［成果情報名］タイ在来野菜ゆで汁により抗酸化性を付与した加工米飯

［要約］バジル等の野菜・薬草等の熱水抽出物を用いて炊飯することにより、米飯に抗酸化性や風味･色などを付与することができる。抗酸化性を付与した加工米飯をレトルト包装した製品や、様々な風味の米飯フライ加工品を製造することができる。

［キーワード］抗酸化性、加工米飯、タイ野菜、レトルト包装米飯、米飯フライ加工品

［所属］国際農林水産業研究センター　利用加工領域

［分類］技術 A

［背景・ねらい］

産業利用があまり進んでいない東南アジア在来野菜の生理機能特性や加工特性を明らかにして、機能性食品等の原料として利用することにより、在来農産物の高付加価値化を目指したものである。タイ・カセサート大学と共同で、抗酸化性（食品中や生体内でおこる有害な酸化反応を防ぐ働き）に富む在来野菜を用いて、流通・保存に適した食べやすい機能性食品を開発する。

［成果の内容・特徴］

1. タイ・ラオスでは、ゆでた野菜をナムプリック（調味料ペースト類）とともに食べるのが好まれるが、この際、一般的にゆで汁は捨てられている。一方、野菜をゆでることにより抗酸化成分の一部が煮汁中に漏出する。煮汁の抗酸化性は再度加熱しても失われない。従って、野菜のゆで汁を用いて炊飯することにより、抗酸化性や野菜の風味を米飯に付与できる。
2. ゆで汁の調製には、抗酸化性を有し、かつ、好ましくない風味や強い苦み・渋みを持たない野菜を材料として選ぶ。例としては、パックブン（*Ipomoea aquatica,* 在来型のアサガオナ）、カプラオ（*Ocimum sanctum,* ホーリーバジル）、マクアプロ（*Solanum xanthocarpum,* 在来型のナス）などである。野菜は、下準備をした後に適当な大きさに切り、数倍容の水で柔らかくなるまでゆでる。冷却後、ろ過により熱水抽出液を得る。ゆでた野菜は副食として利用できる。
3. うるち米、もち米、または混合米を上記抽出液とともに、鍋または炊飯器により炊飯することにより抗酸化性付加米飯を製造できる（図１、２）。また、この抗酸化性付加米飯を用いてライスナゲットなどの加工品を製造できる（図３、４）。
4. バンコクの一般消費者 200 名以上を対象に試食およびアンケート調査を行った結果、嗜好的に概ね好評であり、ほとんどの回答者が購入を希望した。ベンチスケールでの製造コスト（人件費含む）は、レトルト包装米飯が１パック（135 g）当たり約 8 バーツ（約 22 円）、ライスナゲットが１個（30g）当たり約 4 バーツ（約 11 円）であり、現地の経済水準から見ても、十分に市販可能と判断される。

［成果の活用面・留意点］

1. 米に機能性等の付加価値を付与するタイの先行特許としては、様々な薬草の抽出物または粉末により表面をコートした米がある。
2. レトルト米飯は室温で、ライスナゲットは-20℃で６ヶ月以上、抗酸化性を保った状態で保存可能である。

［具体的データ］

図１　抗酸化性レトルト米飯
3 種類の在来野菜（アサガオナ、ホーリーバジル、在来のナス）を使った製品を開発した。

図３　抗酸化性ライスナゲット
冷凍保存可能。レンジ加熱、フライ調理してから食べる。3 種類の製品（グリーンカレー風味、豚角煮風味、モチ米を使ったタロイモとココナツ風味）を開発した。

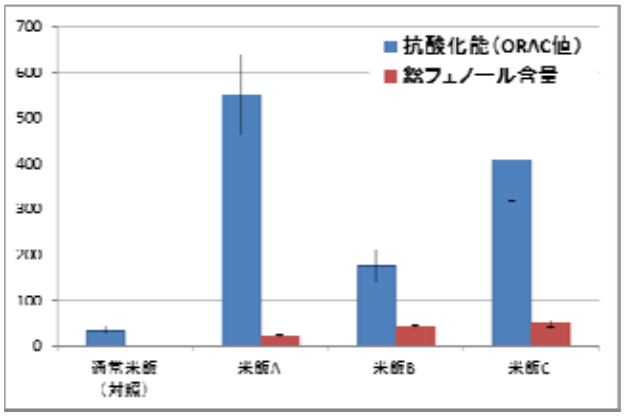


図２　野菜熱水抽出物による米飯への抗酸化性の付与
米飯 A はアサガオナ、米飯 B はホーリーバジル、米飯 C は在来のナスから製造したもの。抗酸化性（活性酸素吸収能）は ORAC 標準法により測定し、１袋（135 g）当たり μ モル Trolox 当量で表した。Trolox は標準抗酸化物質。総フェノール含量は、Folin のフェノールの試薬を用いて測定し、１袋（135 g）当たり mg 没食子酸量で表現した。没食子酸は標準フェノール化合物。

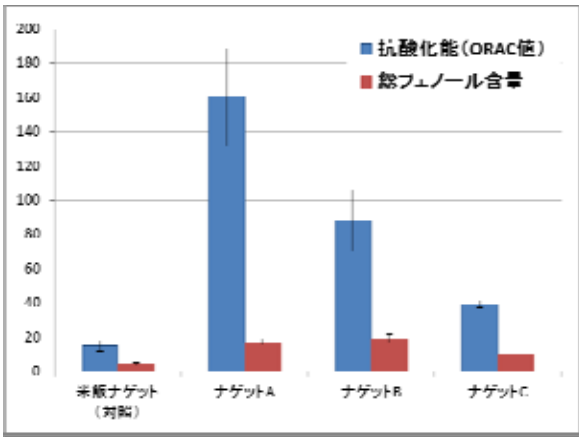


図４　ライスナゲット製品の抗酸化性
ナゲット A はグリーンカレー風味、ナゲット B は豚角煮風味、ナゲット C はモチ米を使ったタロイモとココナツ風味の製品。抗酸化性と総フェノール含量は図２と同様に測定した。各数値は、製品１個（30 g）当たりのもの。

［その他］

研究課題：アジア農産物の高付加価値化
中課題番号：A-1)-(5)
予算区分：運営費交付金〔高付加価値化〕
研究期間：2009〜2010 年度
研究担当者：中原和彦・G. Trakoontivakorn・P. Tangkanakul（カセサート大学食品研究所）
発表論文等：1) Trakoontivakorn *et al.* (2010) Thai petty patent application No.1003001338.
2) Trakoontivakorn *et al.* (2011) JARQ 45(2):211 – 218.

［成果情報名］トウジンビエとササゲの４列配置間作、ローテーションと栽植密度の組合せにより作物バイオマスとトウジンビエ収量は増加する

［要約］トウジンビエ（栽植密度 6300 本／ha）とササゲ（栽植密度 6300～2000 本／ha）を４列配置間作で配置し、両作物をローテーションすることで、合計バイオマスは４割、トウジンビエ収量は５割増加する。

［キーワード］西アフリカサヘル地域、トウジンビエ、ササゲ、間作、ローテーション

［所属］国際農林水産業研究センター　生産環境領域

［分類］技術 A

［背景・ねらい］

西アフリカサヘル地域では、低肥沃度砂質土壌が主要作物であるトウジンビエの連続耕作や、圃場へ投与する有機物肥料、家畜から排出・生産される堆肥の絶対量を制限している。加えて社会的インフラの未整備や農家の貧困が、資材を運搬する車両や化学肥料の購入を困難にしている。そこで本報では、密植栽培に適した二目的（子実と飼料両方の生産向き）ササゲ品種を用いて、堆肥等の有機物資材や化学肥料等の外からのインプット手段を持たない農家でも、作物の作付方式のみを変えることによって増収できる技術を提案する。

［成果の内容・特徴］

1. 農家がトウジンビエとササゲの植え付け位置を視覚的に確認し、ローテーションをしやすくするために、農家が一般的に行う１列配置を改良し、４列ずつの配置とローテーションの方法を提案する（図１）。
2. ローテーションを行うことにより、合計バイオマス量及びトウジンビエ種子収量は、連続耕作と比較して４～５割増加する（図２、３）。
3. ４列配置にしても、トウジビエのバイオマス及び種子収量は、1 列配置の場合と変わらない（図２、３）。
4. 二目的ササゲ品種を用いることにより、ササゲの栽植密度を現行の 6,300 本から 32,000 本／ha まで増加した場合でも、トウジンビエのバイオマス及び種子収量は変わらない（図２、３）。

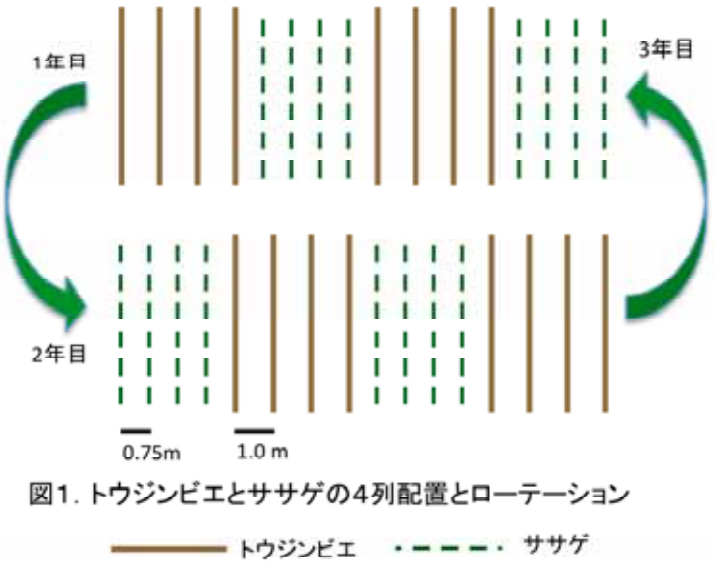


図1. トウジンビエとササゲの4列配置とローテーション

［成果の活用面・留意点］

1. 本報は、ササゲをトウジンビエと間作する時の栽培指針となる。
2. 使用するササゲ品種は、従来の匍匐型よりも、密植栽培向きの二目的ササゲ品種の方が、４列配置に適している。

［具体的データ］

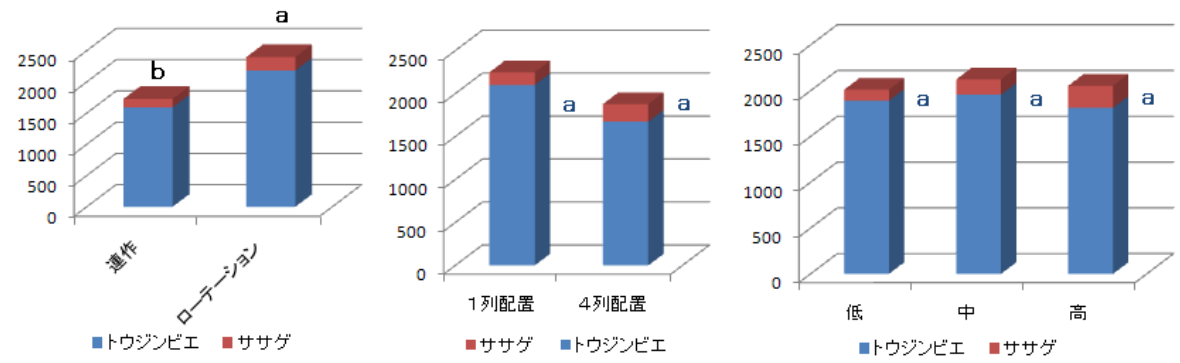


図２　栽植密度（右）、栽植様式（中）および作物ローテーション（左）が作物バイオマス量（kg/ha）に及ぼす効果

ササゲは”TN256-87（二目的ササゲ品種）”を用いた。栽植密度はササゲのみ低（5900-6300 本/ha）、中（11000-12000 本/ha）、高（29000-32000 本/ha）の 3 段階とした。トウジンビエの栽植密度は低（5900-6300 本/ha）とした。異なるアルファベット間は 5%水準で統計的に有意であることを示す。

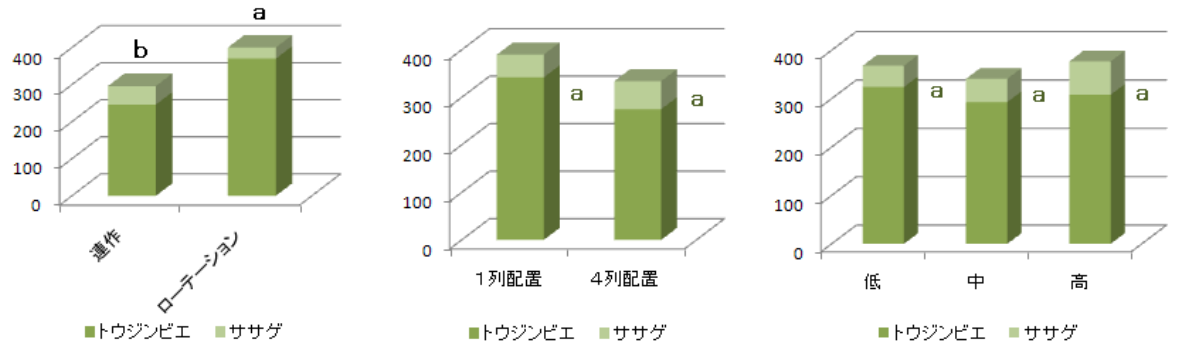


図３　栽植密度（右）、栽植様式（中）および作物ローテーション（左）が作物種子収量（kg/ha）に及ぼす効果

使用したササゲ品種、トウジンビエとササゲの栽植密度は図２と同じ。異なるアルファベット間は 5%水準で統計的に有意であることを示す。

［その他］

研究課題：西アフリカの半乾燥熱帯砂質土壌の肥沃度の改善

中課題番号：A-2)-(1)

予算区分：交付金［アフリカ土壌］

研究期間：2008～2010 年度

研究担当者：アダム　キャリー　セイドウ・大前　英・飛田　哲

発表論文等：

1) Kiari *et al.* (2010) Combination effect of crop design and crop densities in the system of millet/cowpea rotation in the Sahel, West Africa. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science. 7(6): 644-647.

2) Omae *et al.* (2009) Combination effect of chemical fertilizer and organic matters in the millet/cowpea intercrop under sandy soil conditions of the Sahel, Africa. 日本土壌肥料学会 2009 年大会要旨集.

3) Kiari *et al.* (2009) Planting density and cropping pattern effect on biomass of millet/cowpea in rotation as sandy soil management in Western Niger. 5th conference of the Africa Soil Science Society.

［成果情報名］インドシナ半島地域における肉用牛飼養標準と飼料資源データベース

［要約］インドシナ半島熱帯地域に特有な在来種及びブラーマン種肉用牛のエネルギー及びタンパク質要求量に基づいた肉用牛飼養標準と、同地域固有の飼料資源の一般成分及び栄養価を収載した飼料資源データベースである。飼料設計を支援するためのソフトウェアが添付されている。

［キーワード］熱帯、肉用牛、飼養標準、栄養要求量、飼料設計プログラム

［所属］国際農林水産業研究センター　畜産草地領域

［分類］技術 A

［背景・ねらい］

東南アジア諸国では食の欧米化に伴い牛肉の消費量が拡大している。これらの地域における牛肉の生産量を増加させるためには、主に熱帯在来種が主体である肉用牛を効率良く飼育・生産する必要があるものの、現状は欧米品種の肉用牛の栄養要求量に基づいて作成されたNRC（National Research Council：米国学術研究会議）の飼養標準等が利用されている。さらに、熱帯地域特有の飼料資源に関しては、その一般成分や栄養価についての情報も限られている。そこで、この地域で活用できる肉用牛飼養標準、飼料資源データベース及び飼料設計プログラムを作成する。

［成果の内容・特徴］

1. タイ、ラオス、カンボジアの 10 大学と１研究機関で共同研究を行い、現地の飼料資源の成分分析を行うとともに、在来種、ブラーマン種及びその交雑牛を用いた飼養試験や呼吸試験（写真１）によりエネルギーやタンパク質等の栄養要求量を求め、インドシナ半島地域における肉用牛飼養標準を作成し、タイ語及び英語で出版した（写真２）。
2. タイ国内でのタイ在来種及びブラーマン種の飼養試験結果から、体重当たりの乾物摂取量（DMI）、維持と成長に必要なエネルギー及びタンパク質要求量の推定式、さらにブラーマン交雑種のタンパク質要求量の推定式を掲載している（表１）。
3. 熱帯地域で使用されている 101 種類の飼料資源の一般成分、栄養価およびミネラルを分析して飼料成分表として収載している。また、飼料情報の充実を図る観点から、生草は生育ステージごとの成分値を掲載している。さらに、ミネラル、ビタミン、水分要求量、及び飼料添加物に関して最近の知見をまとめて紹介している。
4. 飼料設計プログラムは Microsoft Excel®で作成されており、対象牛情報画面（写真３）、飼料選択画面、飼料給与設計画面、ミネラルとビタミン充足診断画面の主要 4 画面から構成されている。これらの画面を操作しながら熱帯在来肉用牛の飼料給与設計やミネラルならびにビタミンの充足診断を支援するソフトである。英語とタイ語を選択することも可能である。

［成果の活用面・留意点］

1. インドシナ半島で飼育されている肉用牛の合理的な飼料給与ならびに配合設計の指標となる。
2. 熱帯地域在来の肉用牛は地域による多様性が大きく、また飼育環境によっても飼養成績が大きく異なる可能性がある。よって、異なる地域で本要求量を用いて飼料設計する場合は、その整合性を確かめる必要がある。
3. 飼料設計プログラムを実行するためには Windows（98/Me/XP/Vista/7）環境下で Microsoft Excel®2003 がインストールされている必要がある。
4. 本プログラムは JIRCAS ホームページに掲載予定。

［具体的データ］

写真２ タイ語版（上）と英語版（下）のインドシナ半島肉用牛飼養標準

写真１　タイ・コンケンにある呼吸試験装置

写真３ 飼料設計プログラム（体重、期待増体量などを入力する画面）

表1. 乾物摂取量ならびに代謝エネルギー及びタンパク質要求量の算定式

乾物摂取量；	DMI (kg･d^{-1}) = 0.02887BW(kg)－0.5778
代謝エネルギー摂取量（タイ在来種）；	MEI (kJ･BW $^{0.75}$kg^{-1}･d^{-1}) = 31.37ADG (g･BW $^{0.75}$kg^{-1}･d^{-1}) + 483.60
代謝エネルギー摂取量（ブラーマン種）；	MEI (kJ･BW $^{0.75}$kg^{-1}･d^{-1}) = 22.67ADG (g･BW $^{0.75}$kg^{-1}･d^{-1}) + 486.19
タンパク質摂取量（タイ在来種）；	CPI (kJ･BW $^{0.75}$kg^{-1}･d^{-1}) = 0.38ADG (g･BW $^{0.75}$kg^{-1}･d^{-1}) + 5.03
タンパク質摂取量（ブラーマン種）；	CPI (kJ･BW $^{0.75}$kg^{-1}･d^{-1}) = 0.56ADG (g･BW $^{0.75}$kg^{-1}･d^{-1}) + 4.52
タンパク質摂取量（ブラーマン交雑種）；	CPI (kJ･BW $^{0.75}$kg^{-1}･d^{-1}) = 0.59ADG (g･BW $^{0.75}$kg^{-1}･d^{-1}) + 5.47

DMI：乾物摂取量、BW：体重、MEI：代謝エネルギー摂取量、$BW^{0.75}$：代謝体重、ADG：日増体量、CPI：タンパク質摂取量

〔その他〕

研 究 課 題：インドシナ半島における肉用牛飼養標準ならびに飼料資源データベースの構築
中課題番号：A-2)-(3)
予 算 区 分：交付金〔熱帯畜産〕
研 究 期 間：2010 年度（2006～2010 年度）
研究担当者：大塚　誠、林　恵介、Kritapon Sommart（コンケン大学）、Pramote Paengkoum（スラナリー工科大学）、Somkid Promma（タイ国畜産振興局）、竹中昭雄
発表論文等：1) The Working Committee of Thai Feeding Standard for Ruminant (2010) Nutrient Requirements of Beef Cattle in Indochinese Peninsula. Department of Livestock Development, Ministry of Agriculture and Cooperatives in Thailand. Bangkok
2) Paengkoum (2010) Journal of Animal and Veterinary Advances, 9: 1630-1632
3) Paengkoum (2010) Research Journal of Biological Sciences, 5:33-35
4) JIRCAS Working Report, No.64 (2009)

