

〔成果情報名〕 未利用バイオマスを活用したバイオガス発生装置の安定利用

〔要約〕 農家用の小規模なバイオガス発生装置(BD)からのガスの発生量は、原料となる家畜の排せつ物の供給量の影響を受けるが、ホテイアオイなどの未利用バイオマスを補助的な原料として活用することで、BD の安定的な利用が可能となる。

〔キーワード〕 バイオガス発生装置、未利用バイオマス、温室効果ガス、排出削減技術

〔所属〕 国際農林水産業研究センター 農村開発領域

〔分類〕 技術 A

〔背景・ねらい〕

ベトナム・メコンデルタにおいて、クリーン開発メカニズム(CDM)事業の一環として導入を進めているバイオガス発生装置(BD)は、農家用の小規模かつ簡易な装置である(図1)。BD の原料は主に養豚からの排せつ物のため、豚の価格の低迷による養豚の中断、病気または成豚等の売却などにより、豚の飼養頭数が減少した際は、排せつ物の供給量が減少し、ガスの発生量も減少する。ガス不足が長期化すると、BD が使用されなくなるケースが多い。一方で現地には、繁殖力の高いホテイアオイなどの未利用バイオマスが豊富に存在する。これら未利用バイオマスを BD の原料として活用することで、BD を安定的に利用する技術を開発する。

〔成果の内容・特徴〕

1. BD を導入した農家(435 戸)について、バイオガスの使用状況を1年間(2013年6月1日～2014年5月31日)モニタリングした結果、バイオガス使用開始以降、1日以上バイオガスを使用しなかった農家は44戸である。バイオガス未使用の最大の原因は、豚の販売価格の低迷、病気および成豚の売却などによる養豚の中断(55%)である(図2)。
2. CDM 事業の対象であるカントー市は、メコンデルタの中心部に位置し、メコン川とその支流に接続する水路が複雑に張り巡らされており、そこには、ホテイアオイなどの繁殖力の高い水生植物が豊富に存在する。これらを家畜頭数減少時に BD 原料として使用できれば、原料供給が安定化する。
3. 農家が使用しているものと同サイズの BD を用い、未利用バイオマス(ボタンウキクサ、ホテイアオイおよび野生イネなどのイネ科植物)を原料として、バイオガスの発生量を確認するための試験を行う。各原料を20～30cm に細断し、同一の乾燥重量(2.7kg/日)で30日間BDへ投入し、60日間のガスの発生量を3反復で計測したところ、対照区である豚のふんを原料とした場合と比較して、ホテイアオイで約7割、ボタンウキクサ、イネ科植物では約9割の体積のガスが発生する(図3)。
4. 最も条件の悪い養豚なしの農家を対象に、ボタンウキクサのみを BD 原料とする実証試験を1年間行ったところ、バイオガスが調理用燃料として継続的に使用されている。BD の導入前と比較して、薪の消費量は2.4t/年削減され、これによる温室効果ガス(GHG)の排出削減量は1.8tCO₂/年と試算される(図4)。

〔成果の活用面・留意点〕

1. BD を導入した農家において、原料となる家畜の排せつ物の供給が減少した際に本技術を活用することで、BD の持続的な利用が可能となる。
2. 未利用バイオマスを BD 原料とする場合、対象となる農家が未利用バイオマスを容易かつ安定的に入手可能なことが条件となる。
3. 労働時間は、薪の採集に比べ短縮されるが、家畜の排せつ物を原料とする場合に比べ増加するため、未利用バイオマスの BD 原料としての利用は、家畜排せつ物が不足する際の補助的な位置付けとすべきである。

[具体的データ]

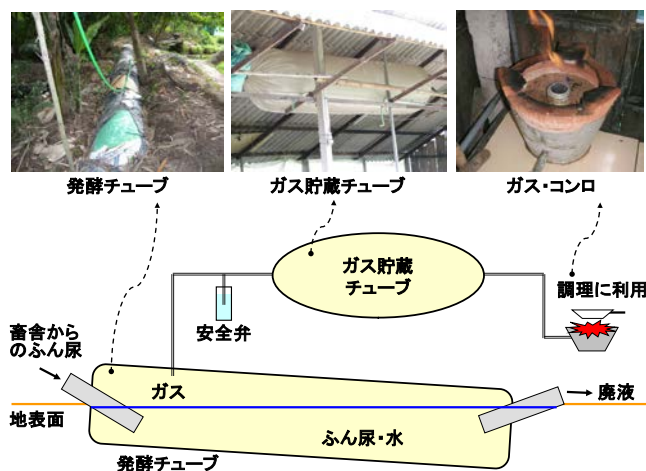


図1 プラスチック製バイオガス発生装置

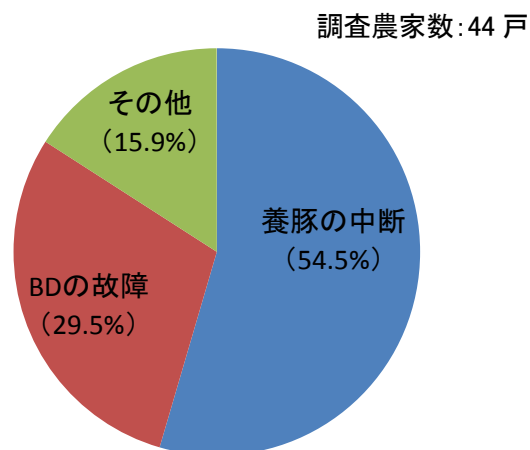


図2 バイオガス未使用の理由

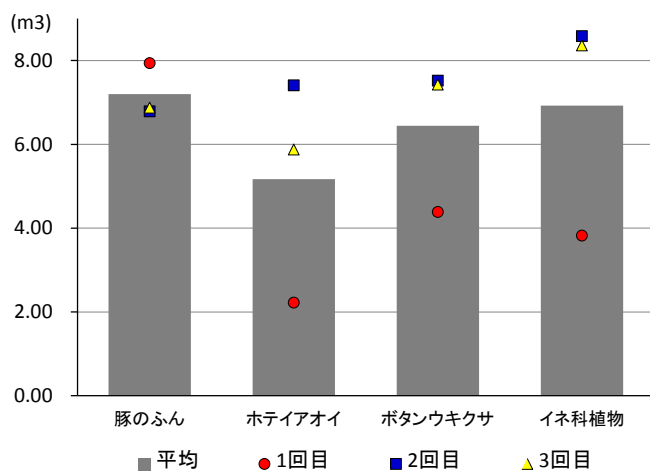


図3 未利用バイオマスを用いたバイオガス発生試験におけるガス発生量

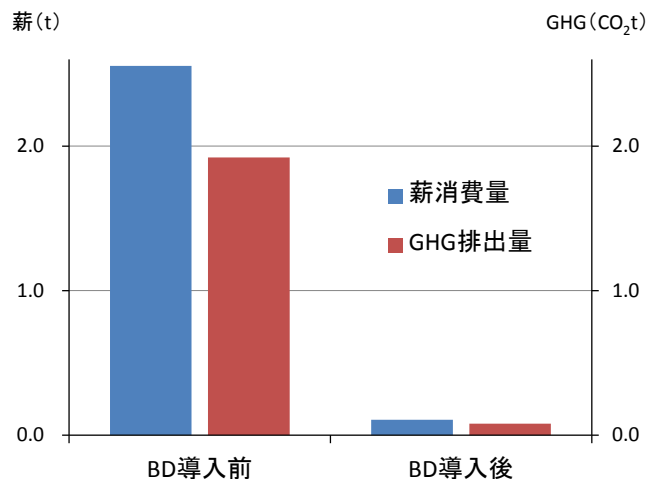


図4 ボタンウキクサのみを原料とするBDを導入した農家における年間薪消費量およびGHG排出量の変化（1戸の農家における実証試験の結果）

[その他]

研究課題：気候変動に対応した開発途上地域の農業技術開発

プログラム名：開発途上地域の土壌、水、生物資源等の持続的な管理技術の開発

予算区分：交付金 [気候変動対応]

研究期間：2014年度（2011～2015年度）

研究担当者：泉太郎・松原英治

発表論文等：1) 泉ら (2015) 農業農村工学会誌 83(2):27-30

2) Nguyen C. T. et al. (2014) Science and Technology Journal of Agriculture & Rural Development, 2014(14): 27-32 (ベトナム語)

〔成果情報名〕 熱帯のイネ品種の遺伝的背景を持つ早朝開花性準同質遺伝子系統の育成

〔要約〕 インド型品種 IR64 を遺伝的背景にイネ野生種 *Oryza officinalis* に由来し第 3 染色体に座乗する QTL(*qEMF3*)を導入した準同質遺伝子系統 IR64+*qEMF3* は、IR64 に比べ熱帯での圃場条件では開花時刻が 2 時間早まり、熱帯での開花時高温不稔の軽減に向けた育種素材となる。

〔キーワード〕 イネ、育種素材、早朝開花性、開花時高温不稔、IR64

〔所属〕 国際農林水産業研究センター 生物資源・利用領域

〔分類〕 研究 A

〔背景・ねらい〕

温暖化により将来より多くの発生が懸念されている開花時の高温不稔軽減に向けて、野生種の遺伝子を用い、インディカ品種 IR64 の開花時刻を気温の低い早朝に調節する。イネ野生種 *O. officinalis* 由来の早朝開花性 QTL (*qEMF3*、平成 26 年度研究成果情報、農業・食品産業技術総合研究機構 作物研究所)を DNA マーカー選抜により IR64 に導入し、準同質遺伝子系統(Near-isogenic line; NIL)を育成する。育成された NIL を気温上昇の異なる環境条件に置き、開花パターンの変化を明らかにする。

〔成果の内容・特徴〕

1. イネ野生種 *O. officinalis* 由来で第 3 染色体に座乗する早朝開花性の QTL (*qEMF3*)を、近傍の SSR マーカー(RM14360, RM14374, RM14394)を用いて IR64 に導入し、IR64 の遺伝的背景を持つ NIL (IR64+*qEMF3*)を育成する (図 1A)。
2. 国際稲研究所 (ロスバニョス、フィリピン) の圃場条件 (2013 年雨季及び 2014 年乾季) では、IR64+*qEMF3* は IR64 に比べて開花時刻が 2 時間早まる (図 1B)。
3. 人工気象室を用い、朝 6 時から正午にかけて 25℃から 40℃に気温を上昇させる条件では、IR64 の開花ピークは 11 時頃、IR64+*qEMF3* は 8 時半頃である (図 2A)。高温不稔の誘発が懸念される 35℃に達する前に IR64+*qEMF3* は開花を終える。
4. 収穫期の不稔率は、IR64 では約 55%、IR64+*qEMF3* では約 10%であり、有意な差が見られる (図 2B)。
5. その他の気温上昇設定 (朝 6 時に 25℃から午後 2 時に 40℃、並びに朝 6 時に 30℃から午後 2 時に 40℃)においても、IR64+*qEMF3* の開花は、高温不稔の誘発が懸念される 35℃に達するまでに開花をほぼ終える (データ省略)。

〔成果の活用面・留意点〕

1. 早朝開花性の QTL, *qEMF3* は農業・食品産業技術総合研究機構 作物研究所で同定されたものである。一方、本情報は *qEMF3* をマーカー選抜により広域適応性を持つ IR64 に導入し、熱帯条件の IRRI での評価に基づき、開花パターンの変化を示すものである。
2. IR64 は熱帯・亜熱帯で広域適応性を示すことから、それらの高温障害地域での高温不稔軽減の実証試験に用いることができる。
3. *qEMF3* がもたらす収量等の農業形質への影響については、今後調査が必要である。
4. IR64+*qEMF3* の準同質遺伝系統の種子分譲については、JIRCAS 企画調整部情報広報室に問い合わせる。

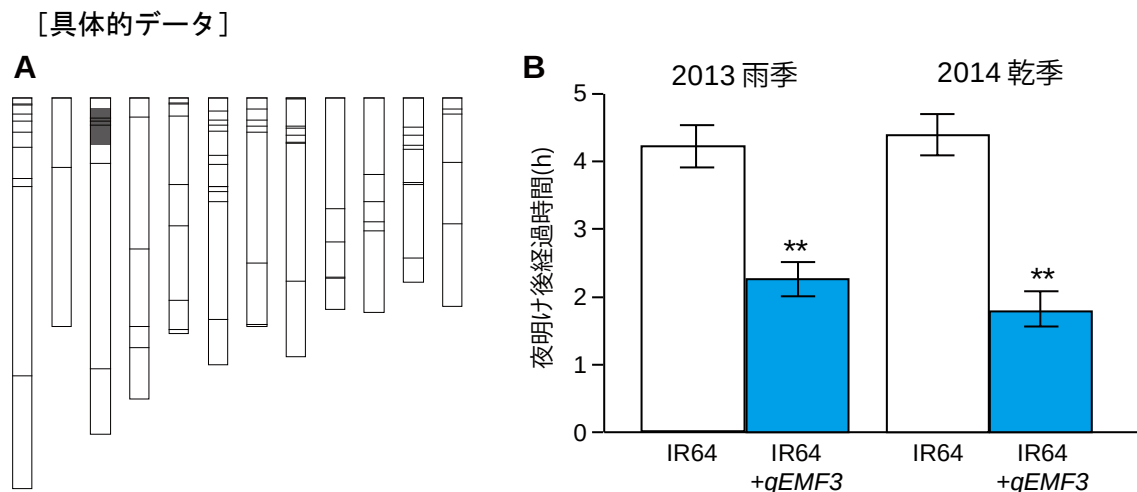


図1 早朝開花系統(IR64+qEMF3)の遺伝子型模式図(A)とIR64 との開花時刻の比較(B)

(A) 灰色部分は *qEMF3* の領域で、白部分は IR64 に由来する染色体領域。A の染色体上の横線は、用いた SSR マーカーの位置を示す。

(B) 調査当日に開花する穎花の50%が開花する時刻を夜明けからの経過時間で表示。値は3又は4日間の調査の平均値でバーは標準誤差。**はt検定で1%有意であることを示す。

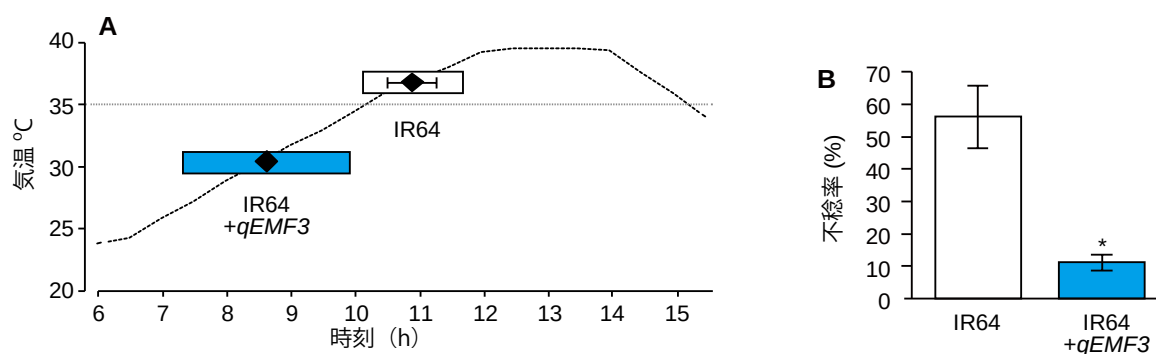


図2 早朝開花系統の高温条件下での開花特性(A)と不稔率(B)

(A) 長方形の左端、中央付近のひし形(◆)、及び右端は、それぞれ、調査当日に開花した穎花のうち積算で10%、50%、90%が開花した時刻を示す。相対湿度は60%、光は朝6時から午後7時までで光合成光量子密度 $1000\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ に保った。

(B) 収穫時の不稔率の比較

縦軸は、3日間の実験で調査した穎花の収穫時の平均種子不稔率で、バーは標準誤差で示す。*はt検定で5%有意であることを示す。

[その他]

研究課題：気候変動に適応した水稻栽培システムの開発

プログラム名：開発途上地域の土壌、水、生物資源等の持続的な管理技術の開発

予算区分：拠出金 [IRRI-日本共同研究プロジェクト]、交付金 [気候変動対応]

研究期間：2014年度(2010～2014年度)

研究担当者：石丸努・佐々木和浩(東京大学)・平林秀介(農研機構 作物研)・小林伸哉(農研機構 作物研)・藤田大輔(九州大学)・Gannaban R. B. (IRRI)・Miras MA (UPLB), Mendioro MS (UPLB), Simon EV (IRRI), Lumanglas PD (IRRI), Jagadish SVK(IRRI)

発表論文等：Hirabayashi et al. (2014) J. Exp. Bot., doi:10.1093/jxb/eru474

〔成果情報名〕 熱帯地域のイネ主力 23 品種における高温感受性と開花時刻の比較

〔要約〕 熱帯地域でのイネ主力 23 品種について開花時の高温感受性と開花時刻を比較すると、高温感受性には大きな品種間差がみられるが、開花時刻に関しては品種間に大きな差がなく、早朝開花性を有する品種は存在しない。

〔キーワード〕 イネ、高温耐性、開花時刻、品種間差

〔所属〕 国際農林水産業研究センター 生物資源・利用領域

〔分類〕 研究 B

〔背景・ねらい〕

イネは開花時に最も高温感受性が高く、現在熱帯や亜熱帯で栽培されている主力品種は、今後の温暖化の進行により高温不稔を誘発する異常高温に遭遇する頻度が高くなる可能性がある。高温耐性の向上や開花時刻の早朝化は開花時の高温不稔の軽減に有効である。熱帯・亜熱帯の各地域での主力 23 品種に関して、開花時の高温感受性と開花時刻を明らかにする。

〔成果の内容・特徴〕

1. 東南アジア・南アジア・西アフリカ・中南米の各地域での主力 23 品種について、穂を開花当日に 38℃の高温に 6 時間さらしたところ、稔実率に大きな品種間差が見られる（表 1、データ一部省略）。
2. インドネシアの主力品種 Ciherang やインドの主力品種 Sambha Mahsuri はこれまで高温耐性が最も強いとされてきた在来種 N22 と同程度の高い稔実率を示し、有望な高温耐性の遺伝資源である（表 1）。
3. 中南米で広く栽培されている Fedearoz50 は中程度の高温耐性を示す（表 1）。
4. 西アフリカでの主力品種である Sahel329 や Nerica L-19、タイの主力品種である KDML105 は、高温感受性品種の Moroberekan と同様の低い稔実率を示す（表 1）。
5. 開花時刻を南京 11 号の早朝開花系統（Nanjing11+qEMF3：平成 26 年度成果情報候補、農研機構作物研究所）と比較すると、Nanjing11+qEMF3 と同程度の早朝開花性を示す品種は存在しない（図 1）。
6. Nanjing11+qEMF3 は、これまで早朝開花性の育種素材として考えられてきた栽培種 *O. glaberrima*(CG14)が開花を開始する前に、ほぼ開花を終える（図 1）。本系統はこれまでに報告されている品種では達成できなかったレベルで、開花時刻を早めることができる有望な早朝開花性系統であると考えられる。

〔成果の活用面・留意点〕

1. 高温耐性や早朝開花性の QTL に関する DNA マーカーが開発されているため、開花時の高温感受性品種および開花時刻の遅い品種に対して、これらの QTL を付与する DNA マーカー育種が可能である。
2. 高温感受性が高く、早朝開花性も有さない Sahel329、Nerica L-19、KDML105 などには高温耐性あるいは早朝開花性を導入する育種が有効であると考えられる。
3. 主力品種の高温感受性と開花時刻をそれぞれ IRRI の人工気象室とガラス温室で調査した結果であり、実際の現地圃場での開花期の気温や開花時刻を考慮に入れた試験ではない。

[具体的データ]

表 1 世界各地の主力 23 品種と高温耐性

品種	主な栽培国	稔実率(%)		高温区での 有意差
		対照区 (30℃)	高温区 (38℃)	
Ciherang	インドネシア	93.6 ± 1.7	92.1 ± 1.5	a
Sambha Mahsuri	インド	96.1 ± 2.6	88.1 ± 2.5	a
N22 ¹	インド	94.9 ± 1.8	88.4 ± 5.6	abc
Fedearoz50	コロンビア、コスタリカ、ベネズエラ、パナマ	92.9 ± 1.8	56.3 ± 6.3	d
Sahel329	セネガル、モーリタニア	85.2 ± 1.2	22.7 ± 3.5	ef
Nerica L-19	ナイジェリア、マリ、ブルキナファソ、リベリア、 シエラレオネ、カメルーン、トーゴ	78.4 ± 5.8	25.7 ± 4.7	f
KDML105	タイ	92.0 ± 2.3	13.8 ± 3.0	f
Moroberekan ²	コートジボアール	92.7 ± 1.2	9.8 ± 4.8	f

開花当日の 9–15 時までの 6 時間、30℃（対照区）と 38℃（高温区）の人工気象室に入れ、開花した穎花について種子稔性を調査した。湿度は 60–70%に保った。異なるアルファベットは、Tukey test での有意差（5%レベル）を示す。

¹ 高温耐性のチェック品種（在来種）、

² 高温感受性のチェック品種（陸稲）。表に示した以外の 15 品種のデータは省略。

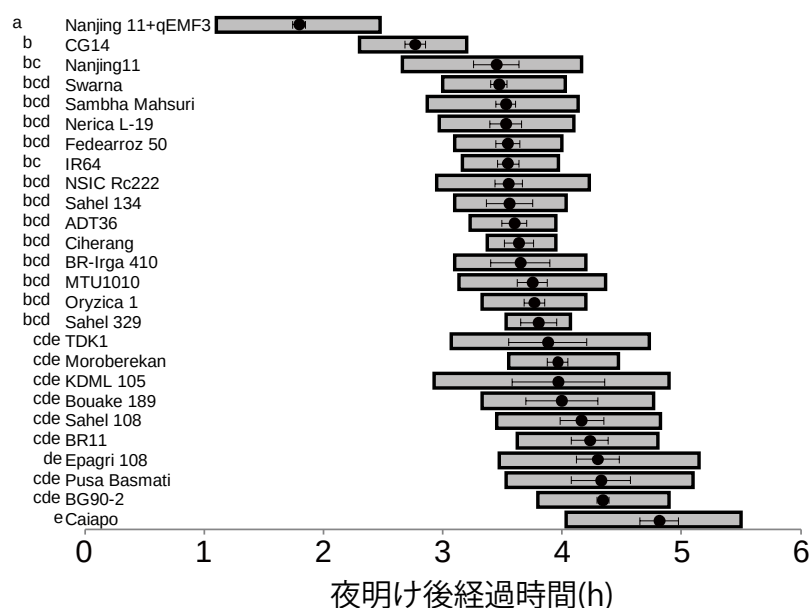


図 1 南京 11 号の早朝開花系統 (Nanjing11+qEMF3)と各主力品種との開花時刻の比較

バーの左端、中央付近の黒点 (●)、右端は、調査日に開花した穎花の積算で 10%、50%、90%が開花した時刻を示す。最低 3 日の平均値±標準誤差。品種／系統名の左側の異なるアルファベットは、Tukey test での有意差 (5%レベル) を示す。IRRI のガラス温室でのポット試験の結果。

