を評価した。いもち病判別品種群の発病程度の評価結果から、同地域のいもち病菌レースは、いもち病抵抗性遺伝子 *Pib*、*Pia*、*Pii*、*Pi5(t)*、*Pik-s*、*Pik-m*、*Pi1*、*Pik-h*、*Pik*、*Pik-p*、*Pi7(t)*、*Pi19(t)*、*Pi20(t)* および *Pi12(t)* を侵すことが明らかとなった。また、同検定圃場では、全ての陸稲 NERICA 品種に葉いもちは発生しなかったが、NERICA 1、NERICA 8、NERICA 12 および NERICA 18 は、穂いもちに罹病することが明らかとなった。Sensho、ASU、Habataki、NERICA 2、NERICA 3、NERICA 4、NERICA 5、NERICA 6、NERICA 7、NERICA 9、NERICA 10、NERICA 11、NERICA 13、NERICA 14、NERICA 15、NERICA 16 および NERICA 17 がいもち病圃場抵抗性の有用育種素材として同定された。

2-2. 既存品種の有用農業形質の特定

2-2-1. 耐旱性関連形質

土壌深度を 30~65 cm に設定した傾斜栽培システムを用いて土壌水分勾配を作り出し、NERICA 1 と NERICA 4 の深根性に関する根の可塑性を評価した。また、深根性の機能が発揮できないようにするため、土壌深度 20 cm に制限した条件下において、ラインソーススプリングラーを用いて作った土壌水分勾配を利用して（図 8）、側根の発育に関する根の可塑性を評価した。その結果、地上部および根の発育に関する品種間差異は、土壌含水率 11~18%の中程度の乾燥ストレス条件下においてのみ認められた。さらに、根系が深い土壌中に伸長できる土壌条件において、中程度の乾燥ストレスを受けると、NERICA 4 は、NERICA 1 と比較し、根を深く伸長させることが明らかになった。また、深根性に関する根の可塑性が発現することにより、地上部乾物重も維持されていた。一方、深根性機能が発揮できないようにした土壌条件においては、中程度の乾燥ストレスにより、NERICA 1 は、NERICA 4 よりも側根を大きく増加させ、この結果、地上部の生育が維持された。これらの結果により、NERICA 1 は側根の発育に関する根の可塑性が強く、NERICA 4 は深根性に関する根の可塑性が強いことが示された。



様々な強度の水ストレスに対する生育 反応を評価

図8 ラインソーススプリンクラー法を用いた圃場試験の様子（左）
種々の強度の水ストレスに対するイネの生育反応（右）

NERICA 1 と NERICA 4 の深根性の違いを決定する要因を明らかにするため、透明塩ビパイプを用いて栽培実験を行った。土壤水分欠乏条件下における NERICA 4 の根伸長速度は湿潤条件下よりも高かった。他方、NERICA 1 の根伸長速度には水分欠乏区と湿潤区で差が認められなかった。その結果、土壤水分欠乏条件下では、NERICA 4 の根は NERICA 1 よりも深く伸長し、湿潤条件下では両者に差は認められなかった。したがって、NERICA 4 の持つ優れた深根性は、水分欠乏条件下における根伸長速度が高いことに起因するものと考えられた。NERICA 4 は NERICA 1 と比較して深土層で水を多く吸収できたため、光合成速度および気孔コンダクタンスが高く維持され、その結果、乾物重も高く維持されたものと考えられた。本実験により、NERICA 品種の深根性に関する変異は、土壤水分欠乏条件下における根伸長速度の違いによってある程度説明できることが明らかになった。深根性能力については、根の伸長速度に加えて、伸長角度および伸長期間も関与している可能性があるため、今後検討する必要がある。

異なる耐旱性関連根系形質を持つ NERICA 1 と NERICA 4 について、土壤水分変動条件に対する反応を詳細に比較した。両品種を常時湛水と -50 kPa の間、湿潤と -80 kPa の間で土壤水分を変動させた圃場で生育させた。その結果、NERICA 4 は深根性の発揮を制約するために人工的に設けた硬盤層の有無にかかわらず、両土壤水分条件下で乾物生産ならびに収量を維持した。これは、浅い土壌層で側根を旺盛に発育させ、また、深層への根系発育にも優れていることによっていた。一方、NERICA 1 は後者の土壤水分変動条件でのみ乾物生産ならびに収量を維持し、またこの品種は浅い土層での側根発育反応は顕著であったが、深層への根系発育の反応は見られなかった。このように、側根発育や深根性に関わる可塑性が、土壤水分変動条件に対する適応能力において重要な役割を果たしていることが明らかとなった。

土壤乾燥ストレス下の根系への光合成産物分配について、耐旱性関連根系形質の生理的コストとして、根呼吸速度に注目して調べた。その結果、土壤乾燥ストレスに対する適応性の高いイネは、同条件下において、積極的な通気組織形成を介して、根の代謝コストとなる呼吸量を減らし、根系発育とくに側根の発育に光合成産物を使っていることがわかった。また、軽度乾燥ストレスならびに土壤水分変動条件への適応性について、根と葉の伸長速度の増加が関与していることが示された。

2-2-2. 節水栽培適応性関連形質

ムエア灌漑地区では、灌漑用水の不足がしばしば問題となっており、収量を低下させず

に利用する水の量を減らすため、軽度の乾燥と湛水を繰り返す AWD (Alternate wetting and drying) の導入が進められている。しかし、このような灌漑条件に適応性があるイネ品種の特性については、いまだ不明な点が多い。本研究では、湛水条件下での栽培が一般的な水稲品種 (台中 65 号) と乾燥に比較的強い陸稲品種 (IRAT109) の AWD に対する生育および収量の反応を比較した。台中 65 号では湛水区に比べて AWD 区の収量が低かったが、IRAT109 では AWD 区の方が高い傾向にあった。IRAT109 では、AWD 区における出穂期以降の個体群成長速度が湛水区よりも高かったことから、生育後半に乾物生産能力が高く維持されたため収量が増加したものと考えられた。台中 65 号では、AWD 区の土壌乾燥時における気孔コンダクタンスが湛水区よりも低い値を示した。一方、IRAT109 では両区の気孔コンダクタンスに差は認められなかった。したがって、台中 65 号は生育後半に AWD による断続的な乾燥ストレスを受けていたのに対し、IRAT109 はストレスをほとんど受けていなかったものと考えられた。AWD 区における IRAT109 の出液速度は台中 65 号よりも高い傾向にあったことから、根の活性は生育後半も高く維持されていたものと考えられた。また、AWD 区における根重は、台中 65 号では湛水区よりも有意に低かったのに対し、IRAT109 では湛水区よりも高い傾向にあった。したがって、IRAT109 は、AWD 条件下においても根への乾物分配を高く維持し、根系を発達させることができたものと考えられた。以上のことから、AWD 条件下においては、水稲品種では気孔コンダクタンスの低下や収量低下が引き起こされたが、陸稲品種では根系の生育および活性が維持され生育後半の乾物生産能力が向上したため、湛水条件よりも高い収量が得られたものと考えられた。

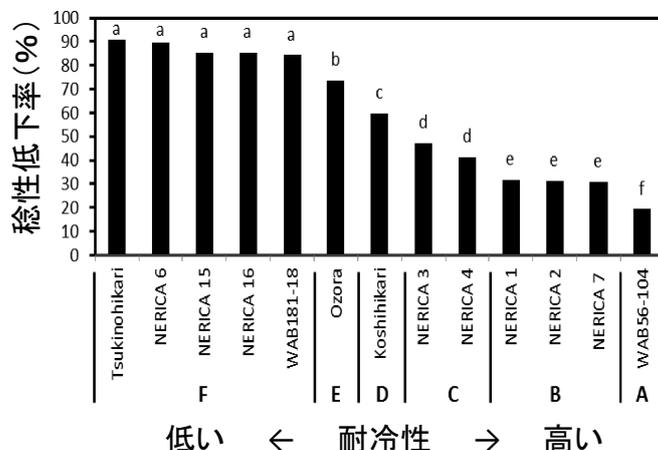
KALRO ムエア支所キログ圃場 (土壌 pH が 4.0~4.5 の酸性土壌) では、節水栽培により水稲収量が減少するという現象が認められた。酸性土壌では節水栽培によって土壌が好気的環境になると pH が低いまま維持され、イネが酸性障害を受けやすくなるとの仮説を構築した。そこで、作物の酸性障害をもたらす主要因の一つであるアルミニウムの濃度を異にする強酸性土壌において、土壌水分条件の違いが水稲および陸稲品種の収量反応に及ぼす影響をポット試験により比較した。間断灌漑を行った場合、土壌のアルミニウム濃度にかかわらず、イネの気孔コンダクタンスに低下が認められたことから、収量低下には乾燥ストレスが関与していたものと考えられた。一方、飽水処理を行った区では、気孔コンダクタンスに低下は認められず、アルミニウム添加処理区の土壌が強酸性に維持されたことが収量低下の原因の一つとして考えられた。以上より、強酸性土壌では、土壌水分の低下による乾燥ストレスがなくても、好気的な栽培条件により土壌 pH が低く維持されると、イネの収量が低下する可能性が示された。土壌 pH が 4.5 以下になると土壌構成成分であるアルミニウムの溶解度が増加し、アルミニウムイオンが要因となる障害を生じている可能性があるため、今後、根の生育阻害や養分吸収に及ぼす影響について調査する必要がある。

ケニアに適した節水栽培技術を開発するために、NERICA 品種を含む陸稲品種と水稲品種の異なる圃場水管理条件に対する適応性を評価した。この試験には、節水栽培区として、ケニアで普及が可能と考えられる慣行の稲作からの応用が容易な間断灌漑区ならびに灌漑用水量の節減を最大限に追求したエアロビック・ライス区を設けた。エアロビック・ライス法では、イネは十分な施肥と灌水とともに陸稲状態で栽培される。2 度の品種選抜を経て、ケニアの間断灌漑、灌漑畑条件に適する品種を見出した。さらに、節水栽培条件下におけるイネの収量は、登熟歩合との間に有意な関係を示したことから、節水栽培適応性には、穂への同化産物の供給量、転流能が関与することが示唆された。また、灌漑畑条件適応性には、深根性に加えて、高次側根を多く分枝する能力が関与していることが示唆された。

2-2-3. 耐冷性関連形質

NERICA 品種群、およびそれらの親品種群を対象に、愛知県農業総合試験場山間農業研究所の冷水掛け流しによる耐冷性検定圃場にて穂ばらみ期の耐冷性評価を行った。その結果、供試した 8 品種の NERICA の内、NERICA 1、NERICA 2、および NERICA 7 の稔実歩合は冷温下においても 51.9~57.9% と比較的高く、耐冷性品種として位置づけられている「コシヒカリ」よりも優れた値を示した (図 9)。稔実歩合以外の農業形質への冷温の影響を総合的

にとらえ、冷温耐性 NERICA 品種としては最終的に NERICA 1、および NERICA 2 が有望であると考えられた。一方、これらの NERICA 品種の親品種の一つである「WAB56-104」が供試品種の中で最も優れた稔実歩合を示したため、耐冷性育種のための非常に優れた育種素材として選定した。



低い ← 耐冷性 → 高い

図9 NERICA 系統群の耐冷性検定結果

2-2-4. 耐塩性関連形質

イラン在来の3品種 Larome、Mulai および Sadri は、高塩濃度条件下における幼植物時の生存を指標とした評価において、これまでに知られている耐塩性品種を超える品種として報告されている。そこで、既存の耐塩性育種母本である「FL478」と比較することにより、これらの3品種の耐塩性育種素材としての有用性を明らかにしようとした。幼苗期の優れた耐塩性をもたらす要因を調査した結果、これらの3品種は、既存の耐塩性育種母本である「FL478」と比較して、バイパスフローの割合が小さいため地上部への塩蓄積が少ないことが分かった。この形質は塩害水田に移植した後の苗の枯死を減ずる有用形質であると考えられる。さらに、生殖成長期における耐塩性を評価するため、イラン在来新奇耐塩性3品種を、希釈海水を灌漑した塩害圃場において生育させたところ、FL478と比較して穂への塩の流入が極めて小さく、塩による穂形成阻害が小さかった。既知の耐塩性QTLであるSaltolを有する既存の耐塩性育種母本のバイパスフロー割合は塩感受性品種とほとんど同様であったことから、イラン在来新奇耐塩性3品種の塩排除能機構は、これまでに知られているものとは異なるものと考えられた。これまでにイネの耐塩性育種に低バイパスフロー割合が意図的に利用されたことはないため、イラン在来新奇耐塩性3品種の育種への利用は、塩害圃場における幼苗期の生存および生殖成長期における収量の維持につながる付加的効果を与えると期待される。

イネの耐塩性の品種間差は一般的に地上部への塩の蓄積程度の差を生じる塩排除能の差として説明されるが、塩排除能に加えてさらにイネの耐塩性を向上させるために重要な生理機構は組織耐性である。組織耐性は、植物体内、特に葉の細胞に塩が流入した際に塩を液胞に隔離することにより光合成などの細胞の活性を維持し枯死しない機構を示す。そこで、地上部塩濃度が高いにもかかわらず塩存在下で枯死しにくい組織耐性型耐塩性タイ在来品種 Daw を用い、組織耐性がどのように塩害下のイネの生育に貢献するのかについて、土を詰めたポットを用いて試験を行った。その結果、Daw は組織耐性を示さない他のイネ品種に比べて地上部塩濃度が高かったが地上部乾物生産は高く維持された。また Daw では葉内塩濃度が増加しても光合成活性が比較的維持されたが、地上部全体の乾物生産の維持には個葉における光合成活性の維持よりもむしろ葉面積指数の維持が貢献することが明らかになった。

異なる耐塩性機構を持つ品種を利用し、遺伝子ピラミディングを図ることにより、耐塩性をさらに強化した品種を開発できる可能性が示された。

2-3. 有用農業形質に関する QTL 解析

2-3-1. DNA マーカーの開発

Basmati370 がもつ香り米遺伝子(BADH2)および長粒遺伝子(OsSPL16)、日本の多収品種ハバタキが持つシンク能遺伝子(Gn1、AP01、qGN8)を選抜できる DNA マーカーを開発した。これらの DNA マーカーは PCR および電気泳動で簡便に検出でき、ケニアでも実際に活用可能かつ有用と考えられる。

また、実際にこれらのマーカーを利用して、Basmati370/ハバタキの BC2F2 集団において遺伝解析を行った。その結果、これらの遺伝子が実際にシンク能を向上させる可能性があることを確認した。この材料から選抜した系統を今後ケニアで評価する計画である。

Affymetrix 社製の Rice 44k SNP ジーンチップを用いて、本プロジェクトで使用する育種素材(Basmati370、Silewah、ST6、ST12 および Azucena)の SNP 情報を収集した。その結果、全ゲノムをカバーする約 40000 箇所の SNP 情報を得た(Kurokawa et al. 2015)。また、この情報をもとにターゲット遺伝子を正確に判別でき、かつ汎用的に利用可能な SNP を選出し、16 個の有用遺伝子を選抜できる DNA マーカー検出系(イルミナ社製 SNP アレイ(BeadXpress OPA))を試作し、実際の F2 集団でテストを行った。その結果、Affymetrix 製チップ・イルミナ製ビーズチップおよび従来の PCR 法による DNA マーカーの結果は良く一致し、SNP 情報の有用性が確認された。

さらに、次世代シーケンサーによる DNA マーカー検出系 (Genotyping by Sequencing GBS) を導入した (Furuta et al. 2017)。この系により、従来の DNA マーカー技術を大きく上回るマーカー数・解析速度が得られるようになり、イネの全ゲノム遺伝子型を迅速に決定できるようになった。この GBS の検出系を、各種の QTL 解析に活用している (Gichuhi et al. 2016 など)。一方、ムエアでも DNA 抽出および PCR マーカーの検出が可能となり、ケニア人スタッフによる運用を開始している。また、ムエアで抽出した DNA が GBS で解析可能な品質であることを確認した。このため、少数のターゲット遺伝子の選抜はムエア現地で行い、次世代シーケンサーを用いた全ゲノム遺伝子型の解析は日本で行えることとなり、ケニアでの形質評価系と合わせ、優れたイネ研究体制が実現した。

2-3-2. 耐冷性の QTL

耐冷性の有用育種素材として同定した「WAB56-104」に加え、日本の耐冷性極強品種である「はなの舞」が有する耐冷性の QTL を検出・評価することを目的に、両品種の交雑後代系統を用いて稔実歩合を指標とした QTL の検出を試みた。その結果、第 8 染色体と第 10 染色体上に耐冷性に関わる QTL が検出され、前者は「はなの舞」側の対立遺伝子が、また後者は「WAB56-104」側の対立遺伝子が耐性遺伝子として推定された。前者の LOD 値、寄与率、相加効果は 5.1、30%、8.7 であり、また後者は 9.8、33%、10.5 と比較的大きく、育種利用が大きく期待された。

耐冷性改善に有用な 3 品種(LTH、Silewah、ASU)を Basmati370 と交雑して得た F2 集団を通常栽培および愛知県豊田市稲武町の耐冷性評価圃場で栽培し、耐冷性の指標として花粉稔性および種子稔性を調査した。QTL 解析の結果、耐冷性品種 ASU および Silewah 由来の耐冷性 QTL が Basmati370 の耐冷性を改善できる可能性を見出した(図 10、11)。

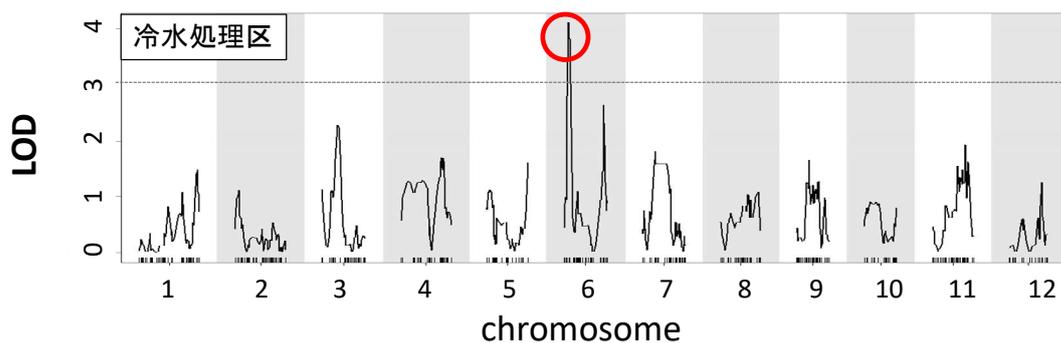


図 10 ASU×Basmati370 の F₂ 集団における花粉稔性の QTL 解析
染色体 6 に ASU 由来の耐冷性 QTL を検出した (赤丸)

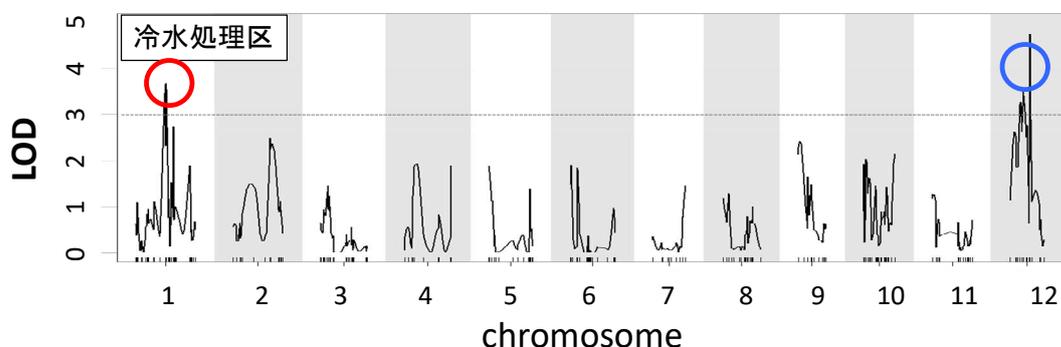


図 11 Silewah×Basmati370 の F₂ 集団における種子稔性の QTL 解析
染色体 1 に Silewah 由来の耐冷性 QTL を検出した (赤丸)
染色体 12 の QTL は Basmati が耐冷性を改善していた (青丸)

2-3-3. 耐旱性に関わる根系形質の QTL

日本晴と養水分吸収機能を担う側根の発達程度が著しく優れる KDML105 の交雑後代を用いて、両親の遺伝子型を判別できる 2,400 個の DNA マーカーを 12 本の染色体上に設定した (図 12)。これらを用いて QTL 解析を試みた結果、第 5、7、および 12 染色体上に根系形質に関わる QTL を見出すことに成功した。また、日本晴/Kasalath 由来の染色体断片置換系統と日本晴との交雑後代を材料に、土壤水分変動条件下における根の分枝能力 (図 13) に関わる QTL の座乗候補領域を解析し、第 12 染色体の短腕側に位置する DNA マーカーである G24B と R617 間にその候補領域を制限した (図 14)。同様に側根の発達が優れる K7-34 変異体 (金南風由来) の原因遺伝子の単離をマップベースクローニング法により試み、その座乗候補領域を第 1 染色体上の 18cM 付近の約 150kb 間に制限した。さらに、K7-34 変異体とその原品種を用い、ラインソーススプリンクラー法により乾燥ストレス耐性を評価したところ、K7-34 変異体では、原品種に比べ軽度の乾燥ストレス下において草丈、最高分げつ数、穂数、籾重が維持される傾向が見られ、アフリカのイネ生産性の向上への寄与が期待された。

日本晴×Kasalath の F₂ 集団を対象に、土壤水分変動条件下で発揮される根の可塑性に関わる QTL を解析した。根箱を使って、乾燥から湛水に変化させた条件下で生育させた 38 日齢の 250 個体を供試した。その結果、側根発育や節根伸長に関わる計 16 の QTL が、4 本の染色体上に検出された。9 ならびに 12 番染色体上に検出された QTL が KDML105 由来の側根発育の可塑性制御に関わるもので、これらが同条件下での総根長増加に貢献していた。一方、圃場において生殖成長期の植物体を対象に調べたところ、これらの形質に関わる QTL が、上述の幼植物期とは異なる座乗位置に検出されたことから、成育期によって QTL は異なる

ことが示唆された。また、NERICA 1 と NERICA 4 由来の F4 集団を用いて、上述の土壤水分変動条件下での、根の可塑性に関わる QTL 解析を行ったところ、湛水区、湛水～-50 kPa 条件、湿潤～-80 kPa 条件、それぞれで複数個の QTL が検出された。

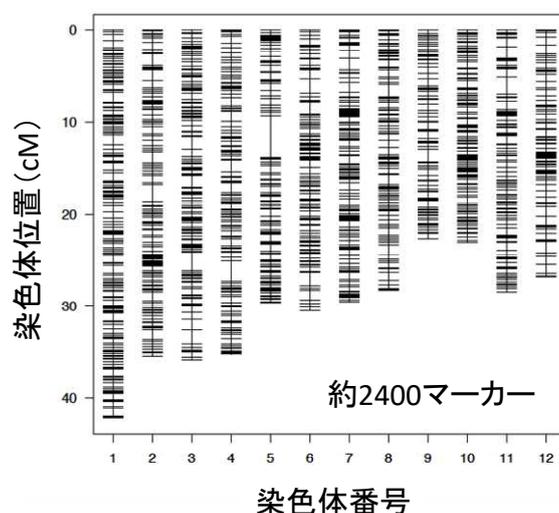
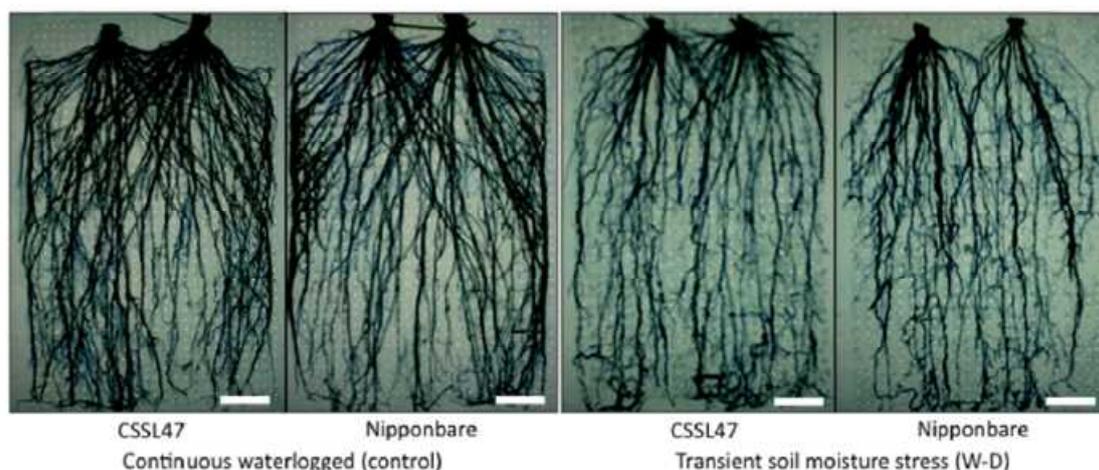
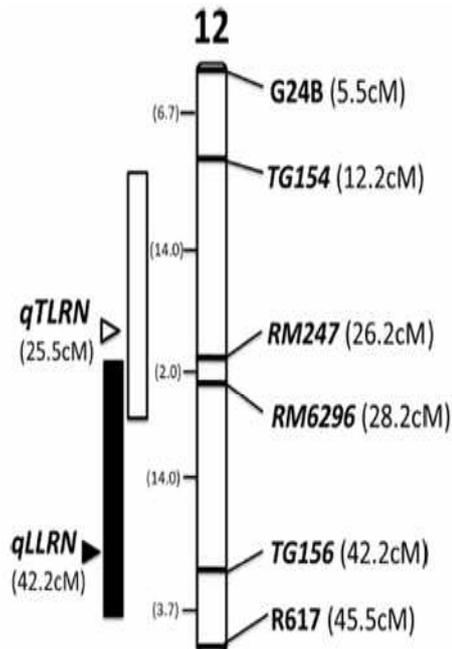


図 12 次世代シーケンサーを用いた日本晴/KDML105 の遺伝型を識別する DNA マーカーの設定



The root system development of CSSL47 and Nipponbare genotypes sampled during vegetative growth stage. The plants were exposed to control (continuous waterlogged) and soil moisture fluctuation stress (waterlogged-to-drought) conditions in soil filled rootboxes for 38 days. The scale of white bars of each plate (below on the right corner) is 5 cm.

図 13 湛水条件（対照区）ならびに土壤水分変動条件下における日本晴および系統 47 番の根系発育



Molecular linkage map of CSSL F2 population derived from Nipponbare/ CSSL47 cross and the possible location of the QTLs on Chromosome 12 region. The LOD value was set at 2.5 to detect QTLs that are associated with the traits. Bars on the left side are the location of the QTLs on total lateral root number, qTLRN (white bar) and linear frequency of L-type lateral root number, qLLRN (solid bar). Arrowheads indicate the approximate location of the QTLs that were identified at vegetative stage under soil filled rootbox, and at seedling stage under hydroponics conditions. The value in the parenthesis (n) on the left side of the chromosome are the interval distance (cM) between markers based on Kosambi function, while on the right side of the chromosome are the marker's name and its position.