［成果情報名］グリーニング病多発生環境下でキングマンダリンの高収益栽培を可能とする総合管理技術

［要約］無病苗とネオニコチノイド系殺虫剤施用を軸とする生育初期防除の徹底と初期生育量確保のための適切な肥培管理によるグリーニング病の総合管理技術（IPM）により、ベトナムメコンデルタのグリーニング病多発生環境下でもキングマンダリンの高収益栽培が可能となる。

［キーワード］グリーニング病、キングマンダリン、メコンデルタ、ミカンキジラミ、IPM

［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］技術 A

［背景・ねらい］

カンキツグリーニング病の激発地である東南アジア地域では、有効な対策が確立されておらず、カンキツの経済栽培が困難な状況にある。激発地の一つであるベトナムメコンデルタ地域の研究者・農民を対象とした技術の事前評価と技術選択調査で、果樹作においてグリーニング病対策を主とする IPM が重要であるとの結果を得た。そこで本研究では、ベトナム南部果樹研究所との共同研究により、メコンデルタ地域において、本病害発生のリスク要因を明らかにする。そのリスク評価に基づく無病苗と浸透移行性殺虫剤によるミカンキジラミ防除を核とする防除の体系化とその実証試験により、同地域における主要栽培品種であるキングマンダリンの経済栽培を可能とするグリーニング病の総合管理技術を開発する。

［成果の内容・特徴］

1. 総合管理は、リスク評価と対応する防除技術の導入からなり、リスク要因に基づき作付けと防除の意志決定を支援するための自己診断チャートと、技術マニュアルにより実施する。
2. 自己診断チャート（図 1）は、汚染園から約 50 m 以内はグリーニング病侵入リスクが高いという疫学調査結果の共分散構造分析とミカンキジラミの移動分散行動の解析結果から、高リスク圃場と低リスク圃場に分け、作付け・防除対策の意志決定支援を行う。
3. 技術マニュアルは、防除技術と栽培技術からなる。防除は、定植前・定植時・未結果期（通常定植後 1 年半）、結果期の 4 期に分け実施する（表 1）。防除体系は、初期防除指針（平成 20 年度研究成果情報）に基づく植え付け時期の選択を基本とし、周囲からの侵入リスクが低い場合は、薬剤施用の削減とグアバ混植を組み合わせた防除体系も検討する。
4. 技術マニュアルに従って、生育初期から適切な肥培管理を行い、樹体の初期生育を十分に確保することで、防除による収量性の改善効果が顕著になり、これを実践した高収量農家ではグリーニング病多発生環境下でも収穫 2 年目で経営を黒字化することが可能である（図 2、3）。

［成果の活用面・留意点］

1. 本成果は、英語とベトナム語のマニュアルとして、南部果樹研究所・南部植物防疫局およびメコンデルタ各省の普及組織を通じて普及を図るとともに、JICA プロジェクト「メコンデルタ地域における効果的農業手法･普及システム改善プロジェクト」を通じて活用している。
2. 本成果は、メコンデルタおよび同様の熱帯気候のキングマンダリン栽培における利用を目的としており、他の環境条件、品種では内容の再検討が必要となる。

［具体的データ］

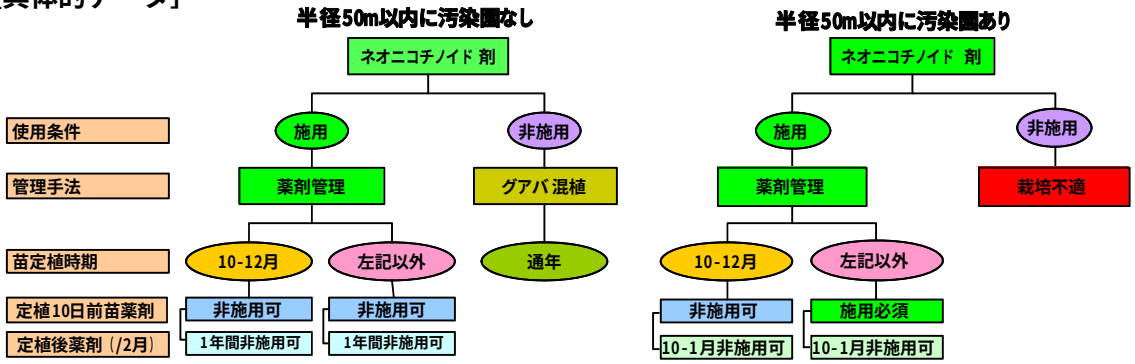


図１　ベトナムメコンデルタでのキングマンダリン栽培意思決定支援のための自己診断チャート

表1 ベトナムメコンデルタのキングマンダリン栽培でのグリーニング病総合管理技術の概略

栽培期	定植前	定植時	未結果期（植え付けから約1年半）	結果期
ミカンキジラミ対策	定植10日前にネオニコチノイド系殺虫剤を所定量ポット内施用する。	感染リスクが低い雨季後半から乾季前半（10月～12月）に無病苗を定植する。	植え付け二ヶ月後よりネオニコチノイド系殺虫剤を所定量株元に施用する。	ミカンキジラミ密度が高まる2～8月を中心に、収穫前の使用期限を守って、浸透性を有するネオニコチノイド系または有機リン系殺虫剤を茎葉散布する。
肥培管理	前作や圃場周囲の放置カンキツを抜根・除去する。植付位置にマウンドを形成する。	元肥：株あたり高度化成（NPK:14-14-8）0.5～1.0kg、ドロマイト0.3kg、炭酸カルシウム0.3～0.5kg、堆肥5.0kgを植え穴に土壌と混和して施用	高度化成肥・堆肥施用、除草を行い、誘引・整枝・せん定により受光体勢を整える。	高度化成肥・堆肥施用、除草を行い、誘引・整枝・せん定により受光体勢を整える。

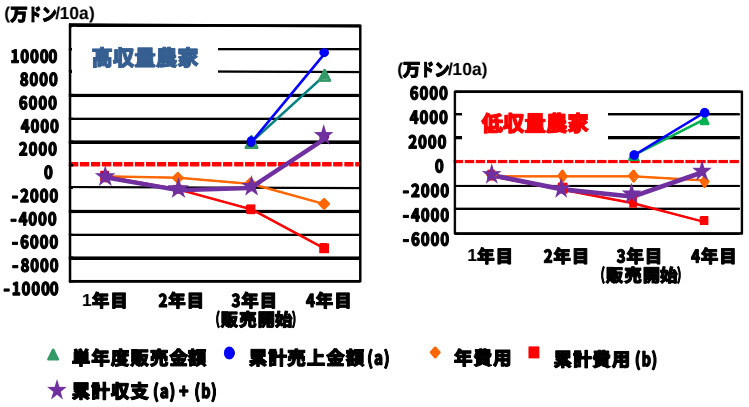


図２高収量農家と低収量農家の 10a 当たりの収支の推移

高収量農家では植え付け4年目で投資の回収を終え経営が黒字化している。

（参考）2005年度の調査では10aあたり300万ドンで4年間の収穫持続が採算の均衡点とされていた（2005年度研究成果情報）。1円は約250ドン（2011.2現在）。

図３　高収量農家における総合管理技術導入前（上）と導入後（下）の圃場の状況

同じ圃場で周囲の汚染状況も同じ栽培4年目の様子

［その他］

研究課題：激発地におけるカンキツグリーニング病管理技術の開発

中課題番号：A-3)-(4)

予算区分：交付金〔グリーニング病〕

研究期間：2006～2010 年度

研究担当者：市瀬克也・米本仁巳・緒方達志・小堀陽一・大藤泰雄・中田唯文・関野幸二（東北農業研究センター）・Do Hong Tuan・Le Quoc Dien（ベトナム南部果樹研究所）

発表論文等：1) Ichinose *et al.* (2010) J. Econ. Entomol. 103:127-135.

2) Ichinose *et al.* (2010) J. Environ. Sci. Health 45:466-472.

3) Kobori *et al.* (2011) Appl Entomol Zool. 46:27-30.

4) Ichinose *et al.* (2011) JIRCAS Working Report 72.

［成果情報名］協同組合の設立と運営のためのマニュアル

［要約］このマニュアルは、ニジェール国農業畜産省農民組織化・推進局と共同で作成されており、協同組合設置に関する各種法令に基づいた、汎用性があり、かつ実践的な内容となっている。協同組合の設立と運営のための原則的な考え方と手続きが、このマニュアルのみで理解できる。

［キーワード］ニジェール国、協同組合、組織化、民主的な役員選出

［所属］国際農林水産業研究センター　農村開発調査領域

［分類］行政 A

［背景・ねらい］

ニジェール国には協同組合設立に関する政令集があるのみであったことから、各プロジェクトは、その活動目的に応じた協同組合を設立する際、その都度、農業畜産省農民組織化・推進局(以下 DACPOR)へ問い合わせをしていた。また、これらのプロジェクトで策定した組合設立支援マニュアルは、それぞれのプロジェクトの活動に特化した内容となっているため、別の分野のプロジェクトで組合の設立支援に参考とするには不十分であった。また、協同組合の行政登録を申し込む者あるいはそれを受け付ける側の市役所の行政官の一部には、組合が備えるべき条件や登録手続きに精通していないため、手続きに支障をきたすケースも多々見られた。そのため、DACPOR は協同組合設置に関する各種法令に基づいた、汎用性があり、かつ実践的な協同組合設置マニュアルの作成を望んでいた。

［成果の内容・特徴］

1. このマニュアルは、ニジェール国の組合設立を担当する中央及び地方の行政官ならびにドナー・NGO の協同組合設立支援に広く活用されることを目的としている（図１）。
2. このマニュアルは、DACPOR と JIRCAS が共同で開催した 2010 年 6 月 25 日の検討セミナー及びその後の関係者間の協議を通じ、ニジェール国の全ての州の農業局代表者及び関係機関代表者で審議されているとともに、最終的にニジェール政府により承認されている。
3. このマニュアルは、組合設立続きだけでなく、組合の活動計画の策定方法、運営・管理の方法まで事例を含めて記載しているため実践的かつ汎用性のある内容となっている。
4. このマニュアルは、以下の項目について、ニジェール国の公用語である仏語で説明している（図２）。

(1) 世界協同組合連盟で定められている協同組合の設立目的、設立意義。
(2) 組合設立に必要な所定の様式である定款、内規、組合認可申請書、組合設置のための総会議事録、設立参加者名簿、活動計画などの書類のフォームの記載方法や市役所への提出の仕方。
(3) 代表、副代表、会計、秘書、組織化担当などの役員選出の際には、透明性／公平性を持って執り行う必要性、および民主的な役員選出を含めた複数の選挙手法の特徴。
(4) 組合役員の業務内容、会議の運営方法、そして資金や機材の管理、さらに活動計画の策定、モニタリング、評価の方法。

［成果の活用面・留意点］

1. ニジェール国の組合設立時に必要とされる全ての手続きが、このマニュアルのみで理解できる。
2. ニジェール国以外で活用する場合には、当該国の法令が優先される。

［具体的データ］

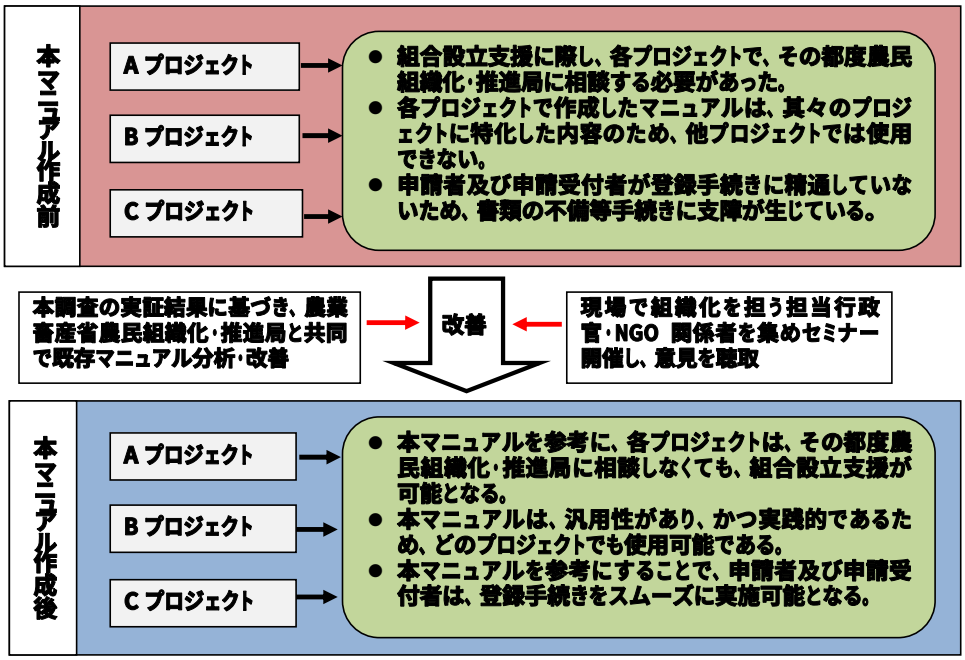


図１　マニュアルの作成目的

第Ⅰ節　協同組合の設置
1　協同組合のアイデンティティー
1.1　協同組合の定義
1.2　協同組合の価値
1.3　協同組合原則
1.4　協同組合の特性
1.5　組合員の教育
1.6　協同組合と他の類型の事業体の違い
1.7　創設メンバー数
1.8　組合員の権利と義務
1.9　管理方法
1.10　協同組合組織の発展に不可欠な条件

2　規約及び規則の策定

3　協同組合の諸機関とその権限
3.1　総会
3.2　理事会（CA）
3.3　監査機関
3.4　協同組合管理責任者（管理者あるいは組合代表理事）
3.5　専門委員会
3.6　協同組合管理メンバーの選定基準
3.7　協同組合管理メンバーの様々な選出方法
3.8　創設協同組合の公的認知プロセス
3.9　協同組合の解散

4　会合進行に関する概論

第Ⅱ節　　庶務･財務･会計管理
5 協同組合組織の資産とその管理
5.1　協同組合の資金源
5.2　物品あるいは肉体労働の提供による協力
5.3　資金、労働力及び機材の動員戦略
5.4　管理

第Ⅲ節　事業計画／活動計画の策定
6　協同組合事業計画／活動計画
6.1　事業計画
6.2　活動計画

付属文書

図２　マニュアルの内容

［その他］

研究課題：循環型水資源の効率的利用を行うための技術・手法の開発
中課題番号：A-3)-(3)
予算区分：運営費交付金［循環型水利用］
研究期間：2008～2011 年度
研究担当者：保久丈太郎、大須賀　公郎、M. Gado MAOUNA （農業畜産省農民組織化・推進局）
発表論文等：JIRCAS ホームページに掲載予定。マニュアル仏語版は、ニジェール国農民組織化・推進局関係者に配布済。

［成果情報名］スリランカにおける農村再構築手法の実証とガイドラインの作成

［要約］津波被災により疲弊した農業農村の再構築を図るため、地方行政の能力向上や住民組織の強化等の手法を検証し、得られた成果や教訓を現地語(シンハラ語)のガイドラインとしてまとめている。このガイドラインは、地方行政官の実務手引書として、農民サービス野生生物省を通じて全国の農民サービスセンターに配布され、災害等で被災した農業農村の復興に使われる。

［キーワード］農村再構築、住民参加型、復興支援

［所属］国際農林水産業研究センター　農村開発調査領域

［分類］行政 A

［背景・ねらい］

2004 年 12 月に発生したインド洋津波は、スリランカでも多くの被害をもたらした。生活基盤や公共施設の復旧が進むなか、耕作地や水利施設等の農業生産基盤の復旧はあまり進んでいない。これらの被害は目に見えにくく、農民の依存体質等復旧を妨げる要因が複雑に関係しているためである。このため農業生産基盤の復旧を、農民組織を活用しながら円滑に進める手法を検討するとともに、地方行政員を活用した農業支援システムを検証し、ガイドラインとしてまとめる。

［成果の内容・特徴］

1. 津波被災後に放置されていた水田の復旧工事を実施し、復旧した水田でのコメ生産の収益の一部を水田復旧基金に拠出させ、さらにその基金を活用して水田復旧工事を進めるという継続的な水田復旧の手法をガイドラインに提示している（図１）。
   タララサウス村の実証結果として、最初に 8.3 ha の水田復旧を行い、得られた基金を活用してさらに 2 回の水田復旧工事を行い、3.0 ha の新たな水田復旧を行うことができた。収穫量も、何年も収穫がなかった状態から県平均の 7 割に達する 2.7 t/ha まで回復している。
   スリランカでは、津波の被災以外にも洪水等の被害を受けた後放置され、雑草の生い茂った水田が多く見られる。行政や支援機関が本手法を活用すれば、農民組織の自立性を高めながら、限られた予算で効果的に、それらの農地を復旧することが可能になる。
2. 農民サービスセンターは農業農村に関するワンストップ行政サービスが期待できる機能を持ったセンターである。しかし実態は、各セクター間の連携が不十分で、住民に対する総合的な支援がなされていない。また、州農業局の農業普及員を始めとする各普及員は 1～2 郡に 1 名しか配置されず、十分な住民支援が行える人数とはいえない（図２）。
   このため、ガイドラインでは、農業補助調査員（ARPA）をファシリテーターとして訓練し、彼らが他の普及員と一緒に農業農村再構築支援に携わるシステムを小規模菜園活動での実証事例を基に提示している。このシステムの活用により、ARPA の自覚と住民の信頼感が増し、手厚い住民への支援が可能になる。

［成果の活用面・留意点］

1. コロンボで開催したセミナーの席上、開発計画担当局長から、「今年度マータラ県アトゥラリヤ郡で実施する水田復旧事業に JIRCAS の手法を早速取り入れたい」との発言があった。
2. ARPA や普及員が連携して業務を実施するためには、上部機関の理解と連携が不可欠であり、農村関係機関の共同会議を実施して、情報共有と意思統一を図る必要がある。