[その他]

研究課題：気候変動に適応した水稻栽培システムの開発

プログラム名：開発途上地域の土壌、水、生物資源等の持続的な管理技術の開発

予算区分：拠出金 [IRRI-日本共同研究プロジェクト] 交付金 [気候変動対応]

研究期間：2014 年度 (2010～2014 年度)

研究担当者：石丸努・佐々木和浩 (東京大学)・平林秀介 (農研機構 作物研)・

Gannaban R. B. (IRRI)・Oane W(IRRI)・Shi W(IRRI)・Jagadish SVK(IRRI)

発表論文等：1)Shi et al. Crop Sci., doi:10.2135/cropsci201

2)Hirabayashi et al. (2014) J. Exp. Bot., doi:10.1093/jxb/eru474

〔成果情報名〕 気候変動下の世界の作物収量の長期予測

〔要約〕 気候変動シナリオの下で、作物モデルを組み込んだ収量関数を用い、世界 126 カ国のコメ、小麦、トウモロコシ、大豆の収量の 2050 年までの予測を行う。低緯度地域での作物収量は、気候変動により低下する。収量予測値は、世界食料モデルで用いる。

〔キーワード〕 気候変動、影響予測、作物モデル、収量関数

〔所属〕 国際農林水産業研究センター 社会科学領域

〔分類〕 研究 A

〔背景・ねらい〕

気候変動が食料需給に及ぼす影響の予測のためには、長期の作物の収量予測が必要である。長期予測のためには、気温が比較的低い時には気温上昇が収量を増加させ、気温が最適値を超えた時には気温上昇が収量を減少させる、逆 U 字型の関係を収量関数で考慮する必要がある。そのため、作物モデルから得た気温および日射量と収量の関係式を収量トレンド関数に組み込み、気候変動が主要な作物に与える年次変動を分析する。用いたシナリオは、IPCC（気候変動に関する政府間パネル）の 5 次報告書で用いられている RCP（代表的濃度経路）シナリオであり、CO₂ 濃度が高い順に、RCP8.5、RCP6.0、RCP4.5、RCP2.6 の 4 つのシナリオがある。

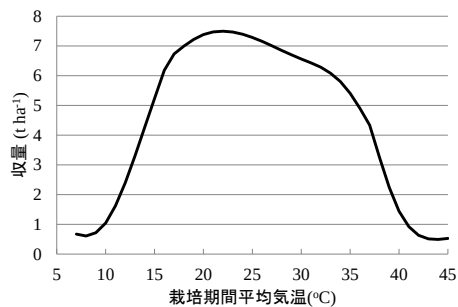
〔成果の内容・特徴〕

1. FAO の Global Agro Ecological Zone の分析に用いられた作物モデルは、46 の作物についてその内容が公表されている。その生産物や光合成速度などの関数とそれに用いられる各パラメータから、図 1 に示す気温と収量の関係を導く。ここでは、収量予測値の急変を避けるため、点で示される気温と光合成速度の関係を 3 次スプライン式で補間する。
2. 対象とする作物は、コメ、小麦、トウモロコシ、大豆であり、対象国は、試作中の世界食料モデルと同じく 126 カ国である。収量のデータは、FAO の値であり、1961 年以降利用可能な年から 2007 年までである。
3. 各国各収量について、ロジスティック関数あるいは対数トレンドを変数とする線形関数を計測し、収量トレンド関数とする。その関数に作物モデルから得た気候パラメータを組み込む。
4. 用いた気候データは、GCM（大循環モデル）である MIROC5 の月別予測値の各国での平均値であり、中国など面積の大きな国では、USDA の各作物の栽培地域図を基に平均値を作成する。
5. 図 2 に、インドのコメと中国の小麦の収量の推移を示す。インドでは、気候変動はコメの収量を低下させる。中国の小麦収量は同国の他作物に比べて変動が大きい、それは図 1(ii)に示す気温に対する収量の傾きが大きいためである。
6. 図 3 に、小麦を例に、RCP6.0 と 2010 年以降気候変数が変化しない場合の比較を示す。サブサハラアフリカ諸国はじめ低緯度地域では、2020 年代に対して 2040 年代では、収量が減少に転じる国が多い。これは、小麦の収量に関する最適気温が、他の作物に比べて低温側に偏っているためである。

〔成果の活用面・留意点〕

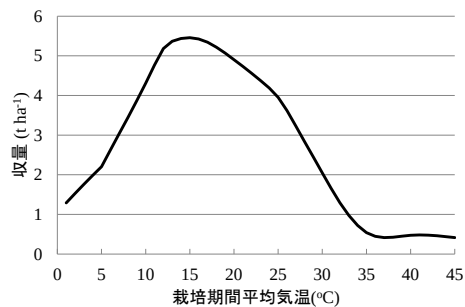
1. 収量予測値を年次別・国別に出力しているので、世界食料モデルで利用可能であり、従来よりも正確な気候変動の食料需給への影響評価が可能である。
2. 高温耐性品種などの普及や、農家の栽培暦の変更など適応策の評価が可能である。
3. CO₂ 濃度の上昇による施肥効果は収量トレンドに含まれている。

[具体的データ]



(i) インディカ雨期作米

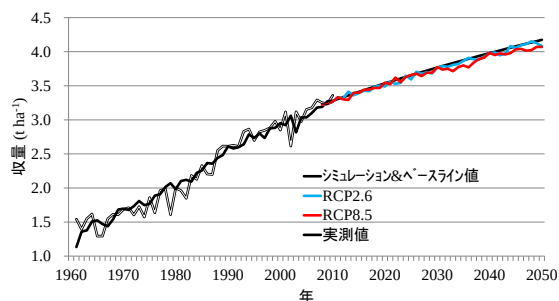
栽培日数 $N=195(\text{day})$, 収穫指数 $HI=0.38$, 葉面積指数 $LAI=4.8$,
 曇天日乾物生産量 $bo=195(\text{kg ha}^{-1} \text{ day}^{-1})$,
 晴天日乾物生産量 $bc=375(\text{kg ha}^{-1} \text{ day}^{-1})$,
 日射量 $Rg=16(\text{MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1})$ [インドの平均値]



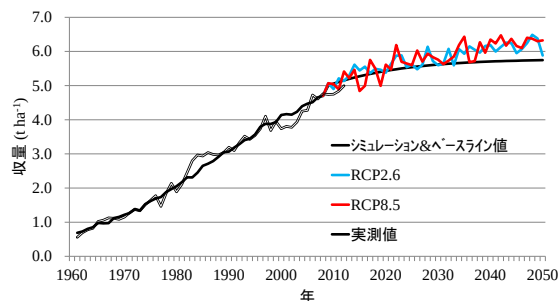
(ii) 冬小麦

栽培日数 $N=270(\text{day})$, 収穫指数 $HI=0.2$, 葉面積指数 $LAI=5.5$,
 曇天日乾物生産量 $bo=190(\text{kg ha}^{-1} \text{ day}^{-1})$,
 晴天日乾物生産量 $bc=369(\text{kg ha}^{-1} \text{ day}^{-1})$,
 日射量 $Rg=14(\text{MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1})$ [中国の平均値]

図1 潜在収量と気温の関係

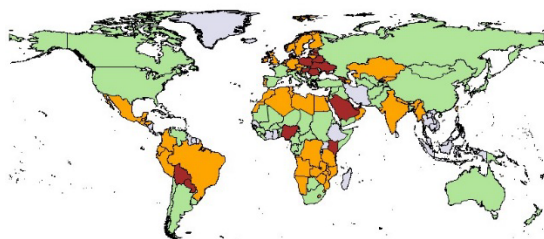


(i) インドのコメ

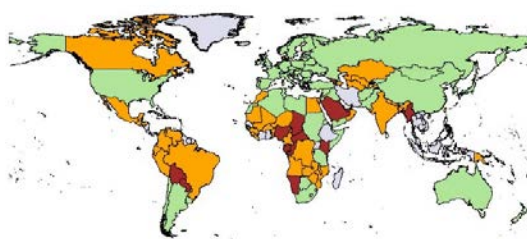


(ii) 中国の小麦

図2 作物収量の推移



2020年代



2040年代

図3 気候変動の小麦収量への影響：RCP6.0 シナリオ値とベースライン値の比較

[その他]

研究課題：地球温暖化が農林水産分野に与える経済的影響評価

/ 気候変動に対応した開発途上地域の農業技術開発

プログラム名：開発途上地域の土壌、水、生物資源等の持続的な管理技術の開発

予算区分：受託 [農水省・気候変動対策]、交付金 [気候変動対応]

研究期間：2014年度（2010～2014年度）/ 2014年度（2011～2015年度）

研究担当者：古家淳・小林慎太郎

発表論文等：Furuya J, Kobayashi S, Yamamoto Y, Nishimori M (農環研) (2015) JARQ 49(2):187-202

〔成果情報名〕 トウモロコシとダイズの混作が乾燥ストレス軽減と生産性向上に寄与する

〔要約〕 モザンビーク北部の天水畑作地域において、現地に普及するトウモロコシ品種(Matuba) 2 畝とダイズ品種(Olima) 3 畝を交互に配置する混作体系を導入することにより、各作物を単作とするよりも生産性が 15~49%向上し、その導入効果は乾燥ストレス条件下、もしくはトウモロコシへの窒素施肥量が少ない施肥条件下においてより大きくなる。

〔キーワード〕 モザンビーク、トウモロコシ、ダイズ、混作、乾燥ストレス、土地等価比率 (LER)

〔所属〕 国際農林水産業研究センター 生産環境・畜産領域

〔分類〕 研究 B

〔背景・ねらい〕

モザンビーク北部の天水畑作地域では、新たな換金作物としてダイズの生産拡大が期待されている。一方で、地域の小規模農家にとっては自給作物であるトウモロコシの安定生産が不可欠である。そこで、これら二つの作物の混作体系を試み、単作に対する各作物の相対収量の総和である土地等価比率（以下、LER）を指標として、異なる栽培環境および施肥条件における混作の有効性を明らかにする。

〔成果の内容・特徴〕

1. 本成果では、モザンビーク北部に普及するトウモロコシの早生品種 Matuba とダイズの中生品種 Olima を用いて、トウモロコシ 2 畝（畝幅 80cm、株間 20cm）とダイズ 3 畝（畝幅 40cm、株間 20cm）を交互に配置した混作体系を提示する。混作におけるトウモロコシおよびダイズの栽植密度は単作に対してそれぞれ 3 分の 2 および 2 分の 1 となる。
2. 栽培環境およびトウモロコシへの窒素施肥量に関わらず、混作の LER 値は単作に対して生産性が高いことを示す 1 以上の値(1.15~1.49)を安定的にとる。特に、生育期間中に長期の干ばつを受けた Nampula において LER 値が高い（表 1）。
3. 栽培環境および窒素施肥量に関わらず、混作されたトウモロコシは単作に比べて個体当りの生産性が大きくなるため、3 分の 2 の栽植密度で 75~86%の相対収量が維持される（表 1）。
4. 混作されたダイズは、隣接するトウモロコシ群落の遮蔽により蒸発散が抑制されるため、渇水期に群落下の土壌水分を維持し、生育への水ストレスの影響を軽減できる（図 1、2）。
5. Gurue と Lichinga の湿潤な栽培環境においては、窒素施肥によるトウモロコシ収量の増加にともない、混作されたダイズの相対収量および LER 値が低下する傾向をもつ（表 1）。

〔成果の活用面・留意点〕

1. トウモロコシとダイズの混作は、干ばつリスクの高い、もしくは窒素施肥量の少ない圃場で特にその導入効果が高いことから、これらの栽培条件が広くみられるモザンビーク北部の天水畑作地域において、両作物を効率的に生産するための栽培法として期待できる。
2. 本成果と異なる品種や栽植様式による混作の効果についてはさらに検討が必要である。
3. 以下の Web サイトで、本成果の現地試験の様子、および、対象地域の農業生産に関する情報が得られる。

日経ビジネス ONLINE：池上彰と歩く「アフリカビジネス：新参者ニッポンにチャンス」
http://special.nikkeibp.co.jp/as/201207/africa/vol3/step3_p3.html

4. 本成果は、JICA からの受託事業「ナカラ回廊農業開発研究・技術移転能力向上プロジェクト」の実施により得られた成果である。

表1 トウモロコシとダイズの単作収量、混作区の相対収量、および土地等価比率LERの比較

地点 (標高)	連続無降水 日数(日) ^a	施肥 ^b	単作区の収量 (t/ha)		混作区の相対収量 ^c		LER
			トウモロコシ	ダイズ	トウモロコシ	ダイズ	
Nampula (372m)	15	0N	1.61	0.57	75%	62%	<u>1.37</u>
		3N	1.78	-	82%	60%	<u>1.41</u>
		8N	2.13	-	86%	63%	<u>1.49</u>
Gurue (691m)	9	0N	1.75	1.87	81%	48%	1.29 ^{ns.}
		3N	2.81	-	76%	39%	<u>1.16</u>
		8N	3.93	-	82%	33%	<u>1.15</u>
Lichinga (1397m)	6	0N	2.81	2.01	81%	46%	<u>1.27</u>
		3N	3.57	-	82%	45%	<u>1.27</u>
		8N	4.46	-	82%	33%	1.15 [†]
分散分析		地点	***	***	ns.	***	**
P<1%, *P<0.1%		施肥	***	-	ns.	P=0.07	ns.
ns. not significant		地点 x 施肥	**	-	ns.	ns.	ns.

下線付きLER値はt検定により5%水準で有意に1以上であることを示す(n=4)。†P=0.061。

a: 作物生育期間中に降水量<0.2mmを連続して記録した日数の最大値を示す。

b: 0、3 g/m²、8 g/m² N等量の尿素を単作および混作のトウモロコシに側条施肥。ダイズは無施肥。

c: 単作区の収量を1とした場合の混作区における収量の相対値をパーセントで示す。

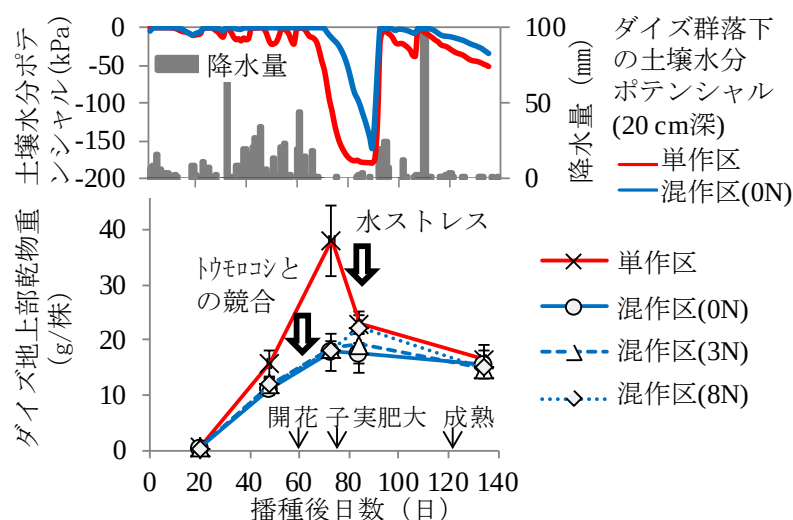


図1 Nampulaにおけるダイズ群落下の土壌水分ポテンシャル(上)とダイズ個体乾物重(下)の推移比較

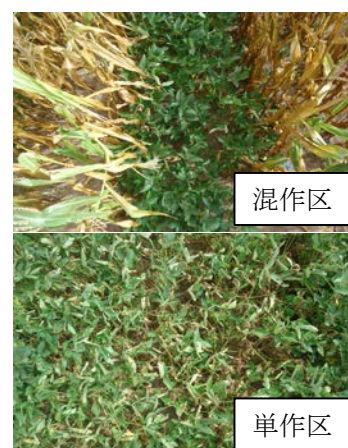


図2 Nampulaにおける干ばつ後のダイズ生育比較
混作区に比べ、単作区のダイズ葉の枯死が著しい。

[その他]

研究課題：南部アフリカ熱帯サバンナにおける商業的農業システムの構築

プログラム名：開発途上地域の土壌、水、生物資源等の持続的な管理技術の開発

予算区分：受託「JICA・ナカラ回廊」、交付金「アフリカサバンナ農業」

研究期間：2014年度(2011-2015年度)

研究担当者：辻本泰弘・飛田哲・大矢徹治・伊藤治(国連大学)・J.A. Pedro(モザンビーク農業研究所 IIAM)・G. Boina (IIAM)・M. V. Murracama (IIAM)・C.E. Cuambe (IIAM)・C. Martinho (IIAM)

発表論文等：Tsujimoto, Y. et al. Plant Production Science (2015年7月号掲載予定).

〔成果情報名〕 ガリー侵食の発生域を衛星データの画像解析によって抽出する

〔要約〕 フィリピン・ルソン島北部カガヤン川沿いの丘陵地帯において、近年顕著になったガリー侵食の発生実態の把握のため、高空間分解能衛星データの画像解析によりガリー発生域を抽出する手法を開発する。衛星データの利用により、現地調査が行われない地域を含めた広域のガリー侵食の分布を迅速に把握する。

〔キーワード〕 ルソン島、ガリー侵食、抽出技術、画像解析、高空間分解能衛星データ

〔所属〕 国際農林水産業研究センター 社会科学領域

〔分類〕 研究 B

〔背景・ねらい〕

傾斜地では強雨により地表にある土壌が侵食され流れ出るが、谷状に表土がえぐられた現象がガリーであり、その発生により農地における作業性や生産性が低下する。ガリー侵食の発生域を把握するため、従来は現地地上調査や航空写真の撮影等が行われてきたが、広域を対象に既存データを利用するなどして迅速に把握する手法として、地上分解能が1m以下となる高空間分解能衛星データの活用が考えられる。ただし、衛星画像上にはガリー侵食域と見かけ上類似する他の地物があるため、こうした類似物を除外してガリー侵食域のみを抽出する解析技術を開発する。

〔成果の内容・特徴〕

1. フィリピン・ルソン島北部の丘陵地において、近年ガリー侵食が顕著に見られる地域があり（写真1）、解析対象地域として選定する。
2. 耕作地がほぼ裸地化した時期に観測された空間分解能が0.5mであるWorldView衛星パナクロマティックデータ画像を用い、エッジ抽出によりガリー侵食域の候補となる線状の地物を判別し、さらに、ガリー以外の地物を除外して、ガリーのみを抽出する手法を開発する。地形条件（斜面方向に沿っていない個所、尾根上の個所）、土地利用条件（森林域）、画像テクスチャ（分散値、均質性、コントラスト、異質性、エントロピーが一定の範囲を持つ個所）、輝度値（周囲に比べて高い個所）に基づく地域を抽出し、除外すべきマスクデータとする。
3. ガリー侵食域を保持しつつ、除外域を適切に識別し、ガリー侵食が発生している場所と影響域の空間的広がりが示され、地理座標系を有したデジタルデータとして整備される（図1）。
4. フィリピン土壤水管理局が選択的に実施したガリーの測量データと比較したところ、抽出率の平均値は63.4%であるが、衛星観測時に地表面が十分に裸地化していない場合や、ガリーによる影が明瞭に見え難い場合に抽出率が低下するケースはある（図2、表1）。一方で、現地測量が行われなかったガリーも抽出され、ガリーの広域分布状況の把握に有効である。

〔成果の活用面・留意点〕

1. ガリー発生域の分布を示す情報を整備することで、ガリーの発生・発達を誘引する条件の分析、また、土地劣化の空間的な広がりの把握や生産への影響の評価が行え、地域レベルの土壌保全と生産性の維持に資する土地利用計画に参照される情報が提供できる。
2. 世界中のあらゆる地域を対象とした高空間分解能衛星データの蓄積が進んでおり、傾斜地における土地劣化をグローバルに監視する技術としての活用が期待される。
3. 衛星観測時の地表面の被覆状況が裸地状でなく、ガリーによる陰影が明瞭に現れない場合等では、ガリー侵食の抽出精度が低下する。また、除外域の閾値の範囲を狭めると抽出率は上がるが、誤分類が増加するため、状況に応じたパラメータの調整が必要である。



写真1 ルソン島におけるガリー侵食発生状況
(2010年11月23日撮影)

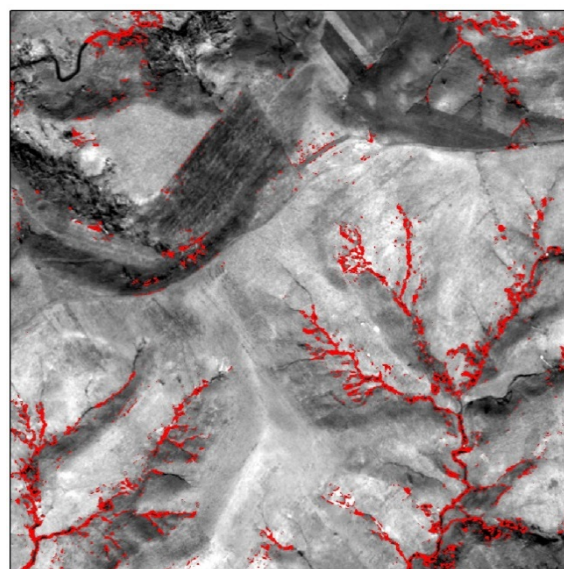


図1 ガリー侵食域抽出結果 (赤色部)