図 14 系統 47 番が有する土壤水分変動条件下における根の分枝能力に関わる QTL の座乗候補領域

2-3-4. 低肥条件適応性の QTL

Oryza longistaminata と日本型イネ T-65 との交雑後代である低肥適応型イネ、pLIA-1 の低肥条件適応性に係わる QTL 特定するために pLIA-1 と農林 18 号を交雑した F2 で、各種農業形質を測定し、QTL 解析を行った結果、pLIA-1 が有する第 3、5、6、8、9、10 および 11 染色体に重要な QTL を検出した。特に、第 8 染色体長腕末端に穎花数を増大させる QTL を検出した。これらは *O. longistaminata* に由来していた。さらにこれらの QTL を詳細に検討するために、pLIA-1 と農林 18 号を交雑した F2 から 113RILs を育成して、無肥料条件と肥料条件で栽培して RAD-Seq により SNP を調査し、各種農業形質についての QTL 解析を行った。得られた 36 QTLs は、染色体 1、2、3、5、6、7、8、10 と 11 で確認された。特に、一次および二次枝梗数のための重要な QTL が、それぞれ、染色体 8 長腕末端部と 1 短腕末端部にあることが判明した。強い正の相関が認められた形質の QTLs は、染色体 1、3、6 と 8 でクラスターを形成していた。穎花数は収量性の重要な構成要素の一つであることから、pLIA-1 で特定できた染色体 8 長腕末端部と 1 短腕末端部をコシヒカリに導入して、それぞれの特徴を調べた。その結果、穎花数には第 1 染色体部分がより重要であることがわかり、同時に無肥条件下では染色体 8 長腕末端部と 1 短腕末端部の組み合わせが穎花数を最大にすることが判明した。

さらに、pLIA-1 が無肥条件下で示す有利な生育旺盛性を収量が低い Kernel Basmati に導入することを目的に、F2 を育成し各種農業形質について QTL 解析を行った。その結果、10 形質について 9 染色体上に 16 個の QTL を検出した。

また、育成してきた pLIA 系統のうちの pLIA-4 系統からの派生系統である pLIA-4d の形質（大穂、太茎、低稈長）を利用するために必要な QTL を特定するために、pLIA-4d と early Kernel Basmati を交雑した F2、F3 および F4 と BC1F1 集団を用いて、各種農業形質の QTL 解析を行った。その結果、F2 での解析で第 1、2、3、6、8 と 10 染色体で 8 形質に関わる 12 個の QTL が検出された。出穂期、稈長および穂数の QTL 以外は全て pLIA-4d の QTL が大きな効果を示していることが判明した。特に、第 1 染色体短腕に 2 次枝梗数とそれに強く影響される 1 穂粒数の QTL が存在していた。そこで、F2 個体の中で多くの 1 穂粒数をつけた個体 #22 から F3 を展開した。F2 #22 は 2 次枝梗に関わる QTL は pLIA-4d の遺伝子型で

あり、その F3 ではその他の農業形質に関わる QTL が検出できる可能性があった。F3 での QTL 解析の結果、4 形質の QTL が 11 個検出でき、第 3、4、5、6 と 9 染色体に存在していた。F3 集団で、穂長が非常に長く 1 穂重が重い #29 が得られた。この個体は、第 1、2、4、5、11 と 12 染色体で pLIA+4d 型に固定していた。一方、第 2 長腕側、3、6 短腕側、7 と 8 染色体はエア early Kernel Basmati に固定していた。F3 #29 個体から F4 集団を養成し、さらに QTL 解析を行った。その結果、第 6 と 8 染色体のみに出穂期、穂長、1 次枝梗数、稈基径や稈長に関する QTL が集中していることが明らかとなった。これらの結果から、Basmati の収量性を向上させることができるものと考えられた。

2-3-5. 収量向上に繋がる有用農業形質の QTL

アフリカで栽培されている陸稲 NERICA 品種群に高収量性をもたらしたアジア稲側の親系統の一つである WAB181-18 に着目した。WAB181-18 はその収量性の高さや穂の大きさに特徴が見られたため、WAB181-18 とコシヒカリの交雑によって得られた F₂ 集団を用いて、有用農業形質および穂形質に関する QTL 解析を行なった。その結果、稈および穂の着色、無毛性、第 1 および第 3 節間の挫折荷重、一次枝梗数に関する QTL が検出された (図 15)。

第 3 染色体上に検出された一次枝梗数増加に関する QTL はこれまでに報告のない新規 QTL であったことから、より詳細な解析を進めた。コシヒカリおよび WAB181-18 の雑種後代集団を用いて、一次枝梗数に関する QTL (*qPBN3*; *qPrimary Branch Number 3*) に関するファインマッピングを行い、その候補領域を絞り込んだ (図 16)。候補領域内に含まれていた 4 遺伝子について、リアルタイム PCR 法による発現解析等を行い、新規候補遺伝子 *qPBN3* の単離に成功した。一次枝梗数が増加すると、それに伴い一穂あたりの粒数が増加することから、*qPBN3* の導入がイネの収量性向上に繋がる可能性が考えられた。このことから、WAB181-18 および WAB 由来の *qPBN3* を有する NERICA 系統は、現地で高収量性付与のために用いることができる有用な育種素材であると考えられた。

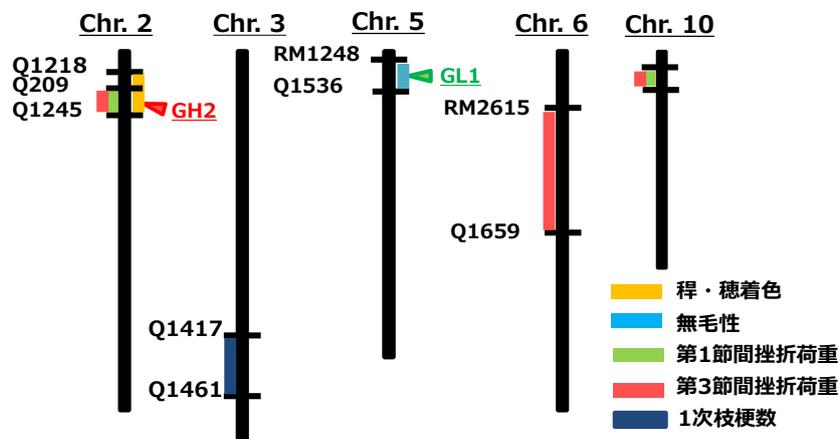


図 15 NERICA 親系統 WAB181-18 で見つかった有用形質の QTL

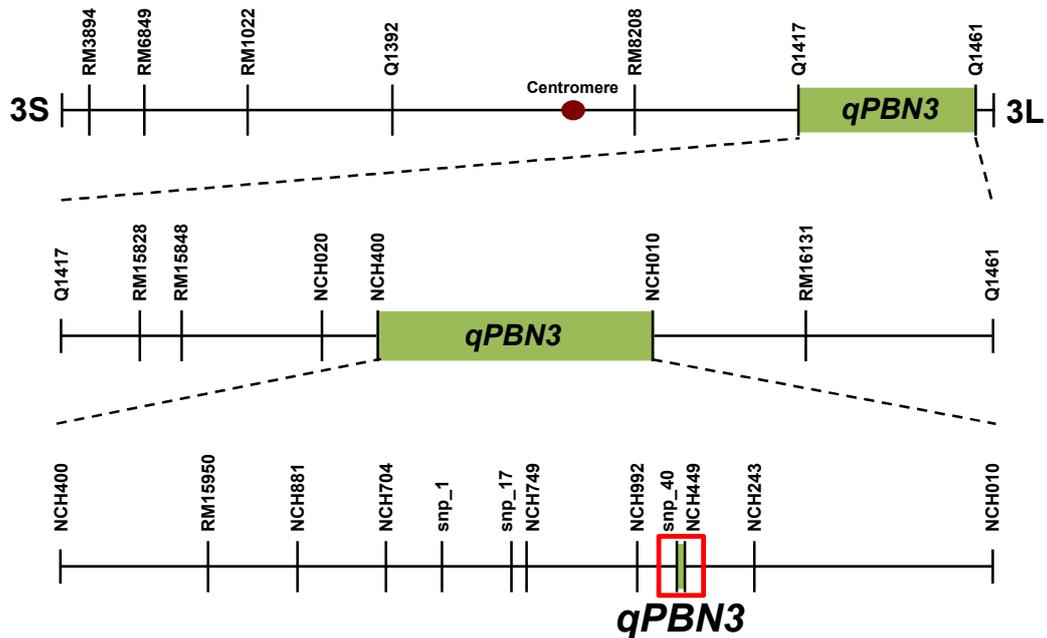


図 16 コシヒカリ × WAB181-18 F3~F5 集団を用いたマッピングの結果

2-3-6. 浅根性の QTL

水稻品種、台中 65 号由来の浅根性突然変異体 T6-16 と陸稲品種 WAB56-104 との F2 種子を取得した。KALRO ムエア支所キログ農場の試験水田において、各 F2 個体の成苗を 2 分割し、一方の株を湛水条件下で、もう一方を軽微な乾燥ストレス下で栽培した。各 F2 個体について、両栽培環境下での出穂日および収量の差を調査した。その結果、両栽培環境下での出穂日の差は浅根性突然変異遺伝子をホモ型に持つ F2 個体群のみにおいて最大で 17 日と大きく異なり、ストレス下で遅延する傾向が確認された (図 17C)。その際、これらの F2 個体において湛水下と軽微な乾燥ストレス下での収量の差はほとんど認められない系統が存在していた (図 17A, B)。そこで、著しい浅根性を示す T6-16 の変異遺伝子に密接に連鎖する DNA マーカーの取得を目指し、マップベースクローニング法により変異遺伝子の座乗領域を特定した。加えて、WAB56-104 と本変異体の交雑後代の根系形態を観察し、育種利用の可能性を検証した。その結果、変異遺伝子は WAB56-104 と本変異体の交雑後代でも根系形態を改良できることを確認するとともに、本変異遺伝子の座乗候補領域を第 9 染色体上の 80cM 付近 (約 100kb) に制限した。これにより、T6-16 の変異遺伝子の有用性が示唆され、また育種利用を進めるための DNA マーカーの取得に成功した。

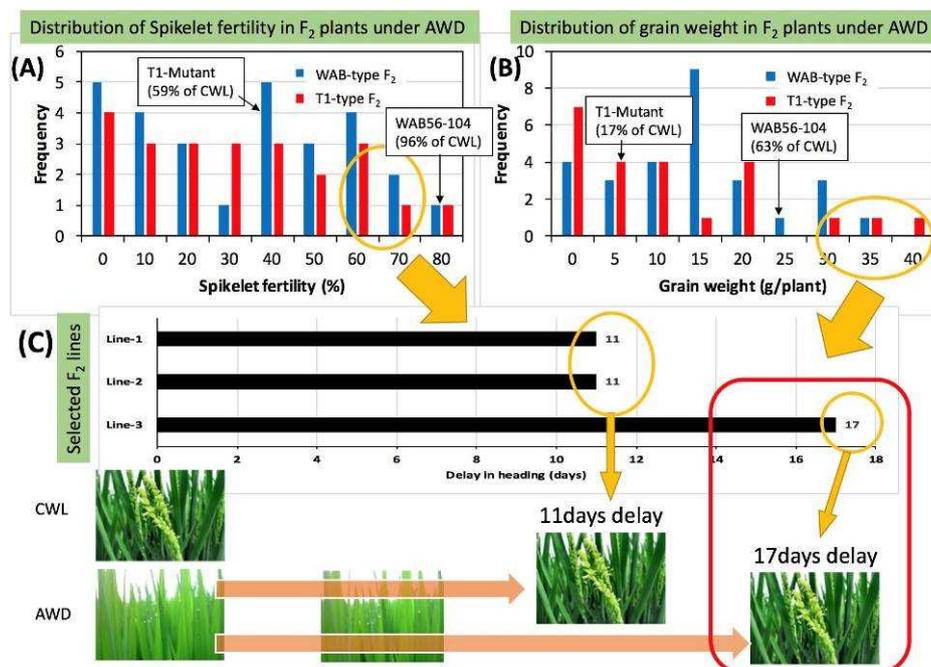


図 17 台中 65 号由来の浅根性変異体と WAB56-104 間の F2 における AWD 下での稔実歩合 (A) および株あたり収量 (B) と、CWL 下に比較した AWD 下での出穂期の遅延日数 (C)

2-3-7. 耐塩性の QTL

これまでに見つかっている耐塩性の QTL は、栄養成長に関わるもののみである。生殖成長期の耐塩性は、必ずしも栄養成長期のそれと一致しないことが報告されている。そこで、収量をターゲットとした耐塩性 QTL の検出を目的として、コシヒカリ/Nona bokra 由来の染色体断片置換系統 44 系統を、希積海水を灌漑した塩害圃場において栽培し、比較した。乾物重や収量、収量構成要素などのデータに基づき、コシヒカリよりも顕著に高い生殖成長期耐塩性を示す系統が複数得られた (図 18)。塩害下におけるコシヒカリの収量低下は、塩害により登熟後期の生育停止が早く起こり、収量構成要素のうち特に登熟歩合が塩害で減少したことが原因であった。一方、収量維持系統は、塩害下でも登熟後期の生育を比較的維持し、登熟歩合を維持したことから、これらの形質が、コシヒカリの塩害下での収量維持に重要であることが明らかになった。塩害の直接の原因と考えられるナトリウム濃度の増加およびカリウム濃度の減少の程度については、コシヒカリと収量維持系統との間に差は認められなかった。また、塩害下において、ナトリウム濃度が低くカリウム濃度を維持した系統の収量は、必ずしも高く維持されなかった。以上の結果より、塩害下ではイネの各収量構成要素の抑制程度は異なり、各収量構成要素の維持は異なる QTL によって支配されること、および塩害下での植物体内のイオン恒常性の維持だけでは必ずしも収量の維持につながらないことが示された。本研究によって得られた結果は、ケニア向け耐塩性品種の育成にも活用可能であると考えられる。



図 18 塩害圃場における耐塩性系統選抜の様子

④研究題目 2 のカウンターパートへの技術移転の状況

日本から派遣された教員・研究員が現地に常時 1~3 名滞在し、ケニア側研究者と協働することにより、農業形質の評価方法、光合成速度や気孔コンダクタンスなど生理的データの測定、根長や葉面積などの形態的データの測定、植物サンプルの化学分析等に関する技術移転を行った。

現在のイネ研究において重要な部分を占める DNA マーカーを用いた遺伝子発見および育種における DNA マーカー選抜を実施するため、ムエアに基本的な DNA 解析機器を導入した。文部科学省奨学金 (SATREPS 枠および大使館推薦) を得て名古屋大学および岡山大学の大学院博士課程後期課程に留学したカウンターパート研究員に形質評価手法および DNA 分析手法に関する技術移転を行った。また、現地においても、日本から派遣された教員・研究員がカウンターパート研究者に遺伝子解析技術の指導を行った。本プロジェクトの実施期間中にケニア人スタッフによる遺伝子実験施設の運用を開始し、十分な品質の DNA を抽出し、PCR による DNA マーカー検出を実施できるようになった。

⑤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

浅根性遺伝子を有する系統の出穂が、軽微な土壤水分ストレスによって大きく遅延することを見出した。この現象を利用して、冷害を回避するための栽培技術の開発を着想した。

(4) 研究題目 3 : 「有用 QTL を導入したケニア向け育種素材の開発」

名古屋大学 (リーダー: 山内章) ・岡山大学グループ (リーダー: 前川雅彦) ・KALRO グループ (リーダー: John M. Kimani)

①研究題目 3 の研究のねらい

DNA マーカー選抜、全ゲノム SNP 情報を利用したゲノミックセレクション、遺伝子再編などの最新技術を駆使し、耐旱性、耐冷性、いもち病圃場抵抗性、低肥条件適応性、多収性、その他有用農業形質などに関連する QTL を導入した系統群を作出する。

②研究題目 3 の研究実施方法

DNA マーカー選抜、全ゲノム SNP 情報を利用したゲノミックセレクションなどの分子育種技術を駆使して、既知の多収性、低肥条件適応性、耐旱性、耐冷性、いもち病圃場抵抗性品種が有する各形質に関連する QTL を現地適応品種に導入した準同質遺伝子系統 (NIL: near-isogenic line) および組換え自殖系統 (RIL: Recombinant inbred lines) を作出する。これらの NILs および RILs を用いて、QTL の導入効果および導入した QTL が別の形質に影響を及ぼす多面発現を検証する。その上で、有用 QTL を導入したケニア向け品種の中間

母本を育成する。さらに、これらの中間母本を利用したイネ品種開発計画を作成する。

③研究題目3の当初の計画（全体計画）に対する成果目標の達成状況とインパクト

3-1. 有用 QTL を導入した NIL/RIL の作出

ケニアの主力品種 Basmati370 に既知の耐冷性品種（Silewah、ASU）を交配した交雑後代系統の世代を F6 まで進めた。また、耐冷性品種 Silewah に Basmati370 由来の香り遺伝子 BADH2 および長粒遺伝子 OsSPL16 を導入した BC3F3 世代の材料（IR126091-3-10、IR126091-3-11、IR124709-2-8、IR124709-2-9 など）を作出した。

ムエアでの主力品種である Basmati370、耐旱性品種として知られている NERICA 1、Azucena、IRAT109、Kinandang Patong に 1 穂粒数を増やす遺伝子（Gn1a）、1 次枝梗数（穂軸から最初に出る枝）を増やす遺伝子（WFP）を導入した NIL を作出した（図 20）。また、耐旱性に関わる有用根系形質 QTL をもつ KDML105、K7-34 および N2-63-4 系統と NERICA の親系統である WAB56-104 との交雑後代の世代促進と戻し交雑を行い、BC₃F₁ を得た。

いもち病に対して圃場抵抗性を示す遺伝子である *pi21* が有望な遺伝子であると考えられたため、ムエアでの主力品種である Basmati370、耐旱性の NERICA 1、Azucena、IRAT109 および Kinandang Patong、既知の耐塩性品種 IR63307-4B-13-2 に *pi21* を導入した NIL を作出した。

pLIA-1 を用いて、低肥条件適応性に加え様々な環境ストレスに対する抵抗性を有すると考えられる *Oryza longistaminata* に由来する染色体断片を Kernel Basmati に導入し、全 50 系統の染色体断片置換系統群 LCSILs（longistaminata chromosome segment introduced lines）を育成した。また、スクリーニングの結果 T-65 が低肥条件でも比較的収量性が良いことが分かり、T-65 に Basmati の香り米性遺伝子を導入した系統や、Basmati に T-65 の出穂性を導入した NIL および 1 穂粒数を増加させる Taw1 遺伝子や Apo1 遺伝子を導入した NIL を作出した。

3-2. 有用 QTL 導入効果の解明

3-2-1. 耐冷性 QTL の導入効果

ケニアの主力品種であり耐冷性極弱の Basmati370 に既知の耐冷性品種（Silewah、ASU）を交配して作出した F6 世代の系統群などの耐冷性をケニアで評価したところ、耐冷性の強い有望系統が同定された。また、耐冷性品種 Silewah に Basmati370 由来の香り遺伝子 BADH2 および長粒遺伝子 OsSPL16 を導入した BC3F3 世代の材料（IR 126091-3-10、IR 126091-3-11、IR 124709-2-8、IR 124709-2-9 など）について、ケニアで耐冷性の評価を行った。この系統は、Silewah と同等の耐冷性を示すと期待されたが、実際には低温に感受性であった。これは染色体 8 の BADH2 および OsSPL16 遺伝子の近傍に耐冷性に関与する遺伝子があるためと考えられた。

はなの舞/WAB56-104 間において検出された二つの QTL について、WAB56-104 を戻し交雑した系統群を用い（図 19）、これら QTL の有用性を愛知県農業総合試験場山間農業研究所の冷水掛け流しによる耐冷性検定圃場および KALRO ムエア支所キロゴ圃場の耐冷性検定システムを利用して評価した。その結果、平均温度が 19.5 度程度の軽微な冷温ストレス下では、両耐性対立遺伝子を有する系統の稔実歩合は 66~78% に維持され、それらを保持しない系統に比べて 13~20% 程度の向上が認められた。また、平均温度が 18 度程度に低下する条件下では、両耐性対立遺伝子を有する系統の稔実歩合は約 40% まで減少したが、この場合でもそれらを保持しない系統に比べて 27% 程度の稔実歩合の向上が認められた（図 20）。以上より、「はなの舞/WAB56-104」間で検出された耐冷性に関わる二つの QTL は、今後の耐冷性品種育成に有用であることが明らかとなった。

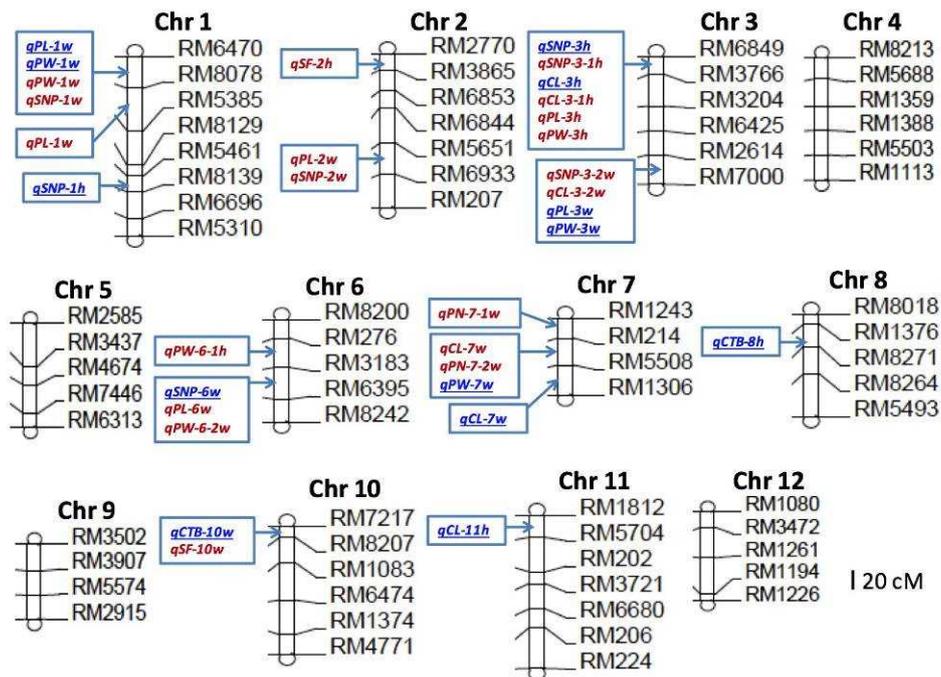


図 19 NERICA 親品種「WAB56-104」と極耐冷性品種「Hananomai」間で見出された耐冷性および農業形質に関わる QTL の座乗位置

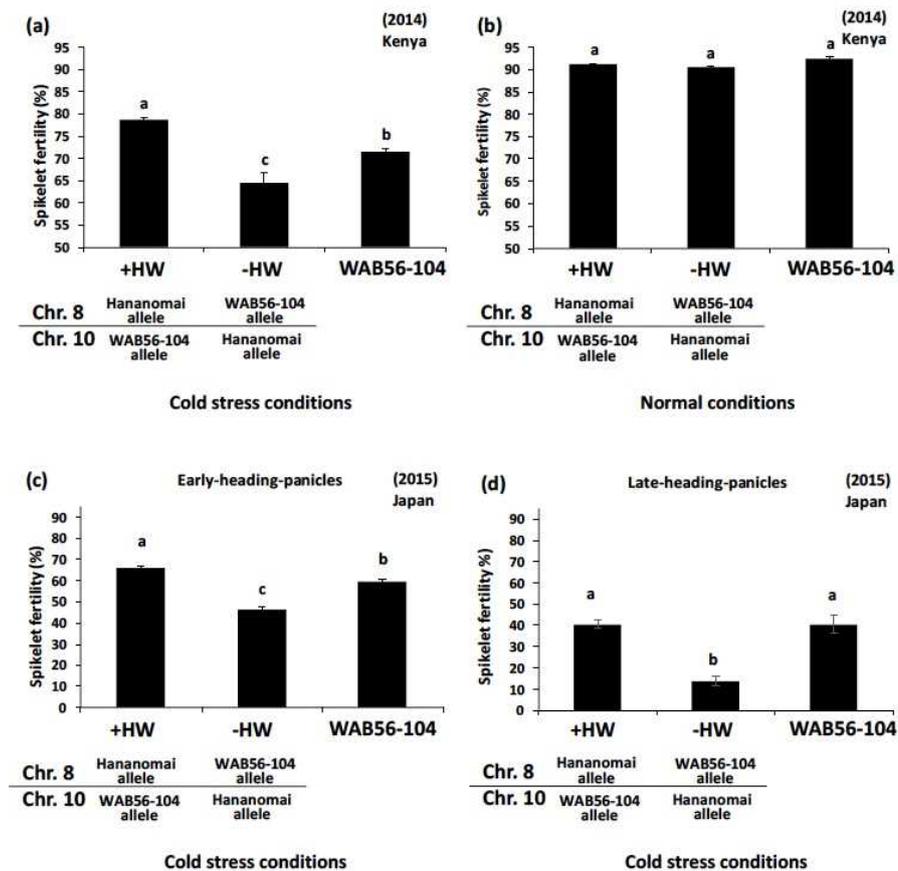


図 20 NERICA 親品種「WAB56-104」と極耐冷性品種「Hananomai」間で見出された耐冷性に関わる QTL の戻し交雑後代系統を用いた耐冷性評価

3-2-2. 耐旱性 QTL の導入効果

イネ品種「金南風」由来の K7-34 系統が有する根系発育を促進させる遺伝子座を陸稻 NERICA の親品種の一つである WAB56-104 に導入し、交雑後代系統を用いて日本国内およびケニアの KALRO ムエア支所キログ圃場にて評価した。その結果、本遺伝子座は軽微な乾燥下での吸水能力の向上を通して、節水栽培時に生じる軽微な乾燥ストレス下での地上部生育の維持に貢献する可能性が示唆された。

3-2-3. いもち病抵抗性 QTL の導入効果

いもち病が問題となっているムエアの主力品種 Basmati370 に、いもち病圃場抵抗性遺伝子 *pi21* を導入した系統 (BC3F3~BC4F3) のいもち病抵抗性を、いもち病菌接種試験によって評価したところ、抵抗性に改善が認められた。しかし、KALRO ムエア支所のいもち病抵抗性評価圃場における評価では、*pi21* によるいもち病抵抗性の改善は認められなかった。*pi21* の供与親である戦捷は抵抗性であったため、戦捷は *pi21* 以外にムエアで有効な抵抗性遺伝子を持つと考えられた。一方、Basmati370 に ASU や Silewah を交雑して得られた後代 (F4、F5) からは、ムエアの条件下でいもち病に抵抗性を示す個体が得られた。

3-2-4. その他有用農業形質に関する QTL の導入効果

乾燥ストレスに強いとされる NERICA 1、Azucena、IRAT109、Kinandang Patong に、シンク関連遺伝子である Gnl1a や WFP 遺伝子を導入した系統を導入した系統 (BC3F3~BC3F5 世代) の収量性、いもち病抵抗性を評価した。これらの材料は、ムエアの主力品種である Basmati370 とは遺伝的背景が異なるが、今後、ストレス抵抗性および収量性やいもち病抵抗性を同時に改善する際の間接母本として有用である可能性が示された。

低肥条件に適応性を示した T-65 に Basmati の香り米性遺伝子を導入した NIL および 1 穂粒数を増加させる Taw1 遺伝子や Apo1 遺伝子を導入した NIL について、種々の肥料条件 (標準施肥 (75 N kg/ha)、多施肥 (100 N kg/ha)、無施肥、5 年間無施肥) で評価した。その結果、標準施肥区では、T-65 にバスマティの香り米性遺伝子を導入した系統が高い収量性を示した。この系統はいずれの肥料区でも高い収量性を示し、低肥料区で有望系統であると考えられた。また、T-65 に Apo1 遺伝子を導入した系統は、5 年間無施肥区で T-65 に次ぐ収量性を示すことが分かった。なお、無施肥区および 5 年間無施肥区では T-65 が高い収量性を示すことが改めて明らかになった。

3-2-5. *Oryza longistaminata* の染色体断片導入効果

LCSILs 全 50 系統の様々な農業形質を評価した。その結果、穂が大きくなるもの、早生や不稔を示すものが見出され、*Oryza longistaminata* から導入した染色体が大きな効果を示すことが明らかであった。また、LCSILs を標準施肥 (75 N kg/ha) および無施肥条件で栽培し、収量と収量構成要素を調査した。また、LCSILs を KALRO ムエア支所に作成した耐塩性検定圃場において評価した。LCSILs の低肥条件適応性および耐塩性には系統間で大きな変異が認められ、*Oryza longistaminata* から導入した染色体による影響であると考えられた。

3-3. 有用 QTL を導入した中間母本の作出

3-3-1. 籾数増加 QTL を導入した中間母本

現地の水稻主力品種である Basmati 370 にハバタキが有する 1 次枝梗数 (穂軸から最初に出る枝) を増やす遺伝子 (AP01)、2 次枝梗数 (1 次枝梗数から発生する分枝) を増やす遺伝子 (Gnl1a)、および 1 次枝梗の先端部分に着く 2 次枝梗を増やす遺伝子 (qGN8) を導入した 15 系統の NILs (BC2F4) の生産力を KALRO ムエア支所キログ農場の試験圃場で評価した。その結果、現地適応性の高い 4 系統、PN20 (Gnl1a 導入系統)、PN30 (AP01 導入系統)、PN1808 (AP01 導入系統) および PN1811 (qGN8 導入系統) を中間母本として選抜した。同様に、陸稻品種 NERICA 1 に Gnl1a を導入した IR126100-1 および WFP を導入した IR126102-1、

IRAT109 に WFP を導入した IR124722-2-6、Gn1a を導入した IR124723-1-2、WFP と Gn1a を導入した IR124723-1-18 を中間母本として選抜した。また、*Oryza longistaminata* の染色体断片置換系統である 50 系統の LCSILs の中から、穂長が長く、多くの籾を着生する LCSIL1、LCSIL36 および LCSIL38 の 3 系統を中間母本として選抜した。

3-3-2. いもち病抵抗性 QTL を導入した中間母本

NERICA 1、IRAT109 および Basmati370 に戦捷が持ついもち病圃場抵抗性遺伝子 pi21 をそれぞれ導入した 3 系統 IR126093-1 (BC4F3)、IR124724-1-8 (BC4F3) および IR124713-1 (BC3F3) を中間母本として選抜した。IR124713-1 については、KALRO ムエア支所キロゴ圃場の耐冷性検定システムを利用して評価したところ、低温ストレス条件下における稔実率が親の Basmati370 と比較し約 60%向上していた。したがって、IR124713-1 は耐冷性の中間母本としても利用できる。

3-3-3. 耐冷性 QTL 等を導入した中間母本

耐冷性 QTL を持つはなの舞/WAB56-104 に WAB56-104 を 3 回戻し交雑した BC₃F₁ 世代の蒴を採種し、蒴培養 (図 21) により全遺伝子型を固定した再分化個体 IP-CT-HW を作出し、中間母本として選抜した。また、耐冷性極強の陸稲品種 WAB56-104 に著しい浅根性を示す台中 65 号の突然変異体 T6-16 が持つ浅根性の変異遺伝子を導入した BC₃F₁ 世代の蒴を採種し、蒴培養により全遺伝子型を固定した再分化個体 IP-CE-TW を作出し、中間母本として選抜した。浅根性の IP-CE-TW は、灌水を制限し軽微な乾燥ストレスを与えることによって出穂が約 17 日遅延することを確認した。出穂を遅延させることによって、最も気温が低下する時期を回避して開花させ、冷害を回避することが可能である。

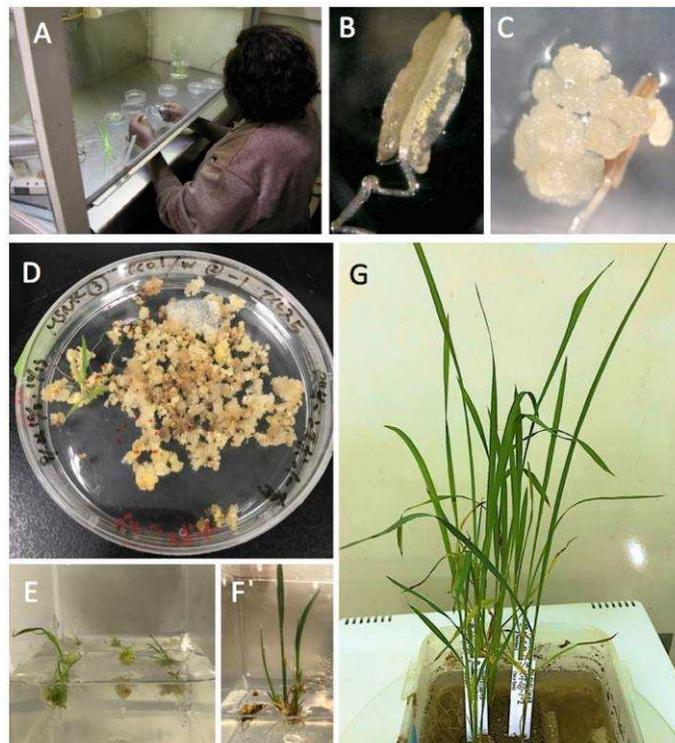


図 21 BC₃F₁ 系統の穂を用いた蒴培養の様子

- A: クリーンベンチ内における穂からの蒴の採種とカルス誘導培地への置床。
- B: カルス誘導培地への置床 2 週間後の様子。
- C: カルス誘導培地への置床 4 週間後の様子。活発なカルスの増殖が認められる。
- D~G: カルスから再分化した個体の成長の様子。

3-3-4. 耐旱性 QTL を導入した中間母本

イネ品種「金南風」由来の K7-34 系統が有する根系発育を促進させる遺伝子座を陸稲 NERICA の親品種の一つである WAB56-104 に導入した BC₃F₁ 世代の蒴を採種し、蒴培養により全遺伝子型を固定した再分化個体 IP-DE-KW を作出し、中間母本として選抜した。IP-DE-KW は、軽微な乾燥下での吸水能力の向上を通して、節水栽培時に生じる軽微な乾燥ストレス下において地上部の生育を維持することが出来る。

3-3-5. 低肥条件適応性 QTL を導入した中間母本

Taichung 65 に Kernel Basmati 由来の香り遺伝子 BADH2 を導入した NILs を作出し、高い現地適応性が認められた 15F1-51 を中間母本として選抜した。また、*Oryza longistaminata* の染色体断片置換系統である 50 系統の LCSILs の中から、無施肥水田においても比較的高い収量を維持した LCSIL1、LCSIL36 および LCSIL38 の 3 系統をを中間母本として選抜した。

3-3-6. 集団育種法による品種育成

ケニアの主力水稲品種 Basmati370 に Silewah (耐冷性、いもち病圃場抵抗性)、ASU (耐冷性、いもち病圃場抵抗性)、Sensho (耐冷性、いもち病圃場抵抗性)、Habataki (多収性)、ST12 (多収性) を交配して得られた後代を各世代の個体から 1 粒のみを採って次世代を育てる単粒法 (Single Seed Descent:SSD) によって世代促進を行い、ほぼ固定した世代とみなすことができる F6 世代の系統群を得た。これらの系統のいもち病抵抗性および耐冷性を KALRO ムエア支所において評価し、有望系統を選抜した。さらにアロマの有無、籾の形状、通常の水田における収量性について評価し、いもち病抵抗性の系統 12WF4-2(a)-2 (図 22) および耐冷性の系統 12WF48-5 を中間母本として選抜した。



いもち病抵抗性 感受性

図 22 Basmati370 といもち病抵抗性品種との交配により育成されたいもち病抵抗性系統

3-3-7. 育種計画書の作成

上記の中間母本から品種を作出し、品種登録を経て農家に普及するための種子生産に至るまでの工程を示した育種計画書を作成した。本育種計画書は、2018 年 4 月 17 日に KALRO 本部で開催された Project Steering Committee に提出され、承認された。本プロジェクト終了後、カウンターパート研究者は、本育種計画書に従って品種開発を進める予定である。

④研究題目 3 のカウンターパートへの技術移転の状況

文部科学省奨学金 (SATREPS 枠および大使館推薦) を得て名古屋大学および岡山大学の大学院博士課程後期課程に留学したカウンターパート研究員にマーカー育種の技術、NIL、RIL

および染色体断片置換システムの作り方などを指導した。また、薬培養や育種材料を使った形質評価についても技術移転を行った。カウンターパート研究員の帰国後には、日本から派遣された教員がフォローアップのための技術指導を行った。

⑤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

岡山大学が保有する日本型 T-65 とインド型 I-102 が低肥条件下で比較的良好な生育を示すことが判明したため、これらの材料を交配に用いて RILs を育成した。

(5) 研究題目4：「栽培環境、栽培技術、生育状況の実態解明と技術改善の検討」

島根大学グループ（リーダー：増永二之）・山形大学グループ（リーダー：佐々木由佳）・名古屋大学（リーダー：山内章）・KALRO グループ（リーダー：John M. Kimani）

①研究題目4の研究のねらい

ケニア最大の稲作地帯であるムエア灌漑地区において、水条件や土壌条件などの栽培環境と栽培管理の実態を調査し、栽培技術上の課題を抽出する。さらに、抽出された水条件や土壌条件に関する課題を解決するための栽培技術について検討し、生産性の向上、生産コストの低減、水消費量の減少、環境負荷の低減、地力の維持などを考慮した栽培方法を開発する。

②研究題目4の研究実施方法

ケニアにおける代表的な稲作生態系である公的灌漑水田、灌漑水田（アウトグロワー）が存在するケニア山麓の南側から東側の地域（ムエア灌漑地区）を対象に調査を実施する。水条件の違いによって対象地域を分類し、地域ごとに栽培環境（特に水条件、土壌条件等）と栽培管理（栽培品種、作付時期、水管理、肥培管理、収穫後の残渣管理等）の実態を明らかにする。特に土壌条件、水条件とイネの生育、収量および収量構成要素との関係を解析し、水条件の異なる地域での生育阻害要因と生産性律速要因を明らかにするとともに、稲作の安定化と生産性向上を図る上で解決すべき栽培技術上の課題を抽出する。抽出された課題の改善のための栽培試験を実験圃場あるいは農民の実圃場を対象として行い、その結果に基づき、栽培技術改善の方向性を提示し、実証試験を実施する。さらに、開発した栽培技術を農家レベルで実証するための栽培技術実証試験マニュアルを作成し、実際に農家圃場で栽培技術実証試験の試行を行う。

③研究題目4の当初の計画（全体計画）に対する成果目標の達成状況とインパクト

4-1. 栽培環境と栽培管理の実態調査

4-1-1. 水および土壌環境

2013年12月と2014年12月にムエア灌漑地区および周辺の新規水田開発地区において、灌漑水の供給状況とイネの収量調査を行うとともに地下水、表面水、排水のpH、ECの測定を行った。その結果、灌漑地区には灌漑水が十分に供給される地域と不足する地域があることがわかった。新規水田開発地区の水田は田越灌漑を行うか低湿地など常に水が供給される場所に存在した。また、日本の稲作では基本技術である代かきが、現地の慣行では実施されていないことが分かった。

さらに、ムエア灌漑地区およびその周辺の水田圃場において、農家の肥培管理の現状に関する聞き取り調査と、土壌採取(212点)を行った。また、約20地点で灌漑水のpHと電気伝導度(EC)の測定および収量調査も行った。土壌は、ケニアおよび日本の許可を得て日本に輸入し化学分析を行った。肥培管理方法の調査結果、現地農家は通常窒素とリン酸のみを与えていること、湛水状態で施肥しているため排水と共に肥料成分が流亡する農家が多いことが明らかとなった。下流域の圃場において塩類集積を心配する農家があり、実際に畦に塩類が析出している圃場も認められた。下流域で塩類が高くなる原因として、灌漑水のEC（電気伝導度：塩類濃度の指標となる）が下流域ほど高い事が挙げられる（図23）。

これは上流域から下流域への肥料成分や土壌中の塩類が排水と共に流亡しその水が灌漑水として使われている（掛け流し灌漑）事が主原因である。さらに、水田内の水の塩類濃度が高いほど収量は低い傾向が認められた（図 23）。水田は用水路か田越灌漑で灌漑されており、いずれの灌漑方法でも下流域で水が不足しやすい状態にあった。

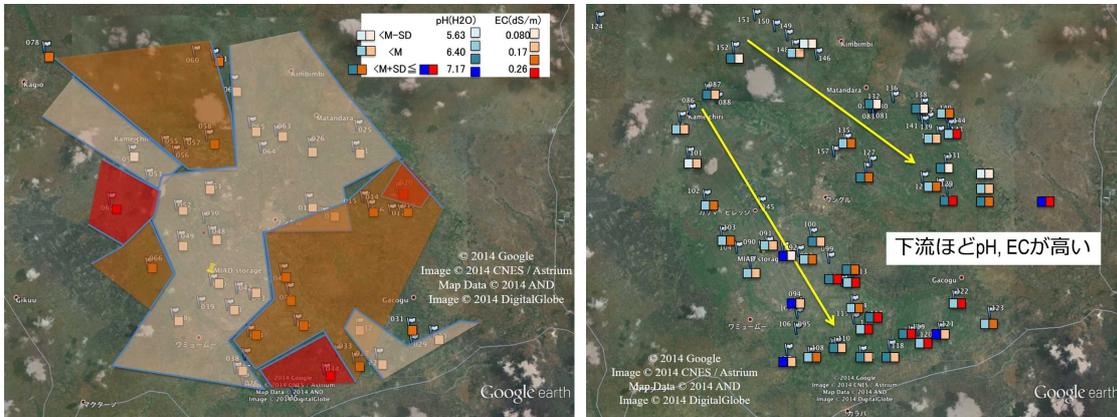


図 23 ムエア灌漑地区における土壌の EC(左) および灌漑水の pH および EC(右)

ケニア西部の主要な稲作地域であるアヘロおよび西カノ灌漑地区において、農家圃場の調査と土壌採取分析を行った。その結果、両灌漑地区の土壌には、特に問題は認められず、P も高く生産性の高い土壌と判断された。また、東部の半乾燥地帯を流れるタナ川流域にあり、塩害が問題となっているブラおよびホラ灌漑地区の土壌についても分析した。ブラ地区とホラ地区の土壌は、両者ともに pH (H₂O) が 8.0 以上の強アルカリ性土壌であり、イネの生育を制限する要因になると考えられた。また、両地区ともに土壌の Ca 濃度が 33 cmol_c kg⁻¹ 以上と高かった。他方、土壌 Na 濃度については、ブラ地区では 1.8 cmol_c kg⁻¹ であったのに対して、ホラ地区では 3.4 cmol_c kg⁻¹ と高く、塩による障害がより大きくなるものと考えられた。

4-1-2. 作付け時期と気象条件

KALRO ムエア支所の試験圃場において、2013 年 10 月から 2015 年 2 月にかけて 15 日毎に Basmati370 を播種し、播種後 3 週目の苗を移植することで、現地環境下で作期が生産性に及ぼす影響を調査した。34 回の栽培で収量は 28~821 g m⁻² と大きく変化した（図 24）。3 月から 6 月前半にかけて播種をすると、生殖生長期および登熟期が 6~8 月の冷涼期（図 25）にあたるため、収量が大きく低下した。平均気温に着目した場合、12~1 月にも冷涼期があるが、この時期に重要な生育ステージが重なる 9~12 月播種の栽培では収量の大きな低下は見られなかった。5~8 月は曇りの日が多く日射量が低下するが、12~1 月にかけては日射量の大きな低下は見られなかった（図 25）。このことが、二回の冷涼期で収量が大きく異なる原因と考えられた。一般にムエアの農家は 7 月中旬に播種、8 月上旬に移植、12 月に 1 回目の収穫、2 月にひこばえの収穫を行う。しかし、慣行の 7 月播種の収量が必ずしも最大とはならないことが明らかとなった。

ムエア地域におけるイネの冷害の実態を明らかにするため、農家に対する聴き取り調査と農家圃場における坪刈り調査を行った。その結果、現地で優先的に栽培されている Basmati 370 に冷害が多く発生していることが分かった。二期作を行う農家が 2 月中旬以降に播種を行い、5 月下旬以降に出穂すると大雨季後半の低温により障害型冷害を受ける可能性が高まるものと考えられた。また、ケニア山周辺では標高 1400 m 程度まで稲作が可能であるが、標高が高いほど冷害のリスクにさらされている実態が明らかになった。

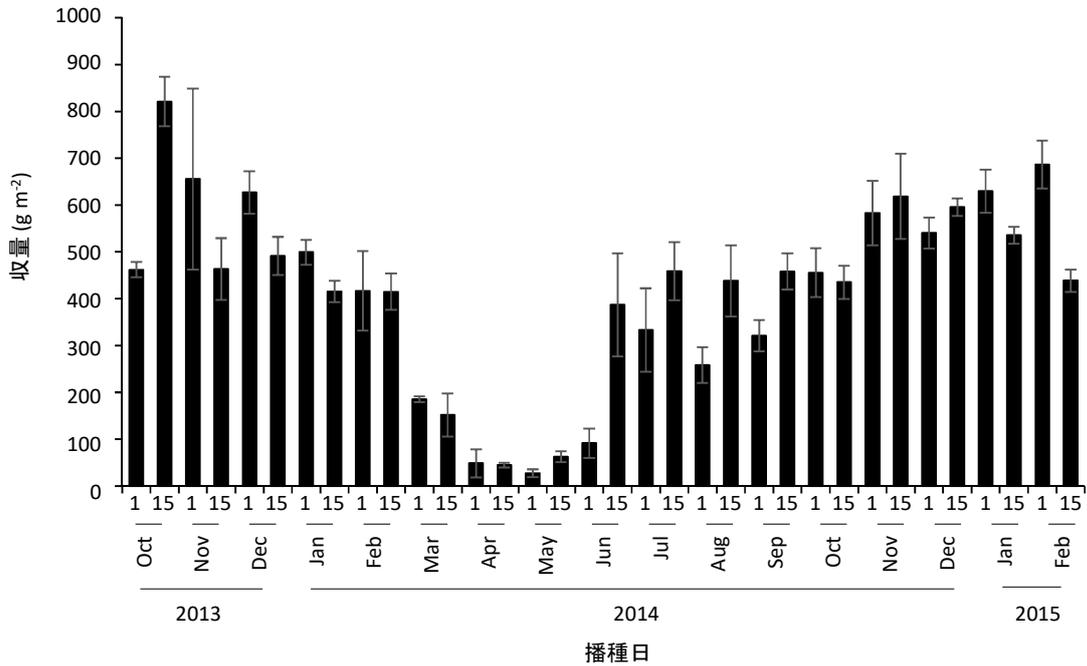


図 24 15 日間隔で播種した水稻品種 Basmati 370 の収量

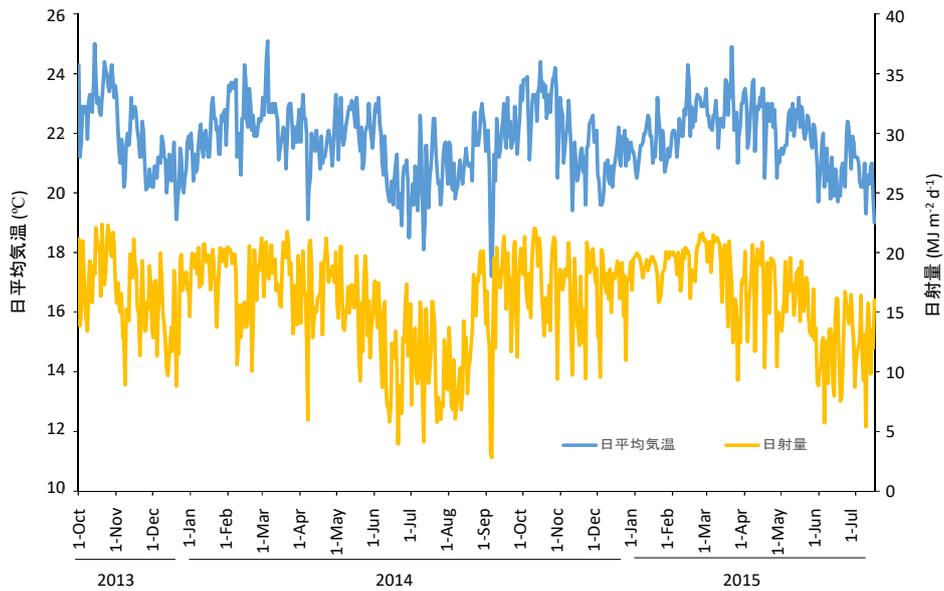


図 25 2013 年 10 月から 2015 年 7 月の平均気温と日射量の推移

4-2. 栽培技術に関する課題の抽出

4-2-1. 水管理技術に関する課題

現地での観察と聞き取り調査の結果から、イネ生育期間中の灌漑水の供給停滞による収量の低下が起きていること、灌漑水の供給量が作付面積や栽培時期を規定していることが明らかとなった。灌漑地区内のすべての水田に灌漑水を十分量供給するためには、イネ収量を減少させずに水消費量を減少させる間断灌漑による節水栽培技術を確立し、灌漑水が十分に供給される地域に導入する必要があると考えられた。また、無代かき栽培が水田か

らの漏水増加に繋がっている可能性が示唆されたため、代かき技術の導入による節水効果についても検証することとした。また、間断灌漑は、作土層内の酸化・還元を繰り返すことになるため、湛水栽培と比較して施肥窒素の硝化・脱窒による損失が増え、施肥窒素利用率が低下する可能性がある。したがって、間断灌漑条件下において施肥窒素利用率の低下を抑える栽培技術の開発が必要であると考えられた。

4-2-2. 施肥管理技術に関する課題

一方、ムエア灌漑地区および周辺の新規水田開発地区における土壌分析データを解析した結果、現地農家が問題視しているように下流域の圃場において塩類 (Ca と Mg) 濃度が高い傾向にあり、掛け流し灌漑により肥料成分や土壌から塩類が溶出して下流に流れ、下流圃場で集積していることが示された。これにより、Ca および Mg に対する K の割合が低下し、イネに対する K 可給度が欠乏レベルになっている地域が多い事が示された (表 1)。さらに、一部の新規水田開発地区を除くと pH および EC とイネ収量の間に負の相関が認められたことから、土壌の塩類濃度の高まりがイネの収量を抑制している可能性が示唆された。土壌分析の結果と考えあわせると、特定の塩類 (Ca や Mg などの) 濃度の高まりによって土壌塩類のバランスが崩れ、イネ収量が抑制されるような圃場があるものと考えられた。また、微量元素において可給態 Zn の含量が低く、欠乏レベルにある圃場が多く確認された。以上の結果より、K および Zn の施肥に関する技術改善が必要であると考えられた。

表 1 ムエアにおける土壌分析の結果 (一部抜粋)

	pH(H ₂ O)	pH(KCl)	EC (dS m ⁻¹)	Ex.	Ex.	Ex.	Ex.	Avail.	Avail.
				K	Na	Mg	Ca	Si	S
				(cmol(+) kg ⁻¹)				(mg kg ⁻¹)	
平均	6.4	5	0.17	0.3	1.1	22	35.5	443	56.4

4-2-3. 多収栽培のための品種特性と施肥管理に関する課題

海拔約 1200 m にあるムエア灌漑地区は、多収栽培に必要とされる高日射量と低夜温の条件を満たしている。潜在的には 10 t ha⁻¹ 以上の収量が達成可能と考えられる。しかし、実際の収量は、約 5 t ha⁻¹ に留まっている。ムエア灌漑地区の慣行施肥管理法では、75 kg N ha⁻¹ を 3 回に分けて (25 kg N ha⁻¹ ずつ 3 回) 施用している。栽培環境に見合う高収量が達成できていないのは、品種の生産力が低いこと、および窒素施肥量が不十分であることが原因として予想された。そこで、多収品種の導入と窒素施肥量の増加によって水稻の収量向上が達成できるか検討した。本試験ではムエア地区で広く栽培されている Basmati370 および BW196 を用いた。また、それらを上回る収量を達成することを期待して、日本の多収品種タカナリおよび東南アジアの多収品種 IR72 を供試した。いずれの品種でも、窒素施肥量の増加に伴い地上部乾物重は増加し、約 20 t ha⁻¹ の乾物生産を達成できた。しかし、乾物生産量の増加は必ずしも高収量に結びつかなかった。この原因は、多施肥条件下における登熟歩合の低下であった。窒素施肥量の増加だけでは、多収を達成することは困難であることが明らかとなった。

4-2-4. 収量予測モデルを活用した冷害に関する課題の抽出

国際稲研究所が開発したイネ生育収量予測モデル ORYZA2000 を用いて、本プロジェクトで行った過去 3 年間にわたるイネ品種 Basmati370 を用いた栽培試験での生育・収量の予測を試みた。あらかじめ ORYZA2000 で設定されている標準品種のパラメータを用いたところ、実測の収量の年次変動をうまく予測できなかったが、低温不稔に関する品種パラメータを変えることで、モデルの予測精度は大幅に向上した。このことはすなわち、現地では栽培時期によっては明らかに低温による不稔が低収の原因となっていることを示している。こ

れまでに経験的に低温不稔が問題になっているということは認識されていたが、本研究により、低温不稔の影響を定量的に評価できた。また、これまでに低温に対する反応性を評価した品種群の中には本研究で用いた品種 Basmati370 よりも明らかに強い低温耐性を有する遺伝子源があることが明らかになっており、これらの遺伝子源を現地品種に導入することで、時期を問わずにイネを安定的に栽培できる可能性が示唆された。

4-3. 栽培技術改善方策の検討

4-3-1. 水管理技術の改善

2015年1月から2016年12月まで、ムエア灌漑地区における水条件に関する課題を解決するための栽培技術確立のため、KALRO ムエア支所のキロゴ農場において、間断灌漑による節水効果および耕起・代かきの改良による節水効果を検証するための圃場試験を実施した。間断灌漑を行うことにより常時湛水区と比較して灌漑水使用量や灌漑頻度は最大で半分程度に削減でき、イネ収量は同程度に維持された。イネの窒素吸収量は常時湛水区より間断灌漑区で低かったことから、間断灌漑は水利用効率と窒素玄米生産効率の両方が高い栽培方法であるといえる。耕起・代かき方法の改良により慣行の耕起・代かき方法と比較して日減水深は約10分の1に抑制され（図26）、イネ収量は同程度に維持された。イネ収穫後の土壌断面調査の結果より、耕起・代かき方法を改良した区の作土直下に水の浸透を抑制する層が形成されていることがわかった。キロゴ農場の土壌はNitisolsで、ムエア灌漑地区に広く分布するVertisolsより透水性が高い。本試験の結果から、Nitisolsでも間断灌漑と耕起・代かきの改良法の実施が節水栽培方法として有効であることが示された。

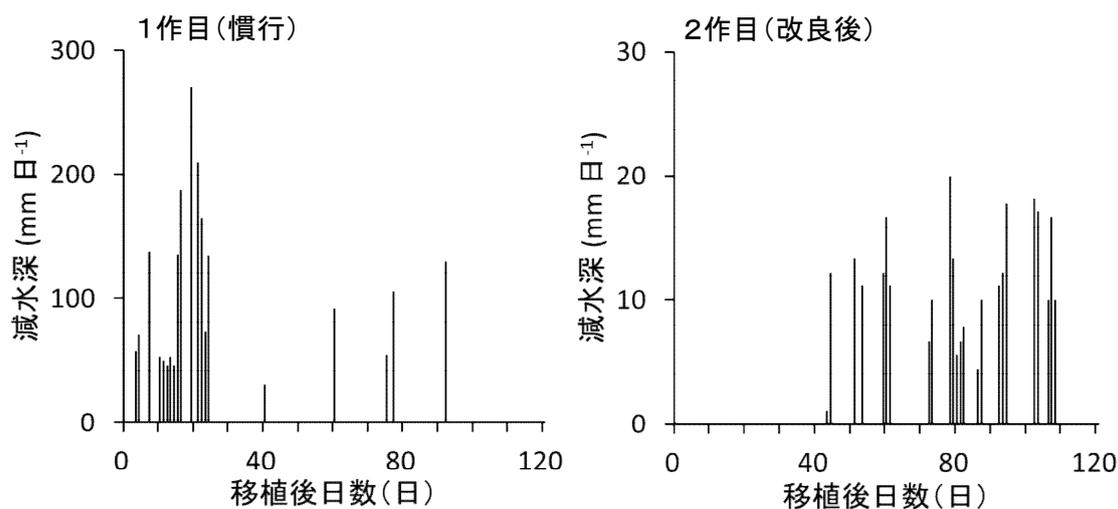


図 26 耕起・代かき方法の改良による減水深の変化。1 作目（左）は現地慣行の耕起・代かき方法を実施、2 作目（右）は耕運機で耕起後に代かきを3回実施した。

さらに、間断灌漑条件下における施肥窒素の硝化・脱窒による損失を抑制する栽培技術を検討するため、ムエア灌漑地域の水稲栽培における間断灌漑の実施が各施肥時期の施肥窒素利用率に与える影響を調査した。間断灌漑による圃場水位の変動は、土壌の酸化還元電位の上昇と pH 低下を引き起こし、生育と収量の低下をもたらす可能性が示された。しかし、活着期施肥は施肥後1週間程度、分けつ初期施肥は施肥時に土壌層の酸化還元電位を低く抑える水管理を行えば、間断灌漑による施肥窒素利用率の低下が起こらないと考えられた。

水田における間断灌漑に加え、稲作で使用する灌漑水の利用効率を向上させるために考案されたエアロビック・ライス法の適応可能性についても検討した。水田栽培と比較すると、エアロビック・ライス法における灌漑水量の減少は収量の低下につながる事が多く、

この傾向は特に熱帯地方で顕著である。しかし、温帯地方ではエアロビック・ライス法での収量が、水田栽培での収量を上回る例が報告されている。ムエア灌漑地区は赤道近くに位置するものの、海拔約 1200 m に位置し、環境条件は温帯地方に近い。そこで、同地区での収量向上を目指し、2014 年から 2016 年にかけて 6 回の圃場試験を行い、陸稲品種の収量をエアロビック・ライス法と水田栽培で比較した。IRAT109 は全ての栽培試験で、APO、NERICA 1、NERICA 4 は 2 回ずつ栽培試験で用いた。エアロビック・ライス法では、陸稲圃場に直播し、スプリンクラー灌漑により栽培した。深さ 20 cm の土壌水分ポテンシャルは、例外の数日を除き、生育期間を通して -20 kPa 以上であった。水田栽培はムエア灌漑地区の慣行に従って行った。IRAT109 の収量は、エアロビック・ライス法では 6.7~14.4 t ha⁻¹、水田栽培では 5.1~11.4 t ha⁻¹ で推移し、エアロビック・ライス法で有意に高かった (表 2)。また、栽培方法×栽培時期の相互作用は有意ではなかった (表 2)。このとき、地上部乾物重、穂数、一穂粒数、総粒数はエアロビック・ライス法で水田栽培より有意に高く、登熟歩合、千粒重、収穫指数は栽培方法間で有意差は観察されなかった。また、IRAT109 では栽培方法による到穂日数の差は 6 日以内であった。一方、APO、NERICA 1、NERICA 4 の収量は、かならずしもエアロビック・ライス法で高くならなかった。以上の結果から、適切な品種をエアロビック・ライス法で栽培することで、ムエア灌漑地区での稲作における収量増加が可能である事が示された。

表 2 キロゴ圃場で行った 6 回の栽培試験における水田栽培とエアロビック・ライス法での IRAT109 の収量の比較

Season	Flooded	Aerobic	average
1	11.4	14.3	12.9a
3	6.6	7.7	7.2b
4	5.5	6.7	6.1b
5	5.1	7.8	6.4b
6	6.1	8.9	7.5b
average	7.0	9.1***	

ANOVA

	df	Mean square
System (Sys)	1	33.90***
Season (Sea)	4	46.12***
Sys × Sea	4	1.20
Residuals	20	1.47

4-3-2. 施肥管理技術の改善

土壌の低 K 可給性に対する K 施肥の効果を検証するために、KALRO ムエア支所において、現地の主要な土壌種を用いたポット試験および圃場試験を行った。その結果、ムエア灌漑地区に最も広く分布する Vertisol においては、K 施肥を増加することにより収量向上が認められた。一方、Zn の施用による明確なイネ生育改善効果は確認できなかった。現在栽培されている品種の Zn 要求度が低い、あるいは K 欠乏など他の要因が制限因子となっている可能性が考えられた。

4-3-3. 多収栽培のための品種特性と施肥管理

窒素施肥の増加に伴う登熟歩合および収量の低下と品種の耐冷性との関係を調査するため、耐冷性の低い現地主力品種の一つである BW 196 と Komboka および耐冷性が高い NERICA 1 を 2015 年 3~12 月の毎月上旬に播種し、N 施肥量に対する生育と収量の反応を比較した。

この10回の栽培試験を通して、耐冷性程度の低いBW196とKombokaではN施肥量の増加に対して収量の変化は見られなかった(図27A、B)。この時、両品種の地上部乾物重(図27D、E)と総粒数はN施肥量の増加に伴い増加したが、登熟歩合(図27G、H)と収穫指数が低下した。一方、耐冷性程度の高いNERICA 1では、N施肥量の増加に伴い、地上部乾物重(図27F)と総粒数が増加し、登熟歩合(図27I)と収穫指数は変化しなかったため、収量は向上した(図27C)。すなわち、窒素施肥がイネの登熟・収量に及ぼす影響は明らかに品種によって異なり、耐冷性の強い品種では登熟歩合は低下し難いことが明らかとなった。さらに、Basmati370に耐冷性を導入した系統IR124713-1の窒素施肥に対する反応をBasmati370と比較したところ、耐冷性の導入により、登熟歩合の低下は抑制された。これらのことから、窒素過剰による登熟歩合の低下と品種の耐冷性との間には関連性があるものと考えられた。現地主力品種の収量が多窒素施肥条件で増加しないのは、これらの品種の耐冷性が低くNが多く施用されたことによって幼穂形成期に低温の影響を受けやすくなったためであると考えられた。したがって、ムエア灌漑地区において高収量を達成するためには、耐冷性の高いイネ品種の導入とその品種の収量を高める施肥体系の開発が重要であることが明らかになった。

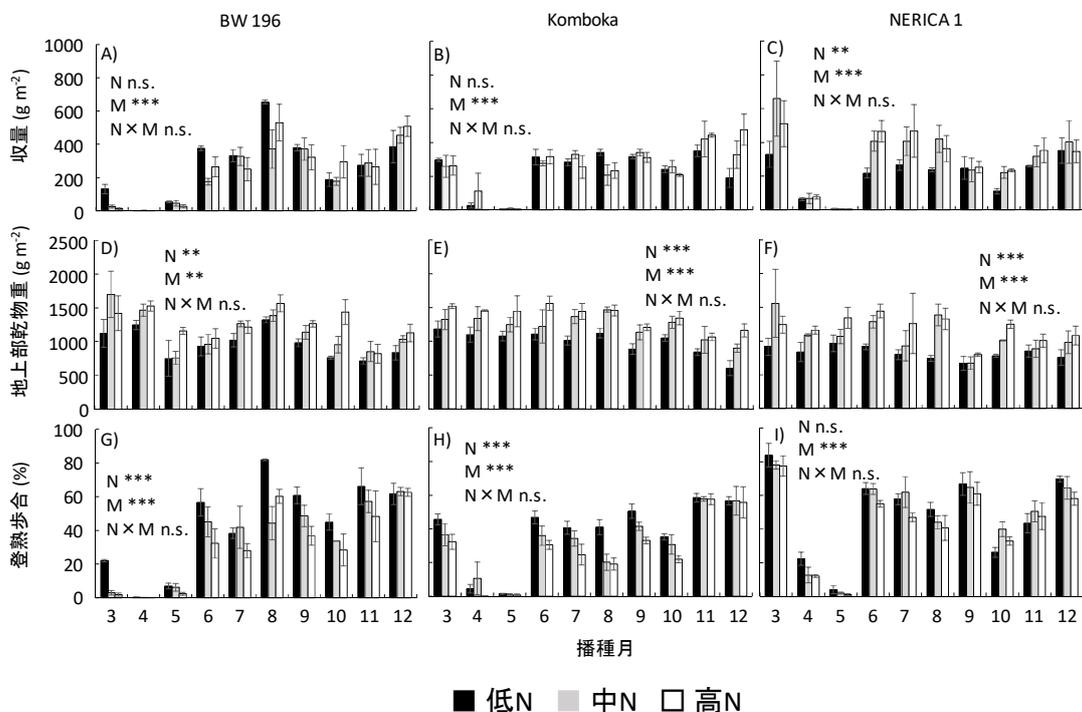


図27 キロゴ圃場において、耐冷性の低いBW196とKombokaおよび耐冷性が高いNERICA 1を3水準(57, 114, 171 kg ha⁻¹)の窒素施肥量で栽培した場合の収量、地上部乾物重および登熟歩合。いずれの品種でも4、5月播種で収量が極端に低いのは5月から8月にかけての低温期の影響。晩生のBW196は3月播種でも低温期の影響を受けた。

4-3-4. 栽培技術改善実証マニュアルの作成

上記の栽培技術は、KALRO ムエア支所キロゴ農場の試験圃場において開発されたものであり、普及するためには農家圃場における実証試験を行い、その効果を確認する必要がある。そこで、栽培技術の農家圃場実証試験を実施するためのプロトコルを示した栽培技術改善実証マニュアルを作成した。本プロジェクト終了後、カウンターパート研究者は、本マニュアルに従って農家圃場における実証試験を実施し、普及可能な技術としてのパッケージ化

を進める予定である。

4-4. 栽培技術改善に関する実証試験

ポット試験および試験場内の圃場において確認した K 施肥による増収効果を農家圃場において検証するために、2016 年度、9 ヶ所の農家圃場において栽培試験を実施した。その結果、ムエア灌漑地区に最も広く分布する Vertisol においては、K の追肥によって増収する傾向が認められた。同様の実証試験を 2017 年度に継続することを計画していたが、ケニア大統領選挙に伴う治安の悪化により入国が制限されたため、実施を見送った。また、節水栽培技術の農家圃場における実証試験についても、2017 年の実施を計画していたが、同じ理由のため実施することができなかった。

④研究題目 4 のカウンターパートへの技術移転の状況

2014 年 10 月より、文部科学省国費留学生 (SATREPS 枠) として KALRO 研究員 1 名を島根大学で受け入れ (2018 年 3 月博士課程後期課程修了)、研究指導を通して土壌分析解析手法に関する技術移転を行った。また、島根大学の教員が中心となって実施したケニアにおける土壌調査においては、同留学生を同行させて、現地調査による土壌調査手法を技術移転した。

山形大学の教員がケニアに出張した際、カウンターパート研究者と共同で農家圃場における坪刈りによるイネの収量調査を行い、サンプリング手法に関する技術移転を行った。圃場試験の手法、土壌の透水性を把握する手法についても同様に現地で技術移転を行った。青年海外協力隊員として KALRO ムエア支所に派遣された山形大学大学院修士課程の日本人大学院生 1 名と名古屋大学から派遣された研究者 1 名により、土壌および植物体のサンプリング手法と土壌の無機態窒素量およびイネの収量と収量構成要素を分析する手法の技術移転を行った。

名古屋大学から派遣された教員・研究員が現地に常時 1~3 名滞在し、ケニア側研究者と協働することにより、栽培試験実施方法、イネの生育および収量の測定、データ分析手法等に関する技術移転を行った。

⑤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

文部科学省国費留学生 (SATREPS 枠) として KALRO 研究員 1 名を島根大学で受け入れることができたため、当初は計画に盛り込まれていなかったケニア西部の Ahero および West Kano 灌漑地区の農家圃場の調査と土壌採取分析を行った。また、東部の半乾燥地帯を流れるタナ川流域にあり、塩害が問題となっている Bura および Hola 灌漑地区の土壌についても分析した。ケニア最大の稲作地域であるムエア地区に加え、他の主要稲作地帯の土壌特性解析を行ったことにより、ケニアの今後の稲作振興において重要な知見を提供できた。

日本の稲作では基本技術である代かきが、現地の慣行では実施されていないことが分かった。現地の慣行に従い、代かき無しの水田で栽培試験を実施したところ、漏水が多く、節水の面で問題が多いことが明らかとなった。このため、当初計画していた間断灌漑による節水栽培技術に加えて代かきによる節水効果を検証するための実験を実施した。

(6) 研究題目 5 : 「G×E×M の相互作用の解析」

名古屋大学 (リーダー: 山内章)・岡山大学グループ (リーダー: 前川雅彦)・KALRO グループ (リーダー: John M. Kimani)

①研究題目 5 の研究のねらい

有用 QTL 導入系統が圃場において示すストレス耐性や生産性は、栽培環境と栽培管理による影響を受けて変化する。そこで、遺伝子型×栽培環境×栽培管理の相互作用の解析を通して、有用 QTL が有効に機能するための条件を解明し、品種の能力を十分に発現させる栽培技術を開発する。

②研究題目5の研究実施方法

既存品種を用いた栽培試験により、栽培環境および栽培管理が生物的・非生物的ストレス耐性・抵抗性関連形質の機能発現に及ぼす影響を明らかにする。さらに、DNA マーカー選抜、全ゲノム SNP 情報を利用したゲノミックセレクション、遺伝子再編などの最新技術を駆使して作出した耐旱性、耐冷性、いもち病圃場抵抗性、低肥条件適応性、半矮性、高収量性などに関連する QTL を導入した NILs および RILs を用いて、導入した QTL の機能発現に対する栽培環境要因および栽培管理要因の影響を明らかにする。遺伝的背景がほぼ均一な NILs を用いて、G×E×M の相互作用を解析し、導入した QTL が有効に機能するための条件を解明することにより、品種の能力を十分に発揮させる栽培技術を開発する。

③研究題目5の当初の計画（全体計画）に対する成果目標の達成状況とインパクト

5-1. 栽培環境および栽培管理が既存品種の機能発現に及ぼす影響の解析

5-1-1. 施肥管理が耐旱性に関する機能発現に及ぼす影響

窒素施肥量が NERICA 品種の側根の発育に関する根の可塑性に及ぼす影響を明らかにしようとした。深根性が発揮できない土壌条件において、窒素施肥量を3段階に設定し、ラインソーススプリンクラーで作出した土壌水分勾配に対する NERICA 品種の根系および地上部の生育反応を比較した。また、根箱を用いて、異なる乾燥ストレス下における NERICA 品種の根系発育と窒素吸収との関係を調査した。その結果、中程度の乾燥ストレスにより、NERICA 1 は NERICA 4 よりも根系発育が大きく促進され、地上部乾物重も高く維持された。さらに、窒素施肥量が十分な場合、NERICA 1 は、NERICA 4 よりも地上部の窒素含有率が高かった。しかしながら、窒素施肥量が不十分な場合、両品種ともに根の可塑性の発現は認められず、地上部窒素含有率および地上部乾物重についても品種間差異は認められなかった。以上の結果より、中程度の乾燥ストレスに反応して発現する側根の発育に関する根の可塑性には、十分な窒素肥料が必要であることが明らかになった。

生育期間中に一時的な乾燥ストレスと再灌水が繰り返される土壌水分変動条件下における NERICA 品種の根と地上部の反応性を明らかにしようとした。実験には、NERICA 1、NERICA 4、水稻品種 IR72 および陸稲品種 Dular を供試し、窒素施肥量を3段階に設定し、土壌水分変動条件と飽水条件における各品種の根と地上部の生育を比較検討した。その結果、土壌水分変動条件下では、窒素施肥量に関わらず、全ての品種の地上部乾物重が飽水条件と比較して減少した。一方、陸稲3品種の根の発育は、土壌水分変動条件下で増加したが、水稻品種は逆の傾向を示した。それぞれの一時的乾燥ストレスおよび再灌水期間における根の発育を比較したところ、NERICA 1 は NERICA 4 よりも側根の発育に関する可塑性が大きいことが確認された。さらに、NERICA 品種は土壌の乾燥過程において根の発育が促進されるのに対し、Dular と IR72 の根系の発育は、乾燥ストレス期間に低下し、再灌水時に増加した。また、どちらの根系発育反応も、十分な窒素施肥条件において、分けつ期後半から登熟期前半の期間に認められた。土壌乾燥ストレスによって側根が分枝し総根長が増加した品種では、その後の再灌水時によって地上部乾物重が増加した。それぞれの一時的乾燥ストレスおよび再灌水期間における根の発育と地上部の生長との関係を分析した結果、乾燥ストレス期間に根の発育が促進されると、その後十分な水分が供給された際に地上部の生育が促進されるものと考えられた。

リン酸施肥量が NERICA 品種の深根性に関する根の可塑性に及ぼす影響を明らかにしようとした。深根性を評価するため、高さ 65 cm、直径 16 cm のポットを用いて、リン酸施肥量を3段階に設定し、乾燥ストレスに対する根および地上部の生育反応を比較した。対照区として設けた飽水区においては、リン酸施肥量に関わらず、NERICA 1 と NERICA 4 の気孔コンダクタンスおよび地上部乾物重は同程度であった。一方、乾燥ストレス区においては、リン酸施肥量が十分な場合、NERICA 4 の気孔コンダクタンスおよび地上部乾物重は NERICA 1 よりも高かった。また、リン酸施肥量が十分であれば、乾燥ストレス区の深土層（40～60 cm）における根の生育は、NERICA 4 の方が NERICA 1 よりも大きく、NERICA 4 は深根性に関する可塑性が高いことが確認された。しかし、リン酸欠乏条件においては、NERICA 4 の

深根性に関する可塑性は発現されなかった。以上より、深根性に関する根の可塑性を発揮させるためには、十分なリン酸施用が必要であることが示された。

さらに、土壤乾燥条件下における NERICA4 の深根性の発現に係わる側根の発育特性を明らかにするため、透明塩ビパイプを用いて栽培試験を行った。土壤中に十分なリン酸が存在している場合、NERICA 4 では土壤の乾燥により深根発育が促進され、水分吸収が維持されたため、地上部乾物重の減少は抑制された。一方、深根性能力の低い NERICA 1 の地上部乾物重は、リン酸施用量に係わらず土壤の乾燥によって減少した。土壤乾燥条件下で発揮された NERICA 4 の深根性は、分枝する側根数の増加ではなく L タイプ側根の伸長によるものだった。

以上の結果により、施肥管理によって耐旱性に関する根系機能の発現を制御し、乾物生産を向上できることが示された。

5-1-2. 施肥管理が節水栽培適応性に関する機能発現に及ぼす影響

NERICA を含む陸稲品種と水稻品種の異なる圃場水管理条件に対する適応性を評価した結果、圃場水管理条件に対する適応性には品種間差異が認められた。また、幼穂形成期の追肥が収量および収量構成要素に及ぼす影響は品種によって異なり、その品種間差異は、飽水条件よりも低土壤水分条件下において大きいことが明らかとなった。低土壤水分条件下において収量低下が認められた NERICA 1 と維持されたゆめのはたちの乾物生産特性を比較した。その結果、NERICA 1 で認められた低土壤水分条件下における収量低下は、主に出穂後の乾物生産の減少に起因し、幼穂形成期の窒素追肥により改善可能であることが示された（図 28）。また、追肥に対する反応性に関する品種間差異は、主に品種の特性である草型や生理形質の違いに起因するものと考えられた。NERICA 1 のような 1 穂粒数が多く、葉の老化が早期に始まる品種では、幼穂形成期に施肥を行うことで、1 穂粒数の増加によるシンクサイズの拡大と登熟後期の乾物生産量の増加による穂への移行炭水化物量の増加により、収量が向上するものと考えられた。

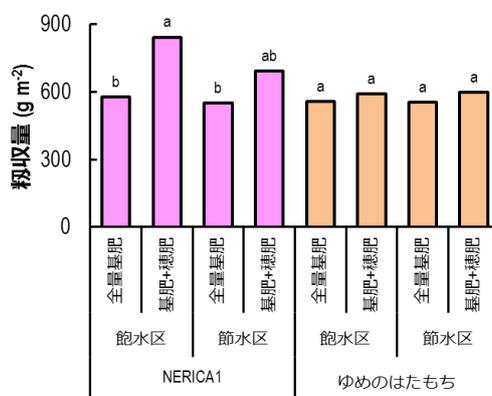


図 28 低土壤水分条件下における窒素追肥が収量に及ぼす影響

5-1-3. 地形条件が耐旱性の機能発現に及ぼす影響

天水陸稲畑は必ずしも平坦ではなく丘陵地や傾斜地に作られることも多いが、イネが利用できる土壤水分の動態は斜面の位置によって異なると考えられる。傾斜圃場における早ばつ回避に有効な根系形質を明らかにするため、水ストレス条件下における根系発育反応の異なる NERICA 1 と NERICA 4 を傾斜圃場で栽培し（図 29）、土壤水分動態に対する生育および収量反応を比較した。NERICA 4 は土壤水分に反応して下層部に根系を発達させる能力が高いことが確認された。両品種の生育と収量は、平坦圃場で最も高く、斜面上部ほど低下したが、NERICA 1 の低下程度は NERICA 4 よりも大きかった。斜面上部における土壤下層

部の根長と収量との間に有意な正の相関関係が認められたことから、NERICA 4 の下層部における高い根系発達能力が斜面上部における収量低下を抑制したものと考えられた。一方、NERICA 1 の土壌上層部の根長には、平坦圃場および斜面下部ほど増加する傾向が認められた。このことは、NERICA 1 の持つ乾燥ストレスに反応して土壌上層部に根を発達させる能力が平坦圃場および斜面下部において発揮されたことを示唆している。しかし、土壌上層部における根長の増加と収量との間には有意な相関関係は認められなかった。以上より、傾斜圃場の上部など植物が利用可能な水が土壌下層部に存在する場合、NERICA 4 の持つ下層部における高い根系発達能力が早ばつ回避に有効であることが示された。また、斜面下部のような土壌上層部の水を比較的利用しやすい条件では、この能力は発揮されないことが明らかとなった。



図 29 傾斜圃場における栽培試験の様子

5-1-4. 種類の異なる土壌条件下における耐旱性の機能発現

陸稲の栽培地域はケニア国内に点在しており、その土壌は地域によって異なる。早ばつ時にイネが受ける水ストレスは、土壌の保水性によって大きく影響を受けるが、それらは土壌タイプによって異なる。しがたって、降水量不足が同程度であっても実際にイネが受ける水ストレスの程度は土壌タイプによって異なると考えられる。異なる土壌が耐旱性の機能発現に及ぼす影響を明らかにするため、ビニールハウス内に設置したコンクリート枠にケニアの稲作地域 4 ヶ所から持ち込んだ砂質粘土、火山灰土、赤色土および黒綿土を充填し、点滴灌漑システムを設置した栽培施設を作成し、陸稲と水稲を含む 20 品種を供試して栽培試験を行った。黒綿土は、赤色粘土、火山灰土および砂質粘土と比べ、保水力は高いものの、乾燥すると硬くなりやすく、耐旱性イネ品種の持つ深根性機能が発揮できず、乾物生産が低下するものと考えられた。一方、砂質粘土は、灌水停止後も土壌水ポテンシャルが高く維持された。イネ品種と土壌の種類間に交互作用が認められ、地上部乾物重について、大きく陸稲と水稲のクラスターが形成された。対象とする地域における土壌の種類に応じて耐旱性イネ品種を選抜する必要があると考えられた。

次に、4 品種 (IRAT109、NERICA4、NERICA1 および Basmati370) に絞り、4 種類の異なる土壌における灌水制限が生育および収量に及ぼす影響を調査した。収量に関しては灌漑条件×土壌種類×品種の相互作用が認められ、高収量に貢献した要因は土壌の種類によって異なった。土壌種類ごとに必要な形質を選んで品種改良を行うことが重要であると考えられた。陸稲品種 IRAT109 は、土壌の種類にかかわらず供試した 4 品種の中で最も土壌水分欠乏の影響を受けにくかったことから、ケニアの栽培環境に適していると考えられた。また、収量は砂質粘土において最も高かったことから、砂質粘土質の土壌が広がるインド洋沿岸地域における陸稲栽培の可能性を検討する必要があると考えられた。

さらに、4種類の異なる土壌条件下における灌水制限がNERICA 1の根系発達および収量に及ぼす影響を調査した。兩年とも、異なる土壌が生育および収量に及ぼす影響は、十分な灌水を行った飽水区よりも、灌漑制限区において大きかった(図30)。灌漑制限区において見られた生育および収量の土壌による違いは、植物に対する土壌の水分供給能力の違いに起因する水ストレスや土壌体積含水率の低下に伴う根系発達の抑制程度といった土壌の物理性の差異に起因することが明らかとなり(表3)、各土壌に適した水管理方法が重要であることが示された。

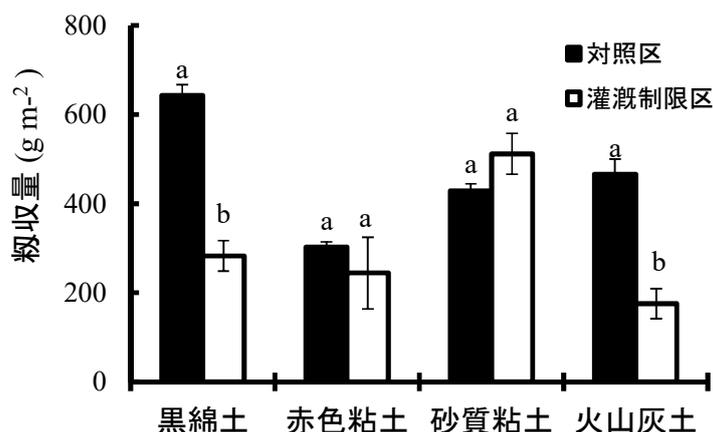


図30 異なる土壌における灌漑制限がNERICA 1の収量に及ぼす影響

表3 灌漑制限NERICA 1の根重に及ぼす影響

土壌タイプ	根重 (g m ⁻²)			
	对照区	灌漑制限区	灌漑制限区/ 对照区	
黒綿土	47.9	32.3	(67)	低下
赤色粘土	56.7	51.6	(91)	
砂質粘土	42.6	49.9	(117)	増加
火山灰土	52.1	44.3	(85)	

不安定な降雨に依存し早ばつのリスクがある天水陸稲栽培においては、降雨によって地表から供給される水分を効率よく利用すること、土壌の深層に存在する水分を獲得することが重要である。土壌中でイネが利用できる水の量とその分布は土壌の保水性に加えて、透水性、毛管力、貫入抵抗性などの物理性に左右される。そこで、異なる土壌条件下における灌水処理方法がイネの生育と収量に及ぼす影響を明らかにすることを目的として、3種類の土壌(黒綿土、赤色粘土、砂質粘土)を用いてポット試験(直径15.2 cm、高さ85.0 cm)

を行った（図 31）。灌水処理区として、表層からのみ灌水する表層灌水区、下層からのみ灌水する下層灌水区、および表層と下層の両方から灌水する対照区を設定し、イネの生育および収量反応を調査した。根系発育は、灌水方法にかかわらず赤色粘土において最も旺盛であった。一方、黒綿土における総根長は他の土壌と比べて小さかった。黒綿土では、表層から灌水した場合、土壌水分含有率が高く維持され、生育と収量は維持された。赤色粘土では、表層灌水区のイネは強い乾燥ストレスを受け、生育と収量が大きく減少した。一方、下層灌水区では、赤色粘土の持つ高い毛管力により土壌水分含有率は高く維持され、生育と収量も高く維持された。砂質粘土では、下層灌水区の根は深く伸長できず、生育と収量は大きく減少した。早ばつに対するイネの生育および収量反応は土壌の種類によって大きく異なり、その違いは土壌の物理性の違いに起因する土壌水分動態によって概ね説明可能であった。



図 31 3 種類の土壌（黒綿土、赤色粘土、砂質粘土）を用いたポット試験の様子

5-1-5. 種類の異なる土壌条件下における節水栽培適応性の機能発現

ムエア灌漑地区における農家圃場の土壌は、地域によって赤褐色の土壌 Nitisol と黒色で重粘土質の土壌 Vertisol の 2 種類に大きく分けられ、土壌の違いが圃場間や地域間で見られる収量変動に関与している可能性がある。そこで、Nitisol および Vertisol におけるイネの生産性の違いについて土壌理化学特性との関係から検討することを目的に圃場での栽培試験を行った（図 32）。また、近年ムエア灌漑地区において導入が進められている節水灌漑方法の一つである Alternative Wetting and Drying (AWD) の各土壌での有効性を調査した。Vertisol 水田における水稲の収量は Nitisol 水田よりも高かった。Vertisol 水田と比較して Nitisol 水田では交換性陽イオンなどの栄養塩類含量が低い上、交換酸度が高いことが土壌種類による収量の差異をもたらした要因の一部であると考えられた。陸稲についても、Vertisol 水田の収量が Nitisol 水田よりも高い傾向にあったが、両者の差は水稲と比べ小さかった。水稲と比較して根の通気組織の発達が劣る陸稲品種は、通気性の低い Vertisol に対する適応性が低かったものと考えられる。しかし、AWD により Vertisol 水田の土壌が好氣的になると、陸稲の生育と収量は向上した。各土壌の理化学特性の違いが、イネの生産性に影響を及ぼすことが示され、土壌種類と灌漑方法に対する収量反応性は、水稲品種と陸稲品種で異なることが明らかとなった。また、ムエア灌漑地区では、水位が地下-20 cm に達した時点で灌漑する AWD を行なった場合には、湛水条件と同等の収量水準を維持できることが分かった。



図 32 Nitisol と Vertisol における節水栽培試験の様子

5-2. 栽培環境および栽培管理が有用 QTL 導入系統の機能発現に及ぼす影響の解析

5-2-1. 栽培環境および栽培管理が根の可塑性に関する機能発現に及ぼす影響

日本晴/Kasalath 染色体断片置換系統を用いた栽培試験において、乾燥ストレスに対するイネ根系の可塑性の発現程度は窒素施用量の増加に伴って有意に増加したことから (図 33)、窒素施肥技術によって根系の可塑性を制御し、耐旱性を強化し得る可能性が示唆された。また、可塑性は、土壤水分条件によって変化する窒素形態ではなく、土壤水分そのものの変化によって誘導されることを確認した (図 34)。さらに、土壤水分とともに変化する土壤硬度によっても、根系の可塑性の発現程度は変化することを見出した。

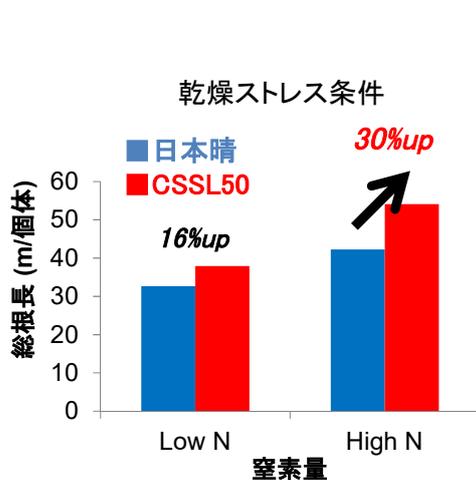


図 33 窒素施用量が乾燥ストレス条件下におけるイネの根系発育に及ぼす影響

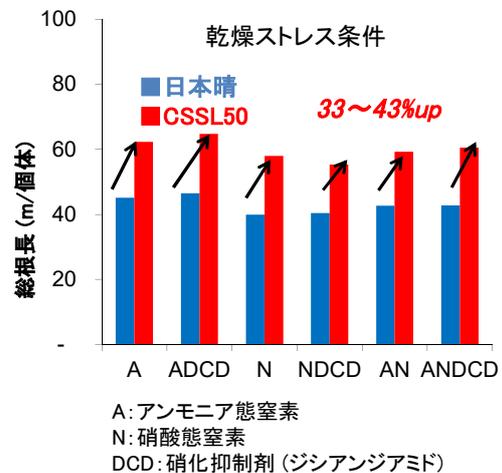


図 34 窒素形態が乾燥ストレス条件下におけるイネの根系発育に及ぼす影響

5-2-2. 土壤肥沃度が籾数増加遺伝子の機能発現に及ぼす影響

KALRO ムエア支所キロゴ農場において、N 施肥量が、陸稲品種 NERICA 1 に 1 次枝梗数を増やす遺伝子 (WFP) および 2 次枝梗数を増やす遺伝子 (Gn1a) を導入した NILs (図 35) の収量と収量構成要素に及ぼす影響を調査した。現地慣行施肥区 (75 kg N ha^{-1}) では、Gn1a と WFP はそれぞれ 1 穂粒数を増加させ、両者には相加効果が認められた。これらの遺伝子の導入により、登熟歩合は低下したが籾数増加によって収量は向上した。無施肥区においては、WFP、Gn1a+WFP の導入系統の 1 穂粒数は NERICA 1 と比較して多かったが、Gn1a だ

けを導入した系統の 1 穂粒数は増加しなかった。無施肥区においても、WFP および Gn1a+WFP の導入により収量は増加することが明らかとなった。

さらに、NERICA 1 に WFP および Gn1a を導入した NILs の収量および収量構成要素に及ぼす栽培環境と栽培管理の相互作用を明らかにするため、KALRO ムエア支所キログ農場に加え、インド洋沿岸のムトゥワパおよびケニア西部ウガンダ国境に近いアルーペの 3 ヶ所で連絡試験を実施した。栽培環境および施肥の有無に関わらず、Gn1a の導入により、2 次枝梗数は増加したが、登熟歩合の低下のため、収量は増加しなかった。また、WFP 導入が 1 次枝梗数に及ぼす影響は確認できず、収量も増加しなかった。また、Gn1a と WFP の導入による収量向上は認められなかった。無施肥区においては、Gn1a と WFP の両方を導入することにより、収量が若干増加したが、有意差は認められなかった。

以上の通り、多地点連絡試験においては明瞭な結果は得られなかったが、Gn1a と WFP を導入する育種によって、ケニアの陸稲収量を向上できる可能性が示された。粒数増加遺伝子の導入系統を用いた栽培試験をさらに継続し、その効果を明確にする必要がある。

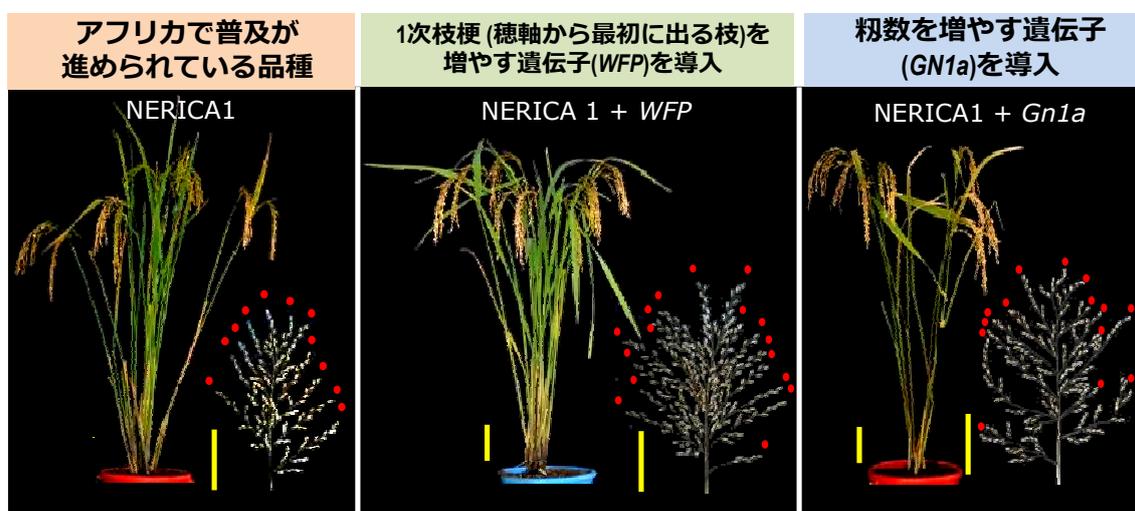


図 35 粒数を増加させる遺伝子を導入した NERICA 1

5-3. 有用 QTL が有効に機能するための条件の解明

上記の実験により明らかとなった有用 QTL が有効に機能するための条件は以下の通りである。

- (1) 耐旱性に関わる深根性の能力を機能させるためには、深い土層ほど水分含有率が高まり、土壌硬度が根系の下層への伸張を妨げない条件下において、十分な P 施肥が必要である。
- (2) 耐旱性に関わる根の可塑性を有効に機能させるためには、軽度な乾燥ストレス条件下において、地表から 20 cm 程度までの土層の土壌硬度が側根の発育を抑制せず、十分な N 施肥が必要である。根の可塑性は、土壌水分条件によって変化する窒素形態（アンモニア態窒素あるいは硝酸態窒素）ではなく、土壌水分そのものの変化によって誘導され、その発現程度は土壌水分とともに変化する土壌硬度によっても変化する。
- (3) 2 次枝梗数を増やす遺伝子 (Gn1a) の導入により収量を増加させるためには、十分な施肥が必要である。1 次枝梗数を増やす遺伝子 (WFP) の導入による増収効果は、低肥条件下でも認められるが、十分な施肥を行うことによって効果は増す。低肥条件下では、Gn1a と WFP の両方を導入することによって増収効果は高まる。両遺伝子の導入による増収効果は、登熟歩合の低下によって打ち消される場合がある。穂肥の施用により、登熟歩合の低下を抑制することができると考えられる。

5-4. 品種の能力を十分に発現させる栽培技術の開発

5-4-1. 深根性を発現させる施肥管理

早ばつ時に深根性の能力を発揮させることにより水ストレスを回避するためには、その前提条件として、表層土壌が乾燥したとしても地下 40~100 cm の土層には十分な水分が保たれていること、および硬盤層が存在せず根の垂直方向への伸張が妨げられないことが上げられる。このような栽培環境下においては、深根性の能力を有する品種の栽培が適している。本研究の結果から、深根性品種であったとしても、土壌リン酸濃度が低い場合、その能力は発揮されないことが明らかとなった。アフリカに多く存在するリン酸が欠乏した畑圃場においては、元肥としてリン酸を施用することが望ましい。リン酸施用量については圃場の土壌リン酸含有率を診断して決定する。土壌可給態リン酸（トルオーグ法）が 10~20 mg P²O⁵ / 100 g に達している圃場においては、約 50~60 kg P²O⁵ ha⁻¹を施用すれば、深根性の能力を発揮するためには十分である。ただし、土壌の種類によってリン酸吸収係数が異なるため、リン酸施肥量は土壌条件に応じて調整する必要がある。特に火山灰土などの酸性土壌においては、リン酸は鉄やアルミニウムと結合し、イネが利用できなくなるため、注意が必要である。なお、窒素とカリウムについても適切に施肥する必要がある。

5-4-2. 根の可塑性を発現させる施肥管理

地下 20~30 cm に硬盤層があり、根系の垂直方向への伸長が阻害されるような条件下においては、早ばつ時に根系の可塑性を発揮させ、浅土層の水分を効率的に利用することによって生育を維持することが可能である。ただし、土壌水ポテンシャルが長期間に亘り-50 kPa 以下の状態が続くような条件下では、根からの水吸収が抑制され、生育が維持されない可能性がある。また、本研究の結果から、根の可塑性の能力を発揮させるためには、適度な窒素施肥が必要であることが明らかとなった。アフリカには、無施肥で稲作を行う小農も多く存在するが、耐旱性に関わる根の可塑性を十分に発現させるためには適度な窒素施肥を行うことが推奨される。窒素肥料は、90~120 kg N ha⁻¹程度を 3 回程度に分けて施用する。なお、リン酸とカリウムについても適切に施肥する必要がある。

5-4-3. 収量向上のための施肥管理

本プロジェクトでは、ケニアの主力品種に 1 穂粒数を増加させる遺伝子(WFP、Gn1a、qGN8、AP01、Tawawa など)を導入した有望育種系統を作出した。しかし、これらの系統を導入したとしても、主に登熟歩合減少のため、必ずしも収量を増加させることはできなかった。ケニアの慣行施肥体系では、窒素肥料を移植直後(21 日齢の苗を使用)、移植後約 3 週間、移植後約 6 週間後の 3 回に分けて施用している。登熟歩合の低下を抑制するためには、肥培管理技術の改善が必要であると考えられた。

5-4-4. 冷害回避のために出穂期を移動させる水管理

大きく気温が低下する年には冷害に耐えるのみでなく、最も気温が低下する時期を回避して開花することが重要になる。しかし、実際の気温の変動を長期的に予測することは非常に難しく、水田への移植前に冷害の傾向を掴むことができないのが現状である。一般に、乾燥ストレスは出穂を遅延させる傾向があり、また根が浅く張る浅根性品種は軽微な乾燥ストレスに敏感に反応することが知られている。本研究で開発した浅根性遺伝子導入系統 IP-CE-TW を利用し、移植後の灌水の制限により出穂日を大きく遅延させることにより、最も気温が低下する時期を回避して開花させ、冷害を回避できることを示した。今後は、本栽培技術の有効性を農家圃場において検証する必要がある。

5-4-5. 栽培技術改善実証マニュアルの作成

上記の栽培技術は、KALRO ムエア支所キログ農場の試験圃場において開発されたものであり、普及するためには農家圃場における実証試験を行い、その効果を確認する必要がある。そこで、栽培技術の農家圃場実証試験を実施するためのプロトコルを示した栽培技術改善実証マニュアルを作成した。本プロジェクト終了後、カウンターパート研究者は、本マニュアルに従って農家圃場における実証試験を実施し、普及可能な技術としてのパッケージ化

を進める予定である。

④研究題目5のカウンターパートへの技術移転の状況

名古屋大学から派遣された教員・研究員が現地に常時1~3名滞在し、ケニア側研究者と協働することにより、栽培試験実施方法、イネの生育および収量の測定、データ分析手法等に関する技術移転を行った。また、名古屋大学大学院生命農学研究科に受け入れた博士課程後期課程と前期課程のケニア人留学生それぞれ2名ずつ、計4名に対する研究指導を通して技術移転を行った。

⑤研究題目5の当初計画では想定されていなかった新たな展開

浅根性遺伝子を有する系統の出穂が、軽微な土壌水分ストレスによって大きく遅延することを見出した。この特性を利用して、最も気温が低下する時期を回避して開花させ、冷害を回避する栽培技術を開発した。

II. 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

①プロジェクト全体の現状と課題、相手国側研究機関の状況と問題点、プロジェクト関連分野の現状と課題

ケニアでは十分な能力と実績を持つイネ研究者が不足している。国際共同研究を通して研究人材の育成を図り、研究実施体制を強化していくことが重要である。本プロジェクトでは、これまで11名のケニア人大学院生（修士課程9名、博士課程4名）を受け入れ、人材育成を行ってきた。とくに KALRO では、ケニア政府による支出削減政策により研究員の新規採用が約15年間行われてこなかったため、若手研究者が極端に不足している。KALRO 自体もこのような状況を憂慮しており、2016年度から研究者の新規採用を再開した。なお、現在も研究員という職名での新規採用は出来ないため、インターン（実質的には1年任期の非常勤研究員、任期延長可、正規職員に昇格あり）という名称で雇用している。KALRO ムエア支所にも1名が配属され、プロジェクトのカウンターパートに加わった。また、このインターン研究員を日本（名古屋大学と九州大学）とベトナムで行われた JICA 「イネ育種高度化」研修に参加させた。さらに、同インターンを2018年4月から JICA 長期研修生として名古屋大学大学院生命農学研究科で受け入れており、同10月に博士課程後期課程に入学する予定である。また、文部科学省奨学金（大使館推薦）を得て岡山大学に留学し本プロジェクトに参加していたケニア人留学生1名が、2017年3月末に博士（農学）を取得して帰国し、同6月に KALRO ムエア支所のインターンとして採用され、本プロジェクトに引き続き参加している。さらに、同じく文部科学省奨学金（大使館推薦）を得て名古屋大学に留学し、2016年3月に博士（農学）を取得したケニア人留学生1名は、修了後も名古屋大学の研究員として2018年5月までプロジェクトに参加し、その後、2018年6月より KALRO ムエア支所にインターンとして勤務している。また、文部科学省奨学金（SATREPS 枠）により島根大学大学院（博士課程後期課程）に留学し、2018年3月に博士（農学）を取得した KALRO カカメガ支所所属の研究員については、帰国後、ムエア支所に異動するための手続きを進めている。以上の通り、日本で教育を受けた優秀な若手研究者が KALRO ムエア支所に集結し、若手研究者不足の問題は解消されつつある。

本プロジェクトの実施拠点である KALRO ムエア支所の研究施設・設備は、プロジェクト開始当初、きわめて不十分な状態であった。研究機材を稼働させるための電力は不十分であり、衛生的に問題の無い水を供給する水道設備も敷設されていなかったため、植物や土壌サンプルの化学分析や遺伝子解析を行うことは困難な状況であった。このため2013年度に化学分析や遺伝子解析などを行うことができる新実験棟の設置を KR 見返り資金に申請し、承認された。新実験棟の完成までの期間は、既存の施設を改修しながら、研究を進めてきた。電気については、実験室のアンペアを増加させるとともに三相電源を引き入れるなど

して改善し、全ての機器を問題なく使用することが可能となった。化学実験および遺伝子解析に使用する水については、市販の脱イオン水を利用するとともに、供与機材として導入した蒸留水製造装置と純水製造装置によって確保している。また、2016年度には、キンビンビ村に敷設された水道を KALRO ムエア支所に接続したため、実験室の水環境は大幅に改善された。新実験棟の着工に至るまでには、ケニア政府の手続きに想定以上の日数を要した。2015年8月に研究施設改修計画の入札が行われ、2016年1月に施工業者が決定し、2017年8月に完工した。これ以降、KALRO ムエア支所の研究環境は大幅に改善された。

プロジェクト2年目までは、ケニア政府によるカウンターパート予算が計上されなかったため、活動が一部制限されていた。JICA ケニア事務所および KALRO と協力し、粘り強く情報収集と交渉を行った結果、2015年度以降、農業省から予算が割り当てられるようになった。カウンターパート予算は、JICA 予算で支出し難い、会議費、土壌の運搬経費、ケニア側研究者の出張旅費などに充当された。

②各種課題を踏まえ、研究プロジェクトの妥当性・有効性・効率性・インパクト・持続性を高めるために実際に行った工夫

研究の進捗管理および情報共有のため、ケニアに滞在中の研究者によるウィークリーミーティングを行った。同ミーティングでは、ケニア人研究者、日本人研究者、業務調整員が集まり、その週の活動報告、問題点の共有と解決策の相談、次週の活動予定を話し合った。この活動によって、各プロジェクト参加者の業務遂行内容が把握でき、活動が滞ることを避けることができた。また、研究者の能力向上のため、論文紹介や研究報告も行った。両国の研究者が各自の研究活動で得られた成果を共有し、実験計画、実験方法、データ解析などについて意見交換をすることで、両国の研究者の研究遂行能力とプレゼン能力が向上した。ウィークリーミーティングには、KALRO に滞在中の日本人学生も参加し、若手の能力向上にも役立った。さらに、これまで圃場に出ることのほとんど無かったケニア側研究者に対して、研究者自身がデータ収集を主導しデータ解析を行うことの重要性について粘り強く説明した。その結果、研究への取り組み方に変化が見られ、担当課題に対する責任感が向上した。

③プロジェクトの自立発展性向上のために、今後相手国（研究機関・研究者）が取り組む必要のある事項

KALRO における研究予算のほとんどは、外部資金によって賄われているのが現状である（研究予算を外部資金に頼るのは研究機関としては一般的なこと）。このため、供与機材・実験圃場の維持管理に係る費用を工面するためには、十分な外部予算を獲得する必要がある。また、常勤の職員を増員することは難しく、実験補助員・圃場作業員の雇用にかかる経費についても、外部予算によって確保する必要がある。本研究のケニア側プロジェクトマネージャーであるキマニ支所長は、SATREPS 以外にも、いくつかの外部資金を得て研究を行っており、実験圃場および供与機材の維持管理、実験補助員・圃場作業員の雇用にかかる費用の一部を賄うことが可能である。KALRO ムエア支所の研究者は、日本側研究者とも協力し、本プロジェクトの成果をさらに発展させて研究を継続するための競争的資金獲得の努力を継続する必要がある。研究環境と活動レベルを安定的に維持するためには、ケニア農業省による委託事業などが期待される。また、収入を生み出す活動にも積極的に取り組む必要がある。

④諸手続の遅延や実施に関する交渉の難航など、進捗の遅れた事例があれば、その内容、解決プロセス、結果

前述の通り、プロジェクト開始後2年間は、ケニア政府によるカウンターパート予算が計上されていなかった。プロジェクトマネージャーが中心となり、JICA 事務所、日本大使館とも協力し、ケニア農業省に働きかけた結果、2015年度以降カウンターパート予算が計上されるようになった。

2013年度にKR見返り資金に申請し、承認されたKALRO ムエア支所の実験棟建築開始が当初の見込みよりも大幅に遅れた。ケニア政府による手続きが滞ったことが主な原因であったが、プロジェクトマネージャーが中心となり、ケニア農業省に働きかけた結果、入札が2015年8月に行われ、2016年1月に施工業者が決定し、2017年8月に竣工した。

(2) 研究題目1：「ケニアにおけるイネ育種および品種評価システムの開発」

KALRO グループ（リーダー：John M. Kimani）・名古屋大学（リーダー：山内章）・岡山大学グループ（リーダー：前川雅彦）

KALRO ムエア支所の研究施設および設備は、プロジェクト開始当初、不十分な状況であった。そこで、KALRO ムエア支所およびキボス支所の研究施設・設備を改修・強化するための「KR見返り資金申請書」の作成を支援した。申請書は、農業省の承認を得て、財務省からケニア日本大使館に提出された。2017年8月にKALRO ムエア支所の実験棟は竣工した。

また、KALRO ムエア支所における育種システムおよび特性評価システムは、プロジェクト開始後に一から開発する必要がある。日本人研究者とケニア側研究者がアイデアを出し合い協働することによって、世界的にも非常に稀有な特性評価システムを構築することができた。低肥条件適応性の評価を行うための低肥沃水田に無肥料の灌漑水を供給するための井戸を整備した。これにより、現地で低肥条件適応性を評価するための研究環境は劇的に改善した。KALRO ムエア支所の塩害試験圃場の整備は、塩害土壌の運搬にケニア側の予算が必要であったため、予算が計上された2015年度に開始し2016年度に完成した。このため、ケニアでの耐塩性に関する品種評価は1回しか行うことが出来なかった。

ケニアにおける現地栽培試験を滞りなく実施するため、プロジェクト実施期間を通して名古屋大学の教員1名および研究員1~2名がKALRO ムエア支所に中長期滞在し、ケニア側研究者と共同で研究を実施し、研究技術の移転を行った。

(3) 研究題目2：「既存品種の特性評価と有用農業形質の特定」

名古屋大学（リーダー：山内章）・岡山大学グループ（リーダー：前川雅彦）・KALRO グループ（リーダー：John M. Kimani）

岡山大学グループ（リーダー：前川雅彦）

プロジェクト開始当初、KALRO ムエア支所の研究環境・実験施設は不十分な状態であった。このため、既存品種の有用農業形質の特定に関する研究は、ケニアと日本の両方の圃場を利用して推進した。プロジェクト開始当初、有用農業形質に関するQTL解析は日本国内で実施したが、KALRO ムエア支所の実験施設が整備された後は、日本とケニアの両方で実験を行った。コースト地域の塩害圃場を利用して耐塩性に関する栽培試験を実施する予定であったが、同地域における治安悪化のため入城が制限され、実施することが出来なかった。このため、耐塩性の評価に関する栽培試験のほとんどは日本で行った。

(4) 研究題目3：「有用QTLを導入したケニア向け育種素材の開発」

名古屋大学（リーダー：山内章）・岡山大学グループ（リーダー：前川雅彦）・KALRO グループ（リーダー：John M. Kimani）

本プロジェクトの実施拠点であるKALRO ムエア支所の研究施設・設備は、プロジェクト開始当初、きわめて不十分な状態であった。研究機材を稼働させるための電力は不十分であり、衛生的に問題の無い水を供給する水道設備も敷設されていなかったため、遺伝子解析を行うことは困難な状況であった。このため、プロジェクト開始後、既存の施設を改修し遺伝子解析を行うための実験環境を整備するとともに日本から出張した教員が技術移転を行い、現地で遺伝子解析を行うための体制を整備した。その後、2017年度には、KR見返り資金による新実験棟が完成した。また、日本に留学した研究員がDNAの選出、QTL解析、マーカー選抜などの技術を習得して帰国したため、現地で遺伝子解析を行う体制は、施設、人材の両面で劇的に改善した。

また、日本人大学院生も現地栽培試験に参加した。

(5) 研究題目 4 : 「栽培環境、栽培技術、生育状況の実態解明と技術改善の検討」
島根大学グループ (リーダー: 増永二之)・山形大学グループ (リーダー: 佐々木由佳)・名古屋大学 (リーダー: 山内章)・KALRO グループ (リーダー: John M. Kimani)

カウンターパート機関である KALRO の土壌研究者と連携して研究を実施し、幸い大きな問題は生じなかったが、研究初期に研究者自らがフィールドに入り調査・サンプリングを行うという慣習がなく、この考え方をどれだけ早期に変えられるかが研究の進捗に大きく影響する。この慣習の改善のため、日本人研究者が現地機関の研究者を連れて共にフィールドに入り、自ら調査を行い、現場を観察する事の意義を説明した。

現地調査および農家圃場試験の実施に当たっては、農家グループのリーダーから協力を得る必要があった。農家グループのリーダーとのコンタクトは、圃場作業員のような現場スタッフを通して行うのが有効であった。本プロジェクトでは、相手国側研究機関の研究者とだけでは無く実験補助員や圃場作業員を含めたチームワークの醸成を重視してきたため、農家とのコミュニケーションを円滑に行うことが出来た。

圃場試験を実施した KALRO ムエア支所のキログ農家は、天候や周囲の農家との関係で灌漑水の供給が突然停止することが多かった。現地スタッフが 1 日に何度も農場全体の水状態を確認し、不足するときには国家灌漑公社 (National Irrigation Board: NIB) と連携を取って最低限度必要な灌漑水は確保してくれた。このように有能な現地スタッフを育成したことは大きな成果であるが、安定して灌漑水を取り入れるための仕組みを整備する必要があった。2015 年度には、キログ農場に電気が通ったため、地下水を灌漑水として使用することが可能となり、キログ農場の灌漑水供給体制は大きく改善した。

プロジェクト開始当初、本プロジェクトの実施拠点である KALRO ムエア支所には土壌試料分析を行うための施設・設備が整備されていなかった。このため、プロジェクト開始等著には、ケニアの共同研究機関であり、ある程度の分析機器が整備されているムエア灌漑農業開発センター (Mwea Irrigation Agriculture Development Centre: MIAD) の協力を得て、実験を行った。その後、本プロジェクトによって研究施設の整備が行われ、同支所で基本的な土壌試料分析を行うことが可能となった。KALRO ムエア支所で土壌サンプルの化学分析をおこなうために、実験用ガラス器具類と試薬を現地調達したが、注文時にケニア国内に在庫がないものは納品までに半年~1 年以上かかることがあった。プロジェクト期間内に分析を終えるため、一部の項目については当初の計画を変更し、サンプルを輸入して日本で分析した。

(6) 研究題目 5 : 「G×E×M の相互作用の解析」

名古屋大学 (リーダー: 山内章)・岡山大学グループ (リーダー: 前川雅彦)・KALRO グループ (リーダー: John M. Kimani)

栽培環境および栽培管理が既存品種の機能発現に及ぼす影響を明らかにするための研究をするためには、整備された評価系が必要であった。ケニアの特性評価システムが構築されるまでは、研究は主に日本の評価系を利用して実施した。また、有用遺伝子を導入した系統群が作出されるまでは、既存の品種を利用した実験を行い、研究を進めた。また、栽培環境および栽培管理が有用 QTL 導入系統の機能発現に及ぼす影響を明らかにするための研究についても、存の染色体断片置換システムを利用することによって効果的に進めることができた。また、ケニアにおける栽培試験を現地に長期滞在した日本人研究員と現地の研究員が共同で行うことにより、技術移転を行った。

Ⅲ. 社会実装 (研究成果の社会還元) (公開)

(1) 成果展開事例

本研究で得られた成果 (研究題目 4 で解明した土壌の養分不足の知見) を元に、ムエア地区の 9 農家と連携して K の施肥試験を実施、農家と共に効果の確認を行った。水不足により効果を検証できなかった圃場はあったが、この農家圃場での試験により、協力農家だ

けで無く周辺農家に対して研究成果を展示する事ができた。

現時点では、研究成果の社会還元には至っていないが、本プロジェクトが KALRO ムエア支所に整備している様々な生物的・非生物的ストレスに対応したイネ育種・品種評価システムを利用して、優れた性質をもつアフリカ向けイネ有望系統を共同開発し、周辺国に提供するための国際的な協働枠組みの構築を計画している。このようなイネ育種・品種評価システムは、ストレス抵抗性品種および品種の能力を引き出す栽培技術の開発に必要不可欠なものであるが、これらを有する国はアフリカにはほとんどない。2016年12月にナイロビで開催した国際シンポジウムにおいて KALRO ムエア支所をハブとして活用するアフリカのイネ育種および栽培技術開発のための国際協働ネットワーク（図 36）の構築について協議を進めた。本プロジェクト終了後には、国際稲研究所やアフリカ稲センターと連携し、国際協働ネットワークを活かして各国のニーズに応じた品種と栽培技術の開発ならびに普及に取り組むことを計画している。KALRO ムエア支所のイネ育種・品種評価システムを利用することによって、ケニアのみならず、周辺国の稲作振興にも貢献できると考えている。本プロジェクトで開発した約 150 系統を国際稲研究所との連携により、複数国の多環境において評価する予定である。また、国際協働ネットワークを通して、開発した品種を各国に配布する計画である。

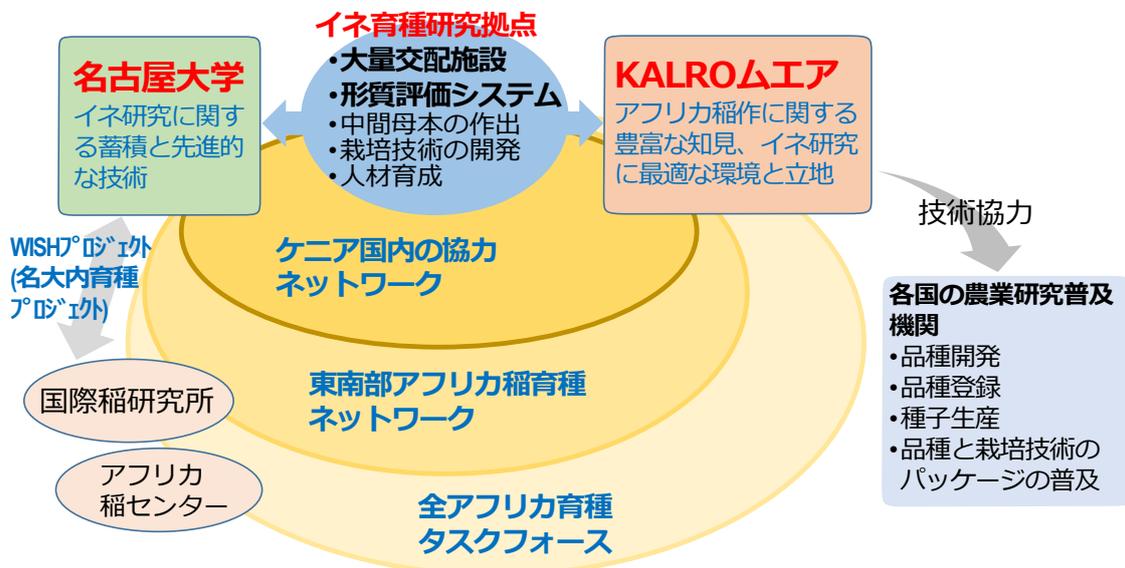


図 36 アフリカのイネ育種および栽培技術開発のための国際協働ネットワークのイメージ

(2) 社会実装に向けた取り組み

- 本研究成果をインターネット (URL; <http://satreps.agr.nagoya-u.ac.jp/>) で公開し、一般に情報提供している。
- 本プロジェクトの一環として開発している育種・品種評価システムのマニュアル化を進めている。
- 2016年12月6-7日に KALRO 本部会議場において国際シンポジウムを開催し、日本とケニアを含む 14 カ国から参加した当該分野の関係者 105 名に対し、研究成果の一部を報告するとともに国際協働体制構築に向けた議論を行った。
- 施肥方法に関する農家圃場試験で連携した農家の内、リーダー的な農家に対するフォローアップ指導を実施し、周辺農家への情報提供を依頼した。

IV. 日本のプレゼンスの向上 (公開)

ケニアのテレビ (Nation TV、K24 TV、Citizen TV、KTN TV)、新聞 (Nation、Standards) およびラジオ (Citizen Radio、Radio Maria、Inooro Radio) のニュースで本プロジェクト成果を含む KALRO ムエア支所における研究活動が取り上げられた。

2018年1月25日に在ケニア日本大使館主催のプレスツアーが実施され、ケニアのテレビ局3社 (KTN NEWS、NTV News、KBC) および新聞社4社 (Nation Print、Standard Print、People Daily、Star) が本プロジェクトの取り組みを取材した。KTN NEWS、NTV News および KBC のニュース番組において取材内容が放映され、Web 上でも動画が公開されている。また、DAILY NATION 紙の記事としても掲載された。

V. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】 (公開)

VI. 投入実績【研究開始～現在の全期間】 (非公開)

VII. その他 (非公開)

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。)
2015	Wainaina, C. M., Inukai, Y., Masinde, P. W., Ateka, E. M., Murage, H., Kano-Nakata, M., Nakajima, Y., Terashima, T., Mizukami, Y., Nakamura, M., Nonoyama, T., Saka, N., Asanuma, S., Yamauchi, A., Kitano, H., Kimani, J., and Makihara, D. (2015) Evaluation of cold tolerance in NERICAs compared with Japanese standard rice varieties at the reproductive stage. <i>Journal of Agronomy and Crop Science</i> , 201: 461-472.	10.1111/ja c.12125	国際誌	発表済	
2016	Kundu, C. A., Ishii, M., Sato, K., Masunaga, T., Wanjogu, R. K., Njagi, R. E., Yamauchi, A. and Makihara, D. (2016) Evaluation of soil chemical properties under paddy production system in central Kenya: soil exchangeable cations. <i>Journal of Agricultural Science</i> 8: 136-148.	10.5539/ja s.v8n8p136	国際誌	発表済	
2016	Gichuhi, E., Himi, E., Takahashi, H., Zhu, S., Doi, K., Tsugane, K. and Maekawa, M. (2016) Identification of QTLs for yield-related traits in RILs derived from the cross between pLIA-1 carrying <i>Oryza longistaminata</i> chromosome segments and Norin 18 in rice. <i>Breeding Science</i> 66: 720-733.	10.1270/js bbs.16083.	国際誌	発表済	
2016	Gichuhi, E., Himi, E., Takahashi, H. and Maekawa, M. (2016) Characterization and QTL analysis of <i>Oryza longistaminata</i> introgression line, pLIA-1, derived from a cross between <i>Oryza longistaminata</i> and <i>Oryza sativa</i> (Taichung 65) under non-fertilized conditions. <i>Rice Research</i> 4:3:174.	10.4172/23 75- 4338.10001 74	国際誌	発表済	
2016	Gichuhi, E., Himi, E., Nisar, A., Takahashi, H. and Maekawa, M. (2016) Preliminary QTL detection for improving Basmati rice in F2 population derived from the cross between Kernel Basmati and pLIA-1 carrying <i>Oryza longistaminata</i> chromosome. <i>SABRAO Journal of Breeding and Genetics</i> 48 (4): 402-415		国際誌	発表済	
2016	Wainaina, C. M., Makihara, D., Samejima, H., Kikuta, M., Menge, D. M., Kimani, J. M. and Inukai, Y. (2017) Development of a new cultivation technology for cold stress escape through flowering time manipulation by water management in the highlands of East Africa. <i>Journal of International Cooperation for Agricultural Development</i> 15: 32-41		国際誌	発表済	
2017	Kundu, C. A., Ishii, M., Sato, K., Wanjogu, R. K., Makihara, D., Yamauchi, A. and Masunaga, T. (2017) An assessment of paddy production system in Central Kenya with special reference to micronutrients. <i>Journal of Agricultural Science</i> 9(6): 49-63	10.5539/ja s.v9n6p49	国際誌	発表済	
2017	Njinju, S. M., Samejima, H., Katsura, K., Kikuta, M., Gwei-Onyango, J. P., Kimani, J. M., Yamauchi, A. and Makihara, D. (2018) Grain yield responses of lowland rice varieties to increased amount of nitrogen fertilizer under tropical highland conditions in central Kenya. <i>Plant Production Science</i> 21(2): 59-70.	10.1080/13 43943X.201 8.1436000	国際誌	発表済	
2017	Wainaina, C. M., Makihara, D., Nakamura, M., Ikeda, A., Suzuki, T., Mizukami, Y., Nonoyama, T., Doi, K., Kikuta, M., Samejima, H., Menge, D. M., Yamauchi, A., Kitano, H., Kimani, J. M. and Inukai, Y. (2018) Identification and validation of QTLs for cold tolerance at the booting stage and other agronomic traits in a rice cross of a Japanese tolerant variety, Hananomai and a NERICA parent, WAB56-104. <i>Plant Production Science</i> 21(2): 132-143.	10.1080/13 43943X.201 8.1440970	国際誌	発表済	

論文数	9	件
うち国内誌	0	件
うち国際誌	9	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。)
2013	Kihoro, J., Bosco, N. J., Murage, H., Ateka, E. and Makihara, D. (2013) Investigating the impact of rice blast disease on the livelihood of the local farmers in greater Mwea region of Kenya. SpringerPlus 2: 308.	10.1186/2193-1801-2-308	国際誌	発表済	
2013	Shelley, I. J., Nishiuchi, S., Shibata, K. and Inukai, Y. (2013) SLL1, which encodes a member of the stearyl-acyl carrier protein fatty acid desaturase family, is involved in cell elongation in lateral roots via regulation of fatty acid content in rice. Plant Sci. 207: 12-17.	10.1016/j.plantsci.2013.01.003	国際誌	発表済	
2013	Kano-Nakata, M., Gowda, V., Henry, A., Serraj, R., Inukai, Y., Fujita, D., Kobayashi, N., Suralta, R. and Yamauchi, A. (2013) Functional roles of the plasticity of root system development in dry matter production and water uptake under rainfed lowland conditions. Field Crops Research 144: 288-296.	10.1016/j.fcr.2013.01.024	国際誌	発表済	
2013	Mitsuya, S., Katsutoshi, K. and Takabe, T. (2013) Tissue localization of the glycine betaine biosynthetic enzymes in barley leaves. Plant Production Science 16: 117-122.	10.1626/pp.s.16.117	国際誌	発表済	
2013	Niones, J. M., Suralta, R. R., Inukai, Y. and Yamauchi, A. 2013. Roles of root aerenchyma development and its associated QTL in dry matter production under transient moisture stress in rice. Plant Production Science 16: 205-216.	10.1626/pp.s.16.205	国際誌	発表済	
2013	Uga, Y., Sugimoto, K., Ogawa, S., Rane, J., Ishitani, M., Hara, N., Kitomi, Y., Inukai, Y., Ono, K., Kanno, N., Inoue, H., Takehisa, H., Motoyama, R., Nagamura, Y., Wu, J., Matsumoto, T., Takai, T., Okuno, K. and Yano, M. (2013) Control of root system architecture by DEEPER ROOTING 1 increases rice yield under drought conditions. Nature Genetics 45: 1097-1102.	10.1038/ng.2725	国際誌	発表済	
2014	Sakurai, T., Nasuda, A., Murage, H. and Makihara, D. (2014) Impact of adopting a new cash crop: A randomized rice seed provision trial in the Kenyan highlands. The Japanese Journal of Rural Economics 16: 25-32.		国内誌	発表済	
2014	Tran, T. T., Kano-Nakata, M., Takeda, M., Menge, D., Mitsuya, S., Inukai, Y. and Yamauchi, A. (2014) Nitrogen application enhanced the expression of developmental plasticity of root system triggered by mild drought stress in rice. Plant Soil. 378: 139-152.	10.1007/s11104-013-2013-5	国際誌	発表済	
2014	Kano-Nakata, M., Tatsumi, J., Inukai, Y., Asanuma, S. and Yamauchi, A. (2014) Effect of various intensities of drought stress on $\delta^{13}C$ variation among plant organs in rice: comparison of two cultivars. American Journal of Plant Sciences, 5: 1686-1693.	10.4236/ajps.2014.511183	国際誌	発表済	
2014	Nasuda, A., Sakurai, T., Murage, H. and Makihara, D. (2014) Dual role of irrigation schemes for NERICA diffusion in the central highlands in Kenya: sources of supplemental water and technology information. Journal of International Cooperation for Agricultural Development 13: 29-37.		国内誌	発表済	
2015	Tran, T. T., Kano-Nakata, M., Suralta, R. R., Menge, D., Mitsuya, S., Inukai, Y. and Yamauchi, A. (2015) Root plasticity and its functional roles were triggered by water deficit but not by the resulting changes in the forms of soil N in rice. Plant Soil. 386:65-76.	10.1007/s11104-014-2240-4	国際誌	発表済	
2015	Kameoka, E., Suralta, R., Mitsuya, S. and Yamauchi, A. (2015) Matching the expression of root plasticity with soil moisture availability maximizes rice productivity under drought. Plant Production Science 18: 267-276.	10.1626/pp.s.18.267	国際誌	発表済	

2015	Mitsuya, S., Tsuchiya, A., Kono-Ozaki, K., Fujiwara, T., Takabe, T. and Takabe, T. (2015) Functional and expression analyses of two kinds of betaine aldehyde dehydrogenases in a glycinebetaine-hyperaccumulating graminaceous halophyte, <i>Leymus chinensis</i> . SpringerPlus 4: 202.	10.1186/s40064-015-0997-4	国際誌	発表済	
2015	Kurokawa, Y., Noda, T., Yamagata, Y., Angeles-Shim, R., Sunohara, H., Uehara, K., Furuta, T., Nagai, K., Jena, K. K., Yasui, H., Yoshimura, A., Ashikari, M. and Doi, K. (2016) Construction of a versatile SNP array for pyramiding useful genes of rice. Plant Science 242: 131-139.	10.1016/j.plantsci.2015.09.008	国際誌	発表済	
2015	Menge, D., Kameoka, E., Kano-Nakata, M., Yamauchi, A., Asanuma, S., Asai, H., Kikuta, M., Suralta, R.R., Koyama, T., Tran, T.T., Siopongco J.D.L.C., Mitsuya, S., Inukai, Y. and Makihara, D. (2016) Drought induced root plasticity of two upland NERICA varieties under conditions with contrasting soil depth characteristics. Plant Production Science 19: 389-400.	10.1080/1343943X.2016.1146908	国際誌	発表済	
2015	Kameoka, E., Suralta, R. R., Mitsuya, S. and Yamauchi, A. (2016) Developmental plasticity of rice root system grown under mild drought stress condition with shallow soil depth; comparison between nodal and lateral roots. Plant Production Science 19: 411-419.	10.1080/1343943X.2015.1128094	国際誌	発表済	
2015	Niones, J. M., Inukai, Y., Suralta R. R. and Yamauchi, A. (2015) QTL associated with lateral root plasticity in response to soil moisture fluctuation stress in rice. Plant and Soil 391: 63-75.	10.1007/s11104-015-2404-x	国際誌	発表済	
2015	Song, X. J., Kuroha, T., Ayano, M., Furuta, T., Nagai, K., Komeda, N., Segami, S., Miura, K., Ogawa, D., Kamura, T., Suzuki, T., Higashiyama, T., Yamasaki, M., Mori, H., Inukai, Y., Wu, J., Kitano, H., Sakakibara, H., Jacobsen S. E. and Ashiakri M. (2015) Rare allele of a novel Histone H4 acetyltransferase enhances grain weight, yield and plant biomass in rice. PNAS 112: 76-81.	10.1073/pnas.1421127112	国際誌	発表済	
2016	Kikuta, M., Makihara, D., Arita N., Miyazaki, A. and Yamamoto, Y. (2017) Growth and yield responses of upland NERICAs to variable water management under field conditions. Plant Production Science, 20 :36-46.	10.1080/1343943X.2016.1245102	国際誌	発表済	
2016	Malemba, G. M., Nzuve, F. M., Kimani, J. M., Olubayo, M. F. and Muthomi, J. W. (2017) Combining ability for drought tolerance in upland rice varieties at reproductive stage. Journal of Agricultural Science 9(3): 138-150.	10.5539/jas.v9n3p138	国際誌	発表済	
2016	Furuta, T., Ashikari, M., Jena, K. K., Doi, K. and Reuscher, S. (2017) Adapting genotyping-by-sequencing for rice F2 populations. G3: Genes, Genomes, Genetics 7(3): 881-893.	10.1534/g3.116.038190	国際誌	発表済	
2017	Kawai, T., Nosaka-Takahashi, M., Yamauchi, A. and Inukai, Y. (2017) Compensatory growth of lateral roots responding to excision of seminal root tip in rice. Plant Root 11: 48-57.	10.3117/plantroot.11.48	国際誌	発表済	
2017	Kano-Nakata, M., Inukai, Y., Siopongco, J. D. L. C., Mitsuya, S. and Yamauchi, A. (2017) Quantitative evaluation of plastic root responses to contiguous water gradient in rice. Plant Root 11: 70-78.	10.3117/plantroot.11.70	国際誌	発表済	
2017	Shelley, I. J., Watanabe, S., Ozaki, H., Nagasawa, N., Ogawa, A., Takahashi-Nosaka, M., Nishiuchi, S., Yamauchi, A., Kitano, H. and Inukai, Y. (2018). Analysis of the <i>rrl3</i> mutants reveals the importance of arginine biosynthesis in the maintenance of root apical meristem in rice. Journal of Plant Studies 7: 36-46.	10.5539/jps.v7n1p36	国際誌	発表済	

2017	Owusu-Nketia, S., Inukai, Y., Suralta, R., Doi, K., Mitsuya, S., Kano-Nakata, M., Niones, J., Nguyen, D. T. N., Kabuki, T., Makihara, D. and Yamauchi, A. (2018) Root plasticity under fluctuating soil moisture stress exhibited by backcross inbred line of a rice variety, Nipponbare carrying introgressed segments from KDML105 and detection of the associated QTLs. Plant Production Science 21(2): 106-122.	10.1080/1343943X.2018.1446759	国際誌	発表済	
2017	Nguyen, D. T. N., Suralta, R. R., Kano-Nakata, Mana., Mitsuya, S., Owusu-Nketia, S. and Yamauchi, A. (2018) Genotypic variations in the plasticity of nodal root penetration through the hardpan during soil moisture fluctuations among four rice varieties, Plant Production Science 21(2): 93-105.	10.1080/1343943X.2018.1439757	国際誌	発表済	
2017	Suralta, R. R., Niones, J. M., Kano-Nakata, M., Tran, T. T., Mitsuya, S. and Yamauchi, A. (2018) Plasticity in nodal root elongation through the hardpan was triggered by rewatering during soil moisture fluctuation stress in rice. Scientific Reports 8, Article number: 4341	10.1038/s41598-018-22809-5	国際誌	発表済	
2017	Inahashi, H., Shelley, I. J., Yamauchi, T., Nishiuchi, S., Takahashi-Nosaka, M., Matsunami, M., Ogawa, A., Noda, Y. and Inukai, Y. (2018) OsPIN2, which encodes a member of the auxin efflux carrier proteins, is involved in root elongation growth and lateral root formation patterns via the regulation of auxin distribution in rice. Physiologia Plantarum 164(2): 216-225	10.1111/pp1.12707	国際誌	発表済	
2017	Yoshimura, M., Sato, A., Kuwata, K., Inukai, Y., Kinoshita, T., Itami, K., Tsuchiya, Y. and Hagihara, S. (2018) Discovery of shoot branching regulator targeting strigolactone receptor DWARF14. ACS Central Science 4(2): 230-234	10.1021/acscentsci.7b00554	国際誌	発表済	

論文数 29 件
うち国内誌 2 件
うち国際誌 27 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	特記事項
2017	Makihara, D., Kimani, J., Samejima, H., Kikuta, M., Menge, D., Doi, K., Inukai, Y., Maekawa, M., Masunaga, T., Sasaki, Y., Katsura, K., Kitano, H., Mitsuya, S., Kano-Nakata, M., Wainaina, C., Gichuhi, E., Njinju, S., Kagito, S., Magoti, R., Wakaria, M., Kundu, C., and Yamauchi, A. (2018) Development of rice breeding and cultivation technology tailored for Kenya's environment. In Kokubun, M. and Asanuma, S. (Eds.), Crop Production under Stressful Conditions - Application of Cutting-edge Science and Technology in Developing Countries, Springer, 24-47.	書籍	発表済	

著作物数 1 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
2013	榎原大悟 (2013) アフリカにおけるイネ栽培の課題と対応方策. 熱帯農業研究 6: 33-37.	国内誌	発表済	
2014	Ahmadi, N., Audebert, A., Bennett, M. J., Bishopp, A., Costa de Oliveira, A., Courtois, B., Diedhiou, A., Diévar, A., Gantet, P., Ghesquière, A., Guiderdoni, E., Henry, A., Inukai, Y., Kochian, L., Laplaze, L., Lucas, M., Luu, D. T., Manneh, B., Mo, X., Muthurajan, R., Périn, C., Price, A., Robin, S., Sentenac, H., Sine, B., Uga, Y., Véry, A. A., Wissuwa, M., Wu, P. and Xu, J. (2014) The roots of future rice harvests. Rice 7: 29.	国際誌	発表済	
2015	仲田(狩野)麻奈, 犬飼義明, 山内章 (2015) イネの可塑的な根系発育による水ストレス適応機構. 根の研究 24: 53-62.	国内誌	発表済	

2017	Suralta, R., Kano-Nakata, M., Niones, J. M., Inukai, Y., Kameoka, E., Thiem, T. T., Menge, D. M., Mitsuya, S. and Yamauchi, A. Root plasticity for maintenance of productivity under abiotic stressed soil environments in rice: Progress and prospects. Field Crops Research 220: 57-66.	10.1016/j.fcr.2016.06.023	国際誌	発表済	
2017	河合翼・児島孝明・犬飼義明 2017. イネ根系に見られる表現型可塑性の分子機構解明を目指して. アグリバイオ11: 47-50.		国内誌	発表済	

著作物数 5 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
2016	カウンターパート研修。名古屋大学農学国際教育協力研究センターにおいて、イネの耐塩性や低土壌水分条件適応性に関する研究に取り組み、生育指標の調査、生理活性状態の測定、遺伝子解析、データ解析方法などに関する技術を高めることを目的とするプロジェクトのカウンターパート研究者のための個別研修。1名を対象に6ヶ月間の研修を1回実施	Crop Science JICA-SATREPS Counterpart Training Report	
2016	JICA課題別研修「アフリカ地域 稲作振興のための中核的農学研究者の育成」。サブサハラアフリカ地域の国々を対象に中核的稲研究者に必要な知識や技術の向上を目的として実施されている1ヶ月間の集団研修。本プロジェクトのカウンターパート1名が1回参加	Action plan	
2016 - 2017	JICA招へい事業による研修「イネ育種高度化」(日本、ベトナム、「食料安全保障のための農学ネットワーク協力(通称AGRI-Net)」の一環)。イネのゲノム科学と育種に関する知識および技術の向上を目的とし、日本およびベトナムにおいて実施された40日間の集団研修。本プロジェクトのカウンターパート1名が1回参加		
2017	JICA第三国研修(エジプト)「Rice Research and Extension」。イネ研究および普及に関する技術と知識を向上することを目的とする1ヶ月間の集団研修。本プロジェクトのカウンターパート1名が1回参加		
2017	プロジェクトでケニアに導入した育種手法および実験技術に関するマニュアル	Techniques for Field and Laboratory Experiments with Rice -A Manual for Breeding and Cultivation Technology Development in the Mwea Region-	
2017	プロジェクトで作出した中間母本を基に品種を作出するまでの手順を示した計画書	A plan for developing rice varieties	
2017	プロジェクトで開発した栽培技術を農家圃場で実証するための手法を示したマニュアル	A manual for verification of the improved cultivation technologies	

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
2014	国内学会	Wainaina, C.M., Shelley, I.J. Menge, D., Inukai, Y. Growth response of rice root mutant and its wild type under various cropping patterns and nitrogen rates. 根研究学会、第41回根研究集会、名古屋市、2014年9月	ポスター発表
2014	国内学会	Wainaina, C. M., Inukai, Y., Nakajima, Y., Mizukami, Y., Nakamura, M., Ikeda, A., Asanuma, S., Kitano, H. and Makihara, D. QTL analysis for cold tolerance at the reproductive stage and evaluation of effective QTLs in backcross lines of rice (<i>Oryza sativa</i> L.): cross between NERICA parent variety, WAB-56-104 and cold tolerant variety, Hananomai. 第22回育種学会中部地区談話会、岐阜市、2014年11月	ポスター発表
2014	国内学会	菊田真由実, Kimani, J., 榎原大悟 :ケニアの異なる圃場水管理条件下におけるイネの生育反応の品種間差異. 日本熱帯農業学会第117回講演会、筑波大学、つくば市、2015年3月	ポスター発表
2015	国内学会	菊田真由実, Kimani, J., 鮫島啓彰, 山内章, 榎原大悟 :ケニアの異なる土壌条件における灌水制限が陸稲NERICA品種の根系発達および収量に及ぼす影響. 第240回日本作物学会講演会、信州大学、長野市、2015年9月	ポスター発表
2015	国内学会	増永二之, Kundu, C.A., 石井雅也, 佐藤邦明, 山内章, 榎原大悟 :ケニア・ムエア地域の水田土壌の肥沃度特性. 日本土壌肥料学会2015年度京都大会、京都市、2015年9月	口頭発表
2015	国内学会	Kundu, C.A., Ishii, M., Sato, K., Masunaga, T., Yamauchi, A. and Makihara, D. Soil chemical characteristics of paddy fields in Kenya. Distribution of pH, EC, and exchangeable cations in Mwea irrigation scheme. 2015 annual meeting, Japanese Society of Soil Science and Plant Nutrition, Kyoto, Japan, September, 2015	口頭発表
2015	国際学会	Kikuta, M., Kimani, J., Yamauchi, A. and Makihara, D. Yield performance of NERICAs under different water management practices in Mwea, Kenya. ISSAAS2015 & 118th JSTA International Joint Conference, Tokyo University of Agriculture, Tokyo, November, 2015	ポスター発表
2015	国際学会	Kakehashi, T., Makihara, D. and Kimani, J. Effects of SRI methods on growth and yield of rice in Mwea, Kenya. ISSAAS2015 & 118th JSTA International Joint Conference, Tokyo University of Agriculture, Tokyo, November, 2015	ポスター発表
2015	国内学会	榎原大悟, 鮫島啓彰, 犬飼義明, 北野英己, 土井一行, 三屋史朗, 仲田(狩野)麻奈, 前川雅彦, 増永二之, 佐々木由佳, 桂圭佑, Kimani, J., Wainaina, C., Kundu, C., 菊田真由実, Menge, D., Gikonyo, E., Njinju, S., Magoti, R., Kagito, S., Wakaria, M., Kore, W., Musila, M., Machungo, C., Kirubi, D., Onyango, N., Kimenju, J., 山内章: テーラーメイドによるケニアの環境に適したイネ品種と栽培技術の開発. 日本作物学会第241回講演会、茨城大学、水戸市、2016年3月	招待講演
2015	国内学会	鮫島啓彰, Njinju, S. M., Kimani, J., 山内章, 榎原大悟: ケニア国ムエアにおいて15日毎に播種した水稻品種Basmati370の収量. 日本作物学会第241回講演会、茨城大学、水戸市、2016年3月	口頭発表
2015	国内学会	佐々木由佳, 増永二之, 榎原大悟, Wanjogu, R., Njagi, R., Kimani, J., 福田翔太, 山内章: ケニア、ムエア灌漑地域の農家水田における水稻収量の実態把握と収量制限要因の検討. 日本作物学会第241回講演会、茨城大学、水戸市、2016年3月	口頭発表
2015	国内学会	Njinju, S. M., Samejima, H., Onyango, N., Kimani, J., Yamauchi, A. and Makihara, D. Effects of increasing N fertilizer application in lowland rice cultivations at Mwea, Kenya. 日本作物学会第241回講演会、茨城大学、水戸市、2016年3月	ポスター発表
2015	国内学会	佐々木由佳, 福田翔太, 鮫島啓彰, Kimani, J., 榎原大悟, 山内章: ケニア灌漑水田での耕起・代かき方法の改良による漏水対策. 日本熱帯農業学会第119回講演会、明治大学、川崎市、2016年3月	口頭発表
2016	国内学会	Wainaina, C.M., Makihara, D., Nakamura, M., Ikeda, A., Suzuki, T., Mizukami, Y., Nonoyama, T., Doi, K., Yamauchi, A., Kitano, H., Kimani, J. and Inukai, Y. Presentation title in English: Identification and validation of QTLs for cold tolerance at the booting stage in a rice cross of a tolerant variety, Hananomai and a NERICA parent, WAB56-104. 日本育種学会第130回講演会、鳥取大学、鳥取、2016年9月	ポスター発表
2016	国内学会	佐々木由佳, 福田翔太, 鮫島啓彰, Kimani, J., 榎原大悟, 山内章: ケニア・ムエア地域の漏水田における代かきの浸透抑制効果. 日本土壌肥料学会2016年度佐賀大会、佐賀大学、佐賀市、2016年9月	ポスター発表
2016	国内学会	Njinju, S. M., 鮫島啓彰, Gweyi-Onyango, J. P., 菊田真由実, Kimani, J. M., 山内章, 榎原大悟: ケニア国ムエア地区の水田での窒素増肥に対するイネの収量反応性. 日本熱帯農業学会第120回講演会、鹿児島大学、鹿児島市、2016年10月	口頭発表

2016	国際学会	Fukuda, S., Sasaki, Y., Samejima, H., Kimani, J., Makihara, D. and Yamauchi, A. Identification of soil water potential in alternate wetting and drying management without yield decline of rice in Mwea irrigation scheme. SATREPS International Symposium 'Tailor-made rice breeding and cultivation technology development for sub-Saharan Africa -Progress and future prospects of the SATREPS project in Kenya-', Nairobi, Kenya, December 2016	ポスター発表
2016	国際学会	Hasegawa, T., Shibata, A., Takahashi-Nosaka, M., Nishiuchi, S., Samejima, H., Wainaina, C., Menge, D., Kikuta, M., Yamauchi, A., Makihara, D. and Inukai, Y. Trial of rice breeding for drought avoidance using the vrs1 gene that promotes lateral root development. SATREPS International Symposium 'Tailor-made rice breeding and cultivation technology development for sub-Saharan Africa -Progress and future prospects of the SATREPS project in Kenya-', Nairobi, Kenya, December 2016	ポスター発表
2016	国際学会	Ishii, M., Masunaga, T., Kundu, C. A., Makihara, D., Samejima, H., Kikuta, M. and Yamauchi, A. Effects of K and Zn application on rice growth and yield in three types of soils in Mwea, Kenya. SATREPS International Symposium 'Tailor-made rice breeding and cultivation technology development for sub-Saharan Africa -Progress and future prospects of the SATREPS project in Kenya-', Nairobi, Kenya, December 2016	ポスター発表
2016	国際学会	Kagito, S., Samejima, H., Kikuta, M., Gweyi-Onyango, J. P., Gikonyo, E. W., Kimani, J. M., Yamauchi, A. and Makihara, D. Growth and Yield of Upland Rice Varieties in Response to Low-Nitrogen Conditions in Mwea, Kenya. SATREPS International Symposium 'Tailor-made rice breeding and cultivation technology development for sub-Saharan Africa -Progress and future prospects of the SATREPS project in Kenya-', Nairobi, Kenya, December 2016	ポスター発表
2016	国際学会	Kikuta, M., Magoti, R., Kimani, J., Samejima, H., Yamauchi, A. and Makihara, D. Effects of Different Soil Types and Water Regimes on Root Development and Yield of Upland Rice in Kenya. SATREPS International Symposium 'Tailor-made rice breeding and cultivation technology development for sub-Saharan Africa -Progress and future prospects of the SATREPS project in Kenya-', Nairobi, Kenya, December 2016	口頭発表
2016	国際学会	Kikuta, M., Kimani, J., Yamauchi, A. and Makihara, D. Evaluation of rice varieties for yield performance under different water management practices in Mwea, Kenya. SATREPS International Symposium 'Tailor-made rice breeding and cultivation technology development for sub-Saharan Africa -Progress and future prospects of the SATREPS project in Kenya-', Nairobi, Kenya, December 2016	ポスター発表
2016	国際学会	Kimani, J., Doi, K., Inukai, Y., Maekawa, M., Yamauchi, A. and Makihara, D. Introduction of tailor-made breeding concept in Kenya. SATREPS International Symposium 'Tailor-made rice breeding and cultivation technology development for sub-Saharan Africa -Progress and future prospects of the SATREPS project in Kenya-', Nairobi, Kenya, December 2016	口頭発表
2016	国際学会	Magoti, R., Makihara, D., Chemining'wa, G., Kinama, J., Samejima, H., Kikuta, M., Kimani, J. M., Gicheru, P., Njinju, S. and Yamauchi, A. Effects of soil moisture stress on growth and yield of rice under different soil types. SATREPS International Symposium 'Tailor-made rice breeding and cultivation technology development for sub-Saharan Africa -Progress and future prospects of the SATREPS project in Kenya-', Nairobi, Kenya, December 2016	ポスター発表
2016	国際学会	Makihara, D., Samejima, H., Inukai, Y., Kitano, H., Doi, K., Mitsuya, S., Kano-Nakata, M., Maekawa, M., Masunaga, T., Sasaki, Y., Katsura, K., Kikuta, M., Menge, D., Kimani, J., Wainaina, C., Njinju, S., Magoti, R., Kagito, S., Wakaria, M., Kundu, C. and Yamauchi, A. Outline, progress and future prospects of the SATREPS project in Kenya. SATREPS International Symposium 'Tailor-made rice breeding and cultivation technology development for sub-Saharan Africa -Progress and future prospects of the SATREPS project in Kenya-', Nairobi, Kenya, December 2016	口頭発表
2016	国際学会	Njinju, S. M., Samejima, H., Gweyi-Onyango, J. P., Kikuta, M., Kimani, J. M., Yamauchi, A. and Makihara, D. Growth and yield responses of Kenyan popular rice varieties to increased nitrogen fertilizer in Mwea irrigation scheme, Kenya. SATREPS International Symposium 'Tailor-made rice breeding and cultivation technology development for sub-Saharan Africa -Progress and future prospects of the SATREPS project in Kenya-', Nairobi, Kenya, December 2016	口頭発表
2016	国際学会	Samejima, H., Kikuta, M., Katsura, K., Kimani, J., Yamauchi, A. and Makihara, D. Possibility of increasing rice grain yield by adopting aerobic rice system in Mwea, Kenya. SATREPS International Symposium 'Tailor-made rice breeding and cultivation technology development for sub-Saharan Africa -Progress and future prospects of the SATREPS project in Kenya-', Nairobi, Kenya, December 2016	口頭発表
2016	国際学会	Wainaina, C. M., Kimani, J., Nakamura, M., Ikeda, A., Suzuki, T., Mizukami, Y., Nonoyama, T., Doi, K., Yamauchi, A., Kitano, H., Makihara, D. and Inukai, Y. Study in Japan and breeding research on cold tolerance. SATREPS International Symposium 'Tailor-made rice breeding and cultivation technology development for sub-Saharan Africa -Progress and future prospects of the SATREPS project in Kenya-', Nairobi, Kenya, December 2016	口頭発表
2016	国内学会	増永二之、石井雅也、Kundu, A. C., 横原大悟、山内章: ケニアMwea灌漑地区の水田稲作におけるKとZnの施用効果の検証. 2016年度(第112回)日本土壌肥科学会関西支部講演会、メルパルク京都、京都、2016年12月	口頭発表

2016	国内学会	Kundu, A. C., Ihii, M., Sato, K., Masunaga, T., Makihara, D. and Yamauchi, A. spatial variability in soil chemical properties in a paddy rice production system in Kenya. 2016年度(第112回)日本土壤肥料学会関西支部講演会、メルパルク京都、京都、2016年12月	口頭発表
2016	国内学会	掛橋孝洋、Njinju, S. M., 江原宏、榎原大悟:強酸性土壌における土壌水分条件の違いがイネの収量に及ぼす影響. 日本作物学会第243回講演会、東京大学、東京、2017年3月	ポスター発表
2016	国内学会	菊田真由実、鮫島啓彰、Kimani, J., 山内章、榎原大悟:天水傾斜畑条件における土壌水分動態が異なる根系形質を持つNERICA 品種の生育および収量に及ぼす影響. 日本作物学会第243回講演会、東京大学、東京、2017年3月	口頭発表
2016	国内学会	鮫島啓彰、菊田真由実、Kimani, J., 山内章、榎原大悟. ケニア国ムエア地区の水田で評価した陸稲NERICA品種の耐冷性. 日本作物学会第243回講演会、東京大学、東京、2017年3月	口頭発表
2016	国内学会	鮫島啓彰、菊田真由実、Kimani, J., 山内章、榎原大悟. ケニア国ムエア地区の水田における耐冷性が異なるイネ品種のN施肥量に対する反応の違い. 日本作物学会第243回講演会、東京大学、東京、2017年3月	口頭発表
2017	国際学会	Makihara, D., Samejima, H., Kikuta, M., Kimani, J. M., Ashikari, M., Angeles-Shim, R., Sunohara, H., Jena, K. K., Yamauchi, A. and Doi, K. Evaluation of lines of NERICA 1 introgressed with <i>Gn1a</i> and <i>WFP</i> for yield and yield components as affected by nitrogen fertilization in Kenya. 9th Asian Crop Science Association Conference, Jeju Convention Center, Jeju, South Korea, June 2017	ポスター発表
2017	国際学会	Kikuta, M., Samejima, H., Magoti, R., Kimani, J. M., Yamauchi, A. and Makihara, D. Growth and yield responses of rice varieties to various soil water deficit conditions under different soil types. 9th Asian Crop Science Association Conference, Jeju Convention Center, Jeju, South Korea, June 2017	ポスター発表
2017	国内学会	掛橋孝洋、Simon M. Njinju, 江原宏、榎原大悟. 異なる灌漑条件に対する陸稲品種と水稲品種の生育および収量反応の差異. 日本作物学会第244回講演会、岐阜大学、岐阜、2017年9月	口頭発表
2017	国内学会	菊田真由実・鮫島啓彰・石井雅也・増永二之・John Kimani・山内章・榎原大悟ケニア国ムエア灌漑地区の水田における土壌条件および灌漑方法がイネ品種の生育と収量に及ぼす影響. 日本作物学会第244回講演会、岐阜大学、岐阜、2017年9月	ポスター発表
2017	国内学会	福田翔太、佐々木由佳、鮫島啓彰、菊田真由実、Kimani, J., 榎原大悟、山内章. ケニア ムエア灌漑地域の水稲栽培における節水栽培の適応可能性. 日本土壤肥料学会2017年度仙台大会、東北大学、仙台市、2017年9月	口頭発表
2017	国内学会	Tun, S., Emily, G. and Maekawa, M. QTL analysis for yield traits in F2 of a cross between <i>Oryza longistaminata</i> introgression line pLia-4 and Basmati under low input conditions. 日本育種学会第132回講演会、岩手大学、盛岡市、2017年10月	ポスター発表
2017	国内学会	石井雅也、増永二之、Kundu, A. C., 榎原大悟、鮫島啓彰、菊田真由実、山内章. Mwea灌漑地区におけるKとZn施用がイネの収量と生育に与える影響. 2017年度(第113回)日本土壤肥料学会関西支部講演会、榎原観光ホテル、奈良、2017年12月	口頭発表

招待講演	1 件
口頭発表	20 件
ポスター発表	20 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
2012	国際学会	Menge, D., Makihara, D., Onyango, J. C., Kameoka, E., Asanuma, S. and Yamauchi, A. Plasticity in root development and its contribution to shoot dry matter production as affected by nitrogen application in NERICA (New Rice for Africa). 6th International Crop Science Congress, Bento Gonçalves, Brazil, 9 August, 2012.	口頭発表
2012	国内学会	浅井英利、榎原大悟、浅沼修一、Onyango, J. C., 山内章:早ばつ条件下での陸稲乾物生産における根系の役割と施肥管理による機能制御. 日本作物学会第234回講演会、東北大学川内北キャンパス、仙台市、2012年9月10日.	口頭発表
2012	国内学会	Kano-Nakata, M., Suralta, R. R., Grospe, F. S., Julaton, M.C.N., Rebong, A. T. I. O., Flores, A. M., Inukai, Y., Niones, J. M., Kameoka, E., Morita, S., Abe, J., Kato, Y., Fukuta, Y., Kobayashi, N. and Yamauchi, A. Soil moisture and soil strength interaction impacts on root distribution and dry matter production in rainfed lowland rice fields in the Philippines. The 234th Meeting of the Crop Science Society of Japan, Tohoku University, Sendai, 11 September, 2012.	口頭発表

2012	国内学会	Niones, J. M., Inukai, Y., Kano-Nakata, M., Suralta, R.R. and Yamauchi, A. Evaluation of functional roles of substituted Kasalath allele on chromosome 12 of cv.Nipponbare in plant adaptation to soil moisture fluctuation by the use of chromosome segment substitution lines. The 234th Meeting of the Crop Science Society of Japan, Sendai, Japan, 11 September, 2012	口頭発表
2012	国内学会	Tran, T.T., Kano-Nakata, M. and Yamauchi, A.. Nitrogen and water interaction effects on root system development in relation to dry matter production in rice. The 234th Meeting of the Crop Science Society of Japan, Tohoku University, Sendai, 11 September, 2012.	ポスター発表
2012	国内学会	Suralta, R. R. and Yamauchi, A. Evaluation of functional roles of substituted Kasalath allele on chromosome 12 of cv. Nipponbare in plant adaptation to soil moisture fluctuation by the use of chromosome segment substitution lines. Jonathan M. Niones, Yoshiaki Inukai, Mana Kano-Nakata. The 234th Meeting of the Crop Science Society of Japan, Tohoku University, Sendai, 11 September, 2012.	ポスター発表
2012	国内学会	Menge, D. M., Makihara, D., Kano-Nakata, M., Asai, H., Asanuma, S. and Yamauchi, A. Undestructive quantification of root system development in NERICA varieties under different intensities of water deficit by using minirhizotron root scanner. The 234th Meeting of the Crop Science Society of Japan, Tohoku University, Sendai, 11 September, 2012.	ポスター発表
2012	国内学会	亀岡笑, 山内章. 乾燥ストレス条件下のイネ乾物生産における根系の可塑的発育の役割. 日本作物学会第234回講演会、東北大学川内北キャンパス、仙台市、2012年9月11日.	ポスター発表
2012	国内学会	Gichuhi, E., Himi, E., Takahashi, H. and Maekawa, M. Identification of QTLs underlying important agronomic traits for low input adaptability in LIA-1, derived from a cross between Oryza longistaminata and T-65. The 122nd Meeting of the Japanese Society of Breeding, Kyoto Sangyo University, Kyoto, 14 September, 2012.	ポスター発表
2012	国内学会	柴田恭佑, 犬飼義明. イネの種子根の伸長成長および冠根・側根メリステムの分化に関わるQHB遺伝子の解析. 第122回日本育種学会講演会、京都産業大学、京都市、2012年9月14日.	口頭発表
2012	国内学会	Menge, D., Makihara, D., Asanuma, S. and Yamauchi, A. Comparison of root distribution between two upland NERICA varieties and its contribution to shoot dry matter production under water deficit conditions. Japanese Society for Tropical Agriculture 112th Academic Meeting, Nagoya University, Nagoya, 6th October, 2012.	口頭発表
2012	国内学会	榎原大悟, 櫻井武司, 浅井英利, Onyang, J. C., 山内章, 浅沼修一. 栽培実験・農家調査から検討したケニア国における陸稲NERICAの栽培・普及戦略. 日本熱帯農業学会第112回講演会、名古屋大学、名古屋市、2012年10月6日.	口頭発表
2012	国内学会	浅井英利, 榎原大悟, 浅沼修一, Onyang, J. C., 山内章. ケニア天水稲作での乾物生産に対する根系での品種×土壌環境交互作用の役割. 日本熱帯農業学会第112回講演会、名古屋大学、名古屋市、2012年10月6日.	口頭発表
2012	国内学会	仲田(狩野)麻奈, Henry, A., 犬飼義明, 福田善通, 小林伸哉, 山内章. IR64 染色体断片導入系統群を用いた天水田圃場条件下の地上部乾物生産における根系発育の役割解明. 日本熱帯農業学会第112回講演会、名古屋市、2012年10月6日.	口頭発表
2012	国際学会	Yamauchi, A., Kano-Nakata, M., Inukai, Y., Suralta, R., Niones, J., Kameoka, E. and Menge, D. Roles of function and development of root system in crop production under stress condition. International symposium for 50th anniversary of the Korean Society of Crop Science, Korea, 11 October, 2012.	招待講演
2012	国際学会	Gichuhi, E., Himi, E., Takahashi, H. and Maekawa, M. QTL analysis for important characters in LIA rice and utilization of LIA rice characters in Basmati rice. Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology The Seventh JKUAT Scientific, Technological and Industrialisation conference, Nairobi, Kenya, 15-16, November, 2012	口頭発表
2012	国内学会	柴田恭佑, 犬飼義明. 根端分裂組織のオーガニゼーションに関わるQHB/OsWOX5 遺伝子の解析. 第20回育種学会中部地区談話会、名古屋大学、名古屋市、2012年12月8日.	口頭発表
2012	国内学会	Inukai, Y., Molecular mechanisms of root elongation growth in rice. Japan-China joint symposium on rice developmental biology ~From morphogenesis to yield~. Beppu, Oita, Japan, 8 March, 2013.	口頭発表
2012	国内学会	柴田恭佑, 佐塚隆志, 伊藤純一, 犬飼義明. イネにおける根端分裂組織のオーガニゼーションに関わるQHB/OsWOX5遺伝子の解析. 日本育種学会第123回講演会、東京農業大学、東京都、2013年3月27日.	口頭発表
2012	国内学会	武田泰実, 保浦徳昇, 榎原大悟, 土井一行, 北野英己. NERICAの親系統WAB181-18を用いた形態形質に関する遺伝学的解析. 日本育種学会第123回講演会、東京農業大学、東京都、2013年3月28日.	口頭発表
2012	国内学会	仲田(狩野)麻奈, 巽二郎, 犬飼義明, 山内章. 種々の強度の乾燥ストレス条件下におけるイネ器官間の $\delta^{13}C$ 分布変動. 日本作物学会第235回講演会、川崎市、2013年3月28日.	口頭発表

2012	国内学会	Menge, D. M. and Makihara, D. Output on rice research in Kenya. The 235th Meeting of the Crop Science Society of Japan, Meiji University, Kawasaki, 29 March, 2013.	招待講演
2012	国内学会	Yamauchi, A., Kano-Nakata, M., Inukai, Y., Suralta, R. R. M., Niones, J., Kameoka, E., Henry, A., Morita, S., Abe, J., Kato, Y., Menge, D., Mitsuya, S., Makihara, D. and Asanuma, S. Developmental and functional responses of rice root system to environment. The 235th Meeting of the Crop Science Society of Japan, Meiji University, Kawasaki, 29 March, 2013.	招待講演
2013	国内学会	稲橋宏樹、木富悠花、北野英己、犬飼義明:突然変異体を利用したイネの根系形態改良の試み. 第52回ガンマフィールドシンポジウム、水戸市、2013年7月17日	ポスター発表
2013	国内学会	木富悠花、犬飼義明、松原健一郎、長戸康郎、伊藤純一:イネ幼根形成に異常を示す radicleless 変異体の解析. 第52回ガンマフィールドシンポジウム、水戸市、2013年7月17日	ポスター発表
2013	国内学会	菊田真由実、有田直矢、山本由徳、宮崎彰、横原大悟、山内章:異なる土壌水分条件におけるNERICAイネの収量性. 日本作物学会第236回講演会、鹿児島大学郡元キャンパス、鹿児島市、2013年9月10日	口頭発表
2013	国内学会	Menge, D. M., 横原大悟、浅沼修一、山内章. Shoot dry matter production and deep root development under soil water deficit conditions of two upland NERICA varieties as affected by phosphorus application. 日本作物学会第236回講演会、鹿児島大学郡元キャンパス、鹿児島市、2013年9月10日	ポスター発表
2013	国内学会	Suralta, R. R., Kano-Nakata, M., Grospe, F., Julaton, M. C., Rebong, A. T. I., Flores, A., Inukai, Y., Niones, J., Kameoka, E., Morita, S., Abe, J., Kato, Y., Fukuta, Y., Kobayashi, N. and Yamauchi, A. Soil moisture intensity impacts on root distribution and dry matter production in rainfed lowland rice fields in the Philippines. 日本作物学会第236回講演会、鹿児島大学郡元キャンパス、鹿児島市、2013年9月	ポスター発表
2013	国内学会	Tran, T.T., Kano-Nakata, M., Mitsuya, S. and Yamauchi, A. Expression of developmental plasticity of root system as affected by water deficit conditions and nitrogen forms interaction in rice. 日本作物学会第236回講演会、鹿児島大学郡元キャンパス、鹿児島市、2013年9月	ポスター発表
2013	国際学会	Kano-Nakata, M., Suralta, R. R., Grospe, F. S., Julaton, M. C. N., Rebong, A. T. I. O., Flores, A. M., Inukai, Y., Niones, J. M., Kameoka, E., Morita, S., Abe, J., Kato, Y., Fukuta, Y., Kobayashi, N. and Yamauchi, A. Impacts of soil moisture and hardness at different soil depths on the root growth and dry matter production of rice plants in rainfed lowlands. 韓国作物学会2013年秋季学術発表会、農村振興庁国立食糧科学院高冷地農業センター、韓国江原道平昌郡、2013年10月	口頭発表
2013	国際学会	Yamauchi, T., Inahashi, H., Nagamura, Y., Nishizawa, N. K., Inukai, Y. and Nakazon, M. Involvement of auxin signaling in constitutive aerenchyma formation in rice root. ISPA 11th International Conference, International Rice Research Institute, Philippines, 9 October, 2013.	口頭発表
2013	国内学会	稲橋宏樹、山内卓樹、小川敦史、犬飼義明. OsPIN2遺伝子によるイネの側根形成制御機構. 日本育種学会第124回講演会、鹿児島市、2013年10月13日	ポスター発表
2013	国内学会	Gichuhi, E., Himi, H., Maekawa, M. Preliminary mapping of yield related QTLs in F2 of the cross between LIA and Basmati. 124th Meeting of the Japanese Society of Breeding. Kagoshima, 12-13, October, 2013	ポスター発表
2013	国内学会	Tran, T. T., Kano-Nakata, M., Menge, D., Suralta, R. R., Mitsuya, S. and Yamauchi, A. Soil compaction effects on the expression of development plasticity of root system triggered by mild drought stress x nitrogen application in rice. 第39回根研究集会、畜産草地研究所那須研究拠点、那須塩原市、2013年11月9日	口頭発表
2013	国内学会	Suralta, R. R., Kano-Nakata, M., Tran, T. T. and Yamauchi, A. Root penetration in the hardpan during soil moisture fluctuations and its contribution to water use and dry matter production in rice. 第39回根研究集会、畜産草地研究所那須研究拠点、那須塩原市、2013年11月9日	口頭発表
2013	国内学会	仲田(狩野)麻奈、Henry, A., 小林伸哉、Rachid, S., 福田善通、山内章:土壌水分変動条件に適応したイネ系統における乾燥ストレス後の再灌水に対する根系発育反応. 第39回根研究集会、畜産草地研究所那須研究拠点、那須塩原市、2013年11月9日	口頭発表
2013	国内学会	Menge, D., 横原大悟、浅沼修一、山内章. Genotypic variation in root morphological traits involved in deep root development and root plasticity of upland NERICA under water deficit conditions. 第39回根研究集会、畜産草地研究所那須研究拠点、那須塩原市、2013年11月9日	ポスター発表
2013	国内学会	武田泰実、保浦徳昇、石原亮太、國島健、藤城靖子、土井一行、横原大悟、北野英己:NERICAの親系統WAB181-18の栽培条件の違いにおける生育形質の特性評価. 第21回育種学会中部地区談話会、2013年11月30日、信州大学	ポスター発表
2013	国内学会	Telebanco-Yanoria, M. J., 福田善通、横原大悟、林長生:ケニアにおけるイネいもち病菌菌系の病原性の多様性と地理的分布. 日本育種学会第125回講演会、東北大学川内北キャンパス、仙台市、2014年3月21日	口頭発表
2013	国内学会	鈴木智久、大澤良、横原大悟、佐藤雅志、柳原誠司、Murage, H., Ateka, E., Mwangi, J., 福田善通:ケニアで栽培されているイネ品種におけるいもち病抵抗性およびゲノム染色体構成の遺伝的多様性. 日本育種学会第125回講演会、東北大学川内北キャンパス、仙台市、2014年3月21日	口頭発表

2013	国内学会	西村秀希, 吉田明希子, 桐根一夫, 前川雅彦 : イネのDNAトランスポゾン, nDart1の転移に係わる自律性因子の探索. 日本育種学会第125回講演会、東北大学川内北キャンパス、仙台市、2014年3月21日	口頭発表
2013	国内学会	菊田真由実, 有田直矢, 横原大悟, 山内章, 宮崎彰, 山本由徳 : 異なる土壌水分条件下で栽培したNERICAイネのシンクサイズと登熟特性に及ぼす影響. 日本作物学会第237回講演会、千葉大学、千葉市、2014年3月29日	口頭発表
2013	国内学会	Suralta, R. R., Kano-Nakata, M., Tran, T. T., Niones, J. M. and Yamauchi, A. Timing of root penetration in the hardpan during soil moisture fluctuations and its contribution to the water use during drought stress and dry matter production in rice. 日本作物学会第237回講演会、千葉大学、千葉市、2014年3月29日	口頭発表
2013	国内学会	Tran, T. T., Menge, D., Kano-Nakata, M., Suralta, R. R., Mitsuya, S., Inukai, Y. and Yamauchi, A. Effects of soil compaction on the expression of plasticity in root system development triggered by water deficit conditions and nitrogen application and its contribution to dry matter production in rice. 日本作物学会第237回講演会、千葉大学、千葉市、2014年3月29日	口頭発表
2013	国内学会	増田悦子, 三屋史朗, 山内章 : 新奇耐塩性イネ品種の選抜と低Na ⁺ 蓄積をもたらす生理機構の解明. 日本作物学会第237回講演会、千葉大学、千葉市、2014年3月29日	口頭発表
2013	国内学会	Menge, D., Asanuma, S., Tran, T. T., Suralta, R. R., Kano-Nakata, M., Mitsuya, S., Yamauchi, A. and Makihara, D. Functional role of root plasticity in water uptake and dry matter production as affected by drought and nitrogen application in NERICA (New Rice for Africa). 日本作物学会第237回講演会、千葉大学、千葉市、2014年3月	ポスター発表
2013	国内学会	小池竜平, 三屋史朗, 山内章 : イネ耐塩性には分げつ数の維持が重要である. 日本作物学会第237回講演会、千葉大学、千葉市、2014年3月	ポスター発表
2013	国内学会	増田悦子, 三屋史朗, 山内章 : 新奇耐塩性イネ品種の選抜と低Na ⁺ 蓄積をもたらす生理機構の解明. 日本作物学会第237回講演会、千葉大学、千葉市、2014年3月	口頭発表
2013	国内学会	Tran, T.T., Menge, D., Kano-Nakata, M., Suralta, R. R., Mitsuya, S., Inukai, Y. and Yamauchi, A. Effects of soil compaction on the expression of plasticity in root system development triggered by water deficit conditions and nitrogen application and its contribution to dry matter production in rice. 日本作物学会第237回講演会、千葉大学、千葉市、2014年3月	口頭発表
2013	国内学会	Suralta, R. R., Kano-Nakata, M., Tran, T.T., Niones, J. M. and Yamauchi, A. Timing of root penetration in the hardpan during soil moisture fluctuations and its contribution to the water use during drought stress and dry matter production in rice. 日本作物学会第237回講演会、千葉大学、千葉市、2014年3月	口頭発表
2013	国内学会	Nketia, S. O., Inukai, Y., Mitsuya, S., Suralta, R. R., Niones, J. M. and Yamauchi, A. Functional roles of root developmental plasticity and its contribution to dry matter production under soil moisture fluctuation in rice introgression lines. 日本作物学会第237回講演会、千葉大学、千葉市、2014年3月	ポスター発表
2014	国際学会	Gichuhi, E., Himi E., Takahashi H. and Maekawa M. Latent traits of <i>Oryza longistaminata</i> could contribute to the realization of a sustainable culture system in rice. International Conference on ENHANCED GENEPOOL UTILIZATION-Capturing wild relative and landrace diversity for crop improvement. Cambridge, United Kingdom, June 16-20, 2014.	ポスター発表
2014	国内学会	Menge, D., Yamauchi, A., Asanuma, S. and Makihara, D. Effect of N application on dry matter partitioning and root system development under different intensities of drought using upland NERICA varieties. 根研究学会、第41回根研究集会、名古屋大学、名古屋市、2014年9月	ポスター発表
2014	国内学会	柴田晃秀, 本間知夫, 阿部淳, 森田茂紀, 仲田(狩野)麻奈, 犬飼義明 : 静電容量測定によるイネの根系形質評価の試み. 根研究学会、第41回根研究集会、名古屋大学、名古屋市、2014年9月	口頭発表
2014	国内学会	仲田(狩野)麻奈 : イネの水ストレス条件下における可塑的な根系発育の機能的役割とその評価方法. 根研究学会、第41回根研究集会、名古屋大学、名古屋市、2014年9月	口頭発表
2014	国内学会	亀岡笑, 三屋史朗, 山内章 : ラインソーススプリンクラー法を用いたイネ根系の土壌水分勾配に対する応答評価. 根研究学会、第41回根研究集会、名古屋大学、名古屋市、2014年9月	口頭発表
2014	国内学会	菊田真由実, 有田直矢, 横原大悟, 山内章, 宮崎彰, 山本由徳 : 異なる土壌水分条件下で栽培したNERICAの登熟期間中における乾物生産性と出液速度との関係. 根研究学会、第41回根研究集会、名古屋大学、名古屋市、2014年9月	ポスター発表
2014	国際学会	Suralta, R. R., Kano-Nakata, M., Grospe, F., Julaton, M. C., Rebong, A., T.I.O., Flores, A. M., Inukai, Y., Niones, J. M., Kameoka, E., Morita, S., Abe, J., Kato, Y., Fukuta, Y., Kobayashi, N., Mitsuya, S. and Yamauchi, A. Genotypic variations in root system development, dry matter production and yield of rainfed lowland rice grown under different positions in the toposequence. 8th ACSA Conference, Hanoi, Vietnam, September, 2014	口頭発表
2014	国際学会	Kameoka, E., Mitsuya, S., Suralta, R. R. and Yamauchi, A. Toposequence position-dependent phenotypic plasticity for rice root distribution patterns in depths in response to water conditions. 8th ACSA Conference, Hanoi, Vietnam, September, 2014	口頭発表

2014	国際学会	Kano-Nakata, M., Tatsumi, J., Inukai, Y., Asanuma, S. and Yamauchi, A. $\delta^{13}C$ fluctuation among plant organs grown under various intensities of drought stress in rice. 8th ACSA Conference, Hanoi, Vietnam, September, 2014	ポスター発表
2014	国内学会	縣歩美、保浦徳昇、武田泰実、石原亮太、國島健、藤城靖子、太田自由、土井美佑季、土井一行、犬飼義明、禰原大悟、北野英己。:NERICAの親系統WAB181-18を用いた穂形質に関する遺伝学的解析。日本育種学会第126回講演会、南九州大学、都城市、2014年9月27日	ポスター発表
2014	国際学会	Menge, D., Yamauchi, A., Asanuma, S. and Makihara, D. Effect of nitrogen on the expression of root plasticity of three upland varieties in response to fluctuating drought and re-watering soil moisture conditions. 4th International Rice Congress, Bangkok, Thailand, October, 2014	口頭発表
2014	国際学会	Kikuta, M., Arita, N., Makihara, D., Yamauchi, A., Miyazaki, A. and Yamamoto, Y. Effect of water-saving irrigation on yield and dry matter production during ripening stage in NERICAs. 4th International Rice Congress, Bangkok, Thailand, October, 2014	ポスター発表
2014	国際学会	Fukuta, Y.,Telebanco-Yanoria, M.J. and Makihara, D. Differentiation of blast races in Kenya. 4th International Rice Congress, Bangkok, Thailand, October, 2014	ポスター発表
2014	国際学会	Mitsuya, S., Masuda, E., Platten, J. D., Ismail, A.M. and Yamauchi, A. Low accumulation of Na ⁺ in shoots of salt-tolerant Iranian native varieties of rice is attributed to their low bypass flow rate in the transpiration. 4th International Rice Congress, Bangkok, Thailand, October, 2014	ポスター発表
2014	国際学会	Kano-Nakata, M., Tran, T.T., Suralta, R. R., Niones, J. M., Inukai, Y., Asanuma, S., Yamauchi, A. Functional roles of root plasticity for plant's adaptation to water stress. 4th International Rice Congress, Bangkok, Thailand, October, 2014	ポスター発表
2014	国際学会	Kameoka, E., Henry A., Mitsuya, S. and Yamauchi, A. Genotypic variability in root system development contributing to shoot biomass under water deficit in rice. 4th International Rice Congress, Bangkok, Thailand, October, 2014.	ポスター発表
2014	国際学会	Suralta, R., Inukai, Y., Kano-Nakata, M., Niones, J.M., Tran, T.T., Kameoka, E., Menge, D., Mitsuya, S. and Yamauchi, A. A roles of root plasticity in sustaining crop productivity under stressful environments (IRC14-1201), 4th International Rice Congress, Bangkok, Thailand, October, 2014.	招待講演
2014	国際学会	Gichuhi, E., Himi E. and Maekawa M. Towards basmati rice improvement by introducing Oryza longistaminata-derived traits. The Ninth JKUAT Scientific, Technological and Industrialization Conference, Nairobi, Kenya, November 13-14, 2014.	口頭発表
2014	国内学会	禰原大悟、Ogindo, H. O., Onyango, J. C., 浅沼修一、山内章。:ケニア西部における異なる圃場管理方法が土壌水分収支および陸稲の生産性に及ぼす影響。日本熱帯農業学会第117回講演会、筑波大学、つくば市、2015年3月	ポスター発表
2014	国内学会	Suralta, R.R., Kano-Nakata, M, Tran, T.T., Niones, J. M., Mitsuya, S. and Yamauchi, A. Root plasticity expression in hardpan penetration during soil moisture fluctuations is triggered by rewetting rather than by progressive drought stress and dependent on the strength of hardpan in rice, 日本作物学会第239回講演会、日本大学、藤沢市、2015年3月	口頭発表
2014	国内学会	Menge, D., Asanuma, S., Inukai, Y., Suralta, R. R., Kano-Nakata, M., Mitsuya, S., Yamauchi, A. and Makihara, D. Effect of soil moisture fluctuation at different growth stages on the expression of root plasticity of two upland NERICA varieties as affected by nitrogen levels. 日本作物学会第239回講演会、日本大学、藤沢市、2015年3月	口頭発表
2014	国内学会	縣歩美、保浦徳昇、武田泰実、石原亮太、國島健、藤城靖子、太田自由、土井美佑季、土井一行、犬飼義明、禰原大悟、北野英己。:NERICAの親系統WAB181-18の1次枝梗数を制御する遺伝子のマッピング。日本育種学会第127回講演会、玉川大学、町田市、2015年3月	ポスター発表
2015	国内学会	今吉興志郎、三屋史朗、山内章。:異なる土壌リン条件下におけるイネ根系の皮層空隙形成と側根発育との関係、第42回根研究集会、秋田県立大学秋田キャンパス、秋田市、2015年6月	ポスター発表
2015	国際学会	Agata, A., Hobo, T., Toda, Y., Ota, S., Kinoshita, T., Doi, K., Inukai, Y., Makihara, D. and Kitano, H. Genetical analysis for leaf traits in rice using NERICA7. International ERATO Higashiyama Live-Holonics Symposium and Technical Workshop 2015 "Organogenesis from Eggs to Mature Plants", Nagoya, Japan, August 2015.	ポスター発表
2015	国内学会	縣歩美、保浦徳昇、國島健、太田自由、土井美佑季、土井一行、犬飼義明、禰原大悟、北野英己。:NERICAおよびアフリカ在来イネの畑作条件下における特性調査。日本育種学会第128回講演会、新潟大学、新潟市、2015年9月	ポスター発表
2015	国内学会	小池竜平、山内章、三屋史朗。:超塩排除能を持つイラン在来イネ品種の生育と収量。日本作物学会第240回講演会、信州大学、長野市、2015年9月	口頭発表

2015	国内学会	Menge, D., Kano-Nakata, M., Mitsuya, S., Yamauchi, A. and Makihara, D. Functional role of root plasticity in nitrogen uptake and dry matter production as affected by drought stress and nitrogen application in NERICA (New Rice for Africa). 日本作物学会第240回講演会、信州大学、長野市、2015年9月	ポスター発表
2015	国内学会	仲田(狩野)麻奈 :イネの水ストレス耐性に重要な根系の可塑的応答能力. 第43回根研究集会、東京農業大学、厚木市、2015年9月	招待講演
2015	国際学会	Suralta, R., Kano-Nakata, M., Grospe, F., Julaton, M. C., Rebong, A. T. I., Flores, A., Inukai, Y., Niones, J., Kameoka, E., Morita, S., Abe, J., Kato, Y., Fukata, Y., Kobayashi, N., Mitsuya, S. and Yamauchi, A. Root plasticity in relation to soil moisture availability along toposequence and impacts on dry matter production of rainfed lowland rice, 第9回国際根研究学会シンポジウム, オーストラリア キャンベラ, 2015年10月	ポスター発表
2015	国内学会	縣歩美、保浦徳昇、太田自由、土井一行、犬飼義明、榎原大悟、北野英己. New Rice for Africa (NERICA) 品種を用いた初期生育に関する葉形質の遺伝学的研究. 日本育種学会第129回講演会、横浜市、2016年3月	ポスター発表
2015	国内学会	Gichuhi, E. and Maekawa, M. QTL analysis for yield-related traits in F2 of a cross between <i>Oryza longistaminata</i> introgression line pLIA-4 and Koshihikari under low input conditions. 日本育種学会第129回講演会、横浜市、2016年3月	ポスター発表
2015	国内学会	栗田明華、榎原大悟 :アーバスキュラー菌根菌感染が低リン土壌におけるイネの生育、収量およびリン吸収に及ぼす影響. 日本作物学会第241回講演会、茨城大学、水戸市、2016年3月	口頭発表
2015	国内学会	Menge, M., Yamauchi, A. and Makihara, D. Phosphorus application enhanced the expression of deep root development plasticity of NERICAs under drought conditions. 日本作物学会第241回講演会、茨城大学、水戸市、2016年3月	ポスター発表
2015	国内学会	中村倫理、三屋史朗、山内章、仲田(狩野)麻奈 :土壌中の水分供給位置の違いに対するイネ根系発育反応. 日本作物学会第241回講演会、茨城大学、水戸市、2016年3月	ポスター発表
2015	国内学会	Neang, S., Nakata-Kano, M., Yamauchi, A. and Mitsuya, S. Preferential accumulation of Na ⁺ in the central tissue of leaf sheath in rice plants as a mechanism of salt tolerance. 日本作物学会第241回講演会、茨城大学、水戸市、2016年3月	口頭発表
2015	国内学会	今吉興志郎、三屋史朗、仲田(狩野)麻奈、山内章、加藤洋一郎 :天水田下のリン欠乏に対するイネ品種の生育応答. 日本作物学会第241回講演会、茨城大学、水戸市、2016年3月	口頭発表
2015	国内学会	山内章 :作物根系の構造およびその可塑性の機能的意義, 日本作物学会第241回講演会、茨城大学、水戸市、2016年3月	招待講演
2015	国内学会	Nekesa, W. J., Owusu Nketia, S., Menge, D., Inukai, Y., Mitsuya, S., Kano-Nakata, M., Suralta, R. R. and Yamauchi, A. Functional roles of root developmental plasticity and its contribution to dry matter production under soil moisture fluctuation in New Rice for Africa (NERICA). 日本作物学会第241回講演会、茨城大学、水戸市、2016年3月	ポスター発表
2016	国際学会	Owusu Nketia, S., Inukai, Y., Doi, K., Mitsuya, S., Suralta, R. R., Niones, J. M., Yamauchi, A. Identification of quantitative trait loci (QTLs) associated with plastic root response of rice to soil moisture fluctuations at vegetative stage. 第7回国際作物学会議、北京、2016年8月	ポスター発表
2016	国際学会	Yamauchi, A., Kano-Nakata, M., Suralta, R., Niones, J., Inukai, Y., Mitsuya, S., Tran, T. T., Menge, D. Root plasticity as the key mechanism for adaptation to various types of water stresses in crop plants, 第7回国際作物学会議、北京、2016年8月	招待講演
2016	国内学会	Dinh, N. T. N., Suralta, R. R., Kano-Nakata, M., Mitsuya, S., Nketia, S. O., Nekesa, J. W. and Yamauchi, A. Genotypic variations among chromosome segment substitution lines (CSSLs) parents in the plasticity in root hardpan penetration during soil moisture fluctuations, 日本作物学会第242回講演会、龍谷大学瀬田キャンパス、2016年9月	ポスター発表
2016	国内学会	仲田(狩野)麻奈、犬飼義明、三屋史朗、山内章 :土壌乾燥ストレス下のイネ根系発育に関わる炭素収支, 第45回根研究集会、岡山大学資源植物科学研究所、倉敷、2016年9月	ポスター発表
2016	国内学会	Menge, D. M., Yamauchi, A. and Makihara, D. Root elongation rate in upland NERICA varieties differing in deep root plasticity triggered by drought. 第45回根研究集会、岡山大学資源植物科学研究所、倉敷、2016年9月	ポスター発表
2016	国内学会	縣歩美、ジュベンシア デイミトリ ステラ、保浦徳昇、土井一行、犬飼義明、榎原大悟、北野英己 :NERICA品種群およびアフリカ在来イネを用いた初期生育に関する葉形質の特性調査. 日本育種学会第130回講演会、鳥取大学、鳥取市、2016年9月	ポスター発表
2016	国内学会	犬飼義明. 土壌水分・窒素濃度とイネの根の成長. 第2回植物の栄養研究会、名古屋大学、名古屋、2016年9月	招待講演

2016	国内学会	長谷川友美、柴田晃秀、高橋(野坂)美鈴、西内俊策、鮫島啓彰、横原大悟、犬飼義明:根系発育を促すイネ <i>vrs1</i> 遺伝子の解析とその育種利用の試み. 第24回育種学会中部地区談話会、農研機構安濃野菜研究拠点、三重、2016年11月	ポスター発表
2016	国内学会	Lucob, N. B., Takahashi-Nosaka, M. and Inukai, Y. Effect of nitrogen, osmotic stress and sugar content to the lateral root development in rice. 第24回育種学会中部地区談話会、農研機構安濃野菜研究拠点、三重、2016年11月	ポスター発表
2016	国内学会	Menge, D. M., Yamauchi, A. and Makihara, D. Characterization of the Drought-Induced Deep Root Development of Upland NERICA Varieties as Affected by Phosphorus Fertilization. 日本作物学会第243回講演会、東京大学、東京、2017年3月	ポスター発表
2016	国際学会	Malemba, G., Nzuve, F., Kimani, J., Olubayo, F. and Muthomi, J. Combining ability for drought tolerance in upland rice varieties from selected parental crosses at reproductive stage. SATREPS International Symposium 'Tailor-made rice breeding and cultivation technology development for sub-Saharan Africa - Progress and future prospects of the SATREPS project in Kenya-', Nairobi, Kenya, December 2016	ポスター発表
2016	国際学会	Gichuhi, E., Himi, E. and Maekawa, M. Practical utilization of pLIA-1 carrying <i>Oryza longistaminata</i> chromosome segments for improving Basmati. SATREPS International Symposium 'Tailor-made rice breeding and cultivation technology development for sub-Saharan Africa -Progress and future prospects of the SATREPS project in Kenya-', Nairobi, Kenya, December 2016	ポスター発表
2016	国際学会	Nthia, P.M., Sunohara, H., Tasaki, M., Komeda, N., Kitano, H. and Doi, K. Evaluation of the effects of rice yield-related QTLs from Habataki in Basmati 370 background. SATREPS International Symposium 'Tailor-made rice breeding and cultivation technology development for sub-Saharan Africa -Progress and future prospects of the SATREPS project in Kenya-', Nairobi, Kenya, December 2016	ポスター発表
2016	国内学会	横原大悟. アフリカの不良環境に適した イネ品種と栽培技術の開発. アジア・アフリカと取り組む資源植物科学イノベーション「汎アフリカ大学院と協働する資源植物科学イノベーション研究拠点」報告会、岡山大学資源植物科学研究所、倉敷、2017年2月	招待講演
2016	国内学会	栗田明華、江原宏、横原大悟:低リン土壌におけるイネの生育およびリン吸収とアーバスキュラー菌根菌感染との関係. 日本作物学会第243回講演会、東京大学、東京、2017年3月	ポスター発表
2016	国内学会	縣歩美、ジュベンシア デイミトリ ステラ、保浦徳昇、太田自由、土井一行、犬飼義明、横原大悟、北野英己. NERICAおよびアフリカ在来イネを用いた環境ストレスに対する応答評価. 日本育種学会第131回講演会、名古屋大学、名古屋市、2017年3月	ポスター発表
2016	国内学会	Nthia, P.M., 春原英彦、田崎三香子、米田典夫、横原大悟、北野英己、西内俊策、土井一行. ハバタキ由来の収量関連 QTL の Basmati 370 遺伝的背景への導入と評価. 日本育種学会第131回講演会、名古屋大学、名古屋市、2017年3月	ポスター発表
2016	国内学会	河合翼・山内章・犬飼義明:イネ種子根の根端切除による側根形態の変化とオーキシンの関係性. 第24回育種学会中部地区談話会、農研機構、三重県、2016年11月	ポスター発表
2016	国内学会	高橋(野坂)実鈴、佐藤(永澤)奈美子、桧原健一郎、犬飼義明:イネ種子根におけるOsHB転写産物の解析. イネ遺伝学・分子生物学ワークショップ2016、名古屋大学、名古屋市、2016年7月	ポスター発表
2016	国内学会	河合翼、高橋(野坂)美鈴、山内章、犬飼義明:イネにおける種子根の根端切除に応答した側根の補償生長. 日本育種学会第131回講演会、名古屋大学、名古屋市、2017年3月	口頭発表
2016	国内学会	高橋(野坂)実鈴、佐藤(永澤)奈美子、桧原健一郎、犬飼義明:イネ種子根におけるOSHB 遺伝子の発現解析. 日本育種学会第131回講演会、名古屋大学、名古屋市、2017年3月	ポスター発表
2017	国際学会	Mitsuya, S., Murakami, N., Sato, T., Kano-Nakata, M., Yamauchi, A. Salt tolerant rice cv. Nona Bokra chromosome segments introgressed into cv. Koshihikari improved its yield under salinity through retained grain filling. 9th Asian Crop Science Association Conference. Jeju, South Korea. June 2017	ポスター発表
2017	国際学会	Mitsuya, S., Murakami, N., Sato, T., Kano-Nakata, M., Yamauchi, A. Identification of physiological traits of rice for improving the yield under salinized paddy fields using salt-tolerant Nona Bokra chromosome segment substitution lines with the genetic background of salt-sensitive Koshihikari. Plant Biology 2017. Hawaii, USA. June 2017	ポスター発表
2017	国内学会	長谷川友美、柴田晃秀、高橋(野坂)美鈴、西内俊策、鮫島啓彰、菊田真由美、横原大悟、山内章、犬飼義明:根系発育を促すイネ <i>our1</i> 遺伝子の根における発現解析と有用性評価. 富山大学、富山、2017年6月	ポスター発表
2017	国内学会	渡邊友実加、掛橋孝洋、株木拓也、横原大悟、江原宏、仲田(狩野)麻奈、三屋史朗、山内章. 陸稲の節水栽培条件への適応性に関わる根系関連形質. 日本作物学会第244回講演会、岐阜大学、岐阜、2017年9月	口頭発表
2017	国内学会	縣歩美、保浦徳昇、武田泰実、石原亮太、國島健、藤城靖子、太田自由、土井美佑季、土井一行、犬飼義明、横原大悟、北野英己. イネにおける穂の形態形成に関与する遺伝子座 <i>qPBN3</i> のファインマッピング. 日本育種学会第132回講演会、岩手大学、盛岡市、2017年9月	口頭発表

2017	国内学会	河合翼、兒島孝明、山内章、犬飼義明: イネにおける根端切除法を用いた側根メリステムサイズ制御に関わる遺伝子の探索. 大阪府立大学、大阪府、2017年10月	ポスター発表
2017	国内学会	Nonawin, B. L., Takahashi-Nosaka, M., Yamauchi, A. and Inukai, Y.: Effects of a mutation with enhanced lateral root development on shoot and root growth via carbohydrate regulation in rice. 静岡大学、静岡県、2017年12月	ポスター発表
2017	国内学会	河合翼、兒島孝明、山内章、犬飼義明: イネにおける根端切除による側根形態の応答機構に関わる遺伝子の探索. 静岡大学、静岡県、2017年12月	ポスター発表
2017	国内学会	長谷川友美、柴田晃秀、高橋(野坂)美鈴、西内俊策、Daniel M. Menge、菊田真由美、横原大悟、犬飼義明: 根系発育を促すイネ <i>our1</i> 変異体の成長特性. 静岡大学、静岡県、2017年12月	ポスター発表
2017	国内学会	河合翼、兒島孝明、山内章、犬飼義明: イネの根端切除時における側根形態の可塑的反応機構の解析. 九州大学、福岡県、2018年3月	口頭発表
2017	国内学会	河合翼、兒島孝明、山内章、犬飼義明: イネにおける種子根の根端切除が側根形成に及ぼす影響. 札幌コンベンションセンター、北海道、2018年3月	ポスター発表

招待講演	9 件
口頭発表	48 件
ポスター発表	64 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	その他 (出願取り下げ等についても、こちらに記載して下さい)	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	その他 (出願取り下げ等についても、こちらに記載して下さい)	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
2013	2015年10月18日	The Korean Society of Crop Science Excellent Oral Presentation Award	Impacts of soil moisture and hardness at different soil depths on the root growth and dry matter production of rice plants in rainfed lowlands.	仲田(狩野) 麻奈	韓国作物学会	3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2015	2015年9月6日	根研究学会学術奨励賞	イネの水ストレス条件下における可塑的な根系発育の機能的役割とその評価方法	仲田(狩野) 麻奈	根研究学会	1.当課題研究の成果である	
2015	2015年10月16日	優秀発表賞(ポスター発表部門)	ケニアの異なる土壌条件における灌水制限が陸稲NERICA品種の根系発達および収量に及ぼす影響	菊田真由実	日本作物学会	1.当課題研究の成果である	
2016	2017年3月29日	優秀発表賞(ポスター発表部門)	強酸性土壌における土壌水分条件の違いがイネの収量に及ぼす影響	掛橋孝洋	日本作物学会	1.当課題研究の成果である	

4 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
2017	2018年1月26日	KBC	KARI, JICA partner to train Mwea rice farmers	webニュース http://www.kbc.co.ke/business/kari-jica-partner-train-mwea-rice-farmers/	3.一部当課題研究の成果が含まれる	在ケニア日本大使館主催のプレスツアーに基づく
2017	2018年1月31日	NTV News	Mwea rice fields could disappear in the next 5 years - Food Friday	webニュース(YouTube) https://www.youtube.com/watch?v=yHbFJrVBW4	3.一部当課題研究の成果が含まれる	在ケニア日本大使館主催のプレスツアーに基づく
2017	2018年1月29日	KTN News	NEXT FRONTIER - Rice production in Kenya	webニュース https://www.standardmedia.co.ke/ktnews/video/2000149198/-business-today-29th-january-2017-next-frontier-rice-production-in-kenya	3.一部当課題研究の成果が含まれる	在ケニア日本大使館主催のプレスツアーに基づく
2017	2018年2月3日	DAILY NATION	New technique boosting rice production in Mwea	紙面、webニュース https://www.nation.co.ke/business/seedsforgold/The-new-technique-boosting-rice-production/2301238-4289082-w5xoxsz/index.html	3.一部当課題研究の成果が含まれる	在ケニア日本大使館主催のプレスツアーに基づく

4 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)	概要
2012	2102年7月17日	第1回勉強会(非公開)	名古屋大学(日本)	17名(0名)	全体計画の検討
2012	2102年9月14日	第2回勉強会(非公開)	JICA本部-名古屋大学(TV会議)	11名(0名)	全体計画の検討
2012	2012年12月4日	詳細計画策定調査帰国報告会(非公開)	JICA本部-名古屋大学- JICAケニア事務所(TV会議)	20名(0名)	詳細計画策定調査の結果報告および検討
2012	2013年1月8日	検討会(非公開)	JICA本部-名古屋大学(TV会議)	8名(0名)	出張報告およびプロジェクト実施方針の検討
2013	2013年4月16～17日	2013年度研究計画検討会(非公開)	名古屋大学グリーンサロン 東山ミーティングルーム(日本)	27名(0名)	2013年度研究方針の発表および検討
2013	2013年8月7日	第1回進捗報告会(非公開)	名古屋大学大学院生命農 学研究科セミナー室 (A673)(日本)	12名(0名)	研究進捗状況の報告
2013	2013年11月8日	第2回進捗報告会(非公開)	名古屋大学大学院生命農 学研究科セミナー室 (A673)(日本)	12名(0名)	研究進捗状況の報告
2013	2014年1月10日	第3回進捗報告会(非公開)	名古屋大学農学国際教育 協力センター長室(日本)	7名(0名)	研究進捗状況の報告
2013	2014年3月24日	2013年度第7回オープンセミナー 「基礎研究 × 国際協力」	名古屋大学 野依記念学 術交流館(日本)	86名(0名)	プロジェクトの概要、国際共同研究と人材育成の必要性について報告
2014	2014年7月11日	第4回進捗報告会(非公開)	名古屋大学大学院生命農 学研究科セミナー室 (A673)(日本)	12名(0名)	研究進捗状況の報告
2014	2014年7月12日	SATREPS公開シンポジウム「アフリカにおける稲作研究の発展と展望」	名古屋大学 野依記念学 術交流館(日本)	66名(3名)	アフリカの問題解決を出口とする新たなRice Science創出の可能性について議論
2014	2014年12月3日	第5回進捗報告会(非公開)	名古屋大学大学院生命農 学研究科セミナー室 (A673)(日本)	21名(0名)	研究進捗状況の報告
2015	2015年4月22日	Scientific Seminar on Rice(非公開)	Conference Room, KALRO-Mwea(ケニア)	24名(ケニア人17名、日本人7名)	研究進捗状況の報告
2015	2015年7月3日	第6回進捗報告会(非公開)	名古屋大学大学院生命農 学研究科セミナー室 (A673)(日本)	15名(0名)	研究進捗状況の報告
2015	2015年11月17日	SATREPS Progress Presentation(非公開)	Conference Room at KALRO-Mwea(ケニア)	25名(ケニア人13名、日本人12名)	研究進捗状況の報告
2015	2015年11月23～24日	中間レビュー協議会(Mid-Term Review Discussion Meeting)	Boardroom, KALRO本部 (ケニア)	13名(ケニア人5名、日本人8名)	中間レビューの調査結果の検討
2016	2016年8月19日	Seminar on JOCV activities(非公開)	Meeting Room, KALRO- Mwea(ケニア)	10名(ケニア人4名、日本人6名)	プロジェクトに参加した青年海外協力隊員の活動最終報告

2016	2016年10月4日	第7回進捗報告会(非公開)	名古屋大学大学院生命農学研究科セミナー室(A673)(日本)	11名(ケニア人1名、日本人10名)	研究進捗状況の報告
2016	2016年12月6～7日	SATREPS International Symposium ‘Tailor-made rice breeding and cultivation technology development for sub-Saharan Africa -Progress and future prospects of the SATREPS project in Kenya-’	Conference Hall, KALRO本部(ケニア)	105名(14ヶ国)	研究成果の発表、イネ育種および栽培技術開発のための国際ネットワーク形成について議論
2016	2016年2月23～24日	イネ種子保存方法に関するワークショップ	実験室, KALRO-Mwea(ケニア)	8名(ケニア人5名、日本人3名)	イネの種子増殖および保存方法に関する技術移転のためのワークショップ
2016	2017年2月7日	アジア・アフリカと取り組む資源植物科学イノベーション「汎アフリカ大学院と協働する資源植物科学イノベーション研究拠点」報告会	岡山大資源植物科学研究所(倉敷市)	約50名	プロジェクトの概要と進捗について報告
2016	2017年3月17日	Seminar on JOCV activities(非公開)	Conference Room, KALRO-Mwea(ケニア)	11名(ケニア人8名、日本人3名)	プロジェクトに参加した青年海外協力隊員の活動最終報告
2017	2017年8月28日	科学と開発をつなぐブリッジ・ワークショップ「会って・驚いて・役立てる」	JICA研究所国際会議場	89名	プロジェクトの概要について報告し、開発協力関係者等と意見交換を行った。
2017	2018年3月3日	農学国際教育協力研究センター 第17回オープンフォーラム「ケニア稲作研究で何がわかったのか？」	名古屋大学農学部第12講義室	64名	プロジェクトの成果を報告し、今後の構想と研究成果の社会実装について議論した。

24 件

②合同調整委員会(JCC)開催記録(開催日、出席者、議題、協議概要等)

年度	開催日	出席者	議題	概要
2013	2013年7月8日	2013年度活動計画の承認等	16名	活動計画は原案通り承認された
2014	2014年4月10日	2013年度活動報告、2014年度活動計画の承認等	17名	2013年度の活動進捗状況が報告され、2014年度活動計画は原案通り承認された
2015	2015年4月24日	2014年度活動報告、2015年度活動計画の承認等	20名	2014年度の活動進捗状況が報告され、2015年度活動計画は原案通り承認された
2015	2015年11月25日	中間レビューの結果報告と承認	24名	中間レビューの結果が報告され、承認された
2016	2016年12月8日	2016年12月までの活動報告、2017年以降の活動計画の承認等	25名	2016年12月までの活動進捗状況が報告され、2017年以降の活動計画は原案通り承認された
2017	2018年4月16日	終了時評価の結果報告と承認	28名	終了時評価の結果が報告され、承認された

6 件

JST成果目標シート

研究課題名	テラーメード育種と栽培技術開発のための稲作研究プロジェクト
研究代表者名 (所属機関)	山内 章 (名古屋大学大学院生命農学研究科 教授)
研究期間	H24採択 平成25年4月1日～平成30年3月31日 (5年間)
相手国名／主要相手国研究機関	ケニア/ケニア農畜産業研究機構、国家灌漑公社、ジョモケニヤッタ農工大学、ケニヤッタ大学、ナイロビ大学

付随的成果	
日本政府、社会、産業への貢献	・CARDイニシアティブへの貢献
科学技術の発展	・ケニアの稲作安定化、生産性向上 ・G×E×M相互作用の解明
知財の獲得、国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等	・イネ育種素材 ・イネ新品種の開発 ・品種の能力を十分に発現させる栽培技術
世界で活躍できる日本人人材の育成	・日本の学生および若手研究者の問題解決力や国際共同研究運営能力の向上 (現地試験実施ノウハウ習得、査読付き学術誌への論文掲載など)
技術及び人的ネットワークの構築	・アフリカ稲作研究に関するケニアとの戦略的パートナーシップ ・日本のイネ研究ノウハウのケニア人研究者への移転 ・国際的なイネ研究ネットワークにおける我が国のプレゼンスの向上
成果物 (提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	・ケニアにおけるイネ育種品種評価システム (交配設備、評価圃場、品種特性表、マニュアルなど) ・ケニア向け品種の中間母本 ・栽培技術改善に関する提案書 ・査読付き学術誌への論文掲載

上位目標



プロジェクト目標