［具体的データ］

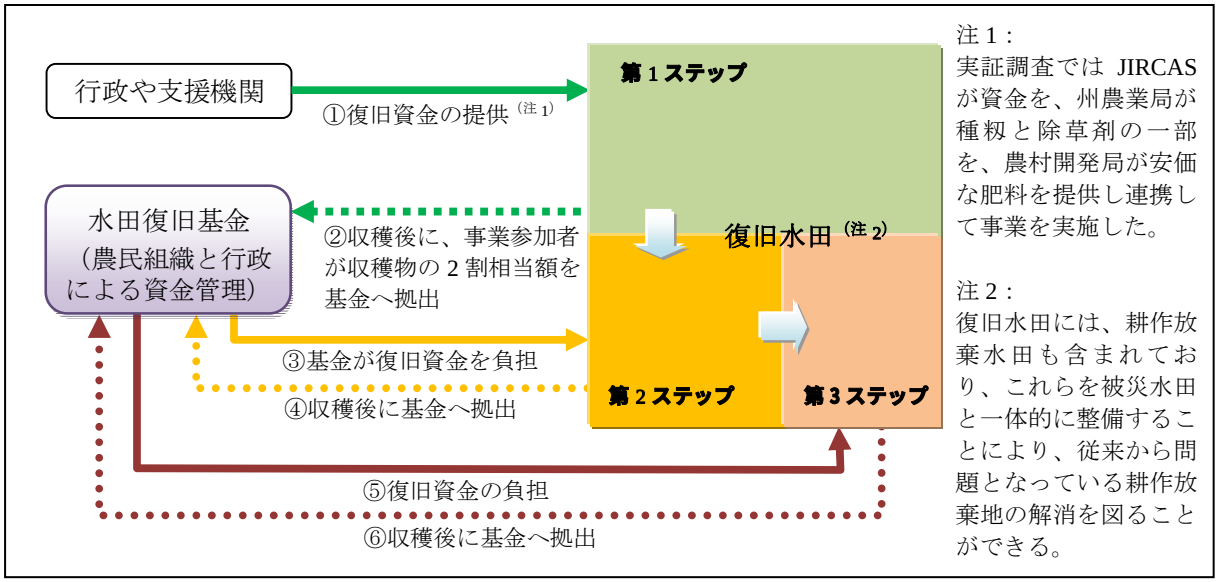
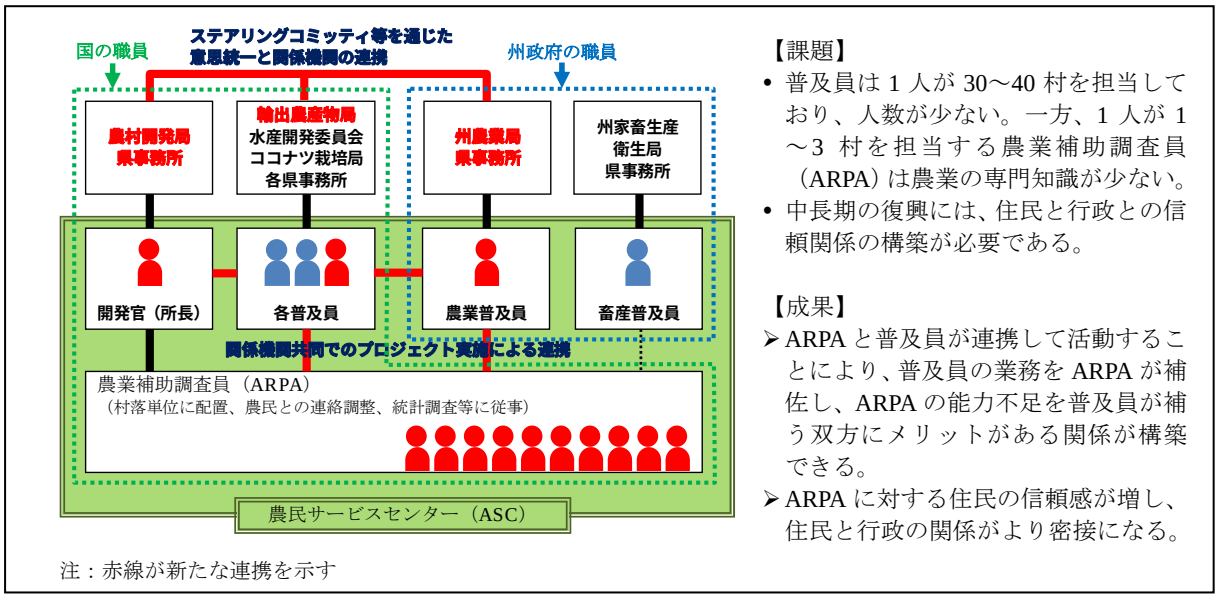


図 1　水田復旧基金を活用した水田復旧事業のイメージ



注：赤線が新たな連携を示す

図 2　農民サービスセンター内の新たな連携

［その他］

研究課題：自然災害等により低下した農業・農村の機能を再構築するための手法開発

中課題番号：B-(3)

予算区分：運営費交付金［農村再構築 I ］

研究期間：2010 年度（2006～2010 年度）

研究担当者：東槇　健・竹中浩一・幸田和久・白木秀太郎

発表論文等：JIRCAS ホームページに掲載予定。

［成果情報名］東ティモールにおける農村再構築ガイドライン

［要約］このガイドラインは、独立紛争により疲弊した農業農村の機能回復のための技術･手法に関する実証調査を行い、その成果を基に作成したものである。本ガイドラインは東ティモールの農業普及員研修テキストとして採用されており、今後の農業農村の再構築を効果的に実施することが期待できる。

［キーワード］農村再構築、住民参加型、復興支援

［所属］国際農林水産業研究センター　農村開発調査領域

［分類］行政 A

［背景・ねらい］

東ティモールは、2002 年 5 月に独立を果たし、国際機関、各国政府、NGO 等の国際社会による支援のもと国造りが進められている。しかし、2006 年に内紛が起きるなど依然として経済・社会状況は低迷している。とくに紛争に伴う人材の流出により行政機能が低下し、農業水産省では職員数が独立前の十分の一の約 300 名になるなど、良好な行政サービスの実施が困難な状態にある。一方、農村地域には国民の 7 割以上が居住し、主として主要産業である農業に従事しているが、生産性は低く、コメなどの主食を輸入に頼っている。このため、食糧の確保や農業生産性の向上と同時に人材育成等による持続的な農業発展への取り組みが喫緊の課題となっている。同国では 1 村 1 普及員体制整備を目指し 2008 年から大量採用を始めた農業普及員（2010 年までに 309 名、今後 190 名程度増員予定）の能力向上のための研修教材等の早急な整備が望まれている。

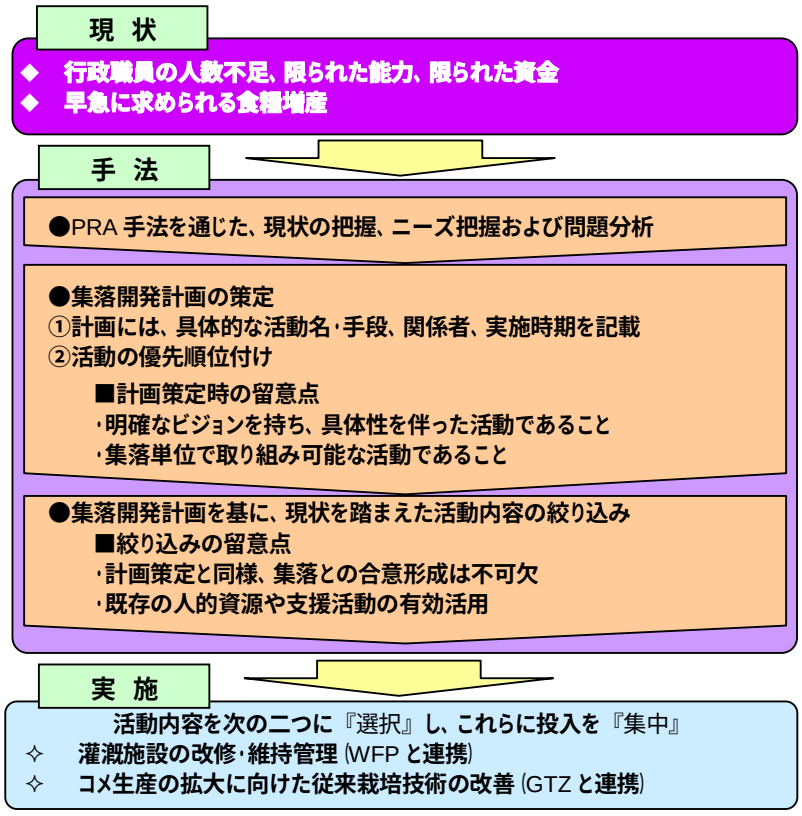
［成果の内容・特徴］

1. 本調査では、東ティモールが抱える課題を解決するため、農民や地方行政組織の人的資源を有効に活用する手法を実践し、この手法を行政職員が活用できるように農村再構築ガイドライン(英語と現地語のテトゥン語)として取りまとめている。取りまとめ作業にあたっては、全国の上級農業普及員等とワークショップを開催し、内容を確認するとともに、農業水産省の全局長から意見収集を行い、それらの意見を反映させ、同国の農業普及員研修テキストとして承認されている。
2. 通常の参加型農業農村開発手法と比べた本ガイドラインの特徴は、以下のとおりである。
   1) 人的資源が大きく不足する中で、より迅速な支援を行うためには、活動内容の選択と集中を図る必要がある。本ガイドラインでは、活動内容を絞り込んだ取り組みの事例を紹介し、選択と集中のプロセスが、集落コミュニティの活性化に繋がる手法を提示している（図１）。
   2) 復興支援が成功する要因として、目に見える成果をいち早く示すことが重要である。本ガイドラインでは、WFP や GTZ と連携した支援活動事例を紹介し、各機関の資金や人材を効率的に活用して成果を早期に創出する手法を提示している。
   3) 行政職員が不足している現状に鑑み、本ガイドラインでは、行政に過度に頼らないコミュニティ間の連携による普及メカニズムを導入し、集落コミュニティ間の農民による普及を機能させる手法を紹介している（図２）。

［成果の活用面・留意点］

1. ガイドライン引き渡しのセミナー時に農業水産省政務次官から「本ガイドラインは非常に有効であり、積極的に他の地域においても活用していきたい」との高い評価を受けている。
2. 本ガイドラインは、調査対象集落の事例を基に作成しているので、実際に活用する際には、農民組織の実態等地域性を考慮して各集落に適用させる必要がある。

［具体的データ］



※PRA 手法: Participatory Rural Appraisal（参加型農村調査法）

図１　選択と集中のプロセス

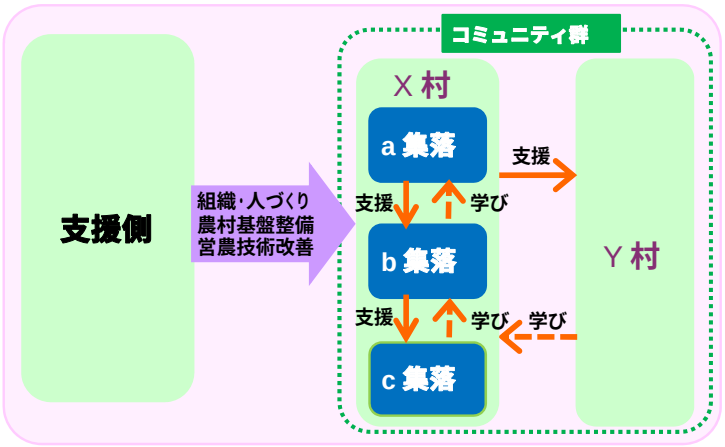


図２　農民間・集落間のコミュニティ間連携による普及メカニズムの手順

［その他］

研究課題：自然災害等により低下した農業・農村の機能を再構築するための手法開発

中課題番号：B-(3)

予算区分：交付金［農村再構築Ⅱ］

研究期間：2010 年度（2006～2010 年度）

研究担当者：東槇　健・渡辺　守・團　晴行・大森　圭祐・岩崎　薫

発表論文等：JIRCAS ホームページに掲載予定。

［成果情報名］野生ダイズのアルカリ塩耐性 QTL の同定と選抜マーカーの開発

［要約］日本由来の野生ダイズ系統「JWS156-1」は非常に高いアルカリ塩耐性を示す。QTL 解析では、第 17 染色体に効果の大きな量的形質遺伝子座（QTL）が認められる。この QTL は既往の塩化ナトリウム塩耐性に関与する QTL とは異なる。それぞれの QTL に隣接する DNA マーカーの利用により、アルカリ塩耐性と塩化ナトリウム塩耐性の両方を同時に目的とする遺伝的背景へ集積することが可能になる。

［キーワード］　野生ダイズ、アルカリ塩耐性、QTL、DNA マーカー

［所属］国際農林水産業研究センター　生物資源領域

［分類］研究 A

［背景・ねらい］

ダイズ（*Glycine max*）栽培における塩害は、開発途上国の乾燥・半乾燥地域においてしばしば報告され、近年は、気候変動に伴う降雨量の減少や灌漑不良により塩類集積地が世界的に拡大しつつある。塩類土壌は、主に塩性土壌、アルカリ土壌、アルカリ-塩性土壌の３種類に分類され、中国のダイズの主産地である東北地域では、アルカリ土壌が問題になる。耐性品種の育成は有力な対応策であるが、耐塩性は遺伝的に複雑な形質で、評価と選抜は容易ではない。これまでに、塩性土壌の要因となる塩化ナトリウム塩（NaCl）耐性については、ダイズ遺伝資源が広範に評価され、関与する QTL が第 3 染色体に特定、その DNA マーカーが開発されている。一方で、アルカリ塩耐性に関する知見は極めて少なく、本研究では、野生ダイズ（*G. soja*）に由来するアルカリ塩耐性の QTL を同定し、育種に利用できる DNA マーカーを開発する。

［成果の内容・特徴］

1. 世界各国の栽培ダイズ 51 品種および日本の野生ダイズ２系統のアルカリ塩耐性の検定では、日本由来の野生ダイズ系統「JWS156-1」は最も高い耐性を示す（図１、２）。
2. アルカリ塩耐性の低い栽培ダイズ品種「Jackson」と「JWS156-1」の交雑に由来する組換近交系統（RIL）F_6集団における 230 個の SSR マーカーからなる全長 3278.7cM の連鎖地図の QTL 解析では、効果の大きい QTL（寄与率 50.2%）が第 17 番染色体に見出される（図３）。同じ交雑組合せの F_2 分離集団においても、同じ領域に耐性 QTL の存在が確認される（図３）。
3. アルカリ塩耐性 QTL は､今までに検出された NaCl 塩耐性 QTL と異なる染色体領域に位置し、アルカリ塩耐性と NaCl 塩耐性は、異なる遺伝的制御を受けている。

［成果の活用面・留意点］

1. 同定されたアルカリ塩耐性 QTL と関連する SSR マーカーSatt669、Satt447、Sat_292（Song *et al.* 2004 Theor. Appl. Genet. 109: 122–128）は、DNA マーカー育種に利用できる。
2. DNA マーカー選抜より、アルカリ塩耐性遺伝子と NaCl 塩耐性遺伝子を任意の遺伝的背景へ集積することが可能である。
3. 野生ダイズ系統「JWS156-1」は、栽培ダイズ品種のアルカリ塩耐性の改良を行うために有望な遺伝資源であり、そのアルカリ塩耐性の機構を解明する必要がある。

［具体的データ］

Jackson (*G. max*)　JWS156-1 (*G. soja*)

図１　アルカリ塩耐性の高い野生系統「JWS156-1」（右）と耐性の低い品種「Jackson」(左)の第１本葉（複葉）展開期から180 mM $NaHCO_3$溶液で約４週間処理したダイズの様子

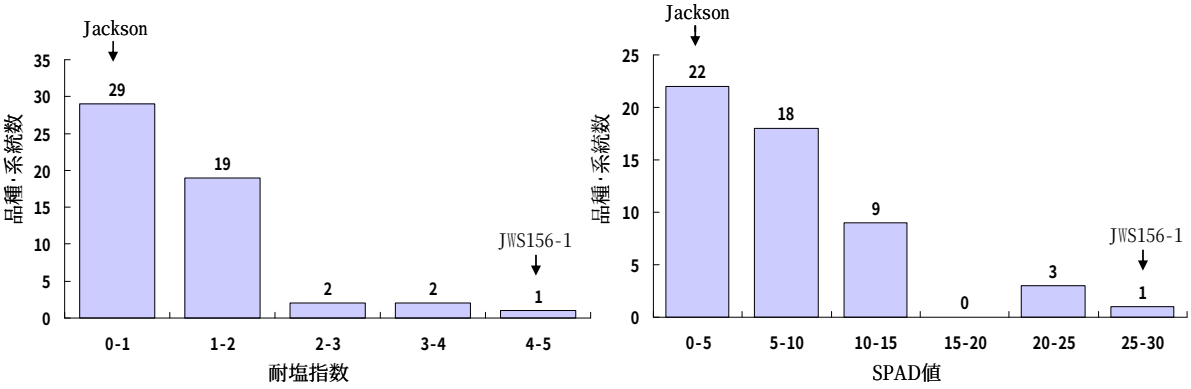


図２　世界各国の栽培ダイズ51品種および野生ダイズ2系統におけるアルカリ塩耐性の変異
耐塩性は、植物体の症状に基づいて枯死（１）～正常（５）までの５段階に分類した塩耐指数（左）と葉の葉緑素含量を示すSPAD値(右)により評価する。

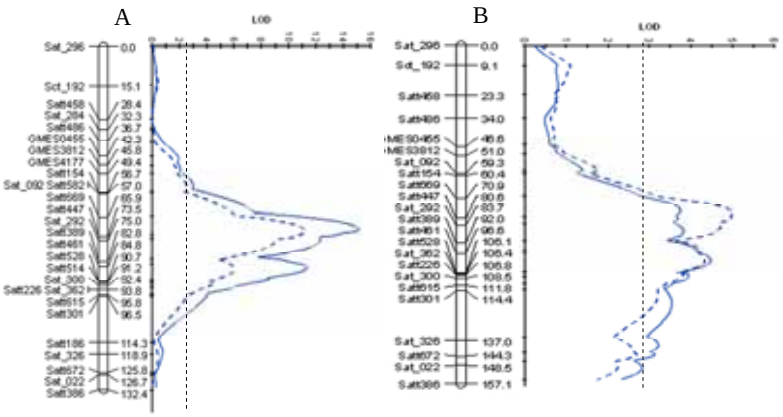


図３　栽培ダイズ品種「Jackson」と野生ダイズ系統「JWS156-1」の交雑に由来するF_6組換近交系統集団（A）とF_2集団（B）において検出された第17染色体上のアルカリ塩耐性に関与するQTL
青実線は耐塩指数のLOD値、青点線はSPAD値のLOD値。また、黒点線は2000反復のpermutation検定により得られた１％水準で有意なLOD値を示す。

［その他］

研究課題：不良環境耐性作物開発
中課題番号：A-1)-(1)
予算区分：運営費交付金〔不良環境耐性〕
研究期間：2009～2010 年度
研究担当者：許　東河・Do Duc Tyuen（JIRCAS 国際招聘研究員）
発表論文等：Tuyen D.D., S.K. Lal, D.H. Xu (2010) Theoretical and Applied Genetics, 121: 229–236.

［成果情報名］３種類の AREB はアブシシン酸を介した乾燥耐性を協調的に制御する

［要約］乾燥ストレス時に蓄積するアブシシン酸によって活性化される AREB 型転写因子は、イネなどの陸上植物に広く存在する。シロイヌナズナの３種類の AREB 型転写因子は、重複した機能を保持しながら、固有の役割も担っており、アブシシン酸を介した乾燥耐性能を協調的に制御する。

［キーワード］干ばつ、転写因子、アブシシン酸、乾燥耐性、遺伝子発現

［所属］国際農林水産業研究センター　生物資源領域

［分類］研究 A

［背景・ねらい］

干ばつは、特に開発途上地域において農作物に甚大な被害を及ぼし続けており、乾燥耐性作物の開発は危急の課題である。乾燥ストレスによって植物細胞内のアブシジン酸（ABA）濃度が上昇し、これが引き金になって乾燥耐性関連遺伝子の発現が活性化され、植物は乾燥耐性能を獲得すると考えられている。本研究では、シロイヌナズナやイネを用いた分子レベルでの解析を通じて、それぞれの種で複数存在している AREB 型転写因子が ABA を介した乾燥耐性能を制御する機構を明らかにし、開発途上地域における乾燥耐性作物の作出に必要な技術的基盤を確立する。

［成果の内容・特徴］

1. AREB 型転写因子の網羅的な系統解析の結果は、AREB 型転写因子がシロイヌナズナやイネ、ダイズなどにとどまらず、コケ類やシダ類を含めた陸上植物に広く存在していることを示す。
2. シロイヌナズナの３種類の AREB 型転写因子が「シグナル制御遺伝子群」や細胞の保護に関わる LEA タンパク質遺伝子などの「機能遺伝子群」の発現をコントロールすることにより、乾燥耐性に関わる能力を協調的に制御する（図１、２）。
3. ３種類の AREB 型転写因子は、重複した機能を保持しながら、固有の役割も担っている（図２）。AREB1 は ABA による転写活性化能の誘導性が高い点、AREB2 は塩による遺伝子発現の誘導性が高い点、ABF3 は ABA 非存在下においても比較的高い転写活性化能を示す点がそれぞれの特徴である。
4. シロイヌナズナ（AREB1、AREB2 および ABF3）と同様、イネでも３種類の AREB 型転写因子（OsAREB1、OsAREB2 および OsAREB8）が ABA による乾燥耐性関連遺伝子の転写活性化に関与している。

［成果の活用面・留意点］

1. AREB 型転写因子によって制御されている乾燥耐性機構は、シロイヌナズナのみならずイネやダイズにおいてもきわめてよく保存されており、乾燥耐性作物作出など、応用に際しての汎用性が高い。
2. ３種類の AREB 型転写因子の機能の重複性や特異性を考慮して遺伝子を選択し、プロモーターとの組み合わせを最適化することにより、対象植物や想定される干ばつの度合いに応じてより需要により適合した乾燥耐性作物の作出が可能になる（図２）。

［具体的データ］

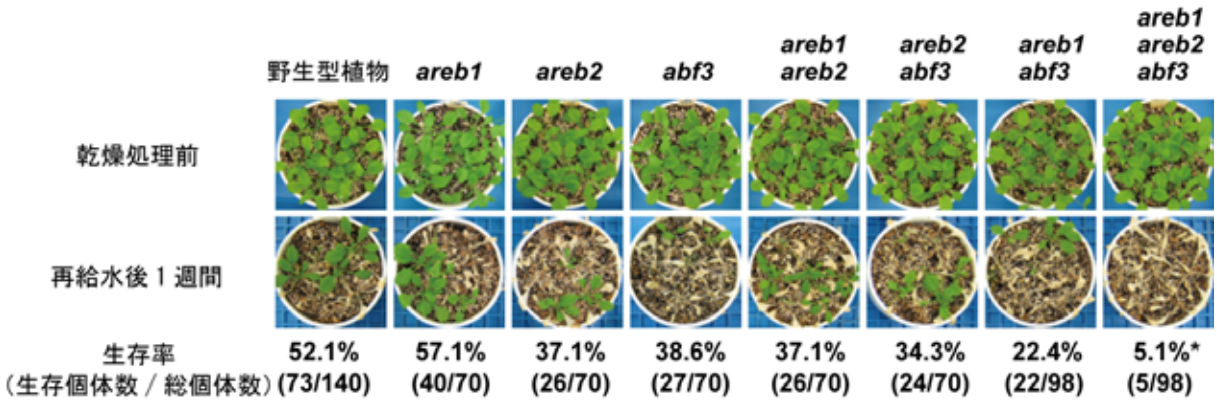


図１　*AREB* 型遺伝子欠損シロイヌナズナを用いた乾燥ストレス耐性試験
播種後４週間生育させた後、給水を中止して乾燥ストレスを与えた。11 日後に再給水し、１週間後の生存個体数をもとに生存率を算出した。５回の独立した耐性試験（各試験とも n=14）の結果から得た各植物体の生存率について t 検定を行い、野生型植物と各変異体の生存率の差が有意であるかどうかを検討した。アスタリスクは、t 検定により p<0.01 であることを示す。写真は、乾燥処理前と再給水後１週間の植物体の様子を示す。

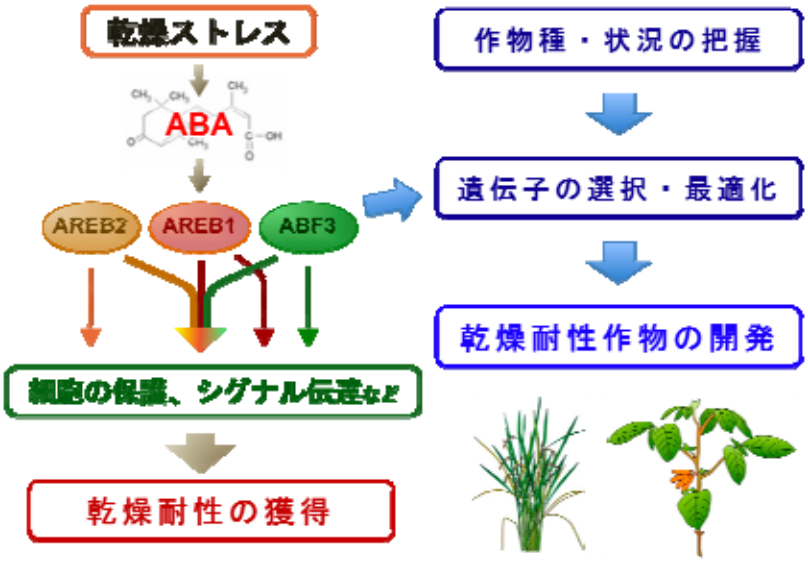


図２　協調的に乾燥耐性能を制御する３種類の AREB 型転写因子を利用した乾燥耐性作物開発のモデル図
３種類の AREB 型転写因子は、乾燥耐性に関わる能力を協調的に制御している。各転写因子は、重複した機能を保持しながら、固有の役割も担っている。

［その他］
研究課題：植物の環境ストレス耐性機構の解明と耐性作物の開発
中課題番号：A-1)-(1)
予算区分：運営費交付金［ストレス耐性機構］、受託［農水省］等
研究期間：2006～2010 年度
研究担当者：吉田拓也・藤田泰成・篠崎和子
発表論文等：1) Yoshida *et al.* (2010) Plant J. 61:672-685.
2) 藤田ら (2010) 植物のシグナル伝達（柿本ら編）共立出版, pp.84-91.

［成果情報名］イネいもち病判別抵抗性品種としての準同質遺伝子系統群

［要約］ジャポニカ型のイネ品種麗江新団黒谷（LTH）およびインディカ品種 CO 39 を遺伝的背景とし、いもち病抵抗性遺伝子を一つのみ導入した準同質遺伝子系統群は、いもち病菌菌系の病原性判別抵抗性品種および育種素材として国際的に活用できる。

［キーワード］いもち病、判別抵抗性品種、準同質遺伝子系統群、イネ、レース

［所属］国際農林水産業研究センター　生物資源領域

［分類］研究 A

［背景・ねらい］

イネのいもち病は、世界で毎年 400～600 万トンの減収を引き起こすと推定される重要病害である。このため抵抗性遺伝子を利用した防除技術開発の一環として、国際稲研究所（IRRI）における日本政府拠出金プロジェクトでは、国際的に利用できるイネいもち病菌レース判別抵抗性品種として一遺伝子系統群を開発し、世界各国に配布している。しかし、それらの系統は、1～3 回の戻し交雑から育成され、系統間での農業形質の差異や、対象以外の抵抗性遺伝子が残っているなどの問題がある。それらの改善のため、ジャポニカ品種の麗江新団黒谷（LTH）およびインディカ品種の CO 39 を反復親として、6 回の連続戻し交雑により準同質遺伝子系統群を開発する。

［成果の内容・特徴］

1. ジャポニカ品種 LTH を遺伝的背景とする 20 準同質遺伝子系統は、19 の供与親からの異なる 11 種の抵抗性遺伝子が対象である（表 1）。
2. インディカ品種 CO 39 が遺伝的背景である 27 準同質遺伝子系統は、26 の供与親からの異なる 14 種の遺伝子が対象である（表 1）。
3. 準同質遺伝子系統群は、100 以上の SSR マーカーを用いた解析により、戻し交配親の遺伝的背景にほぼ置換しており、かつ抵抗性遺伝子が座乗する染色体領域の導入が確認できる。
4. IRRI での栽培試験では、出穂、稈長、穂長、株当り穂数、稔実歩合、籾重などの農業形質は、数系統を除いて戻し交配親とほぼ同じである（図 1）。
5. フィリピン産標準判別いもち病菌、20 菌系の反応では、多くの系統で一遺伝子系統と同様な抵抗性反応を示す。

［成果の活用面・留意点］

1. 育成した系統は、いもち病の国際標準判別抵抗性品種群として活用できる。
2. CO 39 を遺伝的背景とする系統群は、熱帯での栽培に適している。LTH を遺伝的背景にした系統群は、日本などの温帯地域では草丈が高くなり倒伏し易くなる。
3. 系統群の解析に用いた SSR マーカー情報は、マーカーを用いた選抜に活用できる。
4. CO 39 は *Pia* を保有しており、病原性反応パターンの判定にはこの遺伝子の効果を考慮する。
5. *Piz-t*、*Piz-5*、*Pi9* を導入した系統は、出穂が晩生化する。
6. 一遺伝子系統群にあり準同質遺伝子系統群にはない対象抵抗性遺伝子については、一遺伝子系統を用いる。
7. 系統名は対象とする抵抗性遺伝子、供与親、および反復親を表す（例：IRBL9-W[LT]は、抵抗性遺伝子 *Pi9* を、系統 WHD-1S-175-1-127 から、LTH の遺伝的背景に導入した系統）。
8. これらの系統の種子は、国際農林水産業研究センターおよび国際稲研究所から入手可能である。

［具体的データ］

表 1　LTH および CO 39 を遺伝的背景とするいもち病抵抗性判別品種の対象遺伝子および供与品種

対象抵抗性遺伝子		遺伝的背景	
	座乗染色体	麗江新団黒谷 (LTH)	CO 39
Pish	1	-	IRBLsh-S[CO], IRBLsh-B[CO], IRBLsh-Ku[CO], IRBLsh-Fu[CO]
Pib	2	IRBLb-B[LT]	IRBLb-IT13[CO]
Piz-5	6	IRBLz5-CA[LT]	IRBLz5-CA[CO]
Piz-t	6	-	IRBLzt-T[CO]
Pi9	6	IRBL9-W[LT]	-
Pi3	9	IRBL3-CP4[LT]	-
Pi5	9	-	IRBL5-M[CO]
Pia	11	IRBLa-Ze[LT]	-
Pik	11	IRBLk-Ka[LT]	IRBLk-Ka[CO], IRBLk-Ku[CO]
*Pik**	11	IRBLk*-Du[LT], IRBLk*-NP[LT], IRBLk*-F14[LT], IRBLk*-F25[LT], IRBLk*-F66[LT]	IRBLk*-F14[CO], IRBLk*-F21[CO], IRBLk*-F25[CO], IRBLk*-F40[CO], IRBLk*-F66[CO], IRBLk*-K86[CO]
Pik-h	11	IRBLkh-K3[LT]	IRBLkh-K3[CO]
Pik-m	11	-	IRBLkm-Ts[CO]
Pik-p	11	-	IRBLkp-K60[CO]
Pik-s	11	IRBLks-S[LT], IRBLks-B40[LT], IRBLks-Zh[LT]	IRBLks-CO[CO]
Pi1	11	-	IRBL1-LA[CO]
Pi7	11	IRBL7-M[LT]	IRBL7-M[CO]
Pita	12	IRBLta-K1[LT], IRBLta-CT2[LT], IRBLta-Zh[LT]	IRBLta-Ya[CO], IRBLta-Me[CO]
Pita-2	12	IRBLta2-Pi[LT]	IRBLta2-Pi[CO], IRBLta2-Re[CO], IRBLta2-IR64[CO]

-は未育成。*Pik**は、その標準菌系に対する反応パターンから *Pik* 座の対立遺伝子と推定されたもの。
遺伝子供与の元品種：B: BL1, B40: B40, CA: C101A51, CO: Caloro, CP4: C104PKT, CT2: C105TTP2L9, Du: Dular, Fu: Fukunishiki, NP: NP125, F14: F-14-3, F21: F-21-6, F25: F-25-3, F40: F-40-3, F66: F-66-1, IR64: IR64, IT13: IRAT 13, K1: K1, K3: K3, K60: K60, K86: KU86, Ka: Kanto 51, Ku: Kusabue, LA: C101LAC, M: Moroberekan, Me: Metica1, Pi: Pi No.4, Re: Reiho, S: Shin2, T: Toride 1, Ts: Tsuyuake, W: WHD-1S-75-1-127, Ya: Yashiromochi, Ze: Zenith, Zh: Zhaiyeqing8

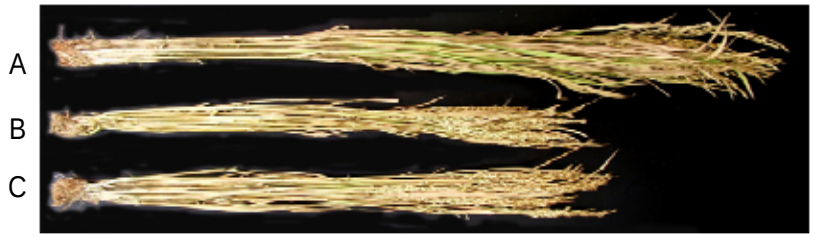


図 1　育成した LTH の準同質遺伝子系統、IRBL9-W[LT]
A: 抵抗性遺伝子供与親系統、B: IRBL9-W[LT]、C: 戻し交配親（LTH）

［その他］

研究課題：判別品種の共同開発と IRRI による配布・節水栽培に適応した育種素材の育成
中課題番号：A-1)-(3)
予算区分：運営費交付金［イネ安定生産プロ・節水栽培プロ］
　　日本-IRRI 共同研究プロジェクト第 III, IV, V 期［農林水産省拠出］
研究期間： 1994～2010 年度
研究担当者：小林伸哉・Mary Jeanie Telebanco-Yanoria（IRRI）・福田善通・小出陽平・加藤　浩（作物研）・井辺時雄（九州沖縄農研）
発表論文等：1) Mary Jeanie Telebanco-Yanoria *et al.* (2010) Breeding Science 60: 629-638.
2) Mary Jeanie Telebanco-Yanoria *et al.* (2011) Molecular Breeding 27:357–373.

［成果情報名］インド型水稲品種 IR64 の遺伝的背景に農業有用形質を導入した染色体断片導入系統群

［要約］イネ（*Oryza sativa* L.）品種 IR64 を遺伝的背景に、農業上重要な到穂日数や収量関連形質などに変異のある染色体断片導入系統群は、遺伝解析材料や育種素材として活用できる。

［キーワード］イネ、染色体断片導入系統、育種素材、農業形質

［所属］国際農林水産業研究センター　生物資源領域

［分類］研究 A

［背景・ねらい］

国際稲研究所（IRRI）では、高品質で、病害虫に強いインド型水稲品種 IR64 を育成し、広く熱帯の発展途上国で普及させている。また収量性の改善をめざして、熱帯日本型イネを用いた多収系統の New Plant Type（NPT）品種も育成している。インド型水稲品種 IR64 のさらなる遺伝的改良を通して、発展途上国における食糧安定生産を実現するため、NPT 品種由来の有用遺伝子を IR64 の遺伝的背景に導入した染色体断片導入系統を育成し、優れた遺伝解析材料あるいは育種素材を開発する。

［成果の内容・特徴］

1. IR64 の遺伝的背景に 10 種類の遺伝子供与親を用いて育成した染色体断片導入系統（BC_3 の自殖後代）334 系統は、フィリピンの国際稲研究所の圃場での栽培試験で、稈長、穂長、葉身長、葉身幅、一穂籾数、穂数、籾重、到穂日数に変異がある。
2. 育成した 334 系統は、両親間で多型を示す 200 以上の SSR マーカーの遺伝子型解析により、各系統ごとに供与親からの導入染色体領域が確認できる（表１、図１）。
3. 上記のデータに基づき遺伝子型ごとに形質の分散分析を行い、8 つの形質に関連する計 54 の量的形質座位（QTL)が検出される (図１) 。

［成果の活用面・留意点］

1. 育成された系統群は、インド型品種の IR64 が遺伝的背景となっていることから、熱帯等の環境条件に適している。
2. 各国で普及されている品種 IR64 が遺伝的背景になっているため、農業上有用な形質が導入された系統は、途上国での食糧安定生産に寄与する育種素材や品種候補系統として活用できる。
3. 遺伝子供与親ごとに小規模の戻し交雑自殖系統群となっており、遺伝解析に活用できる。
4. 各系統の SSR マーカー情報は、遺伝解析やマーカー選抜に活用できる（詳細なデータは、JIRCAS Working Report No. 66 および Web 上でも公開予定）。
5. 温帯（つくば）で栽培した場合、極晩生で未出穂や登熟不良となる系統もある。
6. 染色体断片導入系統群の分譲については、国際稲研究所の IRRI 日本共同研究プロジェクト(農林水産省拠出金研究)に問い合わせる。

［具体的データ］

表１　IR64 の染色体断片導入系統群の遺伝子供与親、育成系統数および供試した DNA マーカーのうち両親間で多型を検出した数

姉妹系統群	遺伝子供与親	系統数	多型マーカー数
YP1-INL	IR65600-87-2-2-3	36	247
YP3-INL	IR65598-112-2	23	248
YP4-INL	IR65564-2-2-3	45	261
YP5-INL	IR69093-41-2-3-2	56	262
YP6-INL	IR69125-25-3-1-1	29	260
YP7-INL	ホシアオバ	21	238
YP8-INL	IR66215-44-2-3	29	224
YP9-INL	IR68522-10-2-2	16	266
YP10-INL	IR71195-AC1	39	280
YP11-INL	IR66750-6-2-1	40	276

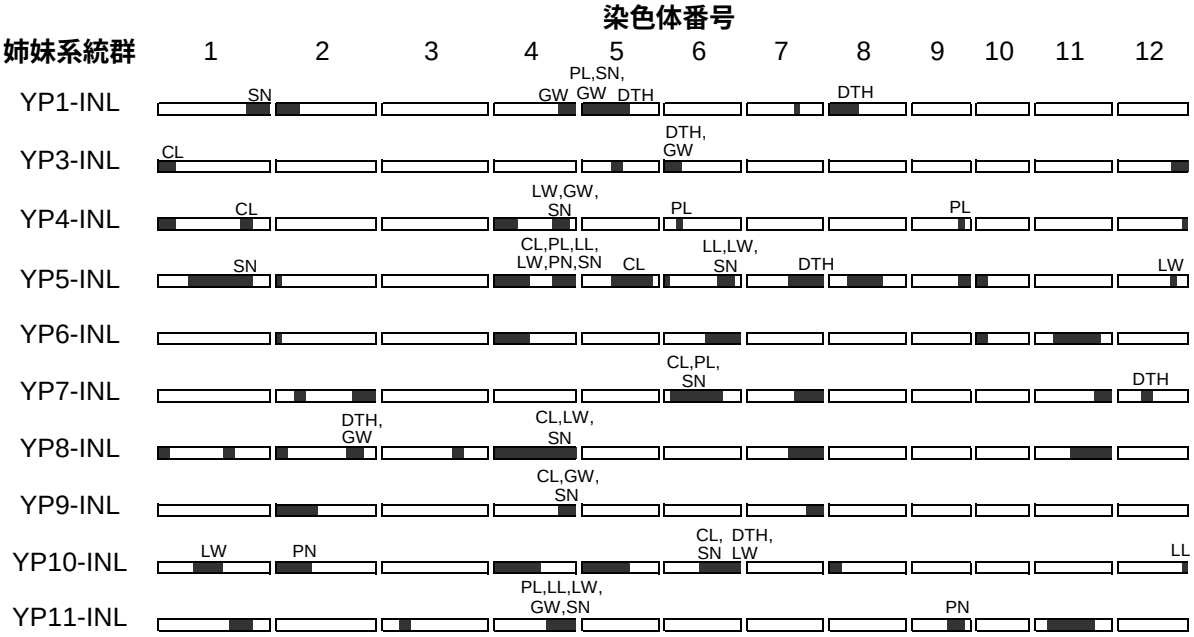


図１　同じ遺伝子供与親に由来する系統をバルクした IR64 の染色体断片導入系統群のグラフ遺伝子型
■：各姉妹系統群において SSR マーカーにより導入染色体断片の検出された領域。DTH（到穂日数）、CL（稈長）、PL（穂長）、LL（葉身長）、LW（葉身幅）、PN（穂数）、GW（籾重）、SN（籾数）は各形質と関連のあった領域。

［その他］

研究課題：節水栽培に適応した育種素材の育成

中課題番号：A-2)-(2)