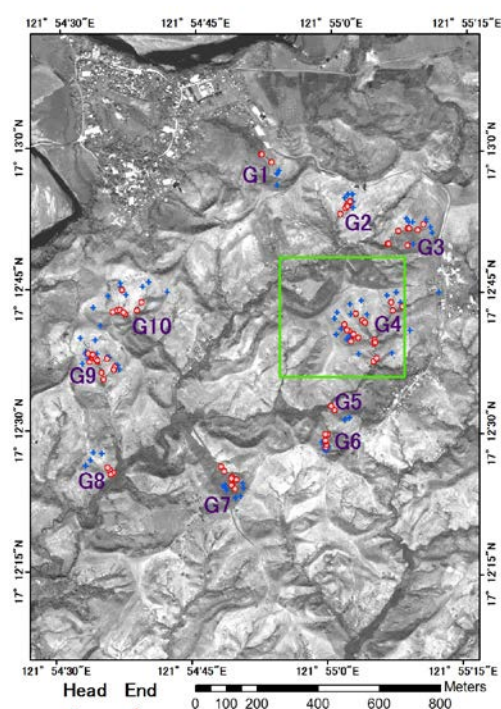


図2 選択して地上測量したガリーの位置
(矩形部は、図1の範囲)

表1 選択して地上測量したガリーを対象とする本手法によるガリー抽出率

ID	抽出率(%)	本線・支線数
G1	53.7	3
G2	78.0	6
G3	61.8	8
G4	76.1	19
G5	65.0	2
G6	35.0	6
G7	21.1	8
G8	30.8	4
G9	82.1	14
G10	72.0	9
ガリー長で加重した平均 63.4		総数 79

抽出率: ガリーが実在する測量された始点と終点を結ぶ区間において、ガリーとして抽出された領域(点の集合として帯状に分布)が一致する程度を目視判読により4段階に評価し、点数化、および、線分長の重み付け平均化により算出

本線: 下流部から最も明瞭に伸びるガリー
支線: 本線に合流する樹形状の枝の部分

[その他]

研究課題: ルソン島カガヤン流域でのガリー侵食多発と除草剤耐性トウモロコシ普及との関係、保全農業普及のための自然・社会・経済的条件の解明

プログラム名: 開発途上地域の土壌、水、生物資源等の持続的な管理技術の開発

予算区分: 科研費 [ガリー侵食]

研究期間: 2014年度 (2011~2014年度)

研究担当者: 内田諭・南雲不二男

発表論文等: 内田・南雲 (2015) システム農学 31(1):11-20 (印刷後にHPに掲載)

〔成果情報名〕 ソルゴレオンはソルガムの重要な生物的硝化抑制物質の一つである

〔要約〕 ソルゴレオンは、ソルガムが根から分泌する難水溶性の生物的硝化抑制物質である。ソルゴレオンの分泌量とソルガム根面の難水溶性物質画分の硝化抑制活性との間には高い相関があり、このことはソルゴレオンがこの画分の重要な硝化抑制物質であることを示している。

〔キーワード〕 生物的硝化抑制、BNI、ソルガム、ソルゴレオン

〔所属〕 国際農林水産業研究センター 生産環境・畜産領域

〔分類〕 研究 B

〔背景・ねらい〕

硝酸化成（硝化）は、脱窒とともに温室効果ガスの排出と施肥窒素の利用効率低下を引き起こす最も重要な経路である。一部の植物は根から物質を分泌して土壤中の硝化を抑制しており、このことは生物的硝化抑制(Biological Nitrification Inhibition、BNI)と呼ばれている。ソルガムは生物的硝化抑制能を有しているが、水溶性硝化抑制物質として MHPP とサクラネチン、難水溶性物質としてソルゴレオン（図 1）が同定されている（国際農林水産業研究センター 平成 24 年度成果情報）。ここでは、ソルガムの生物的硝化抑制における難水溶性物質画分でのソルゴレオンの役割を明らかにする。

〔成果の内容・特徴〕

1. 水耕（ろ紙法）により栽培したソルガムの幼苗根のジクロロメタン（DCM、難水溶性物質を抽出）洗浄液中のソルゴレオン量と硝化抑制活性量との間には非常に高い相関がある（図 2）。
2. ソルガムの 2 つの育種用系統である GDLP 34-5-5-3 と IS41245 について比較すると、GDLP 34-5-5-3 は IS41245 よりも有意に多くのソルゴレオンを分泌する（水耕栽培（ろ紙法）による、データ未表示）。ポット栽培の GDLP 34-5-5-3 の根圏土壌の硝化活性は、上記の水耕栽培でのソルゴレオン分泌量に比例して IS41245 のそれよりも有意に低い（図 3）。また、圃場で栽培した場合も、上記 2 系統のソルゴレオン分泌量と根圏土壌の活性との関係はポット栽培の場合と同様である（データ未表示）。
3. ソルゴレオンは、アンモニア硝化細菌の *Nitrosomonas europaea* の活性を強く阻害する。また、土壌 1 g あたり 40 μg 以上のソルゴレオンを添加すると土壌中の硝化活性は強く抑制され、添加した $\text{NH}_4^+\text{-N}$ （アンモニウム窒素）の多くが土壌中に残存するようになる（図 4）。
4. 以上の結果は、ソルガムでは、根からのソルゴレオンの分泌と難水溶性物質画分の硝化抑制活性との間には高い相関があり、このことはソルゴレオンが難水溶性物質画分において重要な硝化抑制物質であることを示している。

〔成果の活用面・留意点〕

1. 土壌中の硝化活性が低いソルガムの生産体系実現のために、ソルゴレオンの分泌量の増加により生物的硝化抑制能を強化したソルガム品種の開発に利用できる。
2. ソルゴレオンの分泌量の差異についてはさらに系統数を増やした検討が必要である。

〔成果情報名〕 アフリカ稲作振興のための土壌肥沃度改善技術マニュアル

〔要約〕 サブサハラ・アフリカにおけるコメ生産の増大には、土壌肥沃度の改善が重要である。このマニュアルは、この地域の稲作に適用可能な在来資材を用いた土壌肥沃度改善技術を、ガーナの2地域を試験対象地として実証し、取りまとめたものである。

〔キーワード〕 アフリカ、コメ、在来有機資源、リン鉱石、CARD

〔所属〕 国際農林水産業研究センター 生産環境・畜産領域

〔分類〕 主要普及成果（行政 A）

〔背景・ねらい〕 サブサハラ・アフリカ(SSA)はとりわけ土壌肥沃度が低く、「アフリカ稲作振興のための共同体(CARD)」の目標に沿ってコメ生産を増大するためには肥沃度の改善が重要である。当該地における稲作は多様な農業生態環境下で実施されており、それぞれに適応可能な土壌肥沃度改善技術が適用される必要がある。そこで SSA において特に生産ポテンシャルの高い水稻作を対象に、代表的な農業生態系である赤道森林帯およびギニアサバンナ帯で適用可能な土壌肥沃度改善技術を検討し、技術マニュアルとしてまとめた。

〔成果の内容・特徴〕

1. 本マニュアルは、CARD における第一支援グループ（12 カ国）に属するガーナにおいて、現地の研究機関（土壌研究所（クマシ市）、開発研究大学（タマレ市））との協力のもと、SSA 水稻作の代表的な農業生態系である赤道森林帯（ガーナ国中南部）とギニアサバンナ帯（ガーナ国北部）のそれぞれにおける、有効性および適用可能性を検証した土壌肥沃度改善技術を掲載する。
2. 本マニュアルは、各種在来有機資源の施用とそれらの肥効向上のための堆肥化技術ならびに燐炭化技術、ブルキナファソ産リン鉱石の施用とそれらの可溶化促進技術、および極少量の化学肥料の利用によるイネの初期生育改善技術等から成る（表1）。
3. 本マニュアルにある土壌肥沃度改善技術は、ガーナの農家圃場での実証試験を経るとともに（写真）、農家を対象にした社会経済学的調査の結果から、農家への普及可能性の高いものを選び出したものである。
4. 本マニュアルの編纂は、ガーナの食料農業省(MoFA)の作物サービス部および技術普及部とともに実施しており、マニュアルに対するガーナ国の当事者意識を高めている。また、MoFA の副大臣が緒言を寄せている。

〔成果の活用面・留意点〕

1. 本マニュアルは農業普及員が活用することを前提に英語で作成し、写真やイラストも多用した。また持ち運びに便利のように A5 版 44 ページで製本した。
2. 本マニュアルは、JIRCAS ホームページからダウンロードできる。
3. 本マニュアルで提案される技術は、ガーナの水田での施用効果と農家への普及可能性を実証したものであるが、ガーナと同様の農業生態系を有する SSA 周辺国における水稻作への適用も可能である。

〔具体的データ〕

表1 マニュアルに記載した土壌肥沃度改善技術

技術	農業生態系	
	ギニアサバンナ帯（天水稲作）	赤道森林帯（灌漑稲作）
有機物施用	稲わらを主とした有機資源利用で直接施用あるいは堆肥化、化学肥料の併用が効果的	鶏糞の直接施用で速効、さらに化学肥料の併用も効果的
堆肥化（コンポスト）技術に用いる資材	牛糞＋稲わら	オガクズあるいは稲わら＋鶏糞
燐炭技術（燐炭器の製造も含む）	直接的な肥沃度の向上ではなく、土壌改良材として使用	
	穀殻燐炭	オガクズ燐炭
リン鉱石施用	リン鉱石の産国では有望、ガーナでは将来的な技術	
	直接施用、残効は場所に依存	直接施用、残効も期待
有機物とリン鉱石の併用	施用のタイミングの最適化により高い効果がある。稲わらは刈り取り後すぐに鋤込み、リン鉱石は播種時あるいは移植時に施用。	
肥料少量利用技術	直播：種子への肥料の被覆	移植：苗の肥料溶液への浸漬
リン鉱石可溶化技術	堆肥化の過程への組み込み、燐炭作成の過程への組み込み	

図1 オガクズから燐炭を作る
（クマシ市：赤道森林帯）図2 農家圃場試験でのデモンストレーション
（タマレ市近郊ジョン村：ギニアサバンナ帯）

〔その他〕

研究課題：アフリカの土壌肥沃度改善検討調査

プログラム名：熱帯等の不安定環境下における農作物等の生産性向上・安定生産技術の開発

予算区分：受託〔農林水産省大臣官房・肥沃度資源〕

研究期間：2014年度（2009～2013年度）

研究担当者：飛田哲・中村智史・福田モンラウィー・南雲不二男

発表論文等：1) JIRCAS ホームページ; (http://www.jircas.affrc.go.jp/english/manual/soil_fertility_improvement_tech_of_Ghana/soil_fertility_Ghana.html)

2) Issaka et al. (2012) In “Soil fertility” InTech Press, Rijeka, Croatia, 119-134

3) Nakamura et al. (2013) African Journal of Agricultural Research, 8, 1779-1789

4) Issaka et al. (2014) Agriculture, Forestry & Fisheries 3(5), 374-379

〔成果情報名〕 アフリカイネおよびアジアイネの遺伝子を判別する SNP マーカーセットの開発

〔要約〕 アフリカイネ(*Oryza glaberrima*)とアジアイネ(*O. sativa*)の遺伝子を判別する一塩基多型(SNPs)は、従来の SSR マーカーと比較して多型を示すマーカーが多く、大規模集団からの個体選抜も効率的に行えることから、アフリカイネ遺伝資源利用の効率化を図ることが出来る。

〔キーワード〕 イネ、 SNP マーカー、 マーカー選抜、 *Pup1*

〔所属〕 国際農林水産業研究センター 生産環境・畜産領域

〔分類〕 研究 A

〔背景・ねらい〕

アフリカイネ(*Oryza glaberrima*)は、非生物的ストレス耐性関連遺伝子の貴重な宝庫であるが、その利用には、汎用性のある高密度の遺伝子マーカーシステムが必要となる。一塩基多型(SNPs)はイネゲノム中に高頻度で発見され、遺伝子マーカーとして利用されるが、これまでに発見された SNP はアジアイネ(*O. sativa*)に集中している。本研究では、アフリカイネとアジアイネの遺伝子が判別可能なイネのゲノム全体をカバーする代表的な SNP マーカーセットを構築する。このマーカーは特異的な標識付プライマーを使用した PCR ベースのマーカーに変換し、遺伝子マッピングやマーカー選抜育種に利用することができる。

〔成果の内容・特徴〕

1. 44,000 種の SNP を検出できるチップを用いて、アフリカイネとアジアイネの亜種である *indica*(IR64、IR74、IR66945-3R)及び *japonica*(WAB56-104、WAB181-18)の 2 系統との間で全ゲノムレベルの SNP 多型の検索を行うと、アフリカイネと *japonica* 間で 9,523 種、アフリカイネと *indica* 間で 7,444 種が検出される (図 1)。
2. 上記および他の SNP データに基づき、全ゲノム上に分布する 2,015 種の SNP マーカーセットを選抜した (図 1、図 2)。
3. 選抜した SNP マーカーセットを PCR ベースのマーカーに変換し、陸稲ネリカの親系統(CG14、WAB56-104)と水稲ネリカの親系統(TOG5681、IR64)を用いて検証すると、各組み合わせで約 750 種のマーカーが多型を示す (図 3)。
4. 本 SNP マーカーセットの利用により、*O. glaberrima* の遺伝子が導入されたネリカ品種や種間交雑系統間の遺伝子型マッピング並びにマーカー選抜育種を効率的に行うことができる。

〔成果の活用面・留意点〕

1. SNP マーカー情報はすでに一般に公開されており、マーカー利用選抜や準同質遺伝子系統の作製のために利用することが可能である。
2. 2015 種の SNP マーカーの中、1,700 種以上がアジアイネ内で多型を示したことから、本マーカーはアフリカイネへの応用のみばかりではなく、アジアイネの育種にも利用できる。
3. SNP マーカーの利用はアウトソーシングが可能であり、比較的安価に DNA 抽出からマーカーデータファイルの作製までを行うことができる。そのため、アフリカやアジア諸国の特別な施設を持たない研究所でも、イネのマーカー選抜育種を容易に行うことができる。
4. SNP マーカー利用のアウトソーシング化により、*Pup1* に代表されるような主要なストレス耐性遺伝子を導入するためのマーカー利用選抜など、JIRCAS を中心としたイネ育種ネットワークとしての共同研究の機会が広がり、JIRCAS、ペラデニア大学(スリランカ)およびタンザニア大学間の分子育種共同研究プログラムとしてすでに実践されている。

[具体的データ]

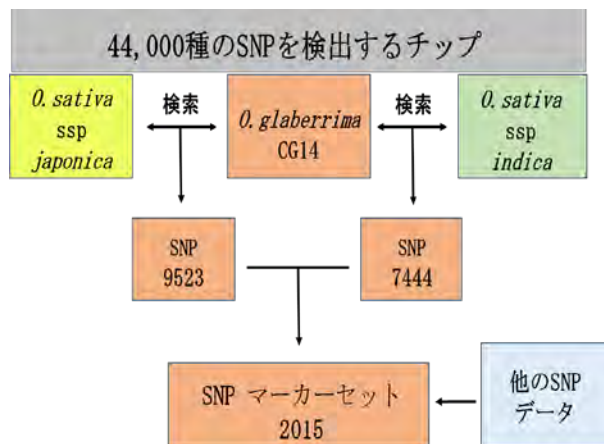


図1 SNPの検出と選抜のフローチャート

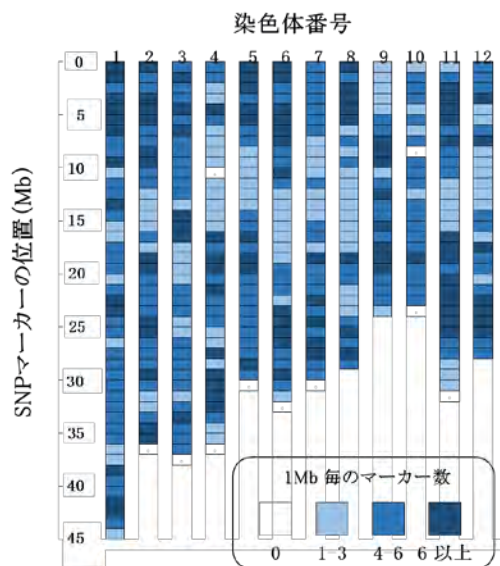


図2 全ゲノム上のSNPマーカー分布

図中の色は1Mbp 毎のマーカーの数

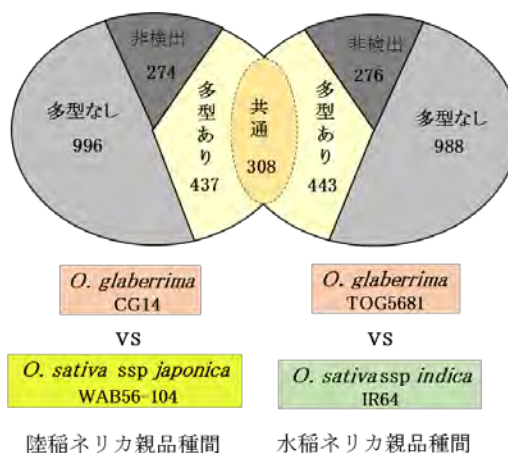


図3 アフリカイネとアジアイネで多型を示すPCRベースマーカーの頻度

[その他]

研究課題：アフリカにおけるコメ生産向上のための技術開発

プログラム名：熱帯等の不安定環境下における農作物等の生産性向上・安定生産技術の開発

予算区分：交付金 [アフリカ稲作振興]

研究期間：2014年度 (2011～2015年度)

研究担当者：M. Wissuwa, J. Pariasca-Tanaka・M. Lorieux (CIAT)・C. He (GCP)・S. McCouch (Cornell University)・MJ. Thomson (IRRI)

発表論文等：J. Pariasca-Tanaka et al. (2014) Euphytica. Doi 10.1007/s10681-014-1183-4

〔成果情報名〕 乾燥・低温ストレス環境下におけるイネの代謝関連遺伝子の転写制御の重要性

〔要約〕 乾燥・低温ストレス環境下のイネにおける単糖の蓄積量の増加には、デンプン分解、スクロース代謝、グリオキシル酸回路等の酵素遺伝子の転写制御が関与していることが示唆される。また、植物ホルモンであるアブシシン酸量の増加とサイトカイニン量の減少においても、それぞれの生合成に関与する酵素遺伝子の転写制御が関与していることが示唆される。

〔キーワード〕 一次代謝、植物ホルモン、転写、乾燥、低温、イネ

〔所属〕 国際農林水産業研究センター 生物資源・利用領域

〔分類〕 研究 A

〔背景・ねらい〕

植物は種々の環境ストレスに応答して遺伝子発現を調節している。親水性タンパク質 (LEA/Dehydrin)、解毒酵素、分子シャペロンなどをコードする遺伝子は代表的な乾燥及び低温ストレス誘導性遺伝子として報告されている。また、種々の代謝産物（糖やアミノ酸等）や植物ホルモンも乾燥や低温ストレスによって蓄積量が増減する。この代謝産物の蓄積量の変化には多くの酵素遺伝子が関与することが示唆されていた。しかし、イネの乾燥や低温ストレス環境下において、酵素遺伝子群の分類や網羅的な遺伝子発現解析は行われていなかった。本研究では、イネの鍵酵素遺伝子候補の同定を目的として、乾燥及び低温ストレス環境下における一次代謝と植物ホルモン代謝に関与する遺伝子を網羅的に解析する。

〔成果の内容・特徴〕

1. 乾燥（2日目、3日目）、低温（1日目、2日目）処理後のイネにおいて、24、91、38、52種類の代謝産物の蓄積量の増加、26、8、26、12種類の代謝産物の減少がメタボローム解析で、明らかになり（偽陽性率： $p < 0.05$ ）、その中で、単糖が最も顕著に増加する。さらに、ホルモノーム解析では、アブシシン酸が増加し、及びサイトカイニンの前駆体が減少する（偽陽性率： $p < 0.05$ ）。
2. トランスクリプトーム解析では、2,089（乾燥2日目）、5,927（乾燥3日目）、3,576（低温1日目）、4,395（低温2日目）の mRNA の蓄積量が増加し、1,678（乾燥2日目）、6,184（乾燥3日目）、3,147（低温1日目）、4,320（低温2日目）の mRNA の蓄積量が減少する（偽陽性率： $p < 0.05$ ）。
3. 単糖の生合成に関与する遺伝子の中で、 β アミラーゼ遺伝子（図 1A）、インベルターゼ遺伝子（図 1B）、イソクエン酸リアーゼ遺伝子（図 1C）は乾燥又は低温ストレス環境下で顕著に mRNA の蓄積量が増加する遺伝子であり、同処理条件下の鍵酵素候補遺伝子であることが示唆される。
4. ABA 生合成に関与する遺伝子の中で（図 2A）、9-シス-エポキシカロテノイドジオキシゲナーゼ遺伝子 (NCED) と ABA 8'-水酸化酵素遺伝子 (CYP707A)、サイトカイニン生合成に関与する遺伝子の中で（図 2B）、サイトカイニンの側鎖修飾を担う酵素遺伝子 (CYP735A) は乾燥又は低温応答性遺伝子であり、同処理条件下の鍵酵素候補遺伝子であることが示唆される。

〔成果の活用面・留意点〕

1. 乾燥及び低温ストレス環境下において、転写制御を受ける鍵酵素遺伝子の候補を同定できたため、イネ等の単子葉作物のストレス耐性を向上させる分子育種への応用が期待できる。
2. 候補遺伝子を過剰発現した形質転換植物体の作製や欠損変異植物体の解析を行い、候補遺伝子の機能を詳細に解析する必要がある。

[具体的データ]

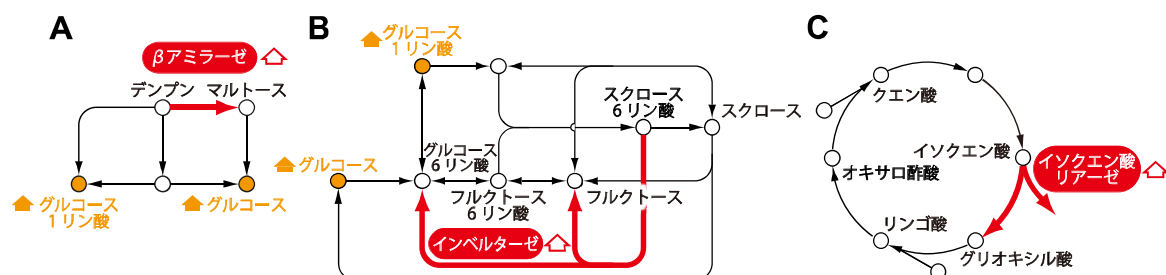


図1 乾燥ストレス環境下におけるデンプン分解、スクロース代謝、グリオキシル酸回路の遺伝子発現と代謝産物の蓄積。

(A) デンプン分解経路におけるグルコースの蓄積量の増加と β アミラーゼ遺伝子発現。乾燥ストレス環境下でグルコースは顕著に増加し、 β アミラーゼの mRNA の蓄積量も顕著に増加する。(B) スクロース代謝におけるグルコースの蓄積量の増加とインベルターゼ遺伝子発現。乾燥ストレス環境下でインベルターゼ遺伝子の mRNA の蓄積量は顕著に増加する。(C) グリオキシル酸回路におけるイソクエン酸リアーゼ遺伝子の発現。乾燥ストレス環境下でイソクエン酸リアーゼ遺伝子の mRNA の蓄積量は顕著に増加する。イソクエン酸リアーゼ遺伝子の乾燥誘導性はイネにおいて特徴的である。図は Maruyama et al. (2014) より改変(Copyright American Society of Plant Biologists ; www.plantphysiol.org)。

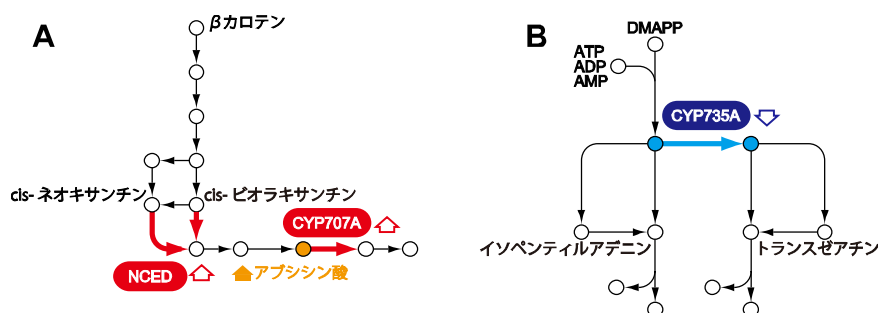


図2 乾燥ストレス環境下におけるアブシシン酸生合成経路とサイトカイニン生合成経路の遺伝子発現と植物ホルモンの蓄積。

(A) アブシシン酸の蓄積量の増加と NCED と CYP707A 遺伝子発現。乾燥ストレス環境下でアブシシン酸は顕著に増加し、NCED 遺伝子と CYP707A 遺伝子の mRNA の蓄積量も顕著に増加する。(B) サイトカイニン生合成経路における CYP735A 遺伝子発現。乾燥ストレス環境下で CYP735A 遺伝子の mRNA の蓄積量は顕著に減少する。図は Maruyama et al. (2014) より改変 (Copyright American Society of Plant Biologists ; www.plantphysiol.org)。

[その他]

研究課題：環境ストレス耐性作物の作出技術の開発

プログラム名：熱帯等の不安定環境下における農作物等の生産性向上・安定生産技術の開発

予算区分：交付金 [環境ストレス耐性]、農林水産省 [新農業展開 DREB]

研究期間：2014 年度 (2010～2014 年度)

研究担当者：圓山恭之進・篠崎和子 (東京大学)

発表論文等：Maruyama et al. (2014) Plant Physiol. 164: 1759-1771.

〔成果情報名〕 4 種類の AREB/ABF は 3 種類の SnRK2 の下流で乾燥ストレス耐性を制御する

〔要約〕 AREB/ABF 型転写因子は、陸上植物に広く保存されており、乾燥ストレス応答を制御する鍵因子である。シロイヌナズナの 3 種類の SnRK2 タンパク質リン酸化酵素の下流で機能する 4 種類の AREB/ABF 型転写因子は乾燥ストレス耐性の向上において主要な役割を果たしている。

〔キーワード〕 干ばつ、乾燥ストレス耐性、転写因子、タンパク質リン酸化酵素

〔所属〕 国際農林水産業研究センター 生物資源・利用領域

〔分類〕 研究 A

〔背景・ねらい〕

近年、大規模で深刻な干ばつが作物生産に甚大な被害を及ぼしており、干ばつ耐性作物の作出は急務となっている。これまでにイネやシロイヌナズナの乾燥ストレス応答のシグナル伝達系においては、3 種類の AREB/ABF 型転写因子が 3 種類の SnRK2 タンパク質リン酸化酵素の下流で重要な役割を果たしていることを示してきた。しかしながら、既知の 3 種類の AREB/ABF 型転写因子だけでは、SnRK2 の下流の遺伝子発現ネットワークの制御機構を十分に説明することができなかった。本研究では、ABF1 を加えた 4 種類の AREB/ABF 型転写因子および SnRK2 タンパク質リン酸化酵素から構成される SnRK2-AREB/ABF 経路の役割とストレスシグナル伝達系における重要性を明らかにする。アミノ酸の相同性解析から、この SnRK2-AREB/ABF シグナル伝達系は、シロイヌナズナのみならず多くの作物種においても、よく保存されていることが推定されており、本成果は汎用性の高い干ばつ耐性作物の作出技術の開発に貢献することが期待される。

〔成果の内容・特徴〕

1. ABF1 は、その他 3 種の AREB/ABF 型転写因子 (AREB1、AREB2 および ABF3) と同様に、植物細胞の核で SnRK2 タンパク質リン酸化酵素と相互作用し、下流遺伝子の転写を活性化する能力を持っている。
2. 4 種の AREB/ABF 型転写因子の機能が欠損した *areb1 areb2 abf3 abf1* 四重変異体は、3 種の AREB/ABF の機能が欠損した *areb1 areb2 abf3* 三重変異体よりも低い乾燥ストレス耐性を示す (図 1)。
3. ABF1 は、これまでに同定されていた AREB/ABF 型転写因子である AREB1、AREB2 および ABF3 遺伝子と同様に乾燥ストレス応答においても重要な役割を果たしている。
4. 4 種類の AREB/ABF 型転写因子は、シロイヌナズナの乾燥ストレス応答およびアブシシン酸 (ABA) シグナル伝達系を協調的に制御している。
5. 4 種類の AREB/ABF 型転写因子は、3 種類の SnRK2 タンパク質リン酸化酵素 (SRK2D/SnRK2.2、SRK2E/SnRK2.6/OST1 および SRK2I/SnRK2.3) の下流で乾燥ストレス耐性を制御している主要な転写因子である (図 2)。
6. 4 種類の AREB/ABF 型転写因子は、下流ではたらく転写因子などのシグナル制御関連遺伝子や、細胞の保護に関わる LEA タンパク質遺伝子などの機能遺伝子を多数制御している。

〔成果の活用面・留意点〕

1. AREB/ABF 型転写因子や SnRK2 タンパク質リン酸化酵素によって制御されている乾燥ストレス応答機構は、植物種にかかわらず、きわめてよく保存されていると考えられており、幅広い作物種の干ばつ耐性の向上に関わる応用研究に役立つことが期待される。
2. AREB/ABF 型転写因子や SnRK2 タンパク質リン酸化酵素の下流ではたらく機能遺伝子群の解析によって、新奇の機能遺伝子を利用した干ばつ耐性作物の開発が可能である。

[具体的データ]

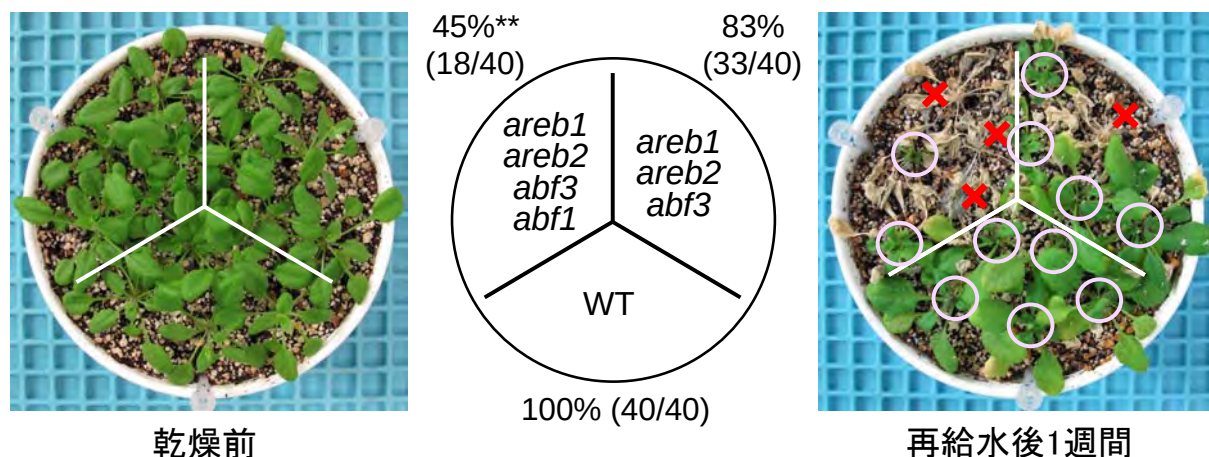


図1 AREB/ABF 型転写因子の機能を欠損させたシロイヌナズナ多重変異体の乾燥ストレス耐性
4 個の AREB/ABF 型転写因子の機能を欠損させた *areb1 areb2 abf3 abf1* 四重変異体、3 個の AREB/ABF の機能を欠損させた *areb1 areb2 abf3* 三重変異体および野生型株 (WT) シロイヌナズナの乾燥ストレス耐性試験の結果を示す。写真は、代表的な供試ポットの乾燥ストレス前後の様子を示す。GM 寒天培地上で3週間生育させた植物を土植えにし、その後1週間生育させ、給水を停止することにより乾燥ストレスを与えた。乾燥ストレス開始後11-12日目に再給水を行い、1週間後に写真撮影を行った。○印と×印は、それぞれ生存個体と死滅個体を示す。1回の実験で8個のポットを用いて実験を行い、3回の反復実験を行った。中央の模式図には、代表的な1回の実験の結果をもとに計算した生存率（生存個体数/総供試個体数）を示した。

** $P < 0.01$ (t -検定、野生型株との比較)



図2 植物の乾燥ストレス応答機構の模式図

4 種類の AREB/ABF 型転写因子が3種類の SnRK2 タンパク質リン酸化酵素の下流で乾燥ストレス耐性を制御する。スペースの都合により、SnRK2 については、1 種類の名称のみ表記した。

[その他]

研究課題：環境ストレス耐性作物の作出技術の開発

プログラム名：熱帯等の不安定環境下における農作物等の生産性向上・安定生産技術の開発

予算区分：交付金 [環境ストレス耐性]、科学研究費補助金

研究期間：2014 年度（2007～2014 年度）

研究担当者：吉田拓也（独マックス・プランク研究所、東京大学）・藤田泰成・圓山恭之進・最上惇郎（東京大学）・戸高大輔（東京大学）・篠崎一雄（理化学研究所）・篠崎和子（東京大学）

発表論文等：Yoshida et al. (2015) Plant Cell Environ. 38:35-49.

〔成果情報名〕 ドリアン ‘モントン’ は開花期の低夜温で受精が抑制され着果不良になる

〔要約〕 ‘モントン’においては、開花期の夜温が 15℃では著しい落果（花）を生じるが、25℃では受粉 28 日後も約 30%の着果率を維持する。夜温が 15℃に低下すると、花粉管は伸長するが、胚珠の発達が阻害され受精しない。‘モントン’では、夜間温度が 15℃では受精が抑制され落果（花）する。

〔キーワード〕 胚珠、解剖学的観察、温度制御

〔所属〕 国際農林水産業研究センター 熱帯・島嶼研究拠点

〔分類〕 研究 B

〔背景・ねらい〕

ドリアンの主要産地であるタイのチャンタブリでは、主な開花期である 1 月の平均最低気温は 20.7℃（過去 10 年間平均）だが、2014 年には 5 年ぶりに 15℃以下の最低気温を記録し、最低気温が 17℃を下回る日は約 1 週間続いた。ドリアンは開花後に生理落果するが、通常は 15～30%が着果する。しかしこの年、タイの主力品種である‘モントン’の商業果樹園では生理落果がとくに著しく、農家は大きな被害を受けた。開花期の低温はドリアンに着果不良をもたらすと経験的に言われているが、植物体が大きい熱帯果樹では環境制御が困難であるため、温度の影響は十分に検証されていない。本研究では、屋外で使用可能な温度制御装置を開発し、タイの主力品種‘モントン’について、開花期の気温、とくに温度が低下する夜から早朝にかけての気温が着果におよぼす影響を明らかにする。さらに胚珠を解剖学的に観察し、着果不良と胚珠発達との関係を解析する。

〔成果の内容・特徴〕

1. ペルチェ素子を利用し開発した温度制御装置は軽量小型で、開花期のドリアンの花房周辺の温度を局部的に制御し、屋外条件で温度制御試験を行うことが可能である（図 1）。
2. 花房全体の夜間(20:00～08:00)温度を受粉後 7 日間、25℃に制御すると、受粉 28 日後でも約 30%の着果率を維持する。一方 15℃の場合は、受粉 21 日後までにすべて落果する（図 2）。
3. いずれの処理区も花粉管は伸長するが、15℃区では受粉 7 日後が経過しても花粉管を受け入れる前の状態である胚のう完成期（8 核期極核融合）の胚珠が 14.3%あり、受精したことを示す胚乳核分裂の状態まで発達した胚珠は 0%で受精していない（図 3A、表 1）。一方 25℃区では、受粉 7 日後までに 22.7%の胚珠で胚乳核が分裂し始め、受精している（図 3B、表 1）。胚珠の大きさも 15℃区では 25℃区に比べて小さい（表 1）。
4. ‘モントン’においては、夜間 15℃では胚珠での正常な受精が阻害され、着果不良となる。

〔成果の活用面・留意点〕

1. ‘モントン’は需要が高いタイの主力品種だが、着果は低夜温の影響を受けやすいので、地域によっては単植を避けたり、植物成長調整物質の活用により開花期を分散したりするなどリスク分散を図る必要がある。
2. ‘チャーニー’で同様の温度処理試験を行ったところ、15℃区と 25℃区の着果率に有意差はなかった（未発表データ）。「チャーニー」のように、着果率が低温の影響を受けにくい品種の活用もドリアンの安定生産を図るために有効である。
3. 東南アジアにおけるドリアンの遺伝資源は多様である。結実が低夜温の影響を受けにくい遺伝資源の調査や活用が望まれる。開発した温度制御装置は、調査ツールとして有用である。

[具体的データ]

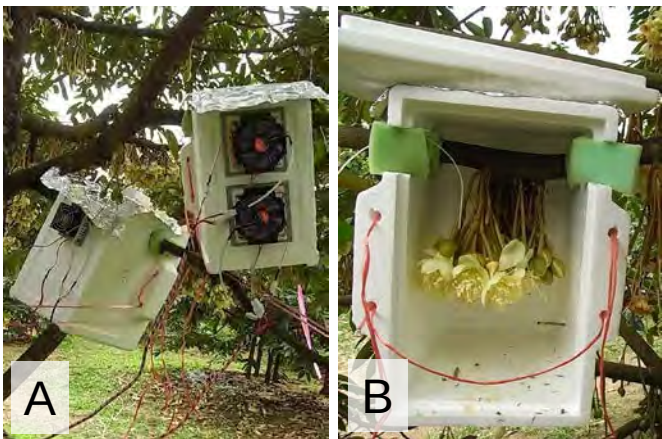


図1 使用中の温度制御装置の概観。
装置は発泡スチロール箱に取り付けて使用する。A：
装置を取り付けた箱の背面、B：正面内部。

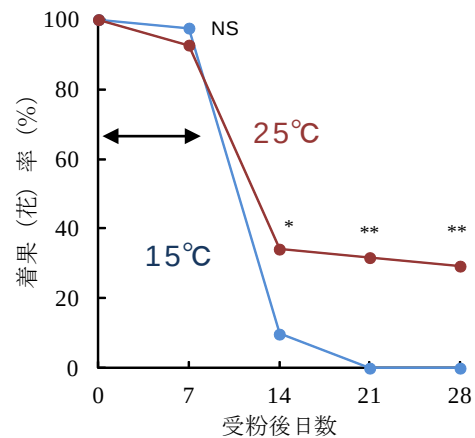


図2 温度制御下で人工受粉した‘モントン’
の着果（花）率。
*と**はそれぞれ Fisher の正確確率検定によ
り $P<0.05$ と $P<0.01$ で処理区間に有意差があ
ることを示し、NS は有意差がないことを示
す。矢印は温度処理期間。

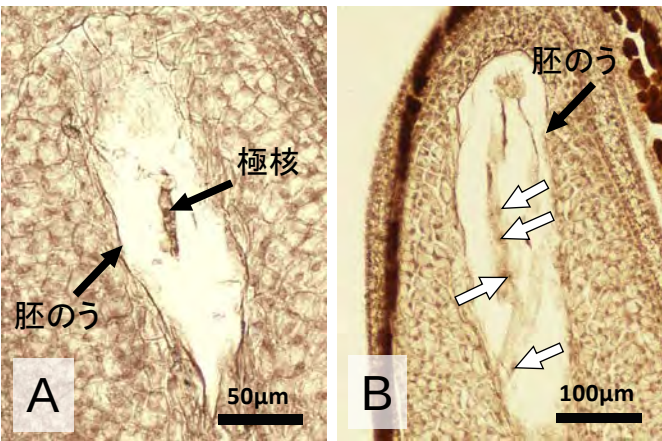


図3 温度制御下での受粉7日後の胚珠の様子。
A：胚のう完成期の段階にとどまり受精していな
い（15℃）。
B：胚乳核（白矢印）が分裂し始め、受精したこ
とが確認できる（25℃）。

表1 受粉7日後の胚珠の長径と発達段階

処理区	観察胚珠数	胚珠長径 (mm)	胚珠発達段階(%)			
			胚のう 8核期極核融合	胚乳核分裂	奇形	退化
15℃	21	1.19	14.3	0	66.7	19.0
25℃	22	1.48	0	22.7	45.5	31.8

[その他]

研究課題：熱帯果樹遺伝資源の多様性評価ならびに保存体制構築
プログラム名：熱帯等の不安定環境下における農作物等の生産性向上・安定生産技術の開発
予算区分：交付金〔熱帯果樹低樹高栽培〕、交付金〔熱帯作物開発〕
研究期間：2014 年度（2007～2010、2011～2013 年度）
研究担当者：香西直子・緒方達志・O. Chusri（チャンタブリ園芸研究センター）・
S. Tongtao（チャンタブリ園芸研究センター）
発表論文等：Kozai et al. (2014) Trop. Agr. Develop. 58: 102-108.

〔成果情報名〕 *Oryza*（イネ）属の栽培化以前に起きた *Pup1* 遺伝子座の変異

〔要約〕 アジアイネ(*Oriza sativa*)及びその近縁野生種(*O. rufipogon*、*O. nivara*)、並びにアフリカイネ(*O. glaberrima*)及びその近縁野生種(*O. barthii*)におけるリン酸欠乏耐性遺伝子座 *Pup1* 内に同定された候補遺伝子 *PSTOL1* や他の遺伝子には共通した変異がある。

〔キーワード〕 イネ、リン酸欠乏耐性、*Pup1*、遺伝子座、イネ(*Oryza*)属

〔所属〕 国際農林水産業研究センター 生産環境・畜産領域

〔分類〕 研究 A

〔背景・ねらい〕

リン酸欠乏土壤は作物生産にとって世界的な問題であるが、イネにおいてはインド型品種 Kasalath からリン酸欠乏耐性遺伝子座 *Pup1* が同定され、*OsPSTOL1*（タンパク質リン酸化酵素）がその候補遺伝子として見つかった。アジアの栽培種(*O. sativa*)及びアフリカの栽培種(*O. glaberrima*)に加え、野生種における *Pup1* 遺伝子座の変異を解析により、*PSTOL1* の新規対立遺伝子を同定し、リン酸耐性育種へ利用可能な遺伝資源の拡大を図る。

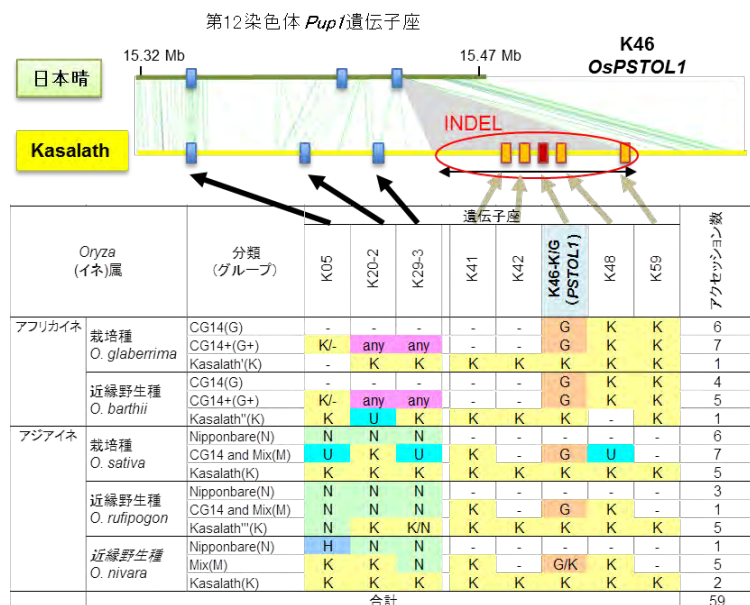
〔成果の内容・特徴〕

1. アジアイネ及びアフリカイネの栽培種および近縁野生種は、*Pup1* 座内に存在する 8 個の遺伝子に特異的なマーカーの遺伝子型により 5 つのグループ(K、G、G+、N、M)に分類できる (図 1)。
2. アフリカの栽培種(*O. glaberrima*)及び野生種(*O. brthii*)は共に *Pup1* 座内の遺伝子 *K05* から *K42* の領域約 120kb が欠損し、*PSTOL1* の新規対立遺伝子(*K46-G*)を持つ「G」と、*PSTOL1* 以外の他の遺伝子で部分的な欠失や置換が存在する「G+」がある (図 1)。
3. アジアの栽培種(*O. sativa*)及び野生種(*O. rufipogon*)は共に、変異のない Kasalath の「K」、*PSTOL1* も含む *K41* から *K59* に至る 90kb の領域を欠損した日本晴の「N」、並びに部分的に新規の配列を持つ「M」が認められる。
4. *Pup1* 遺伝子座内の変異は、栽培種と野生種に共通しており、栽培化前に生じたと考えられる。
5. 一部の陸稲 NERICA 品種とその親品種 CG14(*O. glaberrima*)の持つ *PSTOL1* の新規対立遺伝子(*K46-G*)は、Kasalath の遺伝子 (*K46-K*) に比べ 35bp の塩基置換があるが、タンパク質合成や遺伝子発現に影響はない。
6. *PSTOL1* のそれぞれの対立遺伝子に特異的な 2 種のマーカー(*K46-K*、*K46-CG*)により、アガロースゲルで正確に対立遺伝子の判別ができる(図 2)。
7. このマーカーにより、アフリカの栽培種と野生種では共に *K46-G* を持つことがわかる。アジアのイネでも、低頻度であるが *K46-G* が存在する(図 1)。

〔成果の活用面・留意点〕

1. *PSTOL1* は肥沃な環境条件下では効果を示さないが、乾燥しやすい陸稲栽培条件や低肥沃土壤地域に適応して残ってきたと推定できるが、その理由やメカニズムを解明する必要がある。
2. *PSTOL1* の新規対立遺伝子(*K46-G*)の機能を圃場で確認する必要がある。
3. *Pup1* 座内の *K20-2* マーカーに対応する遺伝子が、*PSTOL1* の下流標的遺伝子であることから、*PSTOL1* と *K20-2* が相互作用してリン酸欠乏耐性に働く可能性があり、*K20-2* との相互関係を検証していく必要がある。

4. [具体的データ]



K Kasalath型 N 日本晴型 G *O. glaberrima*型
 U 新規対立遺伝子型 H ヘテロ型 - 未増幅(欠損型)
 any 部分的な変異を有する型

図 1 リン酸欠乏耐性遺伝子座 *Pup1* の変異

Kasalath と比較して日本晴の *Pup1* 遺伝子座領域に 90kb の欠損がある (INDEL)。Kasalath のその領域内には、*PSTOL1* を含む 20 種の遺伝子が存在する。

遺伝子特異的 DNA マーカーの反応パターンにより、アジア・アフリカイネの *Pup1* 座は 5 つのグループ (K、G、G+、N、M) に分類できる。

図 2 *PSTOL1* の変異検出

A: 二つのマーカー K46-K と K46-CG は、Kasalath、CG14、その他の品種間で増幅パターンが異なる。

B: 二つのマーカーを同時に増幅すると Kasalath(K)型、CG14(CG)型、日本晴(N)型(増幅しない)の 3 種に分類できる。

品種: (1: CG14, 2: IRAT216, 3: NERICA16, 4: WAB56-50, 5: NERICA1, 6: NERICA10, 7: WAB181-18, 8: IDSA, 9: IR12979, 10: WAB56-104, 11: IAC165, 12: 日本晴, 13: Kasalath)

[その他]

研究課題: リン酸および亜鉛欠乏耐性および利用効率に関する遺伝生理学的要因の解明とその育種利用

プログラム名: 熱帯等の不安定環境下における農作物等の生産性向上・安定生産技術の開発

予算区分: 交付金 [イネ創生]、受託 [GCP]

研究期間: 2014 年度 (2011~2015 年度)

研究担当者: M. Wissuwa・J. Pariasca-Tanaka・J.H. Chin (IRRI)・N.K. Dramé (Africa Rice)

発表論文等: J. Pariasca-Tanaka et al. (2014) Theor Appl Genet 127: 1387-1398

〔成果情報名〕 インド型イネの遺伝的背景で広い窒素栄養濃度域で効率良く根を伸長させる QTL

〔要約〕 インド型イネ品種 IR64 の遺伝的背景をもつ染色体挿入系統 YTH183 は根の伸長に関する量的形質遺伝子座(QTL)*qRL6.4-YP5* を有する。*qRL6.4-YP5* を IR64 の遺伝的背景に導入した準同質遺伝子系統は、*qRL6.4-YP5* が導入されたことにより窒素栄養濃度の変化に良く対応して総根長が大きくなる。

〔キーワード〕 イネ、準同質遺伝子系統、育種素材、根の形態、IR64

〔所属〕 国際農林水産業研究センター 生物資源・利用領域

〔分類〕 研究 A

〔背景・ねらい〕

イネの生産性向上と安定化には、根の機能や形態を改良することが必要である。国際稲研究所で開発されたインド型水稻 IR64 は、熱帯地域で広く栽培されているとともに、新品種作出の親品種としても広く用いられている。一方、IR64 の遺伝的背景をもつ YTH183 は熱帯や温帯地域でも高生産性が確認されてきているが、その遺伝要因は不明である。さらに、IR64 の遺伝的背景において広い窒素栄養濃度域で効率よく根を伸長させる QTL は見出されていない。このため YTH183 の根の形態に着目し、それに関わる QTL の同定と作用を明らかにする。このことにより、インド型品種の遺伝的背景を持つ品種群における、根の遺伝的改良のための基礎材料を確保する。

〔成果の内容・特徴〕

1. New Plant Type 品種 IR69093-41-2-3-2(YP5)に由来する染色体挿入系統 YTH183 は、IR64 に比べて根が長い (図 1)。
2. YTH183 は根を伸長させる QTL(*qRL6.4-YP5*)をもち、*qRL6.4-YP5* を IR64 の遺伝的背景に導入した準同質遺伝子系統(NIL)も IR64 に比べて根が長くなる (図 1)。
3. *qRL6.4-YP5* は第 6 染色体の長腕の分子マーカー (RM6395 と RM8242) の間に位置し、YP5 に由来する染色体挿入系統群を用いた分離分析では高い寄与率($R^2=0.37$)を示し、育種利用が容易である (図 2)。
4. NIL の根長の総和は、IR64 に比べて常に長く、窒素の濃度の増加に伴い根が伸長する(表 1)。
5. NIL の最長根は、常に IR64 に比べて長く、窒素濃度 50 μM までは根が良く伸長するが、500 μM では伸長が認められない(表 1)。
6. *qRL6.4-YP5* は IR64 の遺伝的背景で根の本数への関与はない (表 1)。

〔成果の活用面・留意点〕

1. 根の伸長を窒素濃度に対応して効率よく促進する *qRL6.4-YP5* は、窒素の吸収・利用に関する遺伝的改良の遺伝子源として利用できる。
2. *qRL6.4-YP5* の DNA マーカー情報は、IR64 などのインド型品種の遺伝的背景を持つ品種群の根の形態改良のためのマーカー選抜に活用できる。
3. 育成した NIL は、熱帯地域各国で広く用いられている IR64 を遺伝的背景としていることから、開発途上地域での食料安定生産に寄与する育種素材として活用できる。
4. この NIL の分譲については、JIRCAS 企画調整部情報広報室に問い合わせる。

[具体的データ]

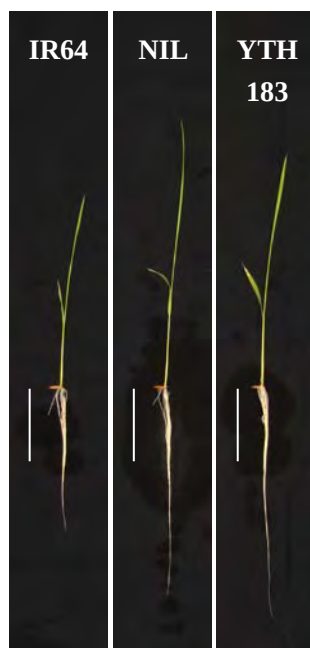


図1 *qRL6.4-YP5* を有する NIL および YTH183 の幼植物の表現型

5 μ M の NH₄Cl を与え、水耕法で 8 日間栽培。バーは 50 mm を示す。

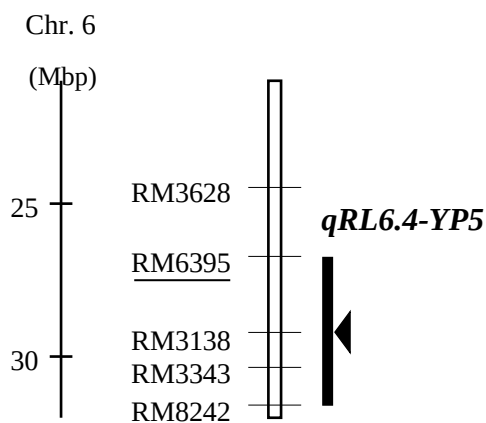


図2 第6染色体長腕に検出された根の伸長に関わる QTL (*qRL6.4-YP5*) の座乗位置
◀は F 値のピークを示し、■は *qRL6.4-YP5* の存在領域を示す。DNA マーカーの日本晴塩基配列上での位置を示す。

表1 *qRL6.4-YP5* を IR64 の遺伝的背景に導入した NIL の異なる窒素濃度における根の伸長・形成に関する反応

形質	品種・系統	窒素栄養区			
		0 μ M	5 μ M	50 μ M	500 μ M
全ての根の長さ (mm)	IR64	643	742	907	1108
	NIL	801 **	864 **	1080 **	1276 **
最長な根の長さ (mm)	IR64	121	128	137	114
	NIL	145 **	158 **	161 **	140 **
根の本数 (個体当たり)	IR64	7.6	8.0	11.0	16.6
	NIL	8.0	7.8	10.6	15.6

水耕法で 8 日間栽培したデータ。

窒素栄養は唯一の窒素源として NH₄Cl を与えた。

** : *t* 検定により 1% レベルで IR64 に比べ有意差があることを示す。

[その他]

研究課題：環境共生型稲作技術の創生

プログラム名：熱帯等の不安定環境下における農作物等の生産性向上・安定生産技術の開発

予算区分：交付金 [イネ創生]

研究期間：2014 年度 (2011～2015 年度)

研究担当者：小原実広・石丸努・安彦友美 (九州大学)・藤田大輔 (九州大学)・

小林伸哉 (農研機構 作物研)・柳原誠司・福田善通

発表論文等：Obara et al. (2014) Plant Biotechnol. Rep. 8:267-277

〔成果情報名〕ラオスにおける多様な非木材林産物は農家経済にとって高い有益性を持つ

〔要約〕ラオス中山間地域では森林から 400 種類を越える多種多様な非木材林産物が採集されている。その 9 割が自家消費であり、中でもキノコ類は周年的に採集されており、安定した食料となっている。また、ハウキグサなどの繊維部門の産物は地域住民の大きな現金収入源である。

〔キーワード〕キノコ類、ハウキグサ、セーフガード

〔所属〕国際農林水産業研究センター 農村開発領域、林業領域、社会科学領域

〔分類〕主要普及成果（行政 A）

〔背景・ねらい〕

熱帯モンスーン気候であるラオス中山間の地域住民は、稲作をおこないつつ、森林から非木材林産物（以下、NTFPs：Non-timber forest products）を採集して生活している。天水依存の農業が多いラオスではしばしば洪水や干ばつに見舞われ、作物生産が不安定であるため、NTFPs の採集は地域住民の生活のセーフティーネットとなっている。しかし、焼畑や森林伐採による森林減少のため、NTFPs の利用に変化が生じている。NTFPs の利用実態と農家経済への貢献を把握するため、ビエンチャン県北西部の一農村において、2012 年 7 月から翌年 6 月まで全戸（140 世帯）を対象に、毎日の NTFPs の種類、採集量、利用目的を調査した。分析には有効回答（104 世帯）を用いた。経済価値は各 NTFPs の取引価格から価格表を作成し、採取量を乗じて貨幣換算した。

〔成果の内容・特徴〕

1. NTFPs としては植物系（キノコを含む）289 種類、動物系 124 種類の併せて 400 種類を越える多種多様な産物が利用されている（表 1）。
2. NTFPs の利用目的は、繊維、樹脂、薬に属する NTFPs を除くと、9 割以上が自家消費であり、食用とするものが大半である（表 1）。
3. 森林環境に影響されやすいキノコ類に注目すると、24 種類のうち 6 種類で採集量の 9 割を占めている。そのうち 5 種類は雨季に採集されているが、ケガワタケ類（学名 *Lentinus polychrous*）は乾季に採集されており（図 1）、キノコ類は周年採取される貴重な食料となっている。
4. 繊維、樹脂、薬に属する NTFPs は販売を目的として採集され、中でも繊維に属する NTFPs は約 8 トン（風乾重）採集されている（表 1）。この大半を占める NTFPs はハウキグサであり、ハウキ等の材料となる花序を採集する。ハウキグサは焼畑後の休閑林に出現し、休閑 1～3 年目に多量に採集でき、農閑期である乾季の貴重な収入源となっている。
5. 世帯当たりの NTFPs 採集量を貨幣換算すると、548 万 KIP（内訳は、植物系 382 万 KIP、動物系 166 万 KIP）の経済価値と推定される（表 1）。米の量に換算すると、モチ米約 2.4 トンに相当し、ラオス人の年間米消費量 250Kg（粳重）/人から、9.6 人分の食料に及び、農家経済に大きく貢献している。

〔成果の活用面・留意点〕

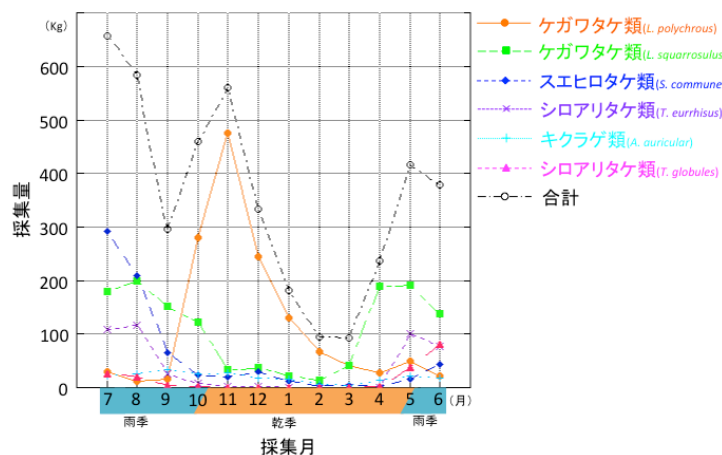
1. ラオス中部の一農村の調査であるが、一年にわたって植物から動物までを含めた詳細な利用実態を把握した情報であり、地域住民の生存戦略を理解する上でも重要である。なお、本資料に薪のデータは含まれていないことから、これを含めるとさらに大きな経済価値を持つと推測される。
2. 参加型森林管理など森林保全や農村開発を実施する機関において、先住民・地域住民の保護、生物多様性の保全といったセーフガードの基盤資料として利用できる。
3. 農林省林野局及び天然資源環境省といったラオス行政機関の森林戦略において位置づけられている NTFPs の具体的なデータとして活用できる。

[具体的データ]

表1 採集された NTFPs の部門別の種数、採集量、経済価値、利用目的及び主な採集物

部門 ¹⁾	種数	% ²⁾	採集量 ³⁾		経済価値 KIP	% ⁵⁾	利用目的 ⁶⁾		主な採集物
			重量(Kg) ⁴⁾	個体数			自家消費	販売利用	
植物系NTFP	289	100	44,587	39,874	397,131,470	100			
食料	262	91	33,515	18,614	202,303,120	51	99	1	<i>Azadirachta indica</i> , <i>Centella asiatica</i> <i>Musa</i> spp. <i>Livistona saribus</i> , <i>Dialium indum</i> <i>Schizostachyum blumei</i> , <i>Calamus tenuis</i> <i>Curcuma longa</i> <i>Alpinia</i> spp. <i>Lentinus polychrous</i> , <i>L. Squarrosulus</i> , <i>Schizophyllum comune</i>
山菜	133		11,481	105	62,205,920				
花	10		347	5	854,700				
果実	19		2,384	1,872	6,674,750				
芽	68		14,719	16,632	76,082,950				
根・塊茎	2		17		154,500				
香辛料	6		82		491,700				
キノコ	24		4,485		55,838,600				
工芸	13	4	228	21,143	68,722,200	17	93	7	<i>Calamus gracilis</i>
繊維	4	1	7,891	114	119,961,650	30	9	91	<i>Thysanolaena maxima</i> , <i>Broussonetia papyrifera</i>
樹脂	2	1	1,240		2,598,400	1	9	91	<i>Shorea obtusa</i>
薬	8	3	1,713	3	3,546,100	1	41	59	<i>Smilax glabra</i> , <i>Coccinidium fenestratum</i>
世帯当たり			429	383	3,818,572				
動物系NTFP	124	100	5,331	5,543	172,372,200	100			
哺乳類	21	17	133		49,816,400	29	97	3	<i>Callosciurus erythraeus</i> , <i>Rattus norvegicus</i>
鳥類	19	15		2,244	10,150,000	6	98	2	<i>Spilopelia chinensis</i> , <i>Ixobrychus cinnamomeus</i>
魚介類	33	27	4,155	2,544	80,807,200	47	99	1	<i>Cyprinidae</i> spp., <i>Clariidae</i> spp., <i>Synbranchidae</i> spp., <i>Viviparidae</i> spp.
爬虫類	5	4		97	2,210,000	1	97	3	<i>Colubridae</i> spp., <i>Varanidae</i> spp.
両生類	4	3	446	92	9,919,500	6	98	2	<i>Rana temporaria</i> , <i>Pelophylax esculentus</i>
昆虫類	42	34	597	566	19,469,100	11	94	6	<i>Gryllidae</i> spp., <i>Rhynchophoridae</i> spp.
世帯当たり			51	53	1,657,425				

(注) 1)植物系及び動物系NTFPの種数における各部門の占める割合
2)植物系及び動物系NTFPの種数における各部門の占める割合
3)部門別の採集された単位により重量及び個体数で標記。そのため重複はない。6)採集された回数内、その利用目的が自家消費、販売利用だった割合
4)工芸、繊維、樹脂は風乾重、その他は生重
5)植物系及び動物系NTFPの経済価値における各部門の占める割合



[その他] 図1 キノコの月別採集量

研究課題：インドシナ農山村における農家経済の持続的安定性の確立と自立度向上

プログラム名：開発途上地域の農林漁業者の所得・生計向上と農村活性化のための技術の開発

予算区分：交付金 [インドシナ農山村]

研究期間：2014 年度（2011～2015 年度）

研究担当者：木村健一郎、米田令仁、小林慎太郎、Singkone Xayalath、Bounpasakxay Khamphumi
(ラオス森林研究センター)、Phonesavanh Manivong (ラオス天然資源環境省)

発表論文等：1) 木村ら (2014) 環境情報科学論文集 28, 55-58、

2) 木村ら (2014) 関東森林研究 65(2), 225-228、

3) 木村ら (2015) 災害食学会 1(2) (2/9 採択)

【成果情報名】生態的特性に基づく小河川での小型コイ科魚類個体群の保全管理

【要約】 インドシナに広く分布する小型のコイ科魚類 *Rasbora rubrodorsalis* は、ラオス中山間農村の重要な食料タンパク源である。本種は短命で、年に複数回世代交代しながら、周年繁殖している。こうした生態的特性に基づき、本種の個体群保全には、季節的な漁獲規制より、上流域の周年的禁漁区の設定が有効である。

【キーワード】 ラオス在来魚類、成長、繁殖、小河川、保全管理

【所属】 国際農林水産業研究センター 水産領域

【分類】 技術 B

【背景・ねらい】

ラオスを含むインドシナ各国の農業水路等の農業関連水塊に、コイ科の小型在来種 *Rasbora rubrodorsalis* は広く分布する。本種は最大体長 30mm 強の小型種ではあるが、中山間農村では農業水路・水田内に豊富に分布し、農民の重要な食料タンパク源となっている。しかし、近年の外來種の侵入・定着や農村開発等による環境の変化により、本種の生息が脅かされる可能性があり、特に、中山間農村の小河川に隔離された本種個体群の衰退が懸念されている。そこで、成長・繁殖解析を通じて、本種の小河川個体群の動態を解明し、その知見に基づいた保全管理の方法を策定する必要がある。

【成果の内容・特徴】

1. *Rasbora rubrodorsalis* は（図 1）、性比が大きくメスに偏り(M:F = 0.43:1)、メスの方がオスよりも大型化する（図表略）。
2. 生殖腺熟度指数に基づく成熟メス出現率は日長とともに増加する（図表略）。繁殖盛期は 3～10 月の高水温期であるが、11～2 月の低水温期にも成熟メスは出現しており（図 2；生殖腺熟度指数 11%以上）、繁殖は周年行われている。成熟メスは、高水温期で体長 20 mm 以上、低水温期で 23 mm 以上であり（図 2）、これに基づいてメスの成熟日齢を推定すると、高水温期で生後約 50 日、低水温期で 80 日以降となる（図 3）。
3. 耳石日輪解析に基づく本種の寿命は、メスが 150 日弱、オスが 100 日弱と短命で、年に複数回の世代交代が生じていると考えられる（メスで 2～3 回／年、オスで 3～4 回／年）。
4. 本種は寿命が短いため、季節的な漁獲規制では個体群を保全することは難しい。体サイズ（最大体長 30 mm 強）から推定される遊泳能力からすれば、中流部に小滝（落差約 1 m）のある対象河川の下流部から上流部への遡上の可能性は極めて低いが、溜め池等の上流部の個体群が保全されれば、下流部への個体流下による周年的な資源供給が見込まれる。従って、上流部で周年的な禁漁措置を実施し産卵個体群を保全する一方で、下流部での継続的漁業を実施することで、本種を保全しつつ地域住民のタンパク供給に資することができる（図 4）。

【成果の活用面・留意点】

1. 魚類資源管理に関する行政機関・援助機関に、在来魚類資源保全手法として活用される。漁獲規制だけでなく、生態環境保全対策も併せて実施してゆく必要がある。
2. 同所的に生息するコイ科の *Esomus mettalicus* やタカサゴイシモチ科の *Parambassis siamensis* では、地理的隔離に起因すると推察される遺伝的多様性の低下が観察されている。本種でも同様の可能性は高く、今後マイクロサテライトマーカーの解析等を通じ、個体群の健全性を評価する必要がある。

【具体的データ】



図1 ラオス在来コイ科 *Rasbora rubrodorsalis* 親魚（体長 24.3mm）

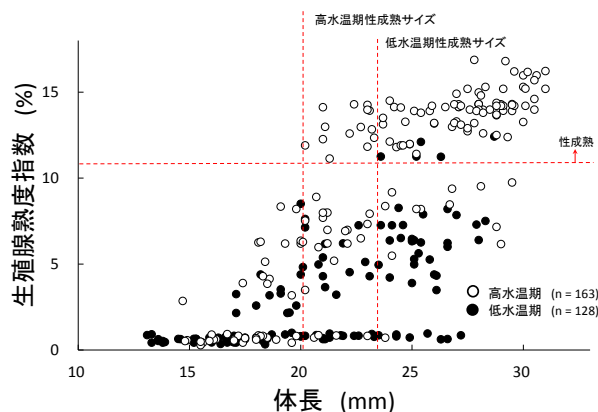


図2 高水温期および低水温期における *Rasbora rubrodorsalis* メスの生殖腺熟度指数と体長の関係

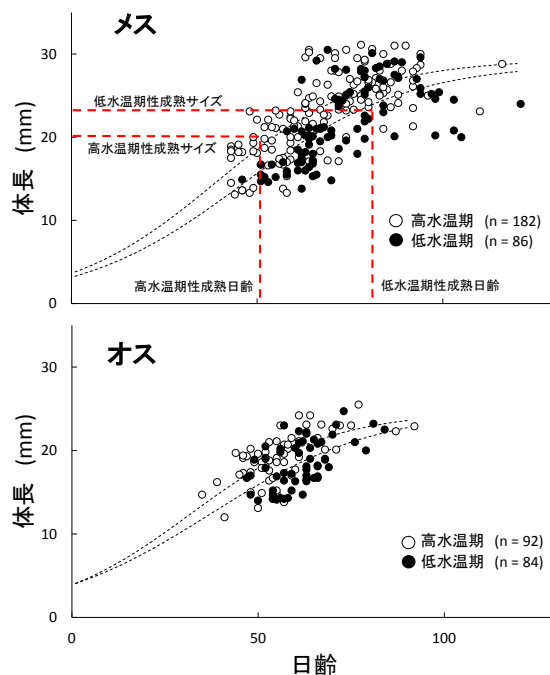


図3 *Rasbora rubrodorsalis* の雌雄別成長モデル（Gompertz growth curve を適用）

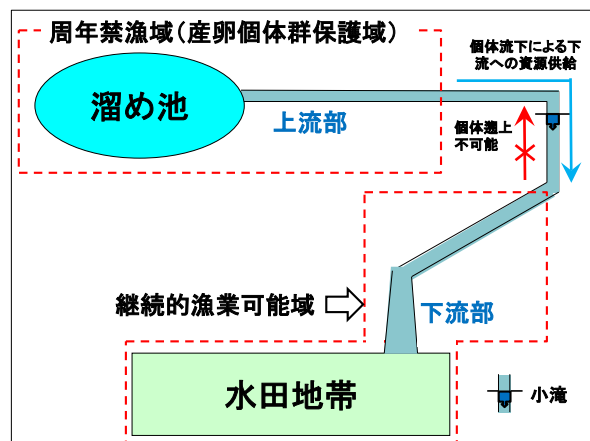


図4 本研究における *Rasbora rubrodorsalis* 分布小河川の概略図、および提言される周年禁漁域と継続的漁業可能域

【その他】

研究課題：インドシナ農山村における農家経済の持続的安定性の確立と自立度向上

プログラム名：開発途上地域の農林漁業者の所得・生計向上と農村活性化のための技術の開発

予算区分：交付金 [インドシナ農山村]

研究期間：2014 年度（2011～2015 年度）

研究担当者：森岡伸介・小出水規行（農研機構 農村工学研究所）・

Bounsong Vongvichith（ラオス水生生物研究センター）

発表論文等：Morioka et al. (2015) Ichthyological Exploration of Freshwaters, 25: 277-287.

〔成果情報名〕 中国のトウモロコシ単収に与える投入財価格・量及び環境影響の要因分解

〔要約〕 中国のトウモロコシ単収変化に与える投入財価格・量及び環境条件の影響の大きさを、要因分解法と要素需要関数、作物応答モデルを用いて推計する。推計の結果、播種密度低下やカリウム肥料増加の、単収増加への寄与度が大きい。また、播種密度の低下には種子価格の上昇が、化学肥料投入量の増加には資本・家畜費上昇が大きく影響する。

〔キーワード〕 中国、トウモロコシ単収、要素需要関数、作物応答モデル

〔所属〕 国際農林水産業研究センター 研究戦略室、社会科学領域

〔分類〕 研究 B

〔背景・ねらい〕

世界第二位のトウモロコシ生産国である中国では、単収の増加が生産量増加の有望な手段と考えられている。近年、土壌診断に基づく肥料の適正利用が進められると共に、播種密度の傾向的な低下が見られるが、単収が肥料成分や播種密度、これらを規定する投入財価格等の経済要因からどのような影響を受けているかの包括的な理解は容易ではない。そこで、2004～2012 年のマクロレベルのトウモロコシ単収変化に与える投入財価格・量及び環境条件の影響の大きさを、要因分解法と要素需要関数、作物応答モデルを用いて推計し、単収変化の要因を整理する。

〔成果の内容・特徴〕

1. 要因分解法により、全国のトウモロコシの、2004～2012 年の年当たり単収変化率 1.8%は、播種密度低下の影響(-3.4%)と種子当たり生産量増加の影響(5.2%)に分解できる (図 1)。
2. 経済要因の影響評価のための要素需要関数分析によると、種子価格上昇の種子投入量への寄与度は-3.8%で播種密度を大きく引き下げるが、地代上昇の作付面積への寄与度は-1.8%と相対的に小さい。また、肥料投入量の資本・家畜費上昇への寄与度は 2.78%と大きい (図 1)。
3. 播種密度と化学肥料投入量は、トウモロコシ主産地域である華北平原・東北地域では地代の影響を、南部の省では農機などの資本や家畜費用の影響を強く受ける (図 2)。
4. 作物応答モデル分析によると、カリウム肥料の増加は、窒素やリン酸に比べて、種子当たり生産量の増加に大きく寄与する。播種密度低下の単収への直接的な寄与度(-3.4%)と、種子生産性への寄与度(4.1%)を合計すると正の値となり、単収増加との関連が示唆される (図 1)。
5. カリウムの種子生産量への寄与度は、トウモロコシ主産地域で相対的に大きい。播種密度の低下は、播種密度が高い地域では単収増加に寄与するものの、播種密度が低いいくつかの地域では単収減少に寄与している (図 2)。

〔成果の活用面・留意点〕

1. 投入財価格・量及び環境要因が単収に与える影響を個別に把握することができるため、マクロレベルの政策効果の議論に活用できる。
2. マクロレベルの食料需給研究において考慮されることが少ない、単収と経済要因や投入財と関係进行分析の際に活用できる。
3. 播種密度と種子生産性の関係についての解釈には注意を要する。播種密度の低下は、高収量品種の普及や、それを可能にする生産条件の改善から大きな影響を受けると考えられ、これらの関係についてはさらなる検証が必要である。
4. 土壌養分の収支は考慮されていないため、解釈には注意を要する。

[具体的データ]

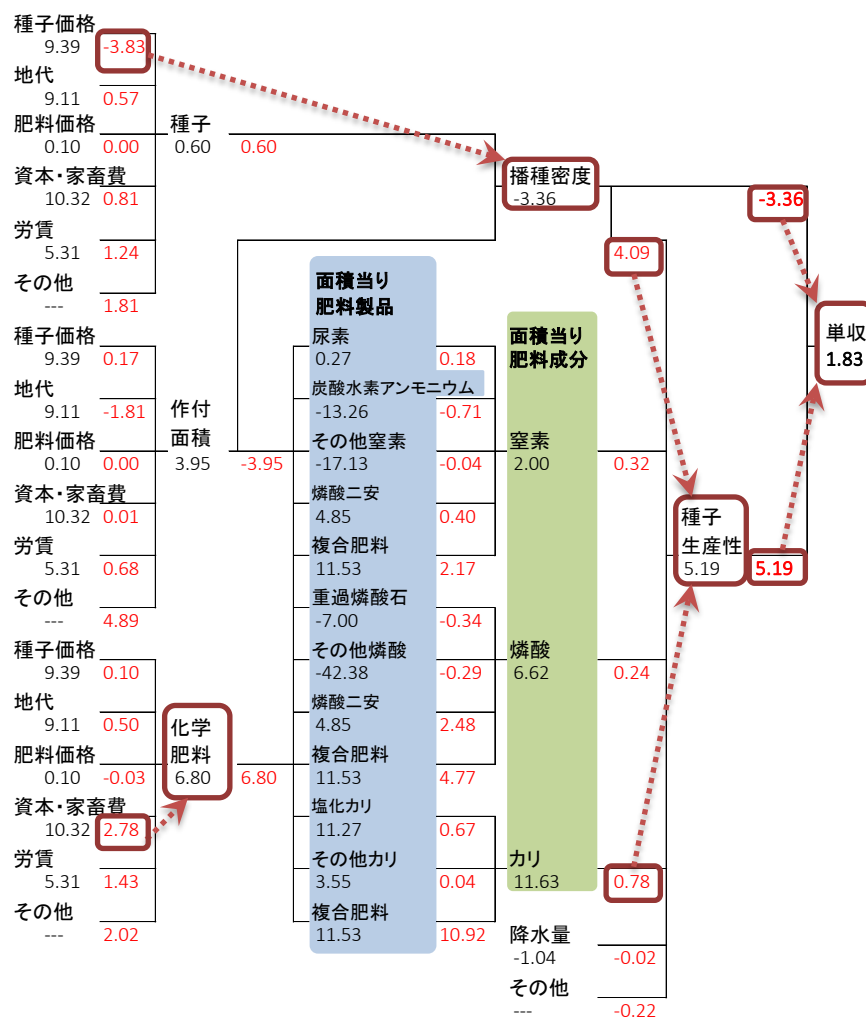
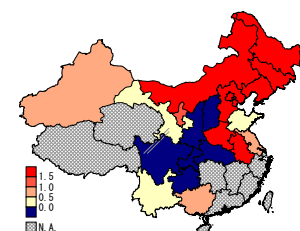
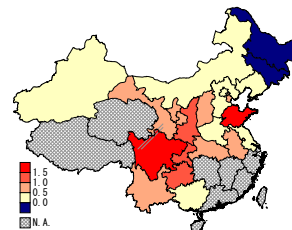


図1 中国のトウモロコシ単収に与える各要因の影響

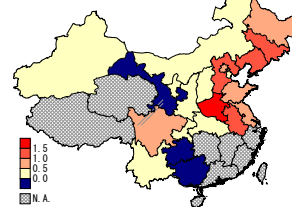
項目名の下に数字は、2004～2012年の年当たり変化率(%)、線の下に数字(赤字)は、左の項目の変化率の、右の項目の変化率への寄与度(%)。寄与度の合計は、右の項目の変化率と一致する。作付面積と化学肥料の寄与度は、面積当たり肥料製品の変化率に分解される。



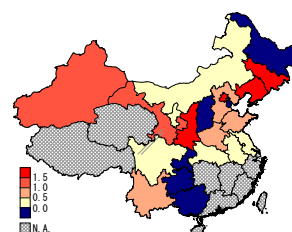
面積当たり肥料使用量の年変化率への地代の寄与度



面積当たり肥料使用量の年変化率への資本・家畜費の寄与度



年当たり単収変化率への面積当たりカリウムの寄与度



年当たり単収変化率への播種密度の寄与度

図2 省別に見た各要因の寄与度(%)

凡例は、<0, 0~0.5%, 0.5~1.0%, 1.0~1.5%, >1.5%の5区分。

[その他]

研究課題：有機物質投入の経済評価

プログラム名：開発途上地域の農林漁業者の所得・生計向上と農山漁村活性化のための技術開発

予算区分：交付金〔中国循環型生産〕

研究期間：2014年度(2013～2015年度)

研究担当者：草野栄一・銭小平・陳永福(中国農業大学)・小山修

発表論文等：Kusano et al. (2015) Effect of input prices on maize yield in China, 開発学研究, 26 (1)

(印刷後にHPに掲載)

〔成果情報名〕 タイ、ラオスの淡水魚発酵調味料の品質に影響する塩分濃度と発酵期間の重要性

〔要約〕 タイ、ラオスに共通する淡水魚発酵調味料の塩分濃度、pH、乳酸含量には地域性がある。製品中の主要乳酸菌種は、塩分が 10%より高い製品では耐塩性乳酸菌、それより低い製品では乳酸桿菌となる。主に乳酸桿菌を含む製品で乳酸含量が高い傾向が見られる。うま味成分のグルタミン酸含量は発酵の経過に伴い増加する。

〔キーワード〕 淡水魚発酵調味料、塩分、乳酸菌、グルタミン酸、発酵期間

〔所属〕 国際農林水産業研究センター 生物資源・利用領域

〔分類〕 研究 B

〔背景・ねらい〕

タイ、ラオスでは、淡水魚を塩、米糠などと混ぜ常温で半年以上発酵させる伝統的な発酵食品（タイ名：プララー、ラオス名：パデック）が地域の食生活に不可欠な万能調味料として広く普及し、保存性の高いタンパク源としても重要である。好まれる味、風味には地域性があるとも言われている。その生産は古くからの自家製に加え、販売用の工業生産も一般化しつつあり、品質向上への意識や発酵に関与する微生物への関心が高まっている。微生物の網羅的な同定と特徴的な呈味成分の数値化により（図 1）、品質の地域性や、これまで経験的に受け継がれてきた製法の合理性についての科学的根拠を生産者、消費者とも共有して品質・生産性の向上、消費拡大への取り組みを促進し、地域食料資源の活用、高付加価値化を図る。

〔成果の内容・特徴〕

1. タイ北部、中部、東北部およびラオス（ビエンチャン）で生産された 10 種の製品には、それぞれ複数種（2～8 種類）の乳酸菌が存在する（図 2A）。
2. 製品中の塩分濃度、pH には地域性があり、塩分が低いものほど pH が低い傾向がある（図 2B）。
3. 塩分が 10%より高い製品では耐塩性乳酸菌（*Tetragenococcus* 属）、それより低い製品では乳酸桿菌（*Lactobacillus* 属）が主要な乳酸菌種となり、後者で乳酸含量が高い傾向がある（図 2B）。
4. 一般的な製法で調製した製品を用いて、うま味成分であるグルタミン酸の含量を測定したところ、発酵の経過に伴い 4～6 か月目まで増加する（図 3）。

〔成果の活用面・留意点〕

1. 淡水魚発酵調味料の生産において、塩分は呈味成分（塩味）であることに加え、主要乳酸菌種とそれに伴う乳酸含量、更には品質の地域性を決定する重要な因子であり、今後は嗜好性との関連を検討すべきである。
2. 品質の重要な指標である塩分濃度および pH について、生産者に試験紙等による簡易的な測定方法を普及することで、品質・生産性を向上できる。
3. 過度の酸味の発生（酸敗）が生産時に問題となることがあるが、生産者は塩分含量を適切に管理し、乳酸桿菌の過度の増殖を防ぐことで改善し得る。
4. うま味成分（グルタミン酸）が発酵の経過に伴って一定期間増加するため、生産者は発酵期間の管理に配慮すべきである。

[具体的データ]



図1 遺伝子配列に基づく網羅的微生物同定（PCR-DGGE法）と呈味成分分析の概要

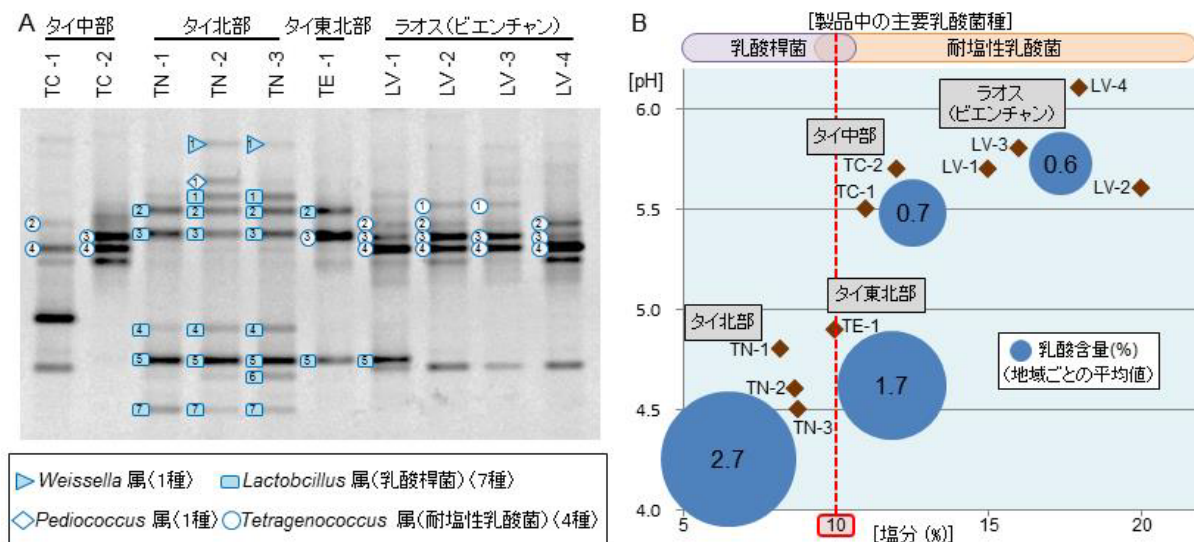


図2 プララー、パデックからPCR-DGGE法で検出した乳酸菌に見られる地域性（A）と、製品中の塩分、pH、乳酸含量および検出された主要乳酸菌の相関（B）

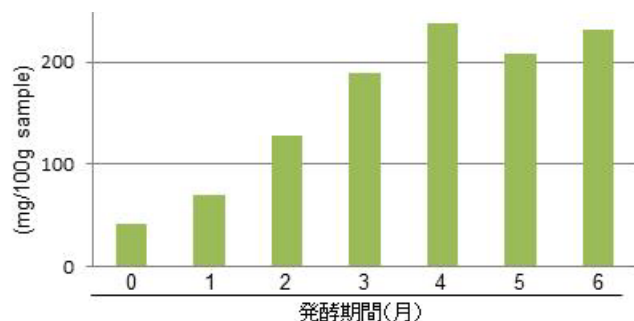


図3 発酵の経過に伴うグルタミン酸（うま味成分）含量の変化

*ライギョの一種を食塩、米糠とともに常温で6か月間発酵

[その他]

研究課題：機能性成分・微生物の性質解明と利用技術の開発

プログラム名：開発途上地域の農林漁業者の所得・生計向上と、農村活性化のための技術の開発

予算区分：交付金〔食料資源利用〕

研究期間：2014年度（2011～2015年度）

研究担当者：丸井淳一郎・Sayvisene Boulom（ラオス国立大学）・

Wanchai Panthavee（カセサート大学）・Gassinee Trakoontivakorn（カセサート大学）・

Plernchai Tangkanakul（カセサート大学）・楠本憲一（農研機構 食総研）

発表論文等：Marui et al. Bioscience of Microbiota Food and Health (in press)（印刷後にHPに掲載）

〔成果情報名〕 微生物によるセルロースの低コスト直接糖化法の開発

〔要約〕 微生物培養によりセルロースを直接糖化する方法を開発した。セルロース高分解菌クロストリジウム・サーモセラム培養時にリサイクル可能な β -グルコシダーゼを共存させると培地中にグルコースを高濃度で蓄積できる。セルロース糖化工程でセルラーゼを使用する必要が無い微生物糖化法である。

〔キーワード〕 セルロース、バイオマス、微生物糖化

〔所属〕 国際農林水産業研究センター 生物資源・利用領域

〔分類〕 主要普及成果（技術A）

〔背景・ねらい〕

セルロース系バイオマスからのバイオ燃料やバイオ化成品生産において、効率よく安価に糖化し、グルコース等の発酵糖を得るための技術開発は重要である。現在、カビを用い酵素（セルラーゼ）生産を行い、そのセルラーゼを大量に使用し糖化を行っている。しかし、セルラーゼ調製費用や糖化効率向上を狙ったセルラーゼの大量使用のため糖化プロセスが高コスト化し、実用化の大きな障害となっている。本研究ではセルラーゼを使用せず、微生物培養だけでセルロースを糖化させ、生成するセロビオースをリサイクル可能な β -グルコシダーゼによりグルコースへ変換させ、培養液に蓄積させる。微生物培養及び β -グルコシダーゼのリサイクルによる糖化のため酵素使用やコストを大幅に減らすことができる。

〔成果の内容・特徴〕

1. 本方法は、好熱性セルラーゼ高分解菌クロストリジウム・サーモセラムの培養時に好熱菌由来のリサイクル可能な β -グルコシダーゼを共存させることで、直接セルロースを糖化しグルコースを培養液に遊離、蓄積させる糖化法である（図1）。本方法を生物学的同時酵素生産・糖化(Biological Simultaneous Enzyme-production and Saccharification: BSES)法¹⁾と命名した。
2. 10% (w/v) セルロースを含んだ培地に本菌の培養と同時に1g セルロースあたり10ユニット（1ユニットは1分間に1 μ molのグルコースを生成する酵素活性力）の耐熱性 β -グルコシダーゼを共存させると、6～8日間で約7% (w/v)のグルコースを培養液中に蓄積する（図2）。
3. 本菌は、セルロース分解生成物であるセロビオース（グルコースが β -1,4結合した2糖）のようなセロオリゴ糖は速やかに代謝するが、共存する β -グルコシダーゼにより強制的にグルコースへ変換された後は代謝されずに培養液に蓄積されていく。
4. 実際のバイオマスサンプルとして、アルカリ前処理稲わら（セルロース10%含有）を用いてBSES法を行った結果、4～5日間で7.2% (w/v)のグルコースを培養液中に蓄積できる（図3）。
5. 従来使用していたセルラーゼを使用せず、本菌の培養とリサイクル可能な β -グルコシダーゼにより、セルロースからのバイオ燃料コスト全体の4割強を占める糖化コストを全体の約1割の培養コストのみに圧縮できる点で、これまでに無い画期的糖化技術である。

〔成果の活用面・留意点〕

1. クロストリジウム・サーモセラムはヘミセルロース糖化物であるキシロース、キシロビオースは代謝出来ないため、グルコースと同様に培地中に蓄積させることができる（図3）¹⁾。
2. セルロースに結合可能な β -グルコシダーゼを使用することで、BSES法全体をリサイクルすることができるが、非特異的吸着により糖化能低下の場合は少量追加するとよい（図1）²⁾。
3. 糖蓄積が起こった培養液は、糖液として直接エタノール発酵等へ利用することができる¹⁾。

[具体的データ]

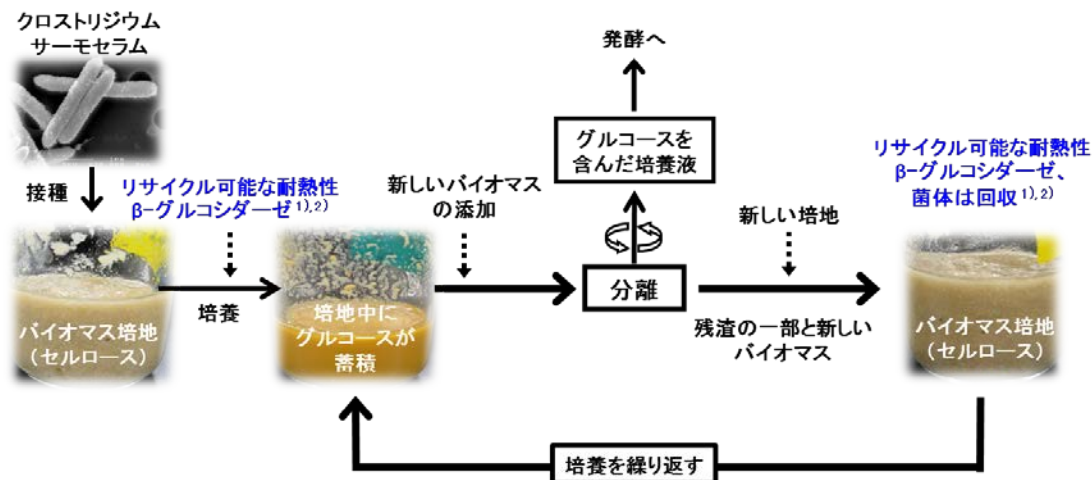


図1 セルロース高分解菌を利用した生物学的同時酵素生産・糖化(BSES)法

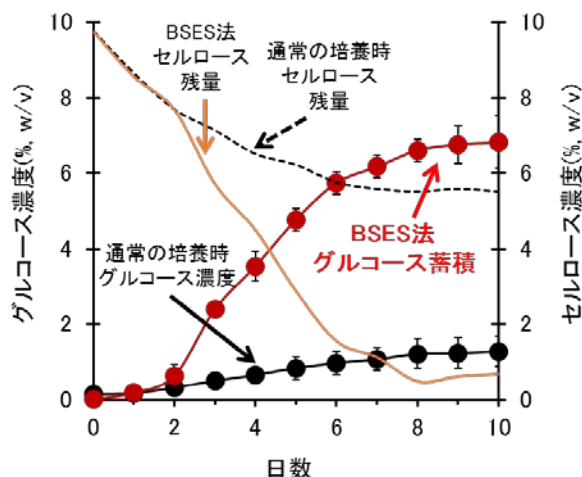


図2 BSES法によるセルロースからのグルコース生産

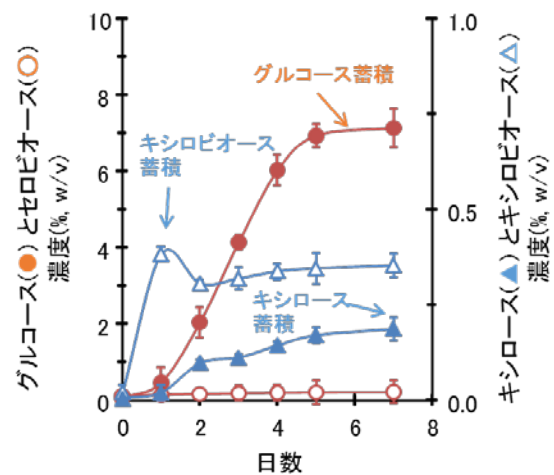


図3 BSES法によるアルカリ前処理稲わらからのグルコース・キシロース生産

[その他]

研究課題：熱帯農作物残渣からのバイオエタノール生産技術開発

プログラム名：開発途上地域の農林漁業者の所得・生計向上と農村活性化のための技術の開発

予算区分：交付金 [アジアバイオマス]、受託 [農水省・草本を利用したバイオエタノールの低コスト・安定供給技術の開発 (平成 24～25 年)]

研究期間：2014 年度 (2011～2015 年度)

研究担当者：小杉昭彦・Panida Prawitwong、Rattiya Waeonukul (キングモンクット工科大学)・
Chakrit Tachaapaikoon (キングモンクット工科大学)・
Khanok Ratanakhanokchai (キングモンクット工科大学)

発表論文等：1) Prawitwong P et al. (2013) Biotechnol Biofuels, 6:184-195

2) 小杉昭彦ら 平成 23 年度国際農林水産業研究成果情報 19 号 13「酵素投入コスト削減のためのセルロース分解酵素リサイクル利用法」

3) 小杉昭彦ら 「グルコースの生産方法」特許出願番号 PCT/JP2013/056511

〔成果情報名〕 インドネシアのオイルパーム開発プログラムが小規模農家に与えた影響

〔要約〕 インドネシアにおけるオイルパーム開発プログラムである NES システムは、施肥の改善と優良種苗の提供を通じて、小規模農家のオイルパーム果房収量を改善できる。

〔キーワード〕 オイルパーム 小規模農家 収量 インドネシア

〔所属〕 国際農林水産業研究センター 研究戦略室

〔分類〕 行政 B

〔背景・ねらい〕

インドネシア政府は、1977 年から、Nuclear Estate Smallholders（以下「NES」）システムと呼ばれるオイルパームプランテーション開発プログラムを実施している。本プログラムは、企業がプランテーション開発を行う際、開発された農地の一部を小規模農家（以下現地での呼称に従い「プラズマ農家」）に分配することにより、企業が地域社会と開発の利益を共有することを目的としている。プラズマ農家には、融資、技術指導、生産物の買い取り等の支援が企業によって行われる。

NES システムの成否は事例による差が大きい、比較の対象が無いため定量的な把握が困難である。一方、近年、NES システムのような企業との協力プログラムに参加しないオイルパームの独立的小規模農家（以下「独立農家」）が、スマトラ島を中心に増加している。このため、企業の支援を受けたプラズマ農家と、支援を受けていない独立農家の生産状況を農村調査結果に基づき比較することにより、同島の NES 事例を対象にその効果を定量的に評価する。

〔成果の内容・特徴〕

1. 一般に、オイルパームの樹齢は果房収量に強い影響を与え、果房の収穫が可能となる樹齢 3 年から収量は順次増加し、平均的には樹齢 8～13 年の間最大となった後、漸減する。スマトラ島リアウ州のパーム油企業 A 社が実施した NES 事例では、樹齢 20 年以上のプラズマ農家で、さらに収量を増加・維持させているものがある（図 A）。一方、同州の企業 B 社が実施した NES 事例では、このような高樹齢のプラズマ農家の収量増加はみられない（図 B）。また、A 社事例では、プラズマ農家の純収益は独立農家を大きく上回る（図 2）。
2. A 社事例について、農家の施肥量を比較すると、いずれの成分でもプラズマ農家の施肥量は独立農家を上回っている。特に、収量を高めるために重要なカリの施肥量は、独立農家では施肥基準を下回っている（図 3）。施肥の適正化が、プラズマ農家の収量増加の一因である。
3. オイルパームの生産性に強い影響を与える種苗について、その入手元を比較すると、プラズマ農家は全員が企業から品質の保証された改良品種の提供を受けている。一方、独立農家の大部分は農村の資材販売店等で販売されている種苗（品質保証なし）や、近隣のオイルパーム農家が自家生産した苗（実生苗であり品質が劣る）を入手している（図 4）。企業が行った優良種苗提供も、プラズマ農家の収量増加の一因である。
4. A 社が継続的にプラズマ農家に技術指導を実施していること、農家と交わした融資返済条件や農地所有権に関する契約が守られたこと、A 社は果房生産の多くをプラズマ農家に依存し小規模農家を支援する動機づけが高かったことも、プラズマ農家の収量増加に寄与している。

〔成果の活用面・留意点〕

1. 小規模オイルパーム農家の収量改善の指針として行政機関が利用できる。
2. 独立農家は農家間の資本や技術水準の格差が大きいことに留意する必要がある。
3. プラズマ農家と独立農家の樹齢構成が異なることに留意する必要がある。

[具体的データ]

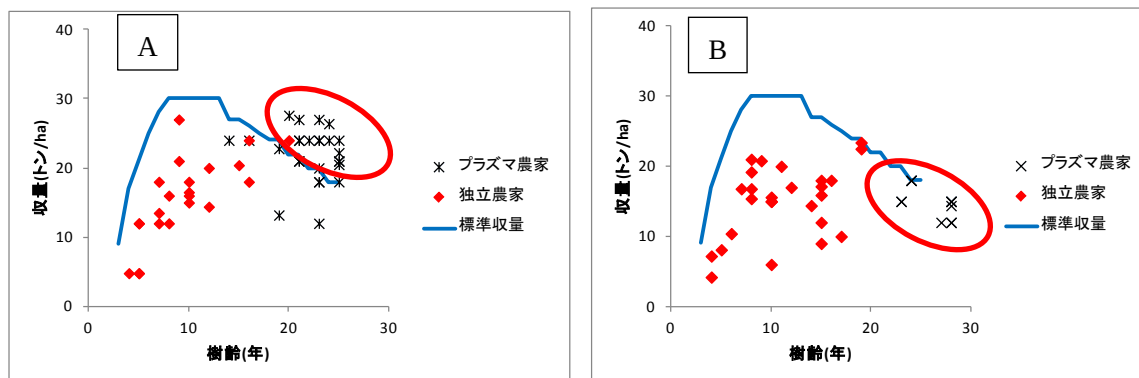


図1 オイルパーム樹齢と果房収量の関係 (A: A社事例、B: B社事例)

標準収量は、Adlin(1990)に基づく標準的な樹齢と果房収量の関係を示す。A社事例では、樹齢20年以上のプラズマ農家で、さらに収量を増加・維持させているものがある(図中赤楕円部分)。

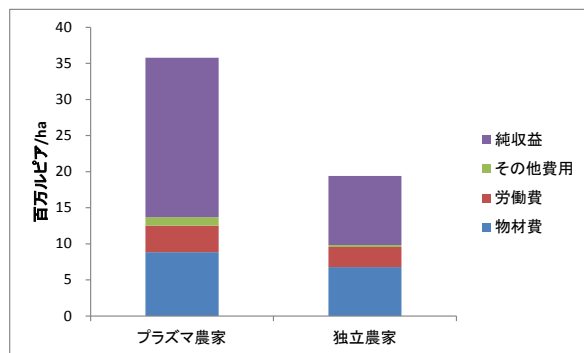


図2 農家の果房生産費と収益 (A社事例)

プラズマ農家: 26戸、独立農家: 22戸の平均値。純収益、その他費用は1%、労働費、物材費は5%水準でプラズマ農家・独立農家間に有意な差がある。

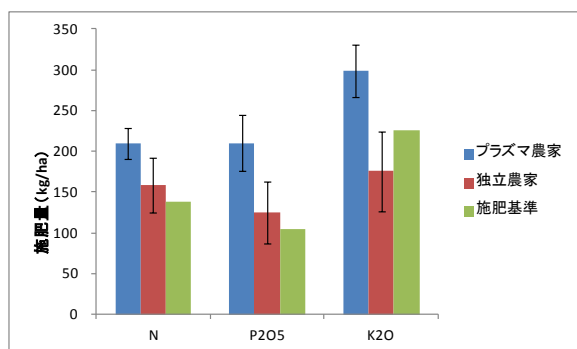


図3 農家の施肥量 (A社事例)

プラズマ農家: 12戸、独立農家: 8戸の平均値。エラーバーは標準誤差。

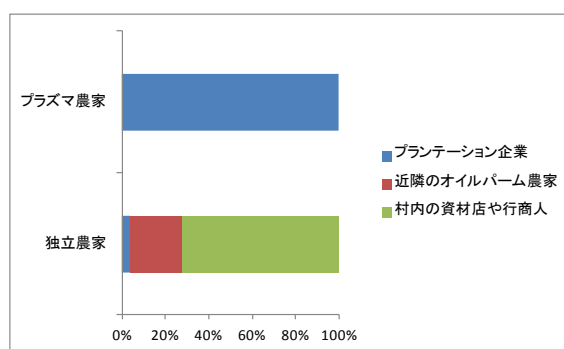


図4 農家のオイルパーム種苗の入手元 (A社事例)

プラズマ農家: 27戸、独立農家: 25戸。

[その他]

研究課題: ランドラッシュがもたらすリスクと機会: インドネシアの経験

プログラム名: 開発途上地域の農林漁業者の所得・生計向上と農村活性化のための技術の開発

予算区分: 科研費 [基盤研究 B]

研究期間: 2013年度 (2011~2013年度)

研究担当者: 杉野智英

発表論文等: 1) 杉野ら (2013) 2013年度日本農業経済学会論文集: 319-326

2) 杉野ら (2014) 2014年度日本農業経済学会論文集: 242-247

〔成果情報名〕 マレーシア半島地区における林業種苗配布区域の設定手法

〔要約〕 東南アジア熱帯雨林において林業用種苗の地域間移動に制限が設けられていない。そこで、マレー半島に分布する林業樹種の遺伝的変異のパターンを明らかにし、科学的根拠に基づいた地域間の遺伝的な違いを考慮した林業種苗配布区域を設定する手法を提示する。

〔キーワード〕 マレーシア半島地区、有用林業樹種、遺伝的変異、地域適応、種苗配布区域

〔所属〕 国際農林水産業研究センター 林業領域

〔分類〕 主要普及成果（行政A）

〔背景・ねらい〕

数年に一度、不定期に一斉開花が生じる東南アジアの湿潤熱帯地域では、一斉開花の起こった地域で大量に種苗が生産される。そのため、通例、開花規模が小さいか開花しなかった地域へ種苗輸送が行われる。しかし、環境の異なる地域間の移動は植栽した種苗の定着や成長に影響を与え、生産性を低下させる恐れがあると共に、地域環境に適応した遺伝変異を攪乱する。そこで、マレーシア半島地区の林業樹種の遺伝的変異データを例示し、地域間で検出した遺伝的な違いに基づいて林業種苗配布区域を設定する必要性を現地研究機関と行政機関に示すと共に、現地研究機関に林業種苗配布区の設定手法を普及する。

〔成果の内容・特徴〕

1. 林業種苗の地域間移動を制限する種苗配布区域を設定する手法を紹介しており、現地研究機関が独自に他の重要な林業樹種について本手法を活用できる（図1）。
2. マレーシア半島地区において主要な林業樹種である異なるフタバガキ科樹種の地域間の遺伝的な違いから、樹種毎に種苗配布区域を設定することの重要性を示している（図2；文献2,5）。
3. 種苗配布区域の必要性を利害関係者が理解し易い構成内容のパンフレットにしている（表1）。そこではマレーシア国内での研究結果を紹介すると共に、先進国で既に設定された種苗配布区域の実例を織り交ぜ重要性が理解されるよう工夫されている。

〔成果の活用面・留意点〕

1. 移動した種苗の環境への不適合がある場合、配布区域の設定によって未然に環境への不適合を防止できる。また、移動された地域に生育する同種への遺伝的な攪乱を防ぐことができる。
2. カウンターパート機関では本手法を活用し今後種数を増やす予定であり、既に遺伝マーカーの開発に着手している（文献1,3,4）。また、行政機関に配布区域を提案する計画を持っている。
3. 遺伝的多様性の地理的構造は空間内を連続的に変化する。よって州境などを区域の境界に指定するのは利便性の為である。今後、利害関係者間での調整が必要であるため、本例では大まかな領域しか明示していない。
4. 地域適応を観察するためには、異なる地域への移植試験による長期モニタリングを行うか、多数の遺伝子を網羅的に解析し、自然選択に対して非中立な遺伝子座を検出する必要がある。これらの手法は時間及びコストを膨大に費やすため、本成果では中立的な遺伝マーカーを利用している。
5. 自然選択に中立的な遺伝マーカーを用いているので、地域適応を反映していない場合がある。地域適応に関わる遺伝的変異データが得られた場合には、種苗配布区域を改善する必要がある。

[具体的データ]

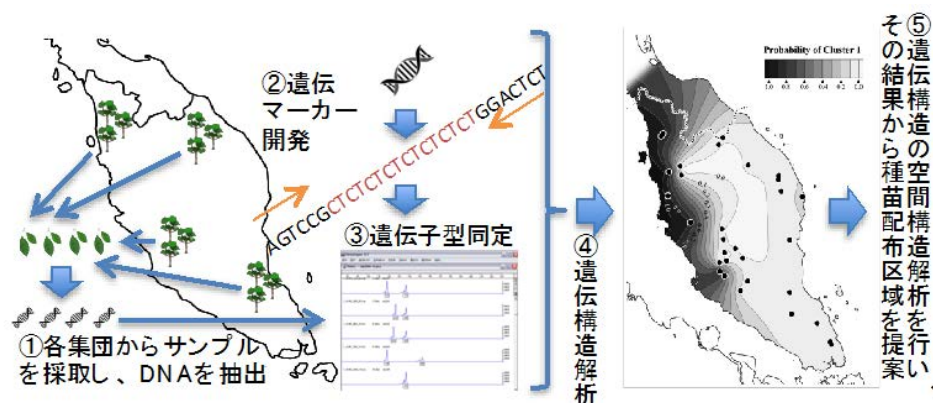


図1 種苗配布区域を提案するための解析の流れ(1~5)

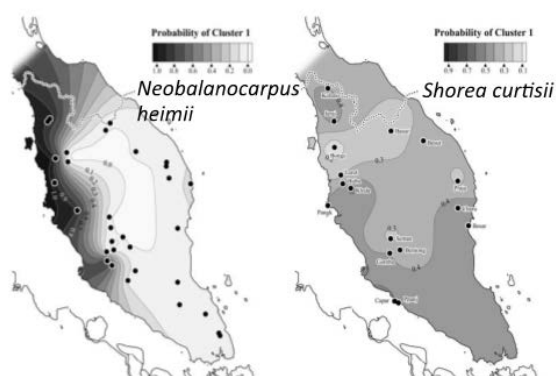


図2 遺伝構造のパターンが異なる主要樹種の例

左の *Neobalanocarpus heimii* では明確な地理的な遺伝構造が検出されたが、右の *Shorea curtisii* では明確な地理的遺伝構造は検出されない。前者では地理的構造に基づいた種苗配布区域の設定が望ましいが、後者ではその必要性は薄い。

表1 普及を促すパンフレットの構成(左)及びその表紙(右)

1) 種苗の移動で危惧される問題とその理論的背景
2) 種苗の配布区域を設定するために必要とされる研究とその長所・短所
3) 世界の林業用種苗の配布区域の設定例
4) マレーシア半島地区において種苗配布区域の設定を必要とする林業樹種の例
5) マレーシア半島地区において種苗配布区域の設定を必要としない林業樹種の例
6) 今後、遺伝的多様性解析を行う予定のある樹種



[その他]

研究課題：マレーシア・フタバガキ択伐林業の持続性評価及び向上技術の開発

プログラム名：開発途上地域の農林漁業者の所得・生計向上と農村活性化のための技術の開発

予算区分：交付金〔持続的林業〕

研究期間：2014年度(2011~2015年度)

研究担当者：谷 尚樹・Norwati Muhammad・Lee Soon Leong・Ng Chin Hong・Tnah Lee Hong・Kevin Kit Siong Ng・Lee Chai Ting・Nurul Farhanah Zakaria(マレーシア森林研究所)・津村義彦(筑波大学)

発表論文等：1) Lee CT et al. (2014) Cons Genet Res 6:389-391

2) Ohtani M et al. (2013) Mol Ecol 22:2264-2279

3) Ohtani M et al. (2012) Cons Genet Res 4:351-354

4) Ng KKS et al. (2009) Cons Genet Res 1:153-157

5) Tnah LH et al. (2009) Forest Ecol Manag 258:1918-1923

〔成果情報名〕 オイルパームからプラスチック原料に有望な *p*-ヒドロキシ安息香酸を抽出する

〔要約〕 オイルパームから亜臨界水抽出によってプラスチック原料に有望な *p*-ヒドロキシ安息香酸等の低分子量フェノール性物質を抽出する最適条件と部位別の収率を示す。種子殻や葉柄は *p*-ヒドロキシ安息香酸の抽出原料として評価できる。

〔キーワード〕 オイルパーム、廃棄物、*p*-ヒドロキシ安息香酸、機能性プラスチック

〔所属〕 国際農林水産業研究センター 林業領域

〔分類〕 技術B

〔背景・ねらい〕

マレーシアは世界で最もパーム油の生産量の多い国の一つである。オイルパーム (*Elaeis guineensis* Jacq., Arecaceae) からは、工場に集積される空果房や種子殻、プランテーションに残される葉柄や幹などの廃棄物が大量に発生する。こうしたオイルパーム部位から亜臨界水を用いてプラスチック原料に有望な物質を抽出できれば、廃棄物資源の有効利用に役立つことになる。

〔成果の内容・特徴〕

1. マレーシアのオイルパームプランテーションで採取した各部位は、*p*-ヒドロキシ安息香酸の原料として 11 種類に分別される (図 1)。
2. 亜臨界水は、100℃～150℃以上かつ臨界点温度(374℃)以下において加圧により液体状態を保った水の事である。熱分解反応が起こる超臨界水(374℃以上)抽出と比較して、亜臨界水抽出は加水分解力が高い特徴を持つ。
3. オイルパームの亜臨界水抽出物には *p*-ヒドロキシ安息香酸等の低分子量フェノール性物質が含有されている (図 2, 3)。 *p*-ヒドロキシ安息香酸はそのまま、あるいは微生物変換して生分解性等の機能性を持つプラスチック等の原料として利用することができる。
4. オイルパームの亜臨界水抽出を、温度・時間の組み合わせによって変換・抽出の最適条件を決定している。そこでは、温度が大きく影響している (図 2)。
5. *p*-ヒドロキシ安息香酸はオイルパームにもともと含有されているが、亜臨界水処理によってエステル結合が加水分解されて収率(抽出原料に対する%)が著しく増加する (図 2 A)。通常の熱水抽出に相当する 100℃の抽出と比較して 200℃の抽出では収率が 55 倍に増加している。
6. オイルパーム各部位の中で *p*-ヒドロキシ安息香酸の収率が最大なのは種子殻である。葉柄(葉を含む)は収率が高くはないが、空果房や樹幹の 6 倍以上にもなる廃棄物資源量を考慮すると有望な部位である (図 3)。

〔成果の活用面・留意点〕

1. 最適条件(温度、時間)での亜臨界水抽出は、有機溶媒、酸、アルカリ等の薬品を使用せずに、フェノール性物質を抽出できる環境負荷の低い方法である。
2. 葉柄は現在有効な利用法がなく大部分がプランテーション内に放置されているため、収集する必要がある。一方、最も *p*-ヒドロキシ安息香酸の収率が高かった種子殻はパーム核油製造工場等に集積される(工場内で廃棄物として発生する)ため、利用し易い原料である。
3. 亜臨界水抽出は 200℃程度の高温に耐える耐圧容器と温度制御装置があれば行うことができ、超臨界水抽出と比較して機械の費用或使用エネルギー等の点で有利である。

[具体的データ]

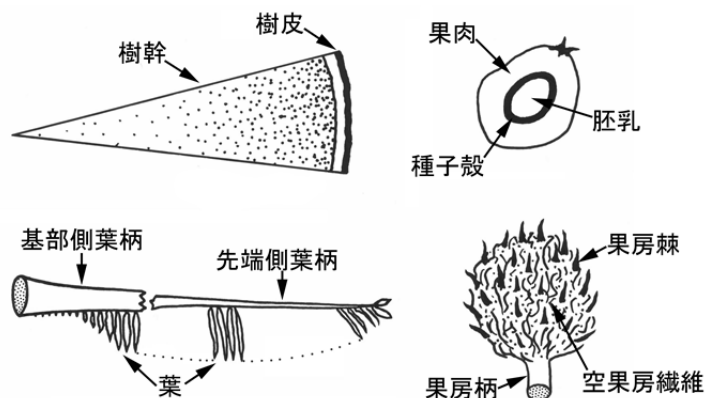


図1 オイルパーム各部位

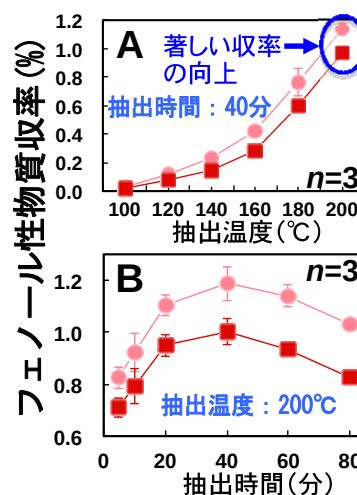
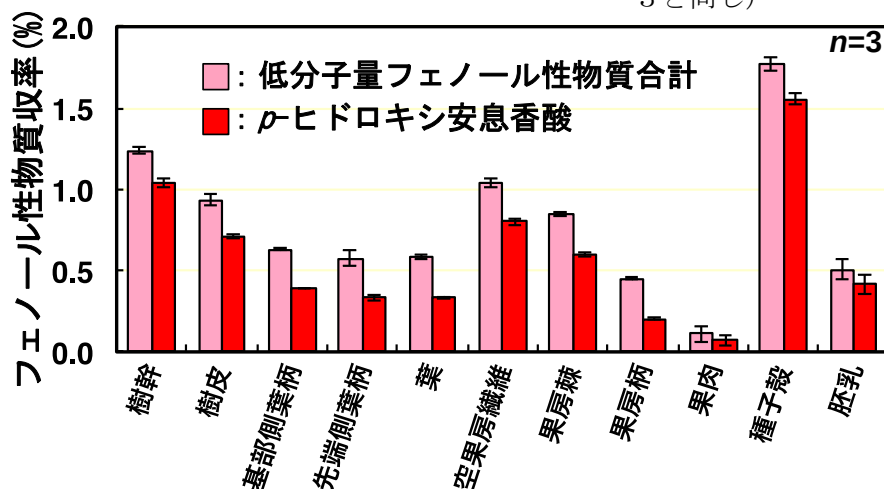


図2 亜臨界水抽出における温度(A)と時間(B)の影響（凡例は図3と同じ）

図3 オイルパーム各部位からの低分子量フェノール性成分収率
(抽出温度と時間：200℃、40分)

[その他]

研究課題：プランテーション・人工林からの生産物の多用途利用技術の開発

プログラム名：開発途上地域の農林漁業者の所得・生計向上と農村活性化のための技術の開発

予算区分：交付金〔東南アジア・バイオマス〕〔持続的林業〕

研究期間：2012年度（2006～2010、2011～2012年度）

研究担当者：河村文郎（森林総合研究所）・Rokiah Hashim（マレーシア理科大学）・

Othman Sulaiman（マレーシア理科大学）・Nur Syahirah Saary（マレーシア理科大学）

発表論文等：1) Kawamura F. et al. (2014) Japan Agricultural Research Quarterly, 48(3):355-362

2) 河村文郎 (2008) グリーンスピリッツ, 4(3):10-13

〔成果情報名〕 マレーシアにおけるハイガイ養殖の生産阻害要因

〔要約〕 近年マレーシア半島西岸のハイガイ漁場で顕在化している、稚貝発生量の減少および養殖過程での大量死の要因を把握する。稚貝発生量減少は、過度の有機物負荷に伴う還元的環境が貝の性成熟不良を招いたことが原因であると考えられる。一方、大量死は、大量出水に伴う環境変化が貝の摂餌不良・栄養吸収阻害を引き起こしたことによる衰弱が主因であると判断される。

〔キーワード〕 ハイガイ、マレーシア、生産阻害要因、沿岸環境、二枚貝養殖

〔所属〕 国際農林水産業研究センター 水産領域

〔分類〕 研究 B

〔背景・ねらい〕

ハイガイ *Anadara garanosa* は東南アジア諸国の各地沿岸で養殖される重要種である。ハイガイの生息に好適な泥干潟が広がるマレーシア半島西岸は、本種の地蒔き養殖の中心漁場であり、天然に大量発生する本種稚貝は養殖用種貝として周辺国にも輸出されている。近年、この西岸の漁場ではハイガイ稚貝の発生量の減少、養殖過程での大量死が顕在化している。このため、ハイガイ養殖の安定生産の実現には、その原因究明と対策が重要な課題である。本研究では、ハイガイ養殖漁場における生産阻害要因を明らかにし、今後の対策を考察する。

〔成果の内容・特徴〕

1. ハイガイ養殖漁場の 3 定点で行った定期調査により、1 つの定点で採集されるハイガイに性成熟不良が認められる（図 1）。また、環境調査から同定点の底質は著しく還元化しており（図 2）、周辺から供給される有機物負荷がハイガイの性成熟不良の一因になっているものと判断される。
2. 2012 年 2 月中旬に発生したハイガイの大量死事例（河口域周辺で死亡率 30% 以上）の解析から、ハイガイは産卵期にあり、消化管の状態から摂餌不良（図 3）を来し、消化盲嚢上皮の状態から栄養吸収に障害が生じたものと推察される（図 4）。また、気象解析から大量死発生時は 30 mm/日以上以上の降水が週に 4 日間も集中しており、周辺河川からの淡水および懸濁物の流入に伴う環境変化が、産卵期で環境耐性が低下するハイガイを摂餌不良および栄養吸収障害に陥れ、衰弱死に導いた可能性が示唆される。

〔成果の活用面・留意点〕

1. ハイガイ養殖の安定化にはハイガイ稚貝の安定確保と養殖過程の死亡を抑えることが重要である。今後、ハイガイ養殖の漁業管理の一環として、漁場周辺に流入する河川流域の水質管理と漁場の底質管理を進め、ハイガイ養殖の安定化を図り、生産性向上に繋げる必要がある。
2. ハイガイの養殖漁場周辺の河川流域管理および底質管理の実現には、マレーシア政府による行政主導の沿岸環境管理と、漁業者らが自主的に進める漁業管理が不可欠である。今後、これらの体制づくりをマレーシア水産局に提案し、実現を目指す。

[具体的データ]

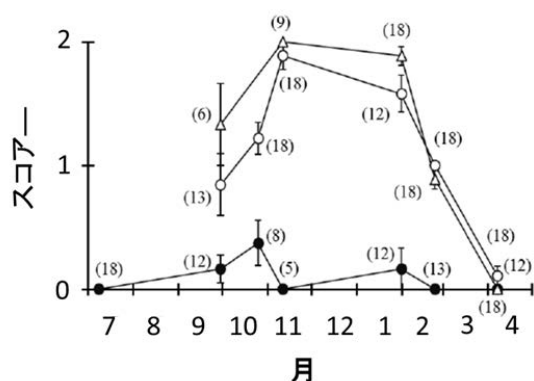


図1 肉眼観察によるハイガイの生殖腺部位の肥大状況

スコア、0：未発達、1：やや発達、2：顕著に発達、括弧内の数字は観察個体数、グラフ結果は、調査点2と3（○と△）で生殖腺の顕著な発達が11月以降に見られるのに対し、調査点1（●）では発達が見られない。平均値の誤差範囲は標準誤差を示す。

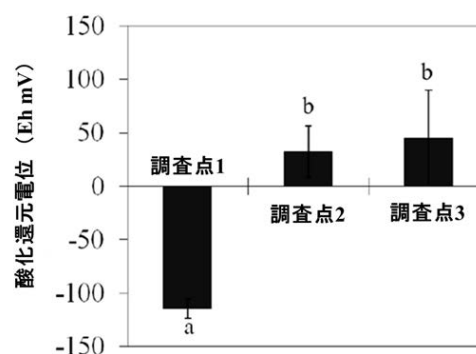


図2 酸化還元電位による養殖漁場海底表層の底質ハイガイの性成熟がみられない調査点1では底質の著しい還元化が見られた。グラフのaとbの間には有意差（ $P < 0.01$ ）が認められる。調査はハイガイの生殖腺が発達する11月に実施した。平均値の誤差範囲は標準誤差を示す。

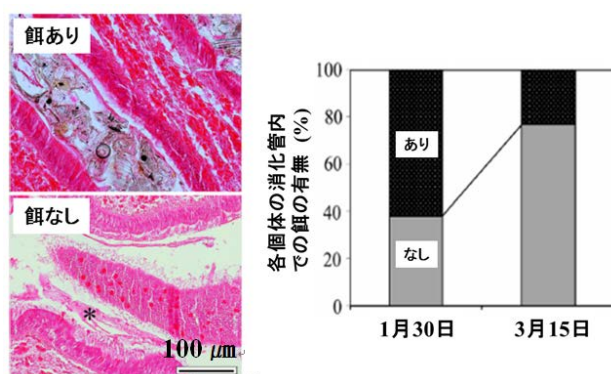


図3 大量死発生前後のハイガイ消化管内の餌の有無

写真は、餌あり：餌で充満する消化管、餌なし：*印は餌を含まない消化管。

グラフは大量死発生後に餌を摂餌していない個体数の増加を示す。

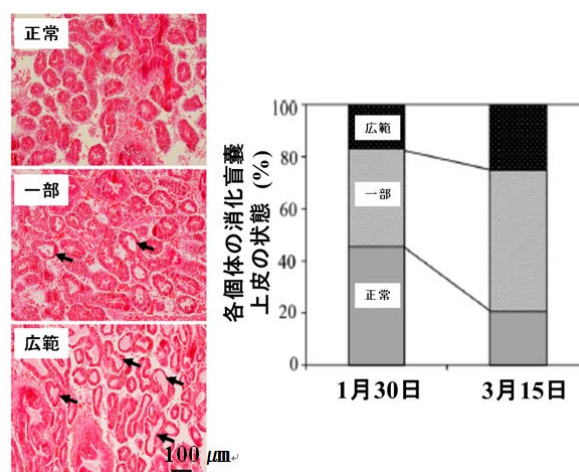


図4 大量死発生前後のハイガイ消化盲嚢上皮の状態

写真は、正常：正常状態、一部：一部に盲嚢上皮の扁平化（矢印）、広範：広範な上皮の扁平化（矢印）。

グラフは大量死発生後に盲嚢上皮が扁平化した個体数の増加を示す。

[その他]

研究課題：漁場環境収容力に配慮したハイガイの持続的増養殖技術の開発および漁場管理の試行

プログラム名：開発途上地域の農林漁業者の所得・生計向上と農村活性化のための技術の開発

予算区分：交付金〔熱帯沿岸域養殖〕

研究期間：2014年度（2011～2015年度）

研究担当者：坂本達也・Faizul Mohd Kassim（マレーシア水産研究所）・

伏屋玲子（水産工学研究所）・Alias Bin Man（マレーシア水産研究所）

発表論文等：1)Yurimoto et al. (2014) International Journal of Aquatic Biology, 2(3):115-123.

2)Yurimoto et al. (2014) International Aquatic Research, DOI: 10.1007/s40071-014-0077-3.

〔成果情報名〕 ミャンマーの主要作物の生産・貿易情報

〔要約〕 地図及びグラフにより、ミャンマーの主要作物の生産及び貿易関係統計データを示す。作付面積や単収、貿易量・額などの基礎データと共に、これらを基に推計した土地利用率や単収変化の生産量変化への寄与率、自給率、輸出率などを網羅的に示す。

〔キーワード〕 ミャンマー、作物生産、地図

〔所属〕 国際農林水産業研究センター 研究戦略室

〔分類〕 行政 B

〔背景・ねらい〕

2011 年の民政移管後世界的に注目されるミャンマーの農業分野は、肥料や農機などの投入が限られていることもあり、大きな潜在力があると期待されている。ミャンマー農業においては、マメ類やヒマワリなどの油糧作物が重要な位置を占めているが、これらの空間的・時間的特徴を包括的にとりまとめた資料はなく、これらの生産がどのような地域で、どのように推移してきたかを把握するのは容易ではない。そこで、これまでに公表された農業生産・貿易関係統計データを収集し、地図とグラフを用いて整理し、空間的・時間的特徴を容易に把握できるようにする。

〔成果の内容・特徴〕

1. 主要作物であるイネ等に加えて、ゴマやヒマワリ、ラッカセイなどの油糧作物や、リョクトウやブラックマッペ、キマメなどの食用マメ類といった、ミャンマー農業において重要と考えられる作物のデータが網羅的に示される（表 1）。
2. 行政地図上に、作付面積、単収、生産量等の生産関連データの入手できる最新のものが示される（図 1）。これらの基礎データから推計した、2000 年から最新年までの年平均変化率や、土地利用（農地面積に占める栽培面積）、単収変化の生産量変化への寄与率、1 人当たりの生産量（食料換算量）の作物別・地域別の推計値が示される。人口データは、2014 年に公表された人口センサス結果を基に推計される。
3. グラフには、1990 年以降、データが入手できる最新の期間までの、全国の作付面積、単収、生産量、国内供給・貿易関連の推移のデータが示される（図 2）。生産関連データについては、行政地域別の動向も示す。また、GDP デフレーターや消費者物価指数により実質化した市場価格、生産者価格、貿易価格が併記される。
4. 国内供給・貿易関連のグラフには、作物ごとの自給率や輸出率の推計値に加え、貿易額・価格の並行市場為替レート換算値（公式統計の貿易関連価額データは、公定為替レート換算値）が示される。また、貿易価格と国内市場価格を併記し、同一作物の国内外での価格差を示す。
5. 言語は英語を主とし、コンテンツ名や解説等には日本語も併記される。

〔成果の活用面・留意点〕

1. 成果は印刷物として公表されるとともに、JIRCAS の Web ページ上からアクセスできる。公式統計資料が出版されると考えられる 2016 年以降、アップデートを検討する。
2. 行政・研究者・企業が、視覚的に、ミャンマー農業の空間的・時間的特徴を把握するために活用できる。また、生産関連データのグラフには、実質化された市場価格、生産者価格、貿易価格が併記されており、価格と農業生産の関係を分析するための基礎資料として活用できる。
3. コメの公式生産量統計が過剰に見積もられている可能性が指摘されるなど、公式統計データの信頼性には疑問が持たれている部分があるので、解釈には注意を要する。

具体的データ]

表 1 対象作物

品目グループ	品目	英名	品目グループ	品目	英名
1 イネ	1.1 雨季作	Paddy	3 食用マメ類	3.5 その他マメ類	(4) ツルアズキ Rice bean
	1.2 乾季作			(5) ライマメ	Butter bean
2 油糧作物	2.1 ラッカセイ	(1) 雨季作 (2) 冬作 Groundnut		(6) ライマメ	Duffin bean
	2.2 ゴマ	(1) 雨季作 (2) 冬作 (3) 乾季作 Sesamum		(7) ライマメ	Lima bean
	2.3 ヒマワリ	Sunflower		(8) ライマメ	Sultani bean
	2.4 オイルパーム	Oil palm		(9) ライマメ	Sultapya bean
3 食用マメ類	3.1 ケツルアズキ(ブラックマツペ)	Black gram		(10) ダイズ	Soy bean
	3.2 リョクトウ	Green gram		(11) フジマメ	Lablab bean
	3.3 キマメ	Pigeon pea		(12) エンドウ	Garden pea
	3.4 ヒヨコマメ	Chick pea		(13) レンズマメ	Lentil bean
	3.5 その他マメ類	(1) ササゲ (2) ササゲ (3) リョクトウ Cow pea Bocate bean Krishna mung	4 その他	4.1 コムギ	Wheat
				4.2 トウモロコシ	(1) 子実 (2) 穂軸 Maize
				4.3 サトウキビ	Sugarcane
				4.4 茶	Tea
				4.5 コーヒー	Coffee

(2010 年、1,000ha)

(2000-2009 年、%)

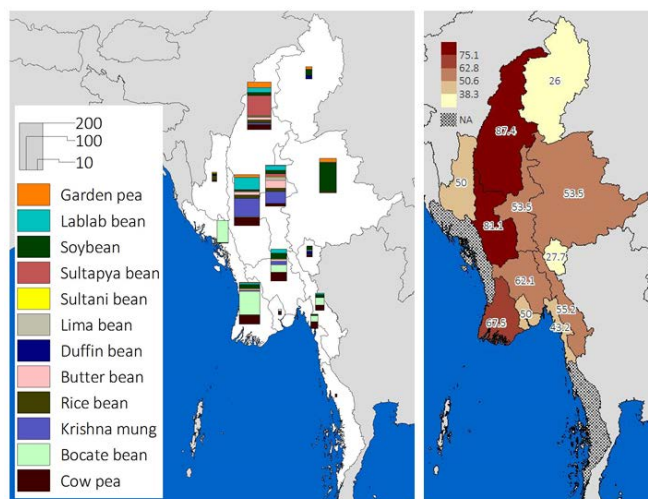


図 1 地図の例

(その他マメ類の作付面積(左)と、ゴマ単収変化の
生産量変化への寄与率(右))

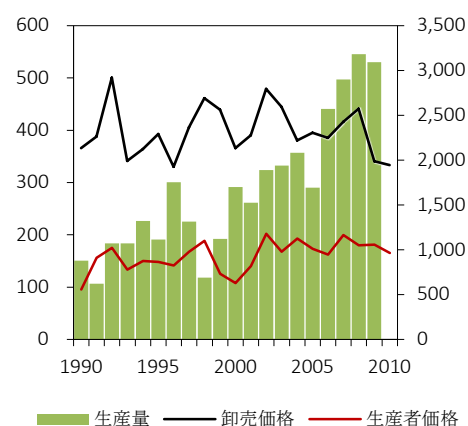


図 2 グラフの例
(雨季作ゴマの生産量と実質価格の推移)
左軸：生産量(1,000t)、右軸：価格(Kyat/Kg, 2010 年水準)
注：2010 年時点で、現地通貨 Kyat は、約 0.001 米ドル。

[その他]

研究課題：食料需給・生産構造の分析

プログラム名：国際的な農林水産業に関する動向把握のための情報収集、分析及び提供

予算区分：交付金[情報収集・提供]

研究期間：2014 年度(2011～2015 年度)

研究担当者：草野栄一・小山 修

発表論文等：1) Research Strategy Office (2014) Production and trade of major crops in Myanmar ,
Statistical Information, Research Strategy Office, JIRCAS, pp.109.

2) JIRCAS「情報収集・提供サイト」ASEAN 主要食料の需給動向、ミャンマー
<http://jircas-d.job.affrc.go.jp/Ver-1/english/demand-supply/aseanfood/>