

国際科学技術共同研究推進事業

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

研究領域「低炭素社会の実現に向けたエネルギーシステムに関する研究」

研究課題名「ボツワナの乾燥冷害地域における

ヤトロファ・バイオエネルギー生産のシステム開発」

採択年度：平成23年度/ 研究期間：5年/相手国名：ボツワナ共和国

## 平成27年度実施報告書

国際共同研究期間\*1

平成24年4月12日から平成29年4月11日まで

JST側研究期間\*2

平成23年6月1日から平成29年3月31日まで

(正式契約移行日 平成24年4月1日)

\*1 R/D に記載の協力期間 (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=R/D に記載の協力期間終了日又は当該年度末

研究代表者： 明石 欣也

鳥取大学 農学部 生物資源環境学科 生物資源科学・准教授

## I. 国際共同研究の内容（公開）

### 1. 当初の研究計画に対する進捗状況

#### (1) 研究の主なスケジュール

項目	H24年度	H25年度	H26年度	H27年度	H28年度 (12ヶ月)
<b>1. 乾燥冷害地域に適合したヤトロファ系統の分子ゲノム育種（鳥取大グループ）</b> ・ボツワナ固有種を用いたゲノム育種 ・ボツワナ植物遺伝子資源を利用した分子育種	←				→
<b>2. 生産制御のための環境メタ解析（理研グループ）</b> ・圃場生物叢・ヤトロファ化学プロファイリング ・ヤトロファ遺伝・化学的要因と環境要因の相関解析 ・化学・生物バイオマーカー探索	←		→		
<b>3. バイオマス生産を最適化するICT農法の開発（琉球大グループ）</b> ・気象観測データモニタリングシステムの確立 ・計測データに基づき冷害を回避し乾燥を凌駕する農法の開発 ・ボツワナ在来系統と新規導入系統の生理特性と生産性評価 ・遺伝資源、環境、土壌生物叢データを統合したGIS開発	←				→

#### (2) プロジェクト開始時の構想からの変更点（該当する場合）

プロジェクト当初では想定しなかった雹嵐に見舞われ実験農場が被害を受けた。この自然災害のため、研究スケジュールを一部変更した。

### 2. プロジェクト成果の達成状況とインパクト（公開）

#### (1) プロジェクト全体

・プロジェクト全体のねらい、当該年度の成果の達成状況とインパクト等

本プロジェクトにこれまでに採取されたボツワナ国内の 86 種のヤトロファ固有系統について、遺伝子解析を進めた結果、SNP (single nucleotide polymorphism) マーカーがこれら自生系統を効果的に判別することができることを見出した。本 SNP 実験は、ボツワナ農務省の実験室においてボツワナ側および日本側の共同作業により行われたものであり、ボツワナ自生ヤトロファ系統が当初の予測より大きい遺伝的多様性を有することが示しており、耐寒性・耐乾性との関連が示唆される。

ヤトロファの毒性物質であるホルボールエステル(PE)について、ボツワナのヤトロファ系統における PE 含量を調査し、ボツワナ由来の優良ヤトロファ系統候補である JK-01 系統において PE が種子および若い葉に高濃度で含まれる一方、枝や茎分泌液における含量は低いことが示された。これらの情報は、ヤトロファバイオマス利用の安全性を図るうえで重要な情報である。

また、ボツワナ由来の優良ヤトロファ系統候補である JK-01 系統に、トレハロース生合成遺伝子 *TPSP*、及び野生種スイカ由来転写因子 *CLZFB1* を導入した遺伝子組換え植物を作出し、それらから調整したリーフディスクを用いて低温耐性試験を行った結果、いくつかの遺伝子組換えジャトロファにおいて、コントロール株に比べて低温耐性が向上していることを示す結果が得られた。今後これら作出株のストレス耐性について、さらに詳細な解析を行う必要がある。

昨年度にはヤトロファ残渣バイオマスの新たな利用法として、セルロースを残しつつリグノセルロースの高次構造は崩壊させる半炭化処理プロセスを各種高分子分析法で評価した。また、有毒物質として知られるホルボールエステルも僅か 250°C の低温で化学構造を分解させることを見出すことが出来たため、土壌改良剤としての圃場散布から、将来的にセルロースやリグニン資源を利活用するバイオリファイナリー原料とできる可能性を論じた (PLoS One 2014)。この研究の更なる展開として、ボツワナ土壌に半炭化バイオマスを添加した際、その土壌の物理化学的特性や、複合微生物叢ならびにヤトロファ生育特性がどのように影響されるかを、実験室レベルで調査することとした。この目的のためにボツワナ農務省および植物検疫の許可を得てヤトロファ圃場の土壌試料を輸入し、1月の半炭化バイオマス添加で熟成処理を行った。さらにヤトロファ苗を植えて、コントロール(未添加)区との比較解析を行った。詳細は後述するが、半炭化バイオマスの添加により土壌の物理化学的特性、微生物叢特性が変化し、特に保水性が向上し硬度が低くなる特徴を有していた。また、土壌微生物叢が変化することで代謝特性にも影響を及ぼし、有機酸がより多く産生されることから、土壌 pH の上昇を抑える効果も期待できる。更に、ヤトロファ根毛が発達し茎が太くなる傾向が見られたことから、乾燥化が顕著な問題であるボツワナにおいて、土壌改良の1手法として潜在力があると考え、Scientific Reports 誌に投稿した(現在は under revision の状態)。

ヤトロファ栽培土壌の透水性および保水性を定量的に把握することは灌漑計画のための基礎データとなる。そこで、DAR 実験圃場の土壌物理性、ヤトロファに関しては根の分布を1年株、2年株を対象に調査した。水ストレスに対するヤトロファの葉のガス交換速度の反応から、水ストレス症状を早期に診断できるパラメーターの選定を行った。これら土壌物理的特性と植物体の生体情報をベースとした新たな灌水制御に応用可能か検討した。また、過去3年間の気象データの解析により寒波予測が可能になり、事前の対策技術と合わせてヤトロファ栽培スケジュールを作成した。定期的な生育調査と子実収量調査に加え、乾物調査を行うことでヤトロファのボツワナにおける乾物生産能を定量的に評価するとともに、子実収量のみならずバイオマス収量に優れる系統の選抜を行った。また、越冬対策として4段階のプルーンング高を設定したが、無処理+寒冷紗区が良かった。

## (2) 研究題目 1 乾燥冷害地域に適合したヤトロファ系統の分子ゲノム育種

### ①研究題目 1 の研究のねらい

ボツワナ各地に存在するヤトロファ固有種の生産性およびストレス耐性を評価し、乾燥冷害耐性に優れる系統の選抜育種を行う。また、ボツワナの乾燥冷害環境における適応能を高めるストレス耐性遺伝子を導入した形質転換ヤトロファを作出し、乾燥ストレス下での生産性を強化したヤトロファ品種を確立する。

### ②研究題目 1 の研究実施方法

まず初めに種子収穫量が多く実用品種として用いられているインドネシア由来のヤトロファ品種 IP-2P をモデルとし、次世代シーケンサーによる遺伝子発現情報を定量化し代謝地図を作成する。次に、ボツワナ自生 80 系統を分別するための分子マーカーを探索し、自生系統の系統関係についての情報を収集する。この情報をもとに、自生系統群の生理・生産性との相関を調査する。さらに、次世代シーケンサー等を用いてボツワナ自生系統の EST 等の遺伝子情報を包括的に取得し、生理・生産性との相関性から、乾燥冷害下での生産性に寄与する遺伝子座位を探索同定し、系統選抜を効率化する技術確立をおこなう。さらに、アグロバクテリウム法によるヤトロファへの遺伝子導入手法を開発しその効率化を図ると共に、根伸長促進遺伝子など、ヤトロファの生産性増強遺伝子の導入を行う。

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

本プロジェクトにおいて、ボツワナ国内からこれまで 86 種のヤトロファ固有系統が採取され、実験農場での形質評価が進んでいる。今年度の解析により、これらの系統は特に開花頻度において大きな系統間差異を有していること、そのいくつかは多花および早熟の形質を有する優良系統の可能性があることが示された。またこれらの着花特性は、その系統のバイオマス乾重量生産能とは必ずしも正の相関を有しないことが示唆された。それらの遺伝的多様性の解析として、次世代シーケンスによるゲノム DNA の解読から、各系統を特徴付けるそれぞれ 51~61 万か所の一塩基多型型 (SNP) SNP または Indels (挿入または欠失) 多型が抽出された。そこでこれらの情報を用いて、ジャトロファゲノムの各染色体をカバーする SNP プライマーを作出し、SNP 解析に供したところ、各系統のゲノムを PCR 法により簡便に識別することに成功した。なお本 PCR 実験についても、ボツワナ農務省の実験室において行われ、ボツワナ側および日本側の共同作業により行われたものである。これらの結果は、ボツワナ自生ヤトロファ系統が当初の予測より大きい遺伝的多様性を有することが示しており、耐寒性・耐乾性との関連が示唆される。

ヤトロファは毒性物質としてホルボールエステル (PE) を含み、人体及び環境への影響が懸念される。ボツワナのヤトロファ系統における PE 含量を調査するために、HPLC 測定による分析系を構築した。ボツワナ由来の優良ヤトロファ系統候補である JK-01 系統について各組織の PE 毒物含量を測定したところ、PE は種子および若い葉に高濃度で含まれる一方、枝や茎分泌液における含量は低いことが示された。これらの収穫バイオマスにおける PE 含量に加え、ボツワナのヤトロファ系統に由来する炭化物および燃焼に伴う排気ガス等における毒物含量の測定が進行中である。また、ボツワナにおけるヤトロファの栽培候補地として鉱山跡地の利用が議論されていることから、ヤトロファの有害重金属に対する応答を調査した結果、ヤトロファは銅及びニッケルに対する感受性が比較的高いのに対し、クロムおよびカド

ミウムに対する耐性が比較的高いことが示された。ヤトロファのカドミウム耐性は、汚染地土壌の緑化修復および循環的エネルギー生産利用の両立を可能とする形質として注目される。

ヤトロファは育種の歴史が浅く、その農業形質において複数の欠点が指摘されている。遺伝子組換えによる分子育種はこれらの欠点を比較的短時間で克服する可能性を有する。分子育種において、導入遺伝子の選定は重要である。そこで乾燥ストレスに対するヤトロファの分子応答を次世代シーケンサーによる RNASeq 解析により調査したところ、オリゴ糖の生合成酵素遺伝子群が包括的に発現上昇することが示され、乾燥ストレスへの防御応答としてヤトロファにおいてオリゴ糖生合成が重要である可能性が示された。トレハロースは、グルコース分子が 1,1-グリコシド結合した二糖類であり、乾燥および低温に応答していくつかの微生物および植物が蓄積する。そこでトレハロース生合成遺伝子 TPSP をヤトロファへ導入した組換えヤトロファ植物を作出した。得られた複数の To 組換え候補株からリーフディスクを調製し、低温に暴露した結果、いくつかの系統においてコントロール系統よりもクロロフィル含量が保持される結果が得られ、これらの系統において低温耐性が向上している可能性が示唆された。また、ボツワナ原産の野生種スイカから単離された転写因子で、根の生長を生に促進する CLZFB1 遺伝子についても、当該遺伝子を導入した組み換えヤトロファ株を作出し、その遺伝子導入が可視化マーカー Venus 遺伝子の蛍光として確認された。今後、これら組換え株の形質をさらに詳細に解析する必要がある。また、ボツワナ現地環境での形質評価に向け準備を進める必要がある。

#### ④研究題目 1 のカウンターパートへの技術移転の状況

ボツワナのヤトロファ自生系統を選別する SNP 等の分子マーカーの開発については、日本側研究者および学生が、ボツワナ農務省の研究者とともにボツワナ現地にて行っているものであり、これらの結果は共同論文投稿に加え、ボツワナ側研究員の修士論文として発表される予定である。また、オミクス解析によるヤトロファの遺伝子解析について、ボツワナ側に対し技術講習を行ってきており、ボツワナ側の博士研究員によりボツワナ農務省での実験が開始された。組換え技術については、その技術を本邦研修等で技術移転しているが、組換え試験の細部を定めた運用法令の国会提出がボツワナ側で準備中であり、これらの法令整備を待ってボツワナ国内でも技術移転を進めたく考えている。

#### 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

本共同研究では、これまで多くのボツワナ研究者を日本に招聘し本邦研修を開催してきたが、その参加者の一人で、本研究題目 1 においてボツワナ自生系統の病虫害感受性の比較分析を担当していたボツワナ農務省の中堅研究者が、プロジェクト半ばであるが農務省を離任し、ボツワナ大学にて新たに微生物学の研究室を主宰することとなった。当該研究者以外にもボツワナ側のプロジェクト参画者で複数の離任者が出ており、プロジェクトの進捗に影響を及ぼしているが、離任先で要職に就く例も多く、長期的にはボツワナ側での人材育成に貢献していると考えられる。

### (3) 研究題目 2 生産制御のための環境メタ解析

#### ① 研究題目 2 の研究のねらい

ボツワナの農地は日本と比較して有機物が 1/10 程度と貧栄養であり、また半乾燥地のために水供給

自体が貴重である。そこでヤトロファ残渣バイオマスを土壌に混ぜることで、保水能向上や貧栄養状態を改善し、土壌生態が豊かになることで宿主の遺伝要因のみならず、環境要因からの生産制御が可能となるかを調査することとした。

## ② 研究題目 2 の研究実施方法

ヤトロファ残渣バイオマスの有効利用法として、セルロースを残した半炭化処理に着目することとした。適度な熱処理温度を選ぶことで、リグノセルロースの高次構造を壊しつつ、セルロース成分を残すことができる。すると、あたかも綿（主成分はセルロース）のように吸水力を持ちつつ、土壌微生物群集の餌ともなるので貧栄養なボツワナ土壌の改良が可能となるのではと着目した。ボツワナ土壌に半炭化バイオマスを添加した際、その土壌の物理化学的特性や、複合微生物叢ならびにヤトロファ生育特性がどのように影響されるかを、実験室レベルで調査することとした。この目的のためにボツワナ農務省および植物検疫の許可を得てヤトロファ圃場の土壌試料を輸入し、1月の半炭化バイオマス添加で熟成処理を行った。土壌の力学的特性をオートグラフで、水分量および水の運動状態を水分量計と NMR 法の緩和時間から、有機物組成を NMR 代謝プロファイリングで評価した。

## ③ 研究題目 2 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

半炭化バイオマスの添加により土壌の物理化学的特性、微生物叢特性が変化し、特に保水性が向上し硬度が低くなる特徴を有していた。また、土壌微生物叢が変化することで代謝特性にも影響を及ぼし、有機酸がより多く産生されることから、土壌 pH の上昇を抑える効果も期待できる。さらにヤトロファ苗を植えて、コントロール（未添加）区との比較解析を行った。更に、ヤトロファ根毛が発達し茎が太くなる傾向が見られたことから、乾燥化が顕著な問題であるボツワナにおいて、土壌改良の1手法として潜在力があると考え、Scientific Reports 誌に投稿した（現在は under revision の状態）。

## ④ 研究題目 2 のカウンターパートへの技術移転の状況

H28 年 3 月にボツワナを訪問し、土壌サンプリングと土壌微生物叢からの DNA 抽出法、PCR 条件検討およびそのデータ確認法、DGGE 装置の基本的な操作法について、3 度目の研修を行った。

## 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

今年度は日本に輸入したボツワナ土壌を用いた実験室レベルでの解析に注力したが、毎年現地での土壌サンプリングも継続している。本プロジェクトは最終的に、現地の気象データと組み合わせた統合解析手法を構築することを以前から目論んでいる。次年度以降は他の研究グループと活発な意見交換を行い、この方向性に向けて邁進していきたい。

## (4) 研究題目 3 バイオマス生産を最適化する ICT 農法の開発

### ① 研究題目 3 の研究のねらい

蓄積が進む詳細な気象観測データおよび土壌物理特性データにヤトロファ生体データを合わせてベースとし、節水灌水システムを開発する。またヤトロファ栽培上問題となる気象要因も絞られており、

被害軽減に向けた気象予測と対策技術の確立を行う。成長、乾物生産、種子収量のデータから優良系統を選抜するとともに、画像データと組み合わせ解析することで生育と収量予測モデルを構築する。

## ② 研究題目 3 の研究実施方法

水ストレスに対するヤトロファの葉のガス交換速度の反応から、水ストレス症状を早期に診断できるパラメーターの選定を行う。また、DAR 土壌の土壌物理的特性と根の分布を詳細に調べ、植物の生体情報をベースとした新たな灌水制御に応用可能か検討する。

過去3年間の気象データの解析により寒波予測が可能になり、事前の対策技術と合わせてヤトロファ栽培スケジュールを作成する。定期的な生育調査と子実収量調査に加え、乾物調査を行うことでヤトロファのボツワナにおける乾物生産能を定量的に評価するとともに、子実収量のみならずバイオマス収量に優れる系統の選抜を行う。

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

ヤトロファ栽培土壌の透水性および保水性を定量的に把握することは灌漑計画のための基礎データとなる。土壌透水性評価のためのインテークレート試験およびコアサンプラーでの各深度の透水試験、また保水性を評価するため加圧板法をおこない水分特性曲線を求めた。今後はこれらの土壌データおよび毎年取得している各種気象データより算出した蒸発散量から灌水のタイミングと量をシミュレートし、ICTの灌水制御 ON/OFF として使用していく予定である。また、三相分布試験の結果、気相固相は十分に適性値にあり、液相においては灌水を行った区では適性値に入ることから、気相は発達した土壌であり土壌中のガスおよび熱交換などは容易であるが、適性値に満たないくらい乾燥した土壌であることが確認および示唆された。さらに、土壌水分動態のシミュレーションにおける境界条件およびヤトロファの作土層を求めるため土壌調査および根の分布の調査を行った。DAR 圃場は土層分布に偏りがあることが示唆され、一番掘削が容易な場所であっても下層の岩盤が深さ 60cm で表出する。0 から 60cm までの深さごとの土壌の粒径の違いなどは特に見られず均質な乾燥地の土壌であることが分かった。また深さごとの土壌体積含水率についてはいずれも 10%以下と低かったが土壌色では深さ 30cm で暗色となり、水分は保持されていることが確認された。また乾燥地特有の塩類集積などはみられなかった。ヤトロファの根は岩盤より上に存在し、2年樹においても特に深さ 30cm までに集中しており横は 1m 以上の広がりがある。従って圃場のヤトロファは深さ 30cm 付近の土壌水分を利用していると考えられる。従ってヤトロファの根を垂直に伸ばそうとした場合、地下灌漑など灌水方法を変化させることのみで改善するとは考えにくく、遺伝子操作による品種改良の有用性が示唆される。また、初期生育では、根が浅く日中蒸発の卓越した表層付近に根が集中することから、灌水は夜間におこなう必要がある。生育ステージによって灌水の量や方法を検討する必要がある、特に初期生育での灌水がもとめられることが確認されたが、今後はこれまでに蓄積された圃場のヤトロファの画像データより生育ステージごとの LAI を算出し、蒸発散量の推定および、各生育ステージおよび対応する季節ごとの灌水量・タイミングの決定を行う。また TDR によって計測された年次の土壌水分動態を解析し、上記とあわせ pF 値による灌水制御の ICT 農法の確立のためのポイントを決定する。

2014年の冬(6~8月)の寒波により地上部が枯死したヤトロファは9月から成長を旺盛に再開し、樹高の増加は12~1月まで急激に、その後も緩やかな増加を続けた。2015年6月にバイオマス収量調査と寒波対策を兼ねて地上 80cm で剪定を行い、得た枝葉のそれぞれの重量を測定した。バイオマス収量が最

も高い系統では  $6\text{kg 株}^{-1}$  ( $1.4\text{kgDM 株}^{-1}$ ) で、現在の栽植密度で換算すると  $15\text{t ha}^{-1}$  ( $3.5\text{tDM ha}^{-1}$ ) のバイオマス収量に相当する。その他、寒波対策として高さ別剪定(4段階)、ラッピング、葉除去、トレハロース葉面散布およびトンネルおよび無処理区を設け、寒波の被害程度を比較した。今冬は寒波が比較的弱かったが、枝先の枯死や落葉が見られた。トンネル区は被害枝の割合、被害強度ともに最も低く、寒波対策として有用な方法であるとともに、翌春(9~10月)の早い時期から着花を開始し、ほぼすべての株で着花が確認された。高さ別剪定の結果と合わせると頂芽への被害軽減が早期着花に繋がると考えられる。以上、トンネルは耐寒波、早期着花のいずれにも有効であると考えられる。今後、引き続きトンネルの効果を検証するとともに、より省力的なベタがけなどの手法についても調査を行う。剪定で得た残差は圃場で炭化し、その炭を土壤に混和することで保水性および地面蒸発量に与える影響について調査を行った。比較した処理方法は細粒炭混和、粗粒炭混和、炭マルチ、土中施用および無処理で、いずれの処理も土壤の圃場容水量を高めた。地表面からの蒸発速度は無処理と比べて微粉炭、粗粒炭混和ではやや遅く、炭マルチでは顕著に蒸発を抑制した。これは地表面と外気が炭マルチによって隔たれ、炭の表面が乾いても下の土壤では水分が保たれたためだと考えられる。また、供与機材の一つである電熱式炭化装置のチッソガス導入等の配管が完成し、現地スタッフによりヤトロファ枝条、牛糞、雑草などを原料とした試運転が行われた。今後は原料、炭化条件などを変えて製炭し、その特徴と利用法を確立する。

これまでに現地および沖縄で行ったヤトロファの光合成ガス交換測定から、水ストレスの程度によってヤトロファの気孔開度は制限され、 $\text{CO}_2$  の取りこみが減少することが明らかとなった。ガス交換測定は早期水ストレス症状を診断できる一方、既存の装置では圃場での長期間モニタリングは難しい。そこで、気孔開度に代替可能なパラメーターとして葉内  $\text{CO}_2$  濃度 ( $C_i$ ) に着目した。 $C_i$  は気孔開度と  $\text{CO}_2$  の取りこみのバランスが反映されており、その上昇は光合成代謝の低下を意味する。 $C_i$  はガス交換測定でルーチン的に計算されているが、シンプルに実測できる方法を開発した( ECB, 2015)。さらに、水ストレス等で気孔が閉じるとガス交換法よりも実測法でもとめた  $C_i$  の方がより精度が高いことを世界で初めて証明した(PCP, 2015)。シンプルな実測法では  $C_i$  を長期間モニタリングできる為、圃場での早期水ストレス診断ツールとして有望である。今後、ヤトロファ生体の水分状態が  $C_i$  に与える影響を明らかにし、本国にて  $C_i$  をベースとした灌水制御システムを構築する。次年度の越冬後に葉が展開し始める10月を目途に、開発したシステムを現地へ導入したい。

#### ④ 研究題目3のカウンターパートへの技術移転の状況

各種土壤試験においてC/Pとの技術協力および三相分布測定などの技術移転を行った。

電熱式・バッチ式炭化装置の運用開始にあたり、使用法並びに炭化条件が生産物の特性に与える影響についてセミナーを行った。気象観測装置、キャンベルの使用法に関するセミナーを行った。

#### 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

本年は冬期被害から新しく葉をつけ始める9月~11月に灌水を実施したことから12月までに成長を促進することに成功した。ただ、樹を中心とした点滴灌漑ポイント付近での灌水チューブ側とその反対側での土壤調査を行ったところ、水分は土壤中に不均一に拡散しており、チューブがある側は充分湿っていて根毛も多く生えているがその反対側は乾燥しまたしまった土壤であり、根の発達もあまり見られ

ないという結果だった。点滴灌漑を行うにあたりその場所を検討する必要性が示唆された。

2015 年は寒波が弱く地上部が枯死せず越冬したが、11 月に襲来した 2 度の降雹により葉がほぼ全て落ちる被害を受けた。肥料の葉面散布などにより成長が回復したものの、12～1 月には 42.7℃を超える熱波が襲来し、発達中の花芽および肥大途中の果実が落ちる被害を受けた。高温と強日射により葉の黄化が見られたものの、継続的な灌水により落葉には至らず植物体への被害は限定的にとどめる事が出来た。1 月 26～27 日に圃場のコンテナハウスにて盗難事件が発生した。フェンスや扉などが壊された他、電動ドリルや工具などが盗まれた他、通報装置と勘違いされたのか圃場に設置されている気象観測装置の配線も一部切断されていた。(研究題目に関わらないが、PJ メンバーの移動が頻繁に起き、それへの補充がない状況は PJ 遂行に当たり大きな問題だと思われる。

## II. 今後のプロジェクトの進め方、および成果達成の見通し (公開)

南北回帰線付近の発展途上国における循環型エネルギー社会の構築は、地球規模での低炭素社会を達成する上で鍵を握る。ボツワナ共和国においては、国土の乾燥冷害地域におけるヤトロファ・バイオ燃料生産を確立するための科学技術が必須である。本研究では次の 3 つの戦略、すなわち、(1) 現地の乾燥冷害気候に適応したヤトロファ優良品種の選抜および育種を推進し、特にボツワナの自国生物資源であるヤトロファ固有種を高度利用すること、(2) 現地の極度な乾燥と冷害気候に適応した ICT 農法を開発すること、さらに、(3) ヤトロファ生育と圃場生物叢との相互作用を理解し、ヤトロファ栽培最適化に向けた圃場生物叢制御技術を開発すること、を戦略目標と定めている。こうした複雑な情報解析を可能とするためには、新たな計算アルゴリズムの検討を日本でも行いつつ、現地での取得データと組み合わせる必要がある。ボツワナ側の研究者との効率的な共同活動を進めるために、PDM および PO 活動内容を更に詳細に分割し記述した Action Plan を作成し、ボツワナ側パートナーと共有している。この Action Plan はプロジェクト進捗に合わせて随時更新を行う予定であり、毎年開催される Joint Coordinating Committee に提出し共有している。

乾燥冷害地域におけるヤトロファの安定生産の技術体系を構築するためには、圃場における気象・生物叢・植物生理等の科学的な数値情報をリアルタイムに取得するとともに、変動環境や遺伝特性に合わせて柔軟に栽培管理を行う ICT 農法を確立することが有効と考えている。また、これら現地で取得した情報をデータベース化し、双方向的な公開によりさらなるデータ蓄積を行うことで、ヤトロファのバイオマス生産の最適化をさらに進めるための基盤づくりができると考えている。乾燥地に適合した多収ヤトロファの育種については、当初計画の遂行に伴い、ヤトロファ形質転換体の作出工程を効率化する様々な技術パッケージの確立が進んでおり、工程の標準化や大規模化にも対応したノウハウが構築されつつある。これら一連の技術パッケージは、他のヤトロファ育種事業へも適応可能なものであるため、ボツワナだけでなく、他の途上国を視野に入れた共同事業等の基盤シーズとしても期待される。

本事業はボツワナ自国生物資源に立脚した循環型社会を構築するための技術開発を行うものであるが、将来的にはアジア・アフリカの乾燥地諸国におけるバイオ燃料生産の樹立と、農村部における農工業経済活性化の一例として、技術立脚型モデルを構築し提示できればと考えている。本提案課題の研究成果はボツワナ国内で共有され、これら農園でのヤトロファ栽培に適応される予定である。

### Ⅲ. 国際共同研究実施上の課題とそれを克服するための工夫、教訓など（公開）

#### (1) プロジェクト全体

・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。

ボツワナ政府側の予算措置が始動しており、プロジェクトに好影響を及ぼしている。修士課程へのボツワナ側研究者の進学が新たに6名確定している状況であり、今後が楽しみである。

・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。

上述のボツワナ政府予算の執行開始に伴い、本 SATREPS プロジェクトの終了後の活動内容についても、前向きな議論がボツワナ研究者間で行われてきており、好転の兆しが見える。

・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。

ボツワナ側と日本側では、事業を行う上でのスピード感に隔たりがある現状である。研究を企画し、成果を論文として纏める訓練を重要視した取り組みが必要と考える。

バイオ燃料事業は総合分野としての性格が強く、そのプロジェクトの計画策定及び運営については、幅広い情報収集と慎重かつ本質的な計画策定が重要と考えられる。ボツワナ政府側ではこれらの点でまだ人材育成が弱い点があるので、これらの点についてさらに人材育成が進展することが望まれる。

・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。

特記事項なし

#### (2) 研究題目 1 乾燥冷害地域に適合したヤトロファ系統の分子ゲノム育種

・相手国側研究機関との共同研究実施状況と問題点、その問題点を克服するための工夫、今後への活用。

ヤトロファ改良品種を育種するためには、乾燥冷害地域に適応しているボツワナ固有系統と、異なる形質を持つ第3国のヤトロファとの交配育種の推進も重要と考えている。生物資源のアクセスに係る諸問題があり、多国間でのヤトロファ生物資源の交換はまだ実現していないが、ボツワナ固有系統ヤトロファの諸性質の解明はこれら相互交換の第一歩であるため、論文メディア等での公開を視野に入れて準備を進めている。

・類似プロジェクト、類似分野への今後の協力実施にあたっての教訓、提言等

SATREPS プロジェクトにおける学生の参画は非常に効果的である。ボツワナ現地への派遣において、日本側学生の中長期派遣が及ぼす好影響は大きく、その影響は交流分野のみならず、実際の研究成果の創出やプロジェクトの進展にも大きな影響を及ぼしている。学生をより積極的に派遣しやすくなるよう、JICA 短期ボランティア派遣との連携など、仕組みをさらに整えていくことが有効と思う。

### (3) 研究題目 2 生産制御のための環境メタ解析

- ・相手国側研究機関との共同研究実施状況と問題点、その問題点を克服するための工夫、今後への活用。

当該プロジェクトの残り期間は短く、一方でボツワナ農務省側では人材の入れ替わりも頻繁なため、技術移転を極力簡単なレベルに限定することとした。昨年度は卓上 NMR 装置の導入を検討していたが、残り期間を考慮して未だペンディングとしている。微生物プロファイリングも現地では DGGE 装置を活用し、より高次元のデータ解析は輸入した土壌の日本で次世代シーケンサー計測を行うこととした。

- ・類似プロジェクト、類似分野への今後の協力実施にあたっての教訓、提言等

現地スタッフの意識や機器を正常に動かすためのインフラは、当初の想定以上に日本のそれとギャップがある。日本人の懸命さを実感してもらうためには、日本での長期生活経験をできる機会を増やしていくことが得策と考える。

### (4) 研究題目 3 バイオマス生産を最適化する ICT 農法の開発

- ・相手国側研究機関との共同研究実施状況と問題点、その問題点を克服するための工夫、今後への活用。

2015年8月以降、週2回の灌水を実施したところ、ヤトロファは順調に成長し、11月以降、花芽分化が見られた。しかし、温暖化の影響か40℃を超える猛暑に見舞われ、開花後、結実せず、枯死した。猛暑を避けるため、遮光などの工夫が必要である。

- ・類似プロジェクト、類似分野への今後の協力実施にあたっての教訓、提言等

川満：雷対策が必要である。

## IV. 社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

### (1) 成果展開事例

- ・共同共同研究機関である相手国資源省に対して本事業で得られた成果を提供し、大統領府主催の政策審議会合における資料として使用された。

## (2) 社会実装に向けた取り組み

・ヤトロファ油脂の化成品利用に関して、新たに化学系日系企業との共同研究策定について契約準備中である。

## V. 日本のプレゼンスの向上（公開）

今年度に関しては、ボツワナのマスメディアによる取材（テレビ・ラジオ局3社、新聞4社）が2016年2月2日に、石本長期専門家およびボツワナ共同研究者に対して行われた。2月3日、Radio Botswana 2の18時英語ニュース、Botswana Televisionの19時の英語ニュースにおいて（両社とも政府系）、Mmegi紙2月5日号11、12面に、Botswana GUARDIAN紙2月5日号7、9面に、Weekendpost紙2月6日～12日号15面、Botswana Daily News紙2月8日8面に（Botswana Daily News紙のみ政府系、他紙は民間）、SATREPS事業が紹介された。実験圃場、実験機器、実験風景、インタビュー等、大々的に扱われ、当事業への関心、期待の高さが伺われた。

## VI. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】（公開）

## VII. 投入実績【研究開始～現在の全期間】（非公開）

## VIII. その他（非公開）

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。)
2013	Inafuku-Teramoto, S., Mazereku, C., Coetzee, T., Gwafila, C., Lekgari, LA., Ketumile D., Fukuzawa, Y., Yabuta, S., Masukujane, M., George DGM., Chite, SM., Ueno, M., Kawamitsu, Y., Akashi, K. (2013) Production approaches to establish effective cultivation methods for Jatropha ( <i>Jatropha curcas</i> L.) under cold and semi-arid climate conditions. <i>International J. of Agronomy and Plant Production</i> . 4(S). 3804-3815.		国際誌	発表済	
2014	Tominaga, J., Inafuku, S., Coetzee, T. and Kawamitsu, Y. "Diurnal regulation of photosynthesis in <i>Jatropha curcas</i> under drought during summer in a semi-arid region" (2014) <i>Biomass and Bioenergy</i> 67: 279-287.		国際誌	発表済	

論文数 2 件  
 うち国内誌 0 件  
 うち国際誌 2 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。)
2011	Boyer, J.S., Kawamitsu, Y. (2011) Photosynthesis gas exchange system with internal CO2 directly measured. <i>Environ. Control Biol.</i> 49. 193-207.		国際誌	発表済	
2012	Fukuzawa, Y., Tominaga, J., Akashi, K., Yabuta, S., Ueno, M., Kawamitsu, Y. (2012) Photosynthetic Gas Exchange Characteristics in <i>Jatropha curcas</i> L. <i>Plant Biotechnol.</i> , 29, 155-162.		国際誌	発表済	
2012	Sano, R., Ara, T., Akimoto, N., Sakurai, N., Suzuki, H., Fukuzawa, Y., Kawamitsu, Y., Ueno, M., Shibata, D. (2012). Dynamic metabolic changes during fruit maturation in <i>Jatropha curcas</i> L. <i>Plant Biotechnol.</i> 29, 175-178.		国際誌	発表済	

2012	Watanabe, T., Shino, A., Akashi, K., Kikuchi, J. (2012) Spectroscopic investigation of tissue-specific biomass profiling for <i>Jatropha curcas</i> L. <i>Plant Biotechnol.</i> , 29, 163-170.		国際誌	発表済	
2012	Sakurai, N., Ogata, Y., Ara, T., Sano, R., Akimoto, N., Hiruta, A., Suzuki, H., Kajikawa, M., Widyastuti, U., Suharsono, S., Yokota, A., Akashi, K., Kikuchi, J., Shibata D. (2012) Development of KaPPA-View4 for omics studies on <i>Jatropha</i> and a database system KaPPA-Loader for construction of local omics databases. <i>Plant Biotechnol.</i> , 29, 131-135.		国際誌	発表済	
2012	Kajikawa, M., Morikawa, K., Inoue, M., Widyastuti, U., Suharsono, S., Yokota, A., Akashi, K. (2012) Establishment of bispyribac selection protocols for <i>Agrobacterium tumefaciens</i> - and <i>Agrobacterium rhizogenes</i> -mediated transformation of the oil seed plant <i>Jatropha curcas</i> L. <i>Plant Biotechnol.</i> , 145-153.		国際誌	発表済	
2012	Maroušek, J., Itoh, S., Higa, O., Kondo, Y., Ueno, M., Suwa, R., Komiya, Y., Tominaga, J., and Kawamitsu, Y. (2012) The use of underwater high-voltage discharges to improve the efficiency of <i>Jatropha curcas</i> L. biodiesel production. <i>Biotechnology and Applied Biochemistry</i> , 9, 451-456.		国際誌	発表済	
2012	Kondo, Y., Fukuzawa, Y., Kawamitsu, Y., Ueno, M., Tsutsumi, J., Takemoto, T., and Kawasaki, S. (2012) A new application of bagasse char as a solar energy absorption and accumulation material. <i>Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh</i> , 103, 1-8.		国際誌	発表済	
2013	Hoshiyasu, S., Kohzuma, K., Yoshida, K., Fujiwara, M., Fukao, Y., Yokota, A., Akashi, K. (2013) Potential involvement of N-terminal acetylation in the quantitative regulation of the $\epsilon$ subunit of chloroplast ATP synthase under drought stress. <i>Biosci. Biotechnol. Biochem.</i> , 77, 998-1007.		国際誌	発表済	
2013	Maroušek, J., Itoh, S., Higa, O., Kondo, Y., Ueno, M., Suwa, R., Komiya, Y., Tominaga J., and Kawamitsu Y. (2013) Pressure shockwaves to enhance oil extraction from <i>Jatropha curcas</i> L. <i>Biotechnol. &amp; Biotechnol. Eq.</i> 2013, 27(2), 3654-3658.		国際誌	発表済	

2013	Maroušek, J., Itoh, S., Higa, O., Kondo, Y., Ueno, M., Suwa, R., Tominaga J., and Kawamitsu Y. (2013) Enzymatic hydrolysis enhanced by pressure shockwaves opening new possibilities in <i>Jatropha curcas</i> L. processing. <i>Journal of Chemical Technology &amp; Biotechnology</i> , Volume 88, issue 9 (September), p. 1650-1653. ISSN: 0268-2575 DOI: 10.1002/jctb.4014. John Wiley & Sons, Ltd		国際誌	発表済	
2013	Maroušek, J., Kondo, Y., Ueno, M., and Kawamitsu, Y. (2013) Commercial-scale utilization of greenhouse residues. <i>Biotechnology and Applied Biochemistry</i> Vol. 60(2): 253 – 258, March/April.		国際誌	発表済	
2013	Ogura, T., Date, Y. and Kikuchi, J. (2013) Differences in cellulosic supramolecular structure of compositionally similar rice straw affect biomass metabolism by paddy soil microbiota. <i>PLoS ONE</i> 8, e66919.		国際誌	発表済	
2014	Yamazawa, A., Date, Y., Ito, K. and Kikuchi, J. (2014) Visualizing microbial dechlorination processes in underground ecosystem by statistical correlation and network analysis approach. <i>J. Biosci. Bioeng.</i> 117, 305-309.		国際誌	発表済	
2014	Watanabe, T., Shino, A., Akashi, K. and Kikuchi, J.* " Chemical profiling of <i>Jatropha</i> tissues under different torrefaction conditions: application to biomass waste recovery" <i>PLoS ONE</i> 9, e106893 (2014)	doi:10.1371/journal.pone.0106893	国際誌	発表済	PLoS ONE誌はNature, Science等では掲載されない多様な分野を扱う一般誌で、オープンアクセスのためアフリカ諸国でも無料ダウンロードして読むことができる。
2014	Komatsu, T., Oishi, R., Shino, A. Akashi, K. and Kikuchi, J.* "Multi-spectroscopic analysis of seed quality and <sup>13</sup> C-stable-isotopologue monitoring in initial growth metabolism of <i>Jatropha curcas</i> L. using stable-isotope labeling" <i>Metabolites</i> 4, 1018-1033 (2014).	doi:10.3390/metabo4041018	国際誌	発表済	
2015	藪田伸・箱山晋・稲福さゆり・福澤康典・川満芳信 "出葉転換点および幼穂形成始期により分画したイネの成長相における感光性評価". (2015) <i>日作紀</i> . 84(1):64-68.		国内誌	発表済	
2015	Tominaga J. & Kawamitsu Y. 2015. Cuticle affects calculations of internal CO <sub>2</sub> in leaves closing their stomata. <i>Plant and Cell Physiology</i> 56:1900-1908.		国際誌	発表済	

2015	Kawasaki S., Tominaga J., Yabuta S., Watanabe K., Jaiphong T., Ueno M. & Kawamitsu Y. 2015. Responses of growth, photosynthesis, and associated components to hypoxia at different light intensities in red leaf lettuce. <i>Scientia Horticulturae</i> 193:330-336.		国際誌	発表済	
2015	Tominaga J. & Kawamitsu Y. 2015. Tracing photosynthetic response curves with internal CO <sub>2</sub> measured directly. <i>Environmental Control in Biology</i> 53:27-34.		国際誌	発表済	
2015	Kawasaki S., Tominaga J., Uehara N., Ueno M. & Kawamitsu Y. 2015. Effects of long-term exposure to different O <sub>2</sub> concentrations on growth and phytochemical content in red leaf lettuce. <i>Environmental Control in Biology</i> 53:117-122.		国際誌	発表済	
2015	Tominaga J., Yabuta S., Fukuzawa Y., Kawasaki S., Jaiphong T., Suwa R. & Kawamitsu Y. 2015. Effects of vertical gradient of leaf nitrogen content on canopy photosynthesis in tall and dwarf cultivars of sorghum. <i>Plant Production Science</i> 18:336-343.		国際誌	発表済	
2015	Nanasato, Y., Kido, M., Kato, A., Ueda, T., Suharsono, S., Widyastuti, U., Tsujimoto H., Akashi, K. (2015) Efficient genetic transformation of <i>Jatropha curcas</i> L. by means of vacuum infiltration combined with filter-paper wicks. <i>In Vitro Cellular and Developmental Biology – Plant</i> , 51, 399-406.		国際誌	発表済	
2015	Ogura, T., Date, Y., Tsuboi, Y. and Kikuchi, J.* “Metabolic dynamics analysis by massive data integration: application to tsunami-affected field soils in Japan” <i>ACS Chem. Biol.</i> 10, 1908-1915 (2015)	DOI: 10.1021/c b500609p	国際誌	発表済	
2015	Ogura, T., Hoshino, R., Date, Y. and Kikuchi, J.* “Visualization of microfloral metabolism for marine waste recycling” <i>Metabolites</i> 6, 7 (2016).	doi:10.339 0/metabo6 010007	国際誌	発表済	

論文数	25 件
うち国内誌	1 件
うち国際誌	24 件
公開すべきでない論文	0 件

③その他の著作物(相手国側研究チームとの共著)(総説、書籍など)

年度	著者名,タイトル,掲載誌名,巻数,号数,頁,年		出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項

著作物数 0 件  
 公開すべきでない著作物 0 件

④その他の著作物(上記③以外)(総説、書籍など)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ-おわりのページ		出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項
2011	明石 欣也 (2011)「アフリカにおけるバイオ燃料開発状況」。バイオサイエンスとインダストリー, vol 69, pp 60-64, 財団法人バイオインダストリー協会		総説	発表済	
2012	Akashi, K.: Jatropha research: A new frontier for biofuel development. Plant Biotechnol. 29, 121.		総説	発表済	
2012	明石 欣也、橋詰 利治 (2012)「注目されるスイカの遺伝子」。In: 池谷和信監修、ポツワナを知るための52章、明石書店、pp 35-40.		総説	発表済	
2012	川満芳信・上野正実・近藤義和・今井勝 (2012) 琉球大学における亜熱帯型植物工場。In:野口伸・橋本康・村瀬治比古 編著 太陽光植物工場の新展開 pp. 267-279.		総説	発表済	
2012	菊地淳 (2012) “微生物のもつ基本的な代謝を理解する” 微生物機能学—微生物リソースと遺伝子リソースの利用— (森田英俊編)、三共出版.		総説	発表済	
2012	菊地淳 (2012) “糖質の分析 核磁気共鳴法” 植物細胞壁 —基礎と応用— (西谷和彦、梅澤俊明編)、講談社.		総説	発表済	
2013	Proceeding: 1st Jatropha Symposium in Botswana (2013).pp1-48.		冊子	発表済	
2014	菊地淳 “分子複雑系” NMR 5, 78-82 (2014).		総説	発表済	

2014	菊地淳 “NMRにおけるイノベーション” 生物工学会誌 92, 561 (2014).		総説	発表済	
2014	小松功典、菊地淳 “複雑系高分子群に挑むバイオマスNMRの世界” 細胞工 学 33, 843-849 (2014).		総説	発表済	
2014	Dr. Sayuri Inafuku, Jatropha Cultivation in Botswana		冊子	発表済	
2015	Akashi, K., Nanasato, Y.: Recent progress in the genetic engineering of biofuel crops. In: Kumar, A., Probst, P., Ogita, S. (eds), Biofuels: Green house gas mitigation and global warming next generation biofuels and role of biotechnology - A Perspective. Springer, in print		総説	in press	

著作物数 12 件  
公開すべきでない著作物 1 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
2014	Jatropha Omics course (ヤトロファを実験対象にオミクス解析技法を習得、ヤトロファ研究者対象)、研修実施数1、修了者2	Jatropha Omics Manual	プロテオーム解析およびRNAseq解析
2015	本邦研修(BDFに関する知識、ヤトロファ栽培技術と生長計測技術の移転、ボツワナ農務省作物部門女性若手研究者)、2か月、2名	Biodisel	日本でのBDF作成と利用例の紹介、ラボレベルでの製作・注意点について

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	伊達 康博, 渡邊 太二, 小倉 立己, Masego Masukujane, 坂田 研二, Stephen M. Chite, 明石 欣也, 菊地 淳 “ボツワナ共和国のヤトロファ栽培土壌における有機物・無機物・微生物群プロファイリング” 第66回日本生物工学会年次大会、札幌 2014年9月11日	ポスター発表
2015	国際学会	石本雄大、Ms. Tidimalo Coetzee、information-Based Optimization of Jatropha Biomass Energy Production in the Frost and Drought-Prone Regions of Botswana	招待講演
2015	国内学会	富永 淳, 藪田伸, Radikgomo M., Kgokong S. B., 福澤康典, 稲福(寺本)さゆり, 石本雄大, 中原麻衣, 菊池 淳, 明石欣也, 上野正実, 川満芳信. ボツワナで実施中のSATREPSの紹介. 生物環境工学会九州支部会, 沖縄, 2015年11月	ポスター発表
2015	国内学会	藪田ら(琉大農), ボツワナ共和国内で栽培したヤトロファ4年生株の成長とバイオマス収量について, 沖縄農業研究会, 沖縄, 8月7日	ポスター発表
2015	国内学会	中原麻衣, 富永 淳, 藪田 伸, マリア R., シルビア K., 石本雄大, 上野正実, 川満芳信. ボツワナ共和国において2013～2015年に取得した気象観測データの解析	ポスター発表

招待講演	1 件
口頭発表	0 件
ポスター発表	4 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
2011	国際学会	Kato, A., Kajikawa, M., Yokota, A. and Akashi, K. (2011) Functional analysis of drought-induced transcriptional regulatory factors in the roots of wild watermelon. The 7th Asian Crop Science Association Conference. September 27, Bogor, Indonesia.	ポスター発表
2011	国内学会	Akashi, K. (2011) Citrullus and Jatropha: Harnessing plant genetic resources for biomass production in Botswana. 28th IPSR International Symposium (co-sponsored by JSPS-AASPP). "Crop Production in East Africa and Innovative Plant Stress Science". Oct 7, Kurashiki, Okayama.	招待講演
2011	国内学会	梶川昌孝・尾形善之・Sony Suharsono・Utut Widyastuti Suharsono・足立直樹・近藤伸二・菊地淳・横田明穂・明石欣也: バイオ燃料植物ヤトロファの登熟期果実における代謝制御. 日本植物細胞分子生物学学会本大会, 福岡. 2011.9.6.	口頭発表
2011	国内学会	星安紗希・吉田和生・上妻馨梨・藤原正幸・深尾陽一郎・横田明穂・明石欣也: 強光・乾燥ストレス下における葉緑体ATP合成酵素εサブユニットの量的制御. 日本植物細胞分子生物学学会本大会, 福岡. 2011.9.6.	口頭発表
2012	国内学会	明石欣也 (2012)「アジア・アフリカの海外パートナーと連携したバイオ・ディーゼル植物ヤトロファの研究開発」、第二回熱帯人工林フラッグシップシンポジウム(第203回生存圏シンポジウム)3月21日、京都	招待講演
2012	国内学会	川満芳信・上野正実 (2012)「熱帯におけるサトウキビ由来のバイオ燃料の持続的生産と利用」、第二回熱帯人工林フラッグシップシンポジウム(第203回生存圏シンポジウム)3月21日、京都	招待講演
2012	国際学会	Kikuchi, J. "Multivariate analysis of biomolecular complexities measured by solution and solid-state NMR" 41st Korean Magnetic Resonance Society, June 29, Jeju, Korea	招待講演
2012	国内学会	明石欣也 (2012)「バイオ・ディーゼル植物ヤトロファのオミクス解析と脂質代謝工学」、日本植物細胞分子生物学学会シンポジウム「植物バイオマス増産と高機能化に向けた多角的な技術開発アプローチ」。8月4日、奈良。	招待講演
2012	国内学会	明石欣也 (2012)「バイオ燃料植物の生産性強化を目指した栽培・育種研究ーボツワナ乾燥冷害地域におけるヤトロファ・バイオエネルギー生産のシステム開発」、JST/JICA/AISTシンポジウム「バイオマス燃料の事業化に向けた国際戦略シンポジウム」。9月4日、東京。	招待講演

2012	国内学会	明石欣也 (2012) 「油脂バイオマス作物ヤトロファの研究開発の現状と展望」、日本育種学会2012年秋季大会シンポジウム「我が国におけるバイオマス資源作物の現状と今後の展望」。9月14日、京都。	招待講演
2012	国内学会	渡辺 太二、篠 阿弥宇、明石 欣也、菊地 淳 (2012) ヤトロファ栽培・収穫時未利用バイオマスの資源化を目指した物理化学特性解析、日本農芸化学会本大会、3月、京都	口頭発表
2012	国内学会	大石梨沙、渡邊太二、篠阿弥宇、菊地淳(2012) 植物代謝活性の評価技術高度化の試み 第51回NMR討論会、11月8日、名古屋	ポスター発表
2012	国内学会	明石欣也・梶川昌孝・尾形善之・Sony Suharsono・Utut Widyastuti・足立直樹・近藤伸二・菊地淳・横田明穂: バイオ燃料植物ジャトロファの脂肪酸代謝遺伝子群の転写制御. 日本植物生理学会本大会, 京都. 2012.3.	口頭発表
2012	国内学会	明石欣也・梶川昌孝・尾形善之・Sony Suharsono・Utut Widyastuti・足立直樹・近藤伸二・菊地淳・横田明穂: バイオ・ディーゼル植物ヤトロファの登熟期果実における脂質代謝の転写制御. 日本農芸化学会本大会, 京都. 2012.3.	口頭発表
2012	国内学会	星安紗希・吉田和生・藤原正幸・深尾陽一朗・横田明穂・明石欣也: N末端アセチル化修飾による葉緑体ATP合成酵素 $\epsilon$ サブユニットの量的制御, 日本農芸化学会本大会, 京都. 2012.3.	口頭発表
2012	国内学会	渡辺太二・篠阿弥宇・明石欣也・菊地淳: ヤトロファ残渣バイオマスの半炭化特性. 日本生物工学会本大会, 神戸. 2012.10.25.	ポスター発表
2012	国内学会	明石欣也: アジア・アフリカの海外パートナーと連携したバイオ・ディーゼル植物ジャトロファの研究開発. 日本生物工学会大会シンポジウム, 多様なバイオディーゼル燃料がポスト化石燃料時代の地球に果たす役割, 神戸. 2012.10.25.	招待講演
2012	国内学会	明石欣也: 野生植物の遺伝子資源を利用したバイオ燃料植物ヤトロファの分子育種. 日本農芸化学会中部支部ミニシンポジウム, 日本発、商業化をめざす遺伝子組換え作物, 名古屋. 2012.10.27.	招待講演
2013	国内学会	Akashi, K. (2013) The SATREPS project for the information-based optimization of Jatropha biomass energy production in the frost- and drought-regions around Kalahari Desert in Botswana. The 6th international symposium on green biotechnology for global sustainability. Osaka, 2013.1.10.	招待講演

2013	国際学会	Akashi, K. (2013) Exploring genetic resources of drought-resistant wild watermelon from the Kalahari Desert of Africa for the molecular breeding of <i>Jatropha curcas</i> . Institut Pertanian Bogor Seminar, Bogor, Indonesia, 2013.3.27.	招待講演
2013	国内学会	明石欣也: ポツワナ乾燥冷害地域におけるヤトロファ・バイオエネルギー生産のシステム開発—アフリカ・ポツワナの乾燥地植物に秘められたエネルギーの利用—. 食品産業懇談会(二木会)招待講演会, 東京. 2013.5.9.	招待講演
2013	国内学会	明石欣也: 野生種スイカとバイオ燃料植物ジャトロファ: 乾燥地植物の環境耐性メカニズムの理解と応用. 農芸化学の未来開拓セミナー, 中四国支部若手シンポジウム, 岡山. 2013.5.10.	招待講演
2013	国内学会	明石欣也・菊地淳・川満芳信: ポツワナ乾燥冷害地域におけるヤトロファ・バイオエネルギー生産のシステム開発—アフリカ・ポツワナの乾燥地植物に秘められたエネルギーの利用—. バイオマス・エキスポ2013, 東京. 2013.5.29.	招待講演
2013	国内学会	明石欣也: バイオ燃料植物ジャトロファの分子生物学・代謝工学と育種. 農業生物資源研究所, ガンマ・フィールドシンポジウム, 水戸. 2013.7.17.	招待講演
2013	国内学会	富永淳・稲福(寺本)さゆり・藪田伸・Jaiphong Thanankorn・上野正実・川満芳信(2013) 夏季乾燥地におけるヤトロファ( <i>Jatropha curcas</i> ) 光合成日変化の気孔および非気孔制御、日本作物学会。9月10日、鹿児島。	口頭発表
2013	国内学会	藪田伸・箱山晋・稲福さゆり・福澤康典・川満芳信(2013) 出葉転換点および幼穂形成始期により分画したイネの生長相における感光性評価、日本作物学会。9月10日、鹿児島。	口頭発表
2013	国内学会	七里吉彦、木戸真史、明石欣也(2013)「バイオ燃料植物ヤトロファ( <i>Jatropha curcas</i> L.)の形質転換系の改良」、日本植物細胞分子生物学会、9月9-13日、北海道	口頭発表
2013	国際学会	Tominaga, J., Inafuku, S., Jaiphong, T., Ueno, M. and Kawamitsu, Y. (2013) Diurnal photosynthesis in <i>Jatropha</i> ( <i>Jatropha curcas</i> L.) during winter in subtropics and semi-arid region. The 10th Biomass Asia Workshop. Aug 5-6, Bangkok, Thailand.	ポスター発表
2013	国際学会	Jaiphong, T., Fukuzawa, Y., Tominaga, J., Kawasaki, S., Yabuta, S., Kawamitsu, Y., Ueno, M., Chinawong, S., Sathuwijarn, S. and Kumpeangkeaw, A. (2013) Production System and Possibility to Utilize <i>Jatropha</i> ( <i>Jatropha curcas</i> L.) for Biomass Energy. The 10th Biomass Asia Workshop. Aug 5-6, Bangkok, Thailand.	ポスター発表

2013	国内学会	富永淳・河崎俊一郎・藪田伸・上原直子・上野正実・川満芳信 (2013)「ボツワナにおけるヤトロファの葉の光合成速度の日変化」、日沖縄農業研究会。8月9日、沖縄。	ポスター発表
2013	国内学会	T. J. ・河崎俊一郎・富永淳・藪田伸・上野正実・川満芳信 (2013)「ヤトロファのバイオマス生産とエネルギー利用に関する研究」、日沖縄農業研究会。8月9日、沖縄。	ポスター発表
2013	国内学会	藪田伸・富永淳・稲福さゆり・福澤康典・上野正実・川満芳信 (2013)「JST/JICA SATREPS事業:ボツワナ国ヤトロファプロジェクト」、沖縄農業研究会。8月9日、沖縄。	ポスター発表
2013	国際学会	Kato, A., Kajikawa, M., Yokota, A., Akashi, K.: Exploring useful genetic resources in Botswana watermelon, <i>Jatropha</i> Research and Production in Southern Africa, Gaborone, Botswana. 2013.8.8.	ポスター発表
2013	国際学会	Nanasato, Y., Kido, M., Akashi, K.: Improvement of <i>Agrobacterium</i> -mediated transformation of <i>Jatropha curcas</i> L., Gaborone, Botswana. 2013.8.8.	ポスター発表
2013	国内学会	植田朋樹、七里吉彦、明石欣也 (2013)「ヤトロファ ( <i>Jatropha curcas</i> L.) 種子における脂質生合成酵素 DGATの機能解析」、日本植物細胞分子生物学会、9月9-13日、北海道	ポスター発表
2014	国内学会	明石欣也: 熱帯・亜熱帯・乾燥帯における植物バイオマス生産と多様性: ジャトロファ非油脂バイオマスの開発事例. 第4回 生存圏熱帯人工林フラッグシップシンポジウム, 京都. 2014.2.27.	招待講演
2014	国内学会	Nanasato, Y. Akashi, K.: Optimization of <i>Agrobacterium</i> -mediated genetic transformation of <i>Jatropha</i> ( <i>Jatropha curcas</i> L.). The 7th Meeting of International Society for Environmental Bio-Resources, Effective Use of Bioresources in Arid Lands, Osaka, 2014.3.18.	招待講演
2014	国内学会	明石欣也: 油脂植物ジャトロファ: 育種、生産、利用に関する海外動向. NPO法人近畿バイオインダストリー振興会議、バイオマス研究会, 大阪. 2014.3.26.	招待講演
2014	国内学会	七里吉彦、木戸真史、明石欣也 (2014)「バイオディーゼル燃料植物ヤトロファの遺伝子導入系の最適化」、日本農芸化学会本大会、3月28-30日、東京	口頭発表
2014	国内学会	藪田伸・富永淳・稲福さゆり・上野正実・川満芳信「BA (6-Benzylaminopurine) 剤散布がヤトロファの子実収量およびその構成要素へ与える影響」沖縄農業研究会第53回講演会. 2014年8月1日.	ポスター発表

2014	国内学会	富永淳・藪田伸・稲福さゆり・河崎俊一郎・上野正実・川満芳信 “ボツワナにおけるヤトロファの光合成特性” 沖縄農業研究会第53回講演会, 2014年8月1日.	ポスター発表
2014	国内学会	小倉 立己, 伊達康博, 菊地 淳 “動植物の残渣バイオマス入力によるボツワナ土壌のプロファイリング変動” 第66回日本生物工学会年次大会、札幌 2014年9月11日	ポスター発表
2014	国内学会	明石欣也: バイオ燃料植物ジャトロファの種子における脂質生合成制御. 日本脂質生化学会シンポジウム, 植物脂質研究の新展開, 大阪. 2014.6.6.	招待講演
2014	国内学会	加藤敦司・梶川昌孝・七里吉彦・辻本壽・横田明穂・明石欣也: 野生種スイカの根において乾燥時に誘導される転写因子CLMYB1の機能解析. 日本植物細胞分子生物学会, 盛岡. 2014.8.21.	口頭発表
2014	国内学会	明石欣也: カラハリ砂漠植物資源とジャトロファ・バイオマス開発. 近畿バイオインダストリー振興会議, バイオマス研究会, 公開セミナー, 大阪. 2014.10.1	招待講演
2014	国内学会	植田朋樹・七里吉彦、明石欣也: 油糧植物ジャトロファにおける脂質生合成酵素 diacylglycerol acyltransferase の機能解析. 日本生化学会, 京都. 2014.10.18.	ポスター発表
2014	国内学会	内田美音・Utut Widyastuti・Sony Suharsono・明石欣也: 乾燥ストレス下のジャトロファにおける分子生理応答の解析. 日本生化学会, 京都. 2014.10.18.	ポスター発表
2014	国内学会	明石欣也: 油糧作物ヤトロファ: 実用化の世界動向. びわ湖環境ビジネスメッセ2014共催セミナー, バイオマスエネルギーとバイオマスリファイナリーの現状とその展開, 滋賀. 2014.10.24.	招待講演
2014	国内学会	七里良彦・木戸真史・加藤敦司・植田朋樹・辻本壽・明石欣也: 遺伝子導入の最適化と可視化マーカーによるジャトロファ形質転換体の迅速スクリーニング系の確立. 日本植物生理学会, 東京. 2015.3.16.	ポスター発表
2014	国内学会	伊達康博・渡邊太二・小倉立己・坂田研二・明石欣也・菊地淳: ボツワナ共和国のヤトロファ栽培土壌における有機物・無機物・微生物群プロファイリング. 生物工学会、札幌. 2014.9.11.	ポスター発表

2015	国内学会	林亜友未, 富永淳, 川満芳信. 植物工場導入を目指したパッションフルーツの最適栽培環境の確立, 神奈川, 日本作物学会, 2015年3月	口頭発表
2015	国内学会	富永淳, 川満芳信. 葉内CO <sub>2</sub> 実測によるA-Ciカーブ測定, 日本作物学会, 神奈川, 2015年3月	ポスター発表
2015	国内学会	Thanankorn Jaiphong, 富永淳, 渡辺健太, 寶川拓生, 諏訪竜一, 上野正実, 川満芳信. Leaf Photosynthesis, growth, yield and quality of sugarcane cultivar NiF8 which growing under flood and drought condition during grand growth phase, 日本作物学会, 神奈川, 2015年3月	口頭発表
2015	国内学会	富永淳, 川満芳信. 葉内CO <sub>2</sub> 濃度の実測: 気孔が閉じるとクチクラが葉内CO <sub>2</sub> 濃度計算に影響する, 日本光合成学会年会, 岡山, 2015年5月	ポスター発表
2015	国内学会	富永淳, 前川武蔵, Thanankorn Jaiphong, 渡辺健太, 上野正実, 川満芳信. グルタチオン施用がサトウキビの生長と水ストレス応答に与える影響, 沖縄農業研究会, 沖縄, 2015年8月	ポスター発表
2015	国内学会	富永淳, 川満芳信. 携帯型光合成装置への葉内CO <sub>2</sub> 実測システム導入, 沖縄農業研究会, 沖縄, 2015年	ポスター発表
2015	国内学会	富永淳, 川満芳信. 葉内CO <sub>2</sub> 直接測定による光合成ガス交換モデルの再検討, 生物環境工学会, 宮崎, 2015年9月	ポスター発表
2015	国内学会	藪田伸・富永淳・川満芳信, 炭化物施用および遮光がヤトロファ実生苗の成長および水利用効率におよぼす影響. 日本熱帯農業学会, 茨城, 3月14-15日	口頭発表
2015	国際学会	Shin Yabuta, Jun Tominaga, Masami Ueno and Yoshinobu Kawamitsu, Effect of soil application of bio-char on Jatropha growth and water use efficiency. 国際東南アジア農業学会, 東京, 11月7-9日	口頭発表
2015	国際学会	Mai Nakabaru, Shin Yabuta, Jun Tominaga and Yoshinobu Kawamitsu, The environmental characteristic analysis for effective cultivation of Jatropha in Botswana as semi arid and cold area. 国際東南アジア農業学会, 東京, 11月7-9日	ポスター発表
2015	国際学会	Hiroo Takaragaw, Shin Yabuta and Yoshinobu Kawamitsu, Effect of bio-char application on soil properties and Sunflower growth. 国際東南アジア農業学会, 東京, 11月7-9日	口頭発表

2015	国内学会	七里良彦・木戸真史・加藤敦司・植田朋樹・辻本壽・明石欣也: 遺伝子導入の最適化と可視化マーカーによるジャトロファ形質転換体の迅速スクリーニング系の確立. 日本植物生理学会, 東京. 2015.3.15.	ポスター発表
2015	国内学会	上野山遼・七里吉彦・木戸真史・加藤敦司・辻本壽・明石欣也: 可視化マーカーを用いたバイオ燃料植物ジャトロファの形質転換. 日本植物細胞分子生物学会, 東京. 2015.8.10.	ポスター発表
2015	国内学会	山田みな美・山田智・辻本壽・明石欣也: 重金属に対するジャトロファの生理応答の解析. 日本植物細胞分子生物学会, 東京. 2015.8.10.	ポスター発表
2015	国内学会	Kinya Akashi: Xerophytes in the arid regions: Molecular biology, breeding and utilization of wild watermelon and Jatropha. Japan-Korean Joint Symposium, Tottori. 2015.11.4.	招待講演
2016	国内学会	山田みな美・山田智・辻本壽・明石欣也: 油糧系バイオ燃料植物ジャトロファの重金属応答の解析. 日本農芸化学会大会, 札幌. 2016.3.28.	ポスター発表
2016	国内学会	伊達康博・篠阿弥宇・菊地淳, 化学プロファイリングによる植物-土壌生態系の共代謝システム評価. 日本農芸化学会, 札幌, 3月28-30日	ポスター発表
2016	国内学会	富永淳, 川満芳信. 気孔が閉じるとクチクラが細胞間隙CO <sub>2</sub> 濃度計算に影響する, 日本植物生理学会, 岩手, 2016年3月	口頭発表

招待講演	22 件
口頭発表	17 件
ポスター発表	29 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											

※関連する外国出願があれば、その出願番号を記入ください。

国内特許出願数          件  
 公開すべきでない特許出願数          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											

※関連する国内出願があれば、その出願番号を記入ください。

外国特許出願数          件  
 公開すべきでない特許出願数          件

VI. 成果発表等

(4) 受賞等【研究開始～現在の全期間】(公開)

① 受賞

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

0 件

② マスコミ(新聞・TV等)報道

年度	掲載日	掲載媒体名	タイトル/見出し等	掲載面	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項
2014	2014年11月9日 ～15日号	Sunday Standard	Jatropha Research Project on course despite challenges	18面、32面	その他	プロジェクト活動紹介
2015	2016年2月3日	Radio Botswana	English News full bulletin	18:00-18:10	3.一部当課題研究の成果 が含まれる	日本大使館による JICAボツワナの活動 紹介の一部
2015	2016年2月3日	Botswana Television	BTV News	19:00-19:30	3.一部当課題研究の成果 が含まれる	日本大使館による JICAボツワナの活動 紹介の一部
2015	2016年2月5日	Mmegi	Moment of truth for pioneering biofuel project	11面、12面	1.当課題研究の成果である	プロジェクト活動紹介
2015	2016年2月5日	Botswana Guardian	Japan, Botswana development cooperation Solid: Bio-diesel project holds promise for commercial	7面、9面	2.主要部分が当課題研究 の成果である	日本大使館による JICAボツワナの活動 紹介の一部
2015	2016年2月6日 ～12日号	Weekend post	Botswana to produce biodiesel	15面	2.主要部分が当課題研究 の成果である	日本大使館による JICAボツワナの活動 紹介の一部
2015	2016年2月8日	Botswana Daily News	Embassy takes media on energy production tour	8面	2.主要部分が当課題研究 の成果である	日本大使館による JICAボツワナの活動 紹介の一部

7 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
2011	6月24日	SATREPS project for Jatropha R&D in Botswana. Workshop on Jatropha Development Project.	Tlotlo Conference Centre, Gaborone (ボツワナ)	約50名	
2012	5月23日	Biotechnology of Jatropha with useful genetic resources in the arid land. Special seminar on Jatropha and biomass research,	ボツワナ	約20名	
2013	1月24日	Report Session and Project Planning Workshop 2013	ボツワナ	約27名	
2014	8月8日	2nd Symposium in Botswana Jatropha Research / Production in Southern Africa	ボツワナ	約22名	
2015	3月22-23日	SATREPS Special International Conference on Biomass Energy	大阪(日本)	約100名	

5 件

② 合同調整委員会(JCC)開催記録(開催日、議題、出席人数、協議概要等)

年度	開催日	議題	出席人数	概要
2012	8月9日	JCC	約36名	活動進捗確認、昨年度投入実績確認、問題点等協議、PDM改定等
2013	5月21日	JCC	24名	活動進捗確認、昨年度投入実績確認、問題点等協議、PDM改定等

2014	5月20日	JCC	17名	活動進捗確認、昨年度投入実績確認、問題点等協議、PDM改定等
2014	9月5日	JCC(中間評価)	28名	活動進捗確認、中間評価結果発表及び協議、PDM改定等
2015	5月19日	JCC	21名	活動進捗確認、昨年度投入実績確認、問題点等協議、PDM改定等

5 件

研究課題名	ボツワナの乾燥冷害地域におけるヤトロファ・バイオエネルギー生産のシステム開発
研究代表者名 (所属機関)	明石欣也(鳥取大学 准教授)
研究期間	H23採択 H24年4月1日からH29年3月31日まで(5年間)
主要相手国研究機関	資源省(MMEWR)エネルギー局(EAD)、MOA(農務省)農業研究局(DAR)、ボツワナ大学(UB)

## 付随的成果

日本政府、社会、産業への貢献	世界の乾燥冷害地において、作物生産を短期間で達成するための、分子ゲノム育種・ICT農法・圃場生物叢制御技術の開発
科学技術の発展	国際シンポジウム 2回。
知財の獲得、国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等	ボツワナ・ヤトロファ固有系統の育種利用と、圃場生物叢の統合データベースの構築
世界で活躍できる日本人人材の育成	日本人若手グローバル人材を最低4名派遣し国際研究リーダーを育成、ボツワナ側6人が修士/博士号をUBで取得
技術及び人的ネットワークの構築	南部アフリカにおけるヤトロファ生産国との連携
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	学術論文10報。

## JST上位目標

新たに開発されたヤトロファ・バイオマス生産システムが乾燥冷害地を有する他のアジア・アフリカ諸国に展開され、低炭素社会の実現に寄与する

ヤトロファ・バイオマス生産システムがボツワナ国内のヤトロファ栽培へ適用されるとともに栽培地域が拡大される

## JSTプロジェクト目標

ヤトロファ・バイオマス生産を最適化する技術プロトコルをボツワナ資源省および農務省に提言し、採用される。

ヤトロファの分子ゲノム育種、ICT農法管理、圃場生物叢制御技術を組み合わせ、遺伝資源・地域環境・生物化学プロファイルを網羅したデータベース構築と、ボツワナ乾燥冷害地域におけるバイオマス生産の最適化及び利用システムの確立

ヤトロファ事業のLCA分析と、社会・経済性およびエネルギー収支の分析

気象観測データと土壌水分等の解析結果に基づいた、水利用効率、太陽エネルギー利用効率の最適化とバイオマス生産特性評価

有用遺伝子を導入したヤトロファ系統のストレス耐性評価

ヤトロファBDFの収率および燃料特性の分析

ヤトロファ炭の圃場施用および評価の開始

ボツワナ固有系統ヤトロファの遺伝情報解析による、分子マーカー作出とデータベース化の開始

ヤトロファ毒性成分の分析

ヤトロファ非油脂バイオマスおよびヤトロファ炭の収量の分析

圃場生物叢およびヤトロファ化学成分のプロファイリングと化学マーカー探索

ヤトロファ固有系統の油脂成分分析

ヤトロファ非油脂バイオマスおよびヤトロファ炭の物性の分析

ヤトロファ光合成の圃場特性評価

乾燥・冷害ストレス耐性および多収を付与する有用遺伝子をヤトロファに導入

気象・環境情報の取得開始

ヤトロファへの遺伝子導入効率の最適化

ボツワナ固有系統の圃場評価の開始

ICT農法	分子ゲノム育種	油脂分析	非油脂分析	経済環境評価
-------	---------	------	-------	--------