予算区分：運営費交付金〔節水プロ〕、IRRI 日本共同研究プロジェクト（農林水産省拠出）

研究期間：1994～2010 年度

研究担当者：小林伸哉・藤田大輔（国際稲研究所）・井辺時雄(九州沖縄農研)・加藤浩(作物研)・福田善通

発表論文等：1) Fujita *et al.* (2009) Field Crops Res. 114:244-254.
2) Fujita *et al.* (2010) JARQ 44:277-290.
3) JIRCAS Working Report No.66 (2010)

［成果情報名］効率的なエタノール生産を目的としたオイルパーム廃棄木からの柔組織分別調製装置

［要約］オイルパーム廃棄木から効率的にエタノールを生産するため、樹液搾汁後の残渣から柔組織を分別する装置を開発する。本システムは、パドルを有するスクリューコンベアとサイクロン方式の分別機により構成され、搾汁残渣より柔組織を純度 85%以上、回収率 80%以上で分別することができる。

［キーワード］バイオエタノール、オイルパーム、樹液、搾汁残渣

［所属］国際農林水産業研究センター　利用加工領域

［分類］技術 B

［背景・ねらい］

オイルパーム廃棄木のトランク（幹）の柔組織にはデンプンが含まれることから、パーム樹液とともに燃料用エタノール生産の原料として極めて有望である。オイルパーム廃棄木からの効率的なエタノール生産技術開発のため、柔組織と維管束組織が混在する搾汁残渣から比重の差を利用して柔組織のみを調製する装置の開発を行う。マレーシア森林総合研究所の協力を得て本機を用いた柔組織分別試験を行い、オイルパーム廃棄木からの燃料用エタノール生産技術の現地での普及および展開を目指す。

［成果の内容・特徴］

1. 本機は、前回開発したオイルパーム搾汁システムとの組み合わせにより使用する。分別装置は、スクリューコンベアおよびサイクロンにより構成され、樹液搾汁後の残渣から約半分の体積を占める柔組織を分別する（図１）。
2. 分別機に投入された搾汁残渣は、スクリューコンベアにて攪拌され、パドルミキサーにより維管束組織に結合している柔組織が分離される。比重の軽い柔組織は排風機によって吸引されるが、比重の重い維管束組織はパドルミキサーにより排風機の風量と逆方向に移動し、スクリューコンベアから排出される（図１右　緑矢印）。
3. スクリューコンベアから吸引された柔組織は、サイクロンにて螺旋状に回転する風量により分離される。分離された柔組織はサイクロン円筒の下に位置するロータリーバルブにて回収される（図１右　赤矢印）。
4. サイクロンから分別された柔組織画分の品質を柔組織の純度として表わした。スクリューコンベアの回転を 23 rpm, パドルの回転を 70 rpm に固定し、排風機の回転を変化させたときの柔組織の回収率は排風機の回転が 1430 rpm まで向上したが、1700 rpm 以上では柔組織の純度が低下した（図２）。スクリューコンベアを 23 rpm、排風機の回転を 1144 rpm に固定し、パドルの回転数を変化させたところ、パドルの回転数が 70 rpm までは高い純度で柔組織を回収することができた（図３）。

［成果の活用面・留意点］

1. 搾汁残渣の水分含量の違いは柔組織の分別に影響を及ぼすが、スクリューコンベアとパドルミキサーの回転数、送風機及び排風機の風量を変えることで比重の異なるサンプルにも対応することができる。

［具体的データ］

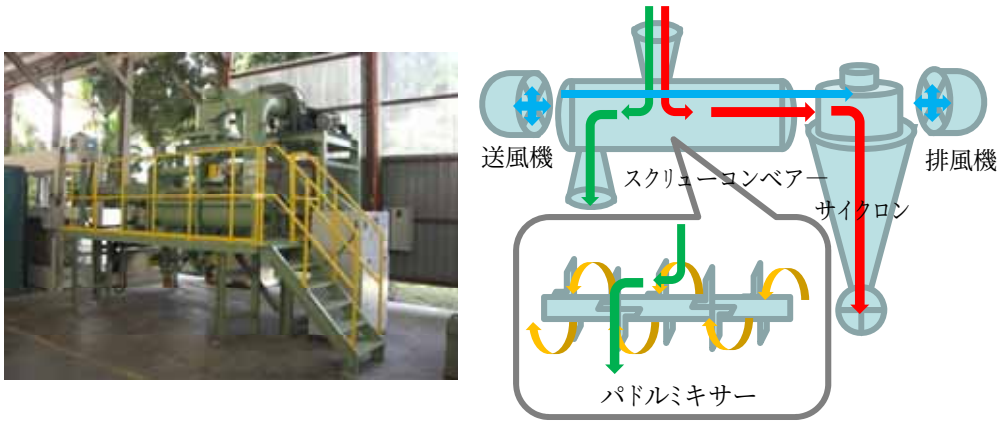


図１　オイルパーム廃棄木からの柔組織分別調製装置の写真（左）および模式図（右）。赤矢印：柔組織の流れ　緑矢印：維管束の流れ　青矢印：排風の流れ　黄矢印：パドルミキサーの回転

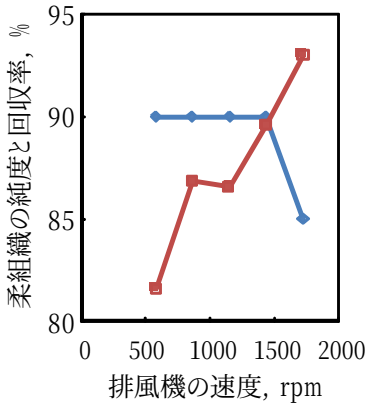


図２　柔組織の純度と回収率に及ぼす排風量の影響

純度　回収率

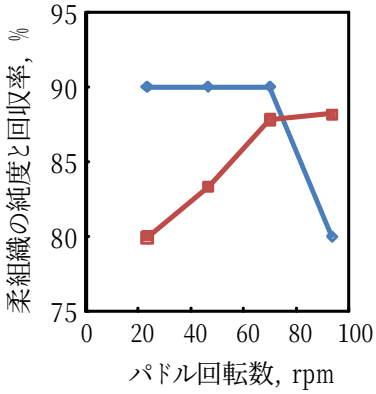


図３　柔組織の純度と回収率に及ぼすパドル回転数の影響

純度　回収率

［その他］

研究課題：マレーシアにおけるオイルパーム幹（トランク）からの効率的燃料用エタノール製造技術の研究開発

中課題番号：A-1)-(4)

予算区分：受託［NEDO 提案公募型］

研究期間：2010 年度（2006～2010 年度）

研究担当者：村田善則・小杉昭彦・荒井隆益・森隆・藤本清彦（森林総合研究所）・Mohd Nor Mohd Yusoff（マレーシア森林研究所［FRIM］）・Wan Asma Ibrahim（FRIM）・Puad Elham（FRIM）・Othman Sulaiman（マレーシア理科大［USM］）・Rokiah Hashim（USM）

発表論文等：

1）　森隆、小杉昭彦、村田善則、荒井隆益 (2010) オイルパーム廃棄木樹液からのエタノール生産技術開発．日本エネルギー学会誌，第 89 巻 第 12 号：p.1147-1152.

2）　Y. Murata *et al.* (2011) Development of a sap squeezing system from old oil palm trunks for the purpose of bioethanol production. 第 4 回 JIRCAS・USM 合同国際シンポジウム，マレーシア ペナン，マレーシア理科大

［成果情報名］カビ酵素に代わり得るセルロース系バイオマス分解酵素の開発

［要約］好熱嫌気性細菌由来のセルロソームとβグルコシダーゼの組み合わせで、セルロース分解能を飛躍的に向上できる。本酵素の組み合わせによりアンモニア処理稲わらを 91%の高効率で分解でき、世界のバイオマス分解の主流技術であるカビ酵素に代わり得る糖化技術となる。

［キーワード］セルロソーム、βグルコシダーゼ、セルロース、稲わら、好熱嫌気性細菌

［所属］国際農林水産業研究センター　利用加工領域

［分類］技術 B

［背景・ねらい］

好熱嫌気性細菌 *Clostridium thermocellum* が生成するセルラーゼ／ヘミセルラーゼ複合体（セルロソーム）は、非常に高いセルロース分解能を有する。本研究では既知菌株である *C. thermocellum* ATCC27405 よりも高いセルロース分解活性を有するセルロソーム生産菌を共同研究機関であるキングモンクット工科大学トンブリ校（KMUTT）の協力を得てタイの自然環境下から分離し、この細菌が生産するセルロソームとβグルコシダーゼとを組み合わせることにより、セルロソームの最終分解産物であるセロビオースによる活性阻害を回避した、高効率なセルロース分解酵素系を開発する。

［成果の内容・特徴］

1. バガスペーパー残渣汚泥槽から分離された *C. thermocellum* S14 は既知菌株 *C. thermocellum* ATCC27405 よりも 3 倍高いセルロース分解能を有し、アルカリ及びより高温環境下で生育する（図１及び表１）。
2. *C. thermocellum* S14 からのセルロソームと好熱嫌気性細菌 *Thermoanaerobacter brockii* からのβグルコシダーゼを組み合わせることによりセルロソームのセルロース分解能力を飛躍的に向上させ、高濃度（10%）の結晶性セルロースでも完全分解が可能である（図２）。
3. 脱リグニンのためにアンモニア浸漬処理（28%アンモニア水、60℃、7 日間）した稲わらを用いた糖化試験では、カビ酵素では 63%の糖化効率であるが、本酵素ミックスでは 91%の高効率で分解することが可能である（図３）。
4. 以上のことから、好熱性嫌気性細菌由来のセルロソームとβグルコシダーゼの組み合わせは世界のバイオマス分解技術の主流であるカビ酵素に代わり得る糖化技術と考えられる。

［成果の活用面・留意点］

1. *C. thermocellum* と *T. brockii* の共培養によりセルロソームとβグルコシダーゼを同時に調製することができる。
2. セルロソームはセルロース結合能を有し、植物バイオマス分解に必要な多種類の酵素が一つのセットとして働いているため、反応後に基質を添加し酵素を基質に吸着させることにより回収し再利用することが可能である。
3. *C. thermocellum* S14 株は（独）製品評価技術基盤機構に特許微生物（NITE P-627）として寄託されている。

［具体的データ］

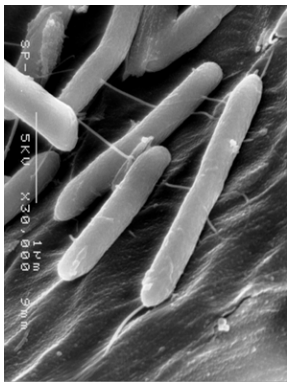


図１　*C. thermocellum* S14 の電子顕微鏡像

表１　*C. thermocellum* S14 の生育特徴とセルロソームの酵素活性

生育範囲	ATCC27405	S14
生育温度範囲(℃)	55 ～ 65	45 ～ 70
生育pH範囲	6.0 ～ 7.5	6.0 ～ 9.0
酵素活性(U/mgタンパク質)		
結晶性セルロース分解活性	0.56±0.26	1.93±0.29
ろ紙分解活性	0.037±0.01	0.068±0.02
CMCアーゼ	1.10±0.12	1.50±0.42
βグルコシダーゼ	<0.001	<0.003
キシラナーゼ	1.70±0.24	3.60±0.9
ペクチナーゼ	0.05±0.01	0.16±0.09

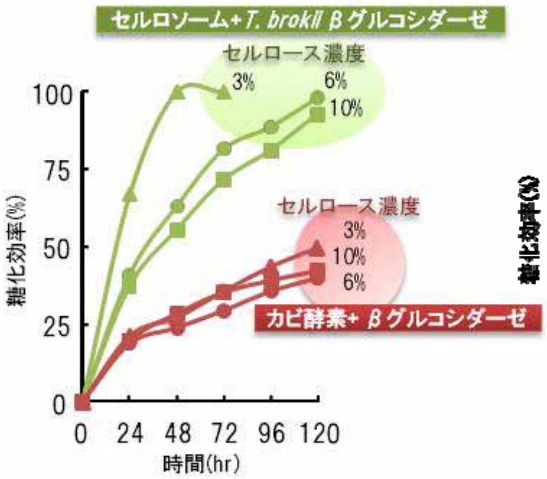


図２　セルロソームと *T. brockii* 由来のβグルコシダーゼの併用による高濃度結晶セルロース分解　カビ酵素の場合、*Aspergillus niger* のβグルコシダーゼを併用した。酵素濃度はセルロース 3%と 6%の時は 1 g 基質あたり 1 mg、また 10%の時は 2 mg 使用した。

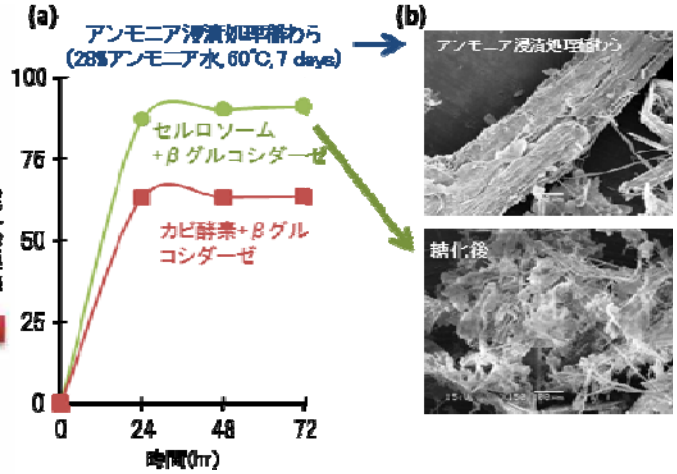


図３　セルロソームと *T. brockii* 由来βグルコシダーゼ酵素ミックスを用いた稲わら糖化　(a)；アンモニア浸漬処理稲わらの糖化。(b)；稲わら糖化後のＳＥＭ画像。酵素はそれぞれ１ｇ基質あたり 2 mg 使用した。

［その他］

研究課題：東南アジア・バイオマス

中課題番号：A-1)-(4)

予算区分：運営費交付金［アジアバイオマス］、農林水産省委託プロ［酵素複合体］

研究期間：2006～2010 年度

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

発表論文等：

1) 小杉ら、特願 2008-222957「クロストリジウム属菌並びにセルロソームを含むセルラーゼ及びヘミセルラーゼの製造方法」

2) 小杉ら、特願 2009-277079「クロストリジウム微生物の培養方法及びセルロソームの製造方法」

［成果情報名］*Bacillus amyloliquefaciens* を用いた α-グルコシダーゼ阻害活性を有する機能性食品素材の製造方法

［要約］*Bacillus amyloliquefaciens* を用いることにより、α-グルコシダーゼ阻害活性を有する納豆様の機能性食品素材の製造が可能である。

［キーワード］*Bacillus amyloliquefaciens*、α-グルコシダーゼ阻害、発酵食品

［所属］国際農林水産業研究センター　利用加工領域

［分類］技術 B

［背景・ねらい］

α-グルコシダーゼは小腸に存在する酵素であり、デンプン等の糖質をブドウ糖等の単糖類に分解する過程で働く消化酵素である。したがって、α-グルコシダーゼの働きを抑えることによって、食後の血糖の急激な上昇を抑えることができる。途上国等においても、健康への関心の高まりとともに、食品や農作物の健康機能性に対する要望が強まってきていることから、本研究では、東アジア・東南アジアで食経験のある菌種を対象に α-グルコシダーゼ阻害成分を産生する微生物についてスクリーニングを行い、タイ発酵食品トゥア・ナオで単離される *Bacillus amyloliquefaciens* を見出した。そこで、*B. amyloliquefaciens* を用いた α-グルコシダーゼ阻害活性を有する納豆様の機能性食品素材の製造方法を開発する。

［成果の内容・特徴］

1. 独立行政法人製品評価技術基盤機構生物遺伝資源部門から入手した *B. amyloliquefaciens* NBRC3022 株、NBRC14141 株、及び NBRC15535 株を、LB 液体培地、LB 寒天培地、米、小麦、トウモロコシ、大豆（図１）で培養あるいは発酵させる。得られた培養液または発酵物抽出液をα-グルコシダーゼ酵素反応液に加えると、いずれの場合も活性阻害が生じる（図２）。また、対照として市販納豆菌、及び実験室菌株である *Bacillus subtilis* NBRC13719 株を用いた場合、活性阻害はほとんど見られない（図２）。
2. 米等の発酵物の製造は以下の通りに行う。*B. amyloliquefaciens* を LB 液体培地で 30℃、１晩培養する。米等を水で煮たのち、室温まで冷却し、*B. amyloliquefaciens* 培養液と混合する。30℃で 1～2 日間発酵したのち、4℃で１晩熟成する。
3. α-グルコシダーゼ活性測定は以下の通りに行う。米等の発酵物 1 g に蒸留水 1 ml を加え、撹拌したのち遠心分離し上澄みを得る。これを酵素反応液｛20 mM リン酸ナトリウム（pH 6.7）、1 mM 4-ニトロフェニル α-D-グルコピラノシド、6.25 mg/ml ラット小腸アセトン粉末（シグマ社製、α-グルコシダーゼ活性力価：0.88 U/mg）、いずれも終濃度｝に加え、30℃、1 時間インキュベートし、405 nm の吸光度を測定する。

［成果の活用面・留意点］

1. *B. amyloliquefaciens* を用いて製造した α-グルコシダーゼ阻害活性を有する食品素材は、血糖値上昇抑制効果のある栄養食品として利用可能である。

［具体的データ］

B. amyloliquefaciens 3022

B. amyloliquefaciens 14141

B. amyloliquefaciens 15535

図１　種々の *B. amyloliquefaciens* により製造した大豆発酵物

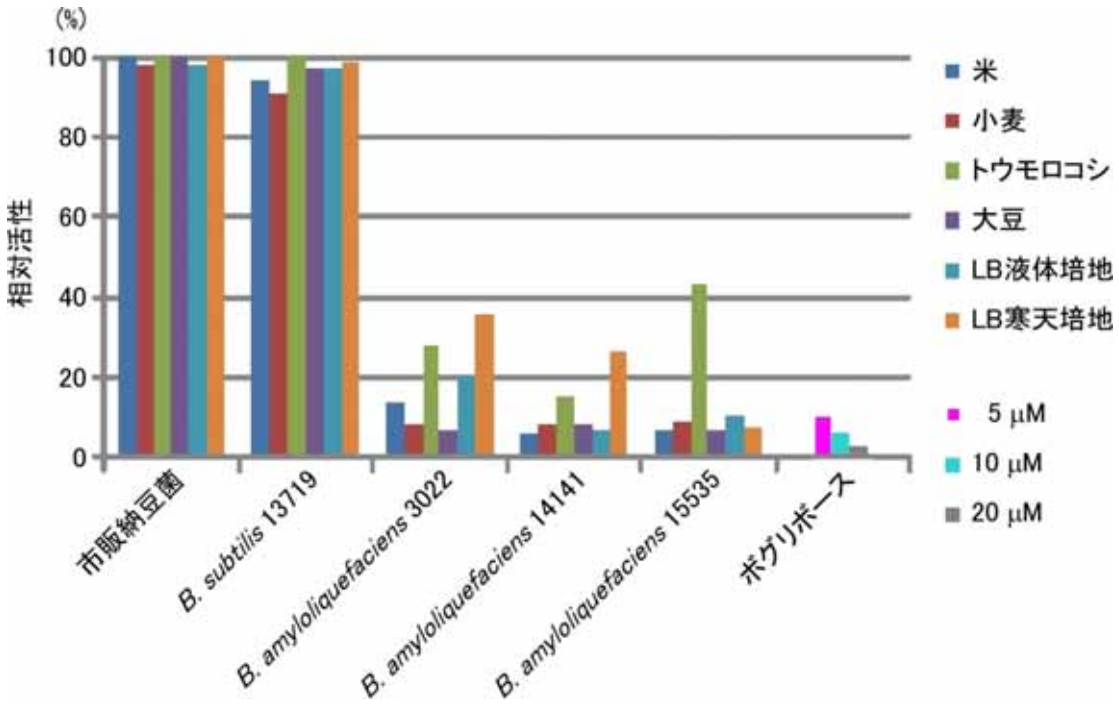


図２　種々の発酵物抽出液及び培養物による α-グルコシダーゼ活性阻害

縦軸は α-グルコシダーゼ相対活性 (%)。阻害剤を含まないときの α-グルコシダーゼ活性値を 100% とした。それぞれの活性値は、培養液または発酵物抽出液を 25%（v/v）になるように酵素反応液に加えたときの値。これは発酵物 0.25 g を 1 ml の酵素反応液に加えた場合に相当する。比較として、強い α-グルコシダーゼ阻害活性をもつボグリボース（5, 10, 20 μM）の値を示した。

［その他］

研究課題：アジア農産物の高付加価値化
中課題番号：A-1)-(5)
予算区分：運営費交付金［高付加価値化］
研究期間：2006～2010 年度
研究担当者：韮澤 悟・吉橋 忠・李 里特（中国農業大学）・森 隆
発表論文等：韮澤 悟ら、特許出願 2010-206162

［成果情報名］屋内型エビ生産システムで飼育されたバナメイエビのおいしさ

［要約］薬を使用せず環境にやさしい養殖法である屋内型エビ生産システムで飼育されたバナメイエビは、商品価値として重要なおいしさ（遊離アミノ酸含量）に関しても国内産クルマエビと同等で、外国産輸入クルマエビ類よりも優れている。

［キーワード］バナメイエビ、屋内型エビ生産システム、環境負荷低減、アミノ酸含量

［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］

世界の養殖エビ生産量は上昇し続けているが、養殖エビの主産地である東南アジアでは、エビ養殖池をつくるためのマングローブ林の伐採や、病気を防ぐための薬の使用などが環境問題を引き起こしており、持続的なエビ養殖を実現するには、これらの課題を解決することが必須となる。JIRCAS では、このような課題解決のために様々な研究開発に取り組んできた。その過程において、陸上養殖を可能にする「飼育水を循環させて再利用する方式」と病気の発生を防ぐための「外部と遮断された施設」を採用した屋内型エビ生産システム（ISPS）を開発し、バナメイエビを事業規模で生産することに成功している。しかし、ISPS では生産コスト削減のために低塩分水（海水の約 1/6 の塩分）を使用するため、飼育水の塩濃度により組織中アミノ酸含量が変化しやすいエビ類の性質上、おいしさ（アミノ酸含量）の低下が懸念される。本研究は ISPS で飼育されたバナメイエビのおいしさを科学的に評価することを目指したものである。

［成果の内容・特徴］

1. 遊離アミノ酸は水産物の味を決める主成分で、甘味・うま味・風味の向上に重要な役割を果たす。ISPS で飼育されたバナメイエビ（図 1）と市販の日本産養殖クルマエビおよび外国産輸入クルマエビ類 4 種について筋肉中の遊離アミノ酸含量を調べた。これら 6 種のエビでは、グルタミン、グリシン、アルギニンが主要な遊離アミノ酸である。
2. ISPS で飼育されたバナメイエビは、輸入エビと同等の餌を給餌しているのにも関わらず、そのグリシン含量、グルタミン含量、および総遊離アミノ酸含量（遊離アミノ酸 19 種類の合計）は日本産クルマエビと同程度以上で外国産輸入エビよりも高い値を示す（図 2）。以上のように、ISPS で飼育したバナメイエビは、「おいしさ」に重要な役割を果たす各種遊離アミノ酸含量が、日本産クルマエビと同等で外国産クルマエビ類よりも高いという、優れた品質をもち、高い市場評価も得ている。

［成果の活用面・留意点］

1. 薬剤を一切使わずにバナメイエビの陸上養殖が可能な ISPS は、環境に優しいだけでなく「おいしさ」という高い付加価値をもったエビを生産できる。このような ISPS は、エビ養殖による環境破壊が進んでいる東南アジア諸国はもちろん、近年、水産物の需要が高まっている欧米諸国においても普及可能な技術である。
2. ISPS の普及は、持続的なエビ養殖業の実現に大きく貢献する。
3. 海外における ISPS の普及のため、対象途上地域の特性や需要に合わせたシステムの改良、コストの低減が必要である。

［具体的データ］

図 1　ISPS で生産されたバナメイエビ

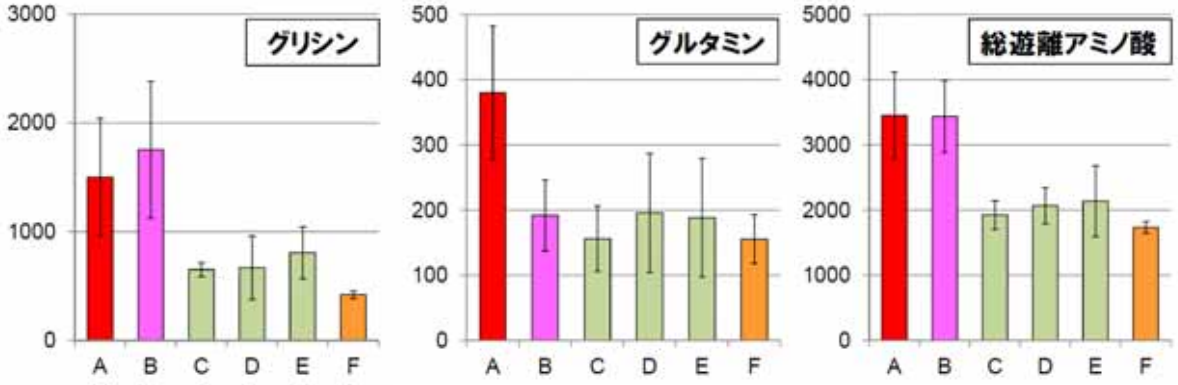


図 2　各種クルマエビ類の筋肉中遊離アミノ酸含量の比較 (mg/筋肉 100g)

A. ISPS 飼育バナメイエビ *Litopenaeus vannamei*
B. 日本産クルマエビ *Marsupenaeus japonicus*
C. ベトナム産ウシエビ *Penaeus monodon*
D. サウジアラビア産インドエビ *Fenneropenaeus indicus*
E. ニューカレドニア産ブルーシュリンプ *L. stylirostris*
F. インドネシア産バナメイエビ *L. vannamei*

［その他］

研究課題：バナメイエビの人為催熟技術を利用した安定的な種苗生産の確立
中課題番号：A-1)-(7)
予算区分：受託［生研センター・イノベーション創出基礎的研究推進事業］
研究期間：2009～2011 年度
研究担当者：奥津智之・進士淳平（東大院）・野原節雄（株式会社アイエムティー）・野村武史（株式会社アイエムティー）・前野幸男・マーシー ワイルダー
発表論文等：奥津ら (2010) 水産技術 3(1):37-41.

［成果情報名］西アフリカサヘル地域における Mother-Baby **手法を用いた肥沃度管理技術の普及可能性の評価**

［要約］サヘル地域で普及確度の高い技術は、トウジンビエとササゲの間作、トウジンビエ脱穀残さ、家畜糞尿の利用や化学肥料との併用である。普及可能性は技術の有効性と投入資材の入手しやすさによって決定される。

［キーワード］Mother-Baby 手法、サヘル、間作、脱穀残さ、家畜糞尿

［所属］国際農林水産業研究センター　生産環境領域

［分類］技術 B

［背景・ねらい］

西アフリカサヘル地域では社会的インフラの未整備、農業資材の不足、資金の不足や新技術に対する拒否反応といった文化的背景の違い等様々な制約条件が技術普及を困難にしている。当センターではこれまで、サヘル地域の土壌肥沃度管理に関する個別技術を開発・検証してきたが、これらの技術が農家に受け入れられるかどうかは未確認のままであった。そこで、Mother-Baby 手法を用いて肥沃度管理技術の普及可能性を評価し、普及可能性を決定する要因を特定する。

［成果の内容・特徴］

1. Mother-baby 手法は、研究者が Mother 圃場で展示・実証する技術に応じて、農家が自ら選択した技術を、自（Baby）圃場で試行する手法である。自圃場での技術の選択および試行割合の推移により普及可能性が評価できる。
2. 土壌肥沃度管理に関する個別技術を 3 年間、Mother 圃場で展示・実証する。農家はそれらの技術の有効性を、自圃場での試行により学習・確認・適正化する（図１）。
3. 自圃場では化学肥料の単独施用とトウジンビエ単作を選択・試行する農家が大きく減少し、トウジンビエとササゲの間作、トウジンビエ脱穀残さ、家畜糞尿の利用や化学肥料との併用を試行する割合が増える。試行割合が増加した技術の普及可能性は高いと評価できる（図２）。
4. 自圃場で化学肥料を試行する農家が制限される理由は、化学肥料を購入する現金の不足による。
5. 脱穀残さ施用を試行する農家の自圃場は、すべてトウジンビエが実際に脱穀される場所の約 500 m 以内にある。
6. 農家にとっての家畜の有無は、家畜糞尿に関わる技術の採択・試用に有意に影響する。
7. 72%の Baby 農家が脱穀残さや家畜糞尿施用の効果を評価している。また 79%の農家が量、現金、および運搬するための手段の確保がさらなる技術普及につながると考えている。
8. 上記より、技術の普及可能性は、技術の有効性を農家自身で学習・確認・適正化すること、家畜糞尿やトウジンビエ脱穀残さなどの投入資材が身近にあることによって高まる。

［成果の活用面・留意点］

1. Mother-Baby 法を用いることで、比較的複雑・高度な技術についても複数年の活動を通して学習することが可能である。また堆肥施用をコラリングで代用するなど、研究者が提案した技術に対して農家が工夫できる余地を持つ。
2. 農家（Baby）圃場での技術トライアルは、農家の自主選択、自主運営を 100%任せることにより、技術の普及可能性が評価できる。

[具体的データ]

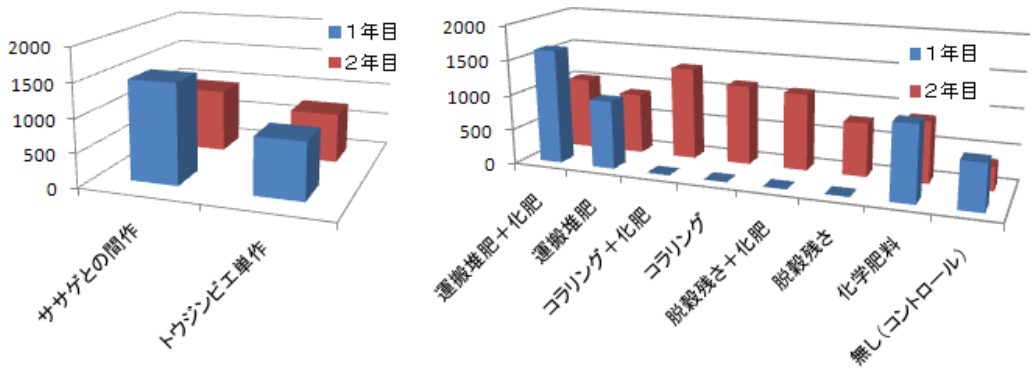


図１　作付体系（左）および施肥技術（右）がトウジンビエの種子収量（kg/ha）に及ぼす効果（Baby 圃場での実証）

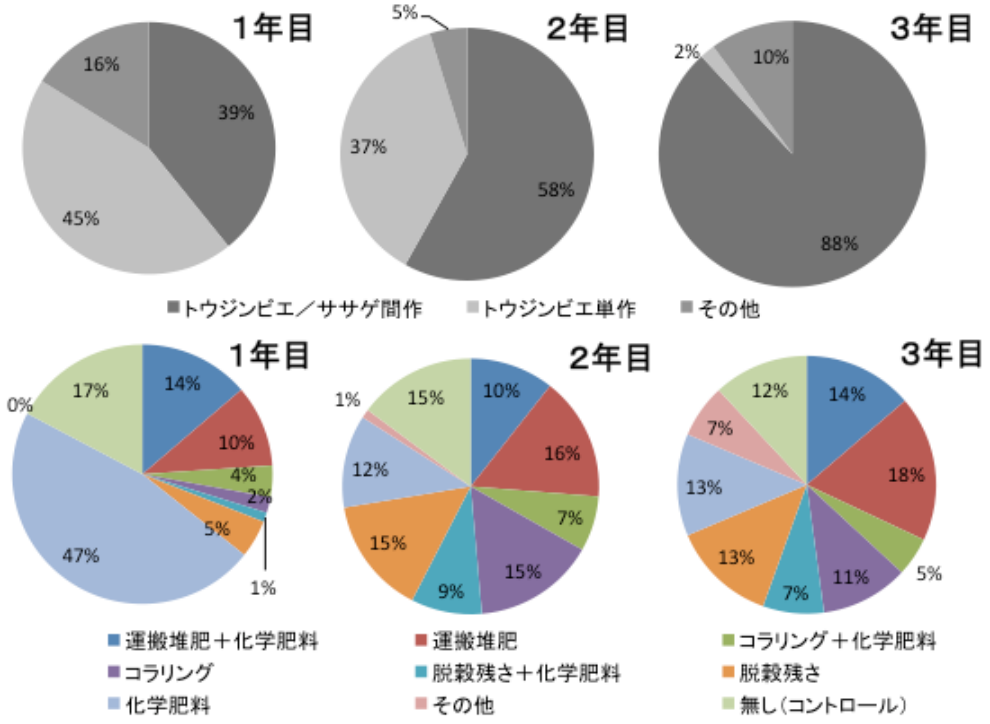


図２　農家の Baby 圃場で試行された肥沃度管理技術の推移
作付体系（上）および施肥技術（下）

［その他］

研究課題：西アフリカの半乾燥熱帯砂質土壌の肥沃度の改善

中課題番号：A-2)-(1)

予算区分：交付金［アフリカ土壌］

研究期間：2008～2009 年度

研究担当者：大前英・林慶一・Ibro Germaine

発表論文等：Omae *et al.* (2010) Evaluation of farmer's affordability in the millet/cowpea intercropping system with application of organic matter in the Sahel, West Africa. Proceeding of the 5th World Cowpea Research Conference

［成果情報名］東北タイ農民による節水野菜栽培技術指針

［要約］農民参加型手法により、土壌水分を活用した野菜の節水栽培法の技術指針を策定した。東北タイの乾期でも、土壌水分を活用することで多種野菜を栽培することができる。

［キーワード］東北タイ、節水野菜栽培、農民参加型

［所属］国際農林水産業研究センター　生産環境領域

［分類］技術 B

［背景・ねらい］

東北タイの天水農業地域は、サトウキビ・キャッサバの生産に依存した農業経営となっている。これらの価格変動に伴う経営の不安定性を緩和するために、野菜作の導入など経営の複合化が望まれていることから、その実現に向けた野菜の節水栽培技術を農民参加型手法により確立する。

［成果の内容・特徴］

1. 東北タイでは雨季に蓄えられた土壌水分が、乾砂層の効果により乾期中もかなり保持されており、この水分を利用した野菜の節水栽培技術を確立した。
2. 技術指針（図１）は 2004～2005 年の乾期のコンケン県ノンセン村におけるローカル資材活用によるトマトの節水栽培技術開発、同技術に関する 2006～2007 年のコンケン県、マハサラカム県の 2 県 22 村 58 農家による広域適用性確認と地元篤農家技術である植物残渣すき込みによる収量性の向上、2009～2010 年のコンケン県、マハサラカム県、ムクダハン県、サコンナコン県の 4 県 15 農家による多種作目の適用性確認と、長年にわたる農民試験の上に作成されている（図２）。
3. 2006 年以降の農民試験は、JIRCAS 天水プロが協力し、タイ農地改革局（ALRO）の円借款事業「タイ農地改革地区総合農業開発事業（Pro-IAD）」で実施された。
4. 技術指針策定の手順は次の通りである。まず天水プロと Pro-IAD で協議し、水稲作後の無灌水栽培と、その他圃場における節水栽培の２つの栽培法に関して葉菜、果菜、豆類の技術指針を確立する方針を決定した。次いで Pro-IAD 対象の 4 県から参画農民を募り、具体的作物を農民が選定し、適用性確認試験を行い、試験後農民が一堂に会し試験結果を検討して策定した。
5. 節水栽培は、通常 1 日 2 回の灌水を 10 分の 1 の 5 日に 1 度程度とするもので、有機栽培から化学肥料を使用する慣行型栽培まで広く適用できる。灌水は表面散布した化学肥料に如雨露で水をかけるなど、肥料を溶出して効かせるためのものである。無灌水栽培はラッカセイ、スイカ、メロン、ナス等が推奨されている。
6. 確立された節水栽培法は自然環境を活かしたもので、特別な資材を必要としない。

［成果の活用面・留意点］

1. 2010 年 12 月より 15 農家が技術指針の講師となり、各県で研修会を開催し、いわゆる農民対農民普及が始まっている。
2. 技術指針は、節水栽培の経験のある農民が講師となり研修方式で普及する。

［具体的データ］

図１　節水野菜栽培技術指針とその内容構成

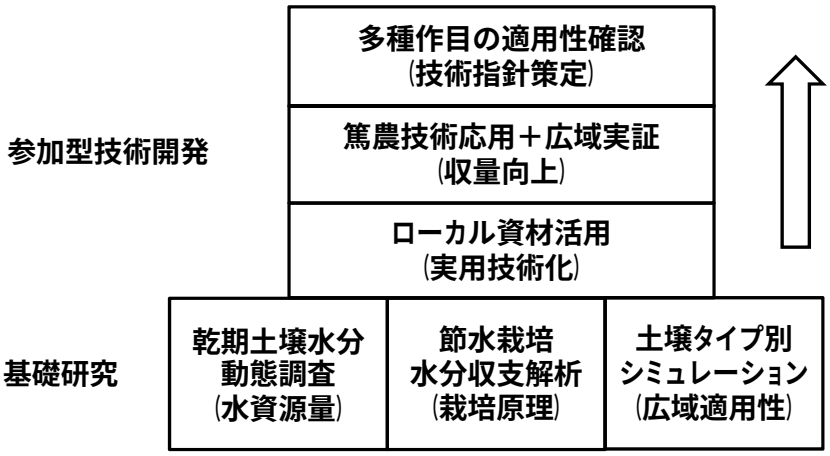


図２　参加型技術開発の過程

［その他］

研究課題：インドシナ天水農業地帯における農民参加型手法による水利用高度化と経営複合化

中課題番号：A-2)-(2)

予算区分：運営費交付金［天水農業］

研究期間：2006～2010 年度

研究担当者：小田正人・P. Chongpraditnum（タイ農業局土壌研究グループ）

発表論文等：1) Oda *et al.* (2006) JIRCAS Working Report No.47：115-120.
2) 小田・諸泉 (2007) システム農学 23(3)：245-250.
3) Oda and Ogura (2008) システム農学 24(1)：57-64.
4) 小田 (2009) 熱帯農業研究 2(1)：1-7.
5) 小田 (2011) インドシナ－天水農業－ 養賢堂 p.46-53.

［成果情報名］長期にわたる農牧輪換システムの有効性と特徴

［要約］亜熱帯サバンナ地域において、連作大豆畑に農牧輪換システムを導入すると大豆の生産性は回復し、放牧草地期間が長く粗放牧利用の方が、放牧草地期間が短く集約利用するより、その効果は大きい。これには、有機物の蓄積やリン酸の地表面への蓄積解消効果が大きい。

［キーワード］農牧輪換、亜熱帯サバンナ、土壌有機物、放牧、連作大豆畑

［所属］国際農林水産業研究センター　畜産草地領域

［分類］技術 B

［背景・ねらい］

亜熱帯サバンナ地帯では、セラード開発以降広大な面積の農地が開発された。しかし、これらの農地では、長年の連作により生産性の低下が問題となっている。加えて、大豆は国際商品作物であるため、価格変動が大きく、経営の不安定要因となっている。我々は、農牧輪換システムの導入により、大豆の生産性を回復させると共に、価格変動の小さい畜産の導入により経営を安定化さ、これらの問題の解決を図り効果を上げてきている。そこで、パラグアイのイグアス地域で行った２試験の農牧輪換システムの研究結果を肥料成分の地表面への蓄積解消や土壌有機物の蓄積効果を検討することで評価し、その特徴を明らかにする。

［成果の内容・特徴］

1. 試験１における 7 年間放牧草地化した場合の大豆の生産量は、連作を続けた対照区の 2.35 倍であり、試験２における 4 年放牧草地化した場合（1.12 倍、1.02 倍）より効果が高く、放牧草地化する期間が長いほど、大豆の生産性がより回復する（表１）。
2. 試験１と試験２では、放牧草地での家畜の生産性が異なる放牧様式で試験を行っており、前者は粗放な放牧様式（補助飼料を与えず、ネローレと呼ばれるゼブー系の牛を乾期のえさの足りない時期に補完的に放牧。）であり、後者は集約放牧（乾期に補助飼料を与え、放牧地を電気牧作で細かく区切り転牧する。牛は改良品種で放牧密度も高い。）である。前者の方が大豆の生産性回復効果が高い（表１）。
3. 放牧草地化期間の短縮と集約放牧は有機物の蓄積を妨げ土壌環境が改善しないため（図１）、大豆の生産性回復効果を低める（表１）。
4. ただし、草地期間が短く、家畜の生産性を高めても地表面へのリン酸蓄積の解消等はおこるため（図２）、大豆の生産性回復は可能である。これは、リン酸の地表面への蓄積解消により、大豆根の地表面への集中が緩和され、栽培された大豆が干ばつに強くなるためである（表１）。

［成果の活用面・留意点］

1. 現在農牧輪換の普及が進みつつある南米で、大豆生産農家が自分にあった農牧輪換システムの選択の参考となる。
2. 大豆の収穫量や価格変動が大きく比較は難しいが、我々の行った集約放牧では、大豆が高騰しない場合（20 US$/60 kg，2004 年時点）や、旱魃時には畜産が大豆栽培の収益を上回るため、経営の安定に繋がる。

［具体的データ］

表1． 農牧輪換システムの比較

草地の利用状況	試験1	試験2
草地化する前の連作期間	3年以上	10年以上
草地化期間	7年	4年(または3年)
牧草名(品種)	ギニアグラス(タンザニア)	ギニアグラス(モンバサ)
放牧様式	粗放放牧	集約放牧
ヘクタール当たりの増体重	ほとんど無し	1.34ton/ha
大豆生産量(対照区との比率)		
再耕作1年目	1.48ton/ha (2.35倍)[a]	3.71ton/ha (1.02倍)
再耕作2年目	3.56ton/ha (1.86倍)[a]	1.24ton/ha (1.42倍)[a]
再耕作3年目	2.84ton/ha (1.45倍)[a]	ー
再耕作4年目	2.74ton/ha (1.11倍)	ー
土壌の理化学性	7年目の草地と対照区で比較	草地化前と3年後で比較
有機物蓄積	1.20倍***	1.02倍(3年後)
リン酸蓄積解消	0.28倍***	0.51倍(3年後)**

試験1:Shimoda et.al. (2010)，試験2:Shimoda et al. (投稿中).

[a]:干ばつ年． **:0.01%水準で有意差有り． ***:0.001%水準で有意差有り．

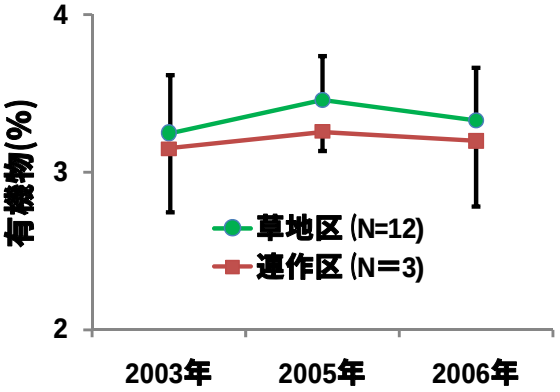


図１　2003 年に草地化した農牧輪換区と大豆連作区の表層部（0～10 cm）の土壌有機物の比較及び経年変化（試験２）。

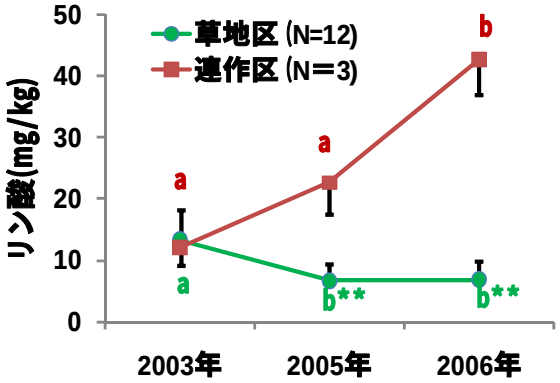


図２　2003 年に草地化した農牧輪換区と大豆連作区の土壌表層部（0～10 cm）のリン酸の比較及び経年変化（試験２）．（アルファベットの違いは 5%水準で年度間に有意差有り。**：1%水準で連作区と有意差有り）

［その他］

研究課題：農牧輪換システムにおける大豆の生産性向上効果の解明および草地管理技術の開発

中課題番号：A-2)-(3)

予算区分：運営費交付金〔農牧輪換〕

研究期間：2004～2008 年度

研究担当者：下田勝久・堀田利幸（現在：日系農業協同組合パラグアイ農業総合試験場）

発表論文等：Shimoda, K. *et al.* (2010) Evaluation of an Agropastoral System Introduced into Soybean Fields in Paraguay: Positive Effects on Soybean and Wheat Production. *JARQ*, **44:** 25-31.

［成果情報名］イネ *OsNAC5* 遺伝子を利用した環境ストレス耐性イネの開発

［要約］イネの環境ストレス誘導性 NAC 型転写因子である OsNAC5 の遺伝子をイネで過剰発現させると、生育を阻害することなく、乾燥や塩ストレスに対する耐性を向上させることができる。

［キーワード］　転写因子、乾燥、塩ストレス、形質転換植物、環境ストレス耐性

［所属］国際農林水産業研究センター　生物資源領域

［分類］研究 B

［背景・ねらい］

近年、地球環境の悪化に伴い、世界各地で干ばつ等の異常気象が多発し、作物の収量に大きな悪影響を与えている。特にアフリカを始め開発途上地域では干ばつが多発し、農業に大きな打撃を与えている。植物は干ばつなどの劣悪な環境条件にさらされると、多くの環境ストレス耐性遺伝子群を働かせることにより劣悪環境に適応する。これらの環境ストレス耐性遺伝子群の働きを調節している転写因子を過剰に発現させることにより、環境ストレス耐性を向上させることができる。しかし、環境ストレス耐性に関わる転写因子の遺伝子を過剰発現すると生育阻害が起きる場合が多い。この研究は、イネの環境ストレス誘導性 NAC 型転写因子の遺伝子を利用して、生育を阻害することなく、乾燥や塩ストレスなどの環境ストレスに対する耐性が向上したイネを開発することを目指したものである。

［成果の内容・特徴］

1. イネの NAC 型転写因子である OsNAC5 の遺伝子は、OsNAC6 の遺伝子と同様に、乾燥、塩ストレスによって誘導される。環境ストレス応答において重要な役割をもつ植物ホルモンであるアブシシン酸やジャスモン酸によっても誘導される。
2. OsNAC5 タンパク質は細胞の核に局在する。N 末端側には DNA 結合領域が存在し、NAC 結合配列に結合する。C 末端領域には、転写活性化領域が存在し、転写活性化因子として機能する。
3. トウモロコシの恒常的にはたらくプロモーター（遺伝子発現を調節する領域）であるユビキチンプロモーターを用いて *OsNAC5* 過剰発現イネと *OsNAC6* 過剰発現イネ（ともに日本晴）を作製し、T2 および T3 世代の形質転換イネの生育を比較すると、*OsNAC6* 過剰発現イネは有意に生育の遅延が見られるが、*OsNAC5* 過剰発現イネには生育の遅延が見られず、形質転換用ベクターのみを導入した対照イネと同様の生育を示す（図１A）。
4. T2、T3 世代の *OsNAC5* 過剰発現イネを用いて塩ストレス耐性試験、あるいは乾燥耐性試験を行うと、*OsNAC5* 過剰発現イネは対照イネと比較して有意に高い生存率を示す（図１B, C）。
5. *OsNAC5* 過剰発現イネでは、細胞を脱水から保護する機能がある LEA タンパク質をコードする *OsLEA3* 遺伝子を含む数種の乾燥誘導性遺伝子の発現が増加する。*OsLEA3* 遺伝子のプロモーターには OsNAC5 や OsNAC6 が結合できる。*OsNAC5* 過剰発現イネでは OsLEA3 など環境ストレス耐性に機能するタンパク質の働きを介して、環境ストレス耐性が向上すると考えられる。

［成果の活用面・留意点］

1. イネの OsNAC5 は、生育を阻害することなく乾燥や塩ストレスなどの環境ストレスに対する耐性を向上させることができるため、環境ストレス耐性作物を開発するために有効である。
2. 今後は、*OsNAC5* 過剰発現植物が、圃場レベルでの干ばつや塩害といった不良環境に耐えるか検証することが必要である。

［具体的データ］

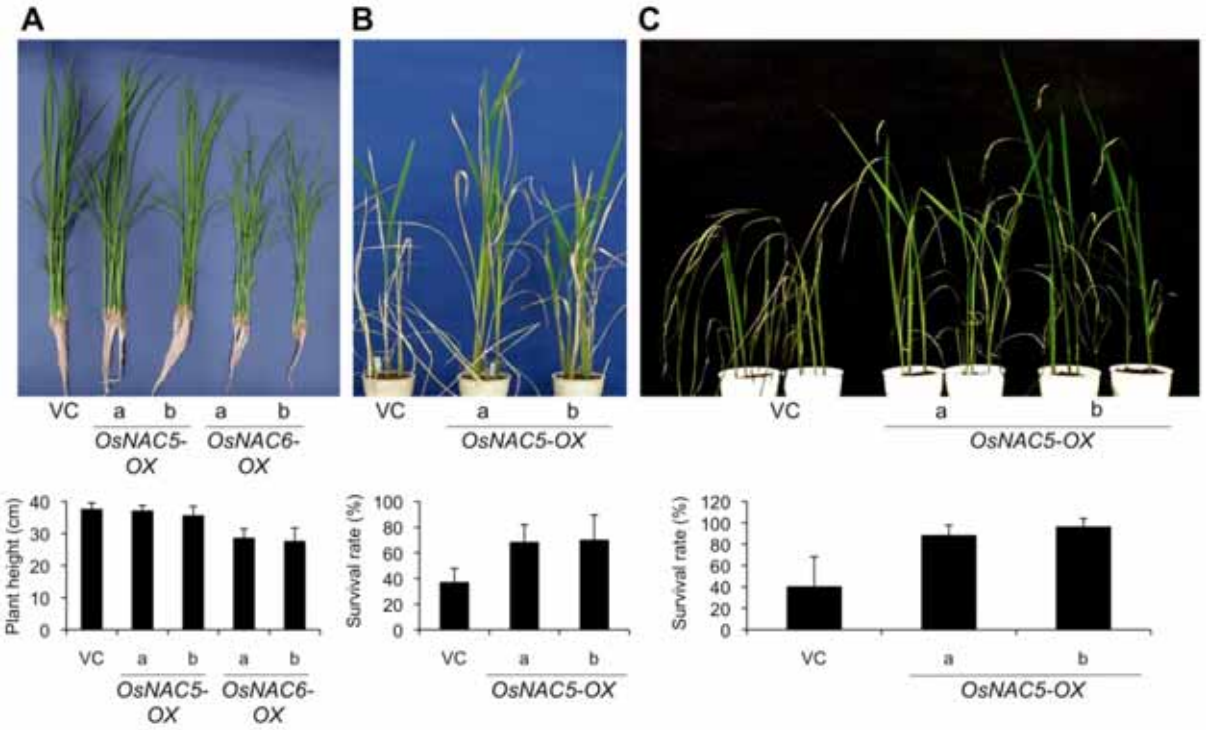


図１　イネ *OsNAC5* 遺伝子を過剰発現するイネの生育と環境ストレス耐性

(A) *OsNAC5* 過剰発現イネと *OsNAC6* 過剰発現イネの草丈の比較。*OsNAC5* 過剰発現イネ *OsNAC5-OX* の系統 a と系統 b、*OsNAC6* 過剰発現イネ *OsNAC6-OX* の系統 a、系統 b、形質転換用ベクターのみを導入した対照イネ（VC）を催芽処理後２週間栽培した。下のグラフは背丈を示す。なお、対照イネは原品種の日本晴と同様の生育を示す。

(B) *OsNAC5* 過剰発現イネの塩ストレス耐性。催芽処理後ポットで２週間生育させた後、ポットを 250 mM NaCl 溶液に浸して３日間生育させた。その後通常条件で 30 日間生育させた。下のグラフは生存率を示す。

(C) *OsNAC5* 過剰発現イネの乾燥ストレス耐性。２週間ポットで生育させた後、ポットの水を切って４日間乾燥させた。その後給水し、14 日間生育させた。下のグラフは生存率を示す。

［その他］

研究課題：植物の環境ストレス耐性機構の解明と耐性作物の開発

中課題番号：A-1)-(1)

予算区分：交付金〔ストレス耐性機構〕、受託〔農水省〕等

研究期間：2006～2010 年度

研究担当者：髙﨑寛則・圓山恭之進・藤田泰成・篠崎和子・中島一雄

発表論文等：Takasaki *et al.* (2010) Mol Genet Genomics 284:173-183.

［成果情報名］タイ国で収集したエリアンサス属植物遺伝資源の特性評価と分類

［要約］タイ国で収集したエリアンサス属植物の遺伝資源は、形態や開花期、乾物生産等の農業特性において多様な変異を示す。これらは、*Erianthus procerus* および *E. arundinaceus* の 2 種を含み、*E. arundinaceus* についてはさらに 3 つの類型に分類できる。

［キーワード］エリアンサス属植物、*Erianthus procerus*、*E. arundinaceus*、遺伝資源、分類

［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］

世界の食糧・エネルギー需給逼迫の緩和には、既存の食料作物の生産が困難な地域において、食料とエネルギーの同時的増産を可能とする糖質・繊維質作物の開発が必要である。サトウキビの近縁属植物であるエリアンサス属植物は、少雨等の厳しい自然環境下への適応性が高いことが知られており、サトウキビ改良等の育種素材として世界的に注目されている。国際農林水産業研究センター（JIRCAS）は 1997 年から 2010 年までタイ農業局コンケン畑作物研究センター（KKFCRC）と共同で、タイ全土を対象にエリアンサス属遺伝資源の収集と保存を実施してきた。今後のエリアンサスの利用促進には特性評価と遺伝的多様性の分析が必要であるが、その整備は進んでいない。そこで、KKFCRC に保存しているタイ国エリアンサス遺伝資源の特性評価と分類を実施する。

［成果の内容・特徴］

1. 収集した遺伝資源は、葉梢の毛群やロウ質物、芽のサイズや根基数等の形態特性や開花期、染色体数、生育環境等から 2 種（*Erianthus procerus* および *E. arundinaceus*）に分類される。*E. arundinaceus* についてはさらに 3 つの類型に分類される（図１）。
2. *E. procerus* はタイ北部から東北部、*E. arundinaceus* の類型 I はタイ中部以北（インドシナ半島）、類型 II はタイ南部（マレー半島）、類型 III は中西部や北部、東北部に分布する（図１）。
3. *E. arundinaceus* の類型Ⅲは開花期が 10～11 月と早く、*E. procerus* は 12～1 月と遅い。*E. arundinaceus* の類型Ⅰ、類型Ⅱのはその中間である。（図１）
4. 保存中の系統には *E. procerus* と *E. arundinaceus* の類型 I が多く、類型 II や類型 III に属する系統は少ない（図１）。
5. *E. arundinaceus* には、干ばつが厳しい東北タイにおいて対照として供試したネピアグラスやサトウキビ品種より多回株出し栽培での乾物生産力が優れる系統がある（図２）。

［成果の活用面・留意点］

1. タイ国におけるエリアンサス属植物の収集・保存および育種利用促進に際して基礎となる情報である。
2. 保存数が少ない *E. arundinaceus* の類型 II や類型 III は、今後重点的に収集する必要がある。
3. 乾物収量の成績（図２）は、小面積での栽培試験の結果である。
4. タイ国内のみならず、世界的な視点でエリアンサスの分類を整備していく必要がある。

［具体的データ］

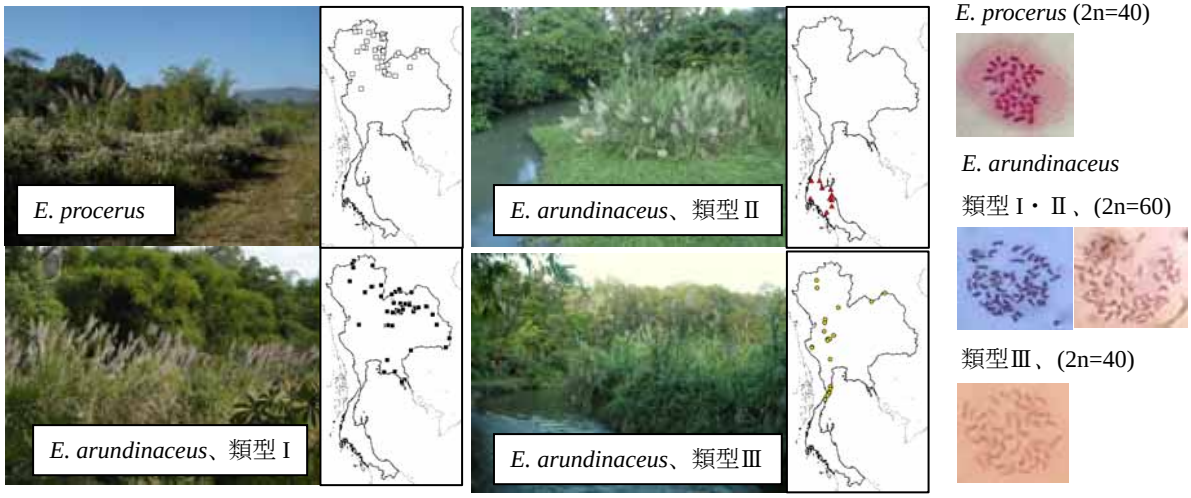


図１　タイ国内における *E. procerus, E. arudinaceus* 3 類型の生態写真、分布図、染色体。

表１ *E. procerus* および *E. arundinaceus* の 3 類型（類型 I、II、III）の特性

種・類型	主な生育環境	開花期	染色体数	葉鞘 毛	葉鞘 ロウ	芽のサイズ	根基	保存数
E. procerus	山地林縁、丘陵草地、路傍など	12-1月	40	無	多	極小	無～少	43
類型I	山地林縁、丘陵草地、路傍など	11-1月	60	少～多	無–多	小	無～少	64
類型II	河川沿い、湿地	12月	60	無–僅	多	大	多	15
類型III	河川沿い	10-11月	40	無	無	大	多	28

注）特性は KKFCRC 圃場にて調査したデータ。葉鞘の毛群は、葉鞘の背面の毛群を調査。

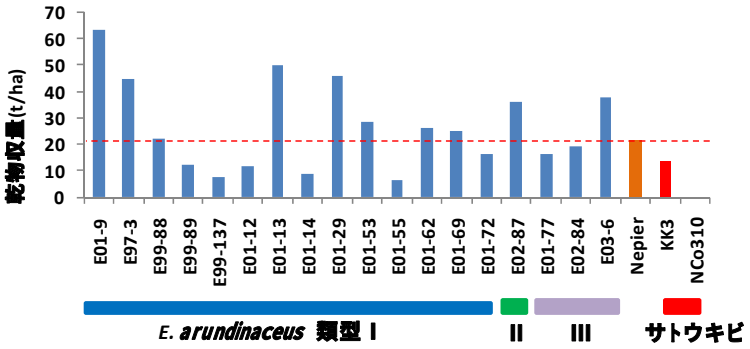


図２ 保存中のエリアンサス系統の株出し 3 回目での乾物収量。
注）2006 年 5 月に植え付け、毎年冬季（12 月から 2 月）に収穫。1 区 1 畦 6 m（株間 1.2 m、5 株植え）、畦幅 1.8 m、2 反復。ネピアグラス、NCo310 は 4 反復。KK3 は反復無し。試験は KKFCRC 圃場にて実施した。NCo310 は株出し 2 回目以降萌芽しなかった。

［その他］

研究課題：サトウキビ多用途化のための育種素材開発

中課題番号：A-1)-(6)

予算区分：交付金〔サトウキビ多用途化〕

研究期間：2002～2010 年度

研究担当者：田金秀一郎・杉本明・寺島義文・江川宜伸・伊敷弘俊・佐藤光徳（鹿児島農総セ）・伊禮信（沖縄県農研セ）・Werapon Ponragdee・Taksina Sansayawichai・Amarawan Tippayawat（コンケン畑作物研究センター）

発表論文等：Tagane *et al.* (2011) Cytological study of *Erianthus procerus* and *E. arundinaceus* (Gramineae) in Thailand. Cytologia (in printing).

［成果情報名］養殖対象として有望なラオス在来コイ科魚類 *Hypsibarbus malcolmi* の種苗生産および成長

［要約］ *Hypsibarbus malcolmi* は、孵化後 2 日目（2 日令）には親由来の栄養である卵黄の吸収完了と同時に、人為的に培養した小型動物プランクトン(淡水産ワムシ *Brachionus angularis*)を摂餌し、体長 10 mm 強となる孵化 19 日後には主な器官が完成し稚魚となる。共食いせず、活発に摂餌することから種苗生産期間の生残率も高く（>90%）、養殖対象種として有望である。

［キーワード］ ラオス在来コイ科魚類、*Hypsibarbus malcolmi*、人工種苗生産、養殖候補種

［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］

ラオスでは、近年の人口増加に伴う食料増産の必要性から魚類養殖を振興しているが、養殖生産量の大半（80%以上）をティラピア等の外来魚種に依存している。その結果、養殖生産量は増加しつつあるが、これら外来種の天然水域への侵入が進んでおり、その影響で減少が懸念される在来魚種の増養殖技術開発の必要性が増している。しかし同国では、在来魚種の増養殖については一部の種を除きほとんど行われていない。本研究の対象種は、溜池・湖沼等に広く分布する雑食性の在来コイ科魚類 *Hypsibarbus malcolmi*（図 1）で、これまで同国における一般的な食用魚種でありながら養殖対象とされていなかったが、本種の種苗生産試験を通じ、養殖種としての適性を検証し、成長および形態発育等を明らかにする。

［成果の内容・特徴］

1. 親魚への催熟ホルモン（LH-RH 系 Suprefact）の筋肉注射後の自然産卵により、メス親魚 1 尾（600 g～1 kg）あたり 10 万粒前後の多数の受精卵を得ることが可能である。
2. 2 日令に平均体長 3.3 mm で卵黄を完全に吸収し（図 2、3）、その後速やかに摂餌を開始する。
3. 現地での導入に成功している人工培養ワムシ（本プロジェクト研究で技術開発）を初期の餌料としたところ、活発な摂餌が確認される（3 日令の摂餌個体率 100%）。
4. 体長 10.4 mm で全ての鰭形成が完了するとともに仔魚期から稚魚期に移行し(図 4)、その間共食いすることなく、生残率は 30 日間で 90%以上と高く初期減耗は非常に少ない。
5. これらの特性は本種の養殖対象種としての優れた適性を示している。

［成果の活用面・留意点］

1. 本種は孕卵数が極めて多く、少ない親魚から多くの種苗を生産することが可能である。
2. 仔稚魚期に高い生残率が見込まれ、民間業者への技術の普及対象として有望である。
3. 本研究で得られた形態データを用いることにより、域内に分布する多くのコイ科仔稚魚から本種を分類・識別することが可能である。
4. 種苗出荷サイズに至るまでの飼育適性（餌料効率・疾病耐性等）や、その後の収獲･販売に至るまでの養殖条件下での成長については今後解明する必要がある。
5. 本プロジェクトを通じ、これまでに本種を含む 9 種の在来魚種種苗生産技術が開発されたが、これら技術の民間業者への技術普及が今後必要となる。

［具体的データ］

図 1 *Hypsibarbus malcolmi*（体長 110 mm、スケールバー：10 mm）。

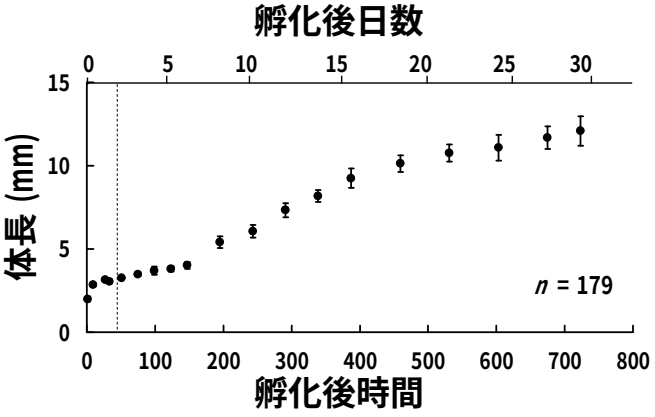


図 2 *Hypsibarbus malcolmi* 仔稚魚の成長（図中破線：卵黄完全消失期、図中縦線：標準偏差）。

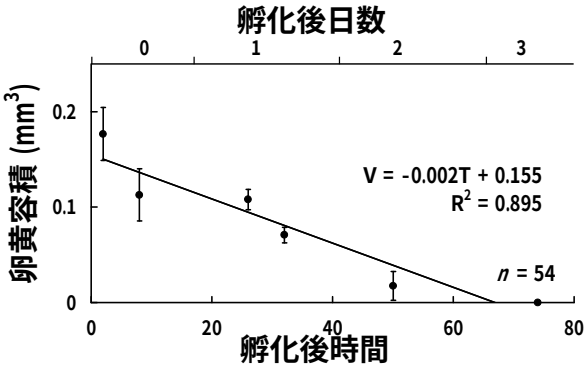


図 3 *Hypsibarbus malcolmi* 仔魚の卵黄吸収パターン（図中縦線：標準偏差、V：卵黄容積、T：時間）。

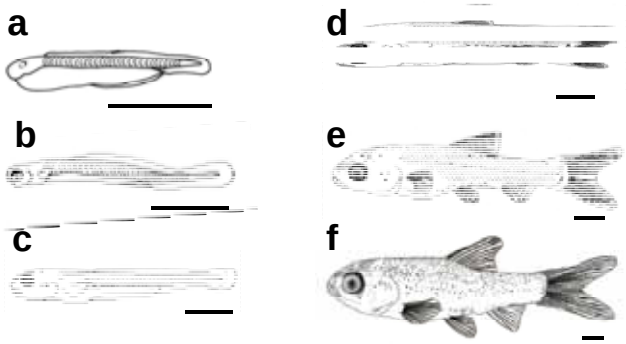


図 4 *Hypsibarbus malcolmi* 仔稚魚。**a** 孵化直後の仔魚（卵黄期、1.9 mm BL)、**b** 1 日令仔魚（卵黄期、3.0 mm BL）、**c** 6 日令仔魚（屈曲期、4.4 mm BL）、**d** 12 日令仔魚（屈曲期、7.3 mm BL）、**e** 16 日令仔魚（後屈曲期,9.1mm BL）、**f** 30 日令稚魚（12.9 mm BL）。スケールバー：1 mm。

［その他］

研究課題：発展途上地域に適した水産養殖技術開発

中課題番号：A-1)-(7)

予算区分：国際プロ〔水産養殖〕

研究期間： 2006～2010 年度

研究担当者：森岡伸介・緒方悠香（東京大学）・佐野幸輔（東京大学）・Bounsong Vongvichith (ラオス水生生物研究センター)・枝浩樹（アイシーネット）・黒倉壽（東京大学）・Thongkhoun Khonglaliane（ラオス畜水産局）

発表論文等：Ogata *et al.* (2010) Ichthyological Research 57:389-397.

［成果情報名］東南アジアの集約的養殖汽水エビから薬剤耐性菌を検出

［要約］東南アジアで集約的養殖されたウシエビおよびバナメイエビに付着した薬剤耐性菌の分布実態を調査したところ、いずれにも薬剤耐性菌が検出され、多剤耐性菌もみられる。薬剤耐性菌の分布はエビへの抗生物質の投薬歴を反映していると考えられる。

［キーワード］エビ集約養殖池、ウシエビ、バナメイエビ、薬剤耐性菌、多剤耐性

［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］

東南アジア各国での汽水産エビ類の養殖は、高密度で効率的な飼育を行う集約的養殖が一般的である。現在，この集約的養殖法では様々な感染性疾病が頻発しており、一部では抗生物質の不適切使用も懸念されている。薬剤の不適切使用に伴う薬剤耐性菌の出現と蔓延は、薬剤の有効性を妨げるなど、養殖業における技術的・経済的な問題となっている。本研究では、汽水産エビ類の安定的な生産のために養殖場のエビ付着細菌群集の薬剤耐性実態を明らかにした。

［成果の内容・特徴］

1. 水産養殖で汎用される薬剤であるオキシテトラサイクリン耐性菌の一般細菌数に対する各池の比率の範囲はバナメイエビが 0.3～52.1%、ウシエビが 0.008～22.3%である（図１）。
2. オキシテトラサイクリン耐性菌比率は養殖池間で大きく異なる(図１)。これは飼育するエビへの投与薬剤量の差を表していると推定できる。
3. オキシテトラサイクリン耐性菌株は魚類病原菌である *Aeromonas* spp.や *Lactocuccus garvieae* 等に近縁である。
4. 代表的な菌株に対して抗生物質の最小発育阻害濃度を測定したところ、いずれの菌株もオキシテトラサイクリンに対して高い耐性を示す(表１)。
5. 単離されたオキシテトラサイクリン耐性菌株の約 8 割が多剤耐性を持っている(表２)。
6. 東南アジアのエビ養殖場ではフルオロキノロン系やキノロン系の抗菌剤を使用することが多いために，多剤耐性の中でナリジクス酸耐性株の比率が高くなった(表２)と推定される。

［成果の活用面・留意点］

1. 薬剤耐性菌数が非常に低い集約養殖池も存在していることから、養殖法を変えることによって耐性菌を減らすことは可能である。

［具体的データ］

図１　集約養殖池のバナメイエビ(VA)およびウシエビ(BT)付着オキシテトラサイクリン耐性菌の総生菌数に対する割合

黄色：バナメイエビ飼育池
青色：ウシエビ飼育池

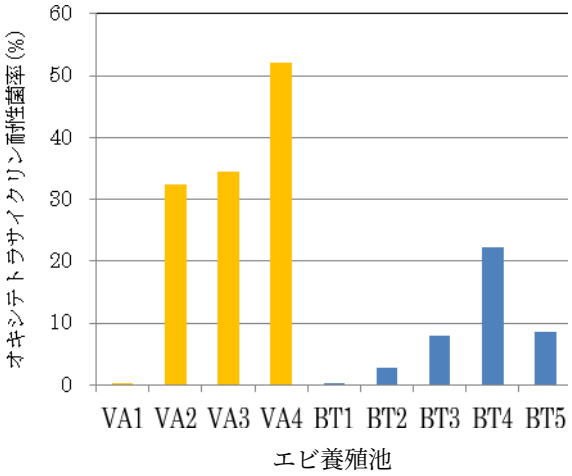


表１　集約養殖池のエビ類から分離した菌株におけるオキシテトラサイクリン最小発育阻害濃度

分離培地	細菌グループ	試験株数	最小発育阻止濃度(μg/ml)												
			<0.5	0.5	1	2	4	8	16	32	64	128	256	512	512<
TSA	*Aeromonas* spp.	52	0	0	0	0	2	2	11	16	11	10	0	0	0
with OTC	*Shewanella* spp.	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
	Lactococcus spp.	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	24	0	0
TSA	*Aeromonas* spp.	8	5	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
	Shewanella spp.	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lactococcus spp.	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Vibrio spp.	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TSA: トリプチケースソイ寒天培地

表２　集約養殖エビ類から分離したオキシテトラサイクリン耐性菌の多剤耐性の状況

分離培地	細菌グループ	試験株数	多剤耐性プロフィール
TSA	*Aeromonas* spp.	18	OTC(6), OTC/EM(2), OTC/ABP/NA(10),
with OTC	*Shewanella* spp.	3	OTC(1), OTC/SM(1), OTC/NA(1)
	Lactococcus spp.	8	OTC/SM/NA(8)
TSA	*Aeromonas* spp.	8	EM(3), NA(1), OTC/ABP/NA(3), OTC/ABP/EM/NA(1)
	Shewanella spp.	4	ABP(1), SM(1), SM/NA(1), no(1)
	Lactococcus spp.	4	SM/NA(3), OTC/SM/NA(1)
	Vibrio spp.	9	ABP(4), SM(2), EM(1), no(2)

TSA: トリプチケースソイ寒天培地,　no: 供試薬剤全てに感受性が認められた
OTC:ｵｷｼﾃﾄﾗｻｲｸﾘﾝ, EM:ｴﾘｽﾛﾏｲｼﾝ, ABP:ｱﾝﾋﾟｼﾘﾝ, NA:ﾅﾘｼﾞｸｽ酸, SM:ｽﾄﾚﾌﾟﾄﾏｲｼﾝ

［その他］

研究課題：水産養殖、タイ汽水産エビ養殖における疫学および池環境調査
中課題番号：A-1)-(7)
予算区分：交付金［水産養殖］科研費
研究期間：2006～2010 年度
研究担当者：矢野　豊・里見正隆（水産総合研究センター）・浜野かおる・筒井　功（JIRCAS）・D. Aue-umneoy（キングモンクット大学）
発表論文等：Yano *et al.* (2011) Journal of Applied Microbiology, 110(3):713-722.

［成果情報名］西アフリカサバンナ低湿地における雑草データベースの構築

［要約］アフリカ氾濫原低地のイネの収量向上に効果的な雑草防除体系を確立するための基盤情報として、低湿地に生育する雑草を同定・分類するとともに、さく葉標本と生植物の画像を作成し、データベース「Plants in lowland savanna of West Africa」を構築した。

［キーワード］サバンナ、低湿地雑草、生態、データベース、稲作

［所属］国際農林水産業研究センター　生産環境領域

［分類］研究 B

［背景・ねらい］

西アフリカの稲作において重要なイネの生育阻害要因である雑草の種と生態についての有力な情報源であった WEEDS OF RICE in West Africa (D.E. Johnson, 1977) が絶版で入手困難であること、対象とする氾濫原低湿地には雑草以外の野生植物も多く生育することから、これらを含めた植物・雑草の同定・分類情報を収集し、活用可能な形で提供することが求められている。そこで、氾濫低湿地におけるイネの収量向上に効果的な雑草防除体系の開発に寄与する目的で、対象地の主要な問題種をはじめとする雑草と植物に関する情報を収集し、雑草のデータベースの構築を目指す。

［成果の内容・特徴］

1. ガーナ共和国北部のサバンナ低湿地のイネ作付圃場などで収集した野生植物種を含む主要な雑草種について、A3サイズの高感度スキャナで作成した画像とさく標本をもとに同定を行った。
2. 雑草種は、①熱帯アメリカなどを原産とする汎熱帯性の畑雑草、②東南アジアなどの水田に発生する雑草、③熱帯アフリカの低湿地に成育する植物および④熱帯アフリカの畑あるいは草原などに発生する植物に区分できた（図１）。圃場ごとに各区分に属す種の構成比率を算出すると、湛水の良否など雑草に関する圃場の特徴を示すことができた（データ略）。
3. 雑草種の画像、学名、由来、生態情報などをデータベース“Plants in lowland savanna of West Africa”としてとりまとめ、約 90 種を JIRCAS のホームページで公開している（図 2、表 1）。http://www.jircas.affrc.go.jp/DB/DB06/index.html。
4. 出現頻度、植物体のサイズ、湛水耐性などを考慮して、対象地では *Paspalum scrobiculatum, Acroceras zizanioides, Aspilia paludosa, Melochia corchorifolia* などが特にイネの雑草として問題になる種と考えられる。また、野生イネの１種（*Oryza longistaminata*）が対象地に生育しており、既存のイネ圃場で雑草化していることから、今後留意を要する。
5. 湛水条件下で生育する寄生植物を確認した。半寄生植物 *Rhamphicarpa fistulosa* は、湛水条件下で生育し、対象地ではカヤツリグサ科植物（*Fimbristylis* 属, *Cyperus* 属など）に寄生していた（図３）。文献によるとイネを含むイネ科植物にも寄生するため、今後の動向に留意を要する。

［成果の活用面・留意点］

1. 西アフリカの氾濫原低湿地でのイネの作付拡大に伴う雑草や自然植生の把握の基礎的情報として活用できる。対象とする植物の学名により検索可能であるが、所属する科が推定できる場合には「科」の所属種の中から画像などの情報により種名に到達できる。
2. 今後さらに、未同定種の同定を進めて地域の雑草フロラを正確に把握し、主要な雑草種につき熱帯サバンナの氾濫低湿地環境下での季節や栽培管理を要因とする動態の解析を通して、発生・生育相の把握につとめ、データベースに情報を追加する。

［具体的データ］

図１　文献資料などにより区分した植物と雑草の由来

図３　湛水条件下で半寄生するゴマノハグサ科の *Rhamphicarpa fistulosa*（右：円内）と植物体（左）

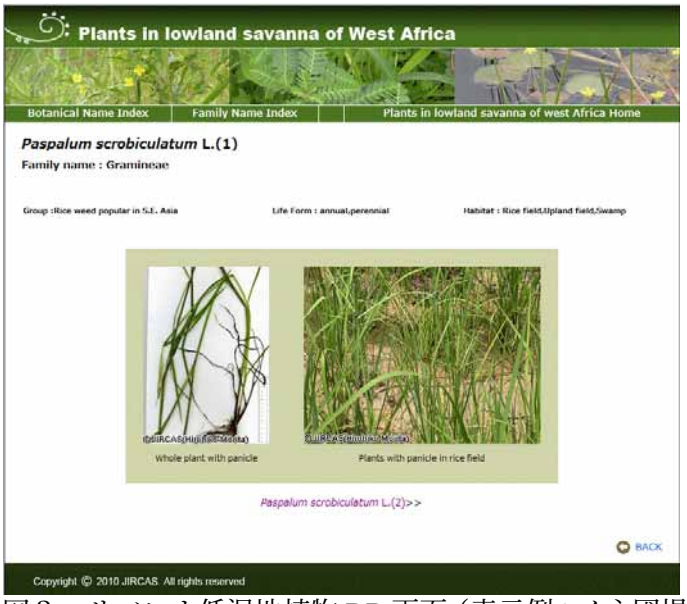


図２　サバンナ低湿地植物 DB 画面（表示例：イネ圃場で問題となる雑草種スズメノコビエ Paspalum scrobiculatum）

表１　サバンナ低湿地植物 DB への収録種の一部（単子葉類）

科名	科の和名	収録種数	主な植物の学名
Acanthaceae	キツネノマゴ	1	Nelsonia canescens Spreng.
Alismataceae	オモダカ	1	Burnatia enneandra Micheli
Amaranthaceae	ヒユ	4	Celosia trigyna L.
Amaryllidaceae	ヒガンバナ	1	Crinum ornatum Bury
Araceae	サトイモ	3	Anchomanes difformis Engl.
Boraginoceae	ムラサキ	1	Coldenia procumbens L.
Butomaceae	ハナイ	1	Limnocharis flava Buchenau
Capparidaceae	フウチョウソウ	1	Cleome viscosa L.
Commelinaceae	ツユクサ	1	Commelina africana L.
Compositae	キク	5	Aspilia bussei O.Hoffm. & Muschler
Cyperaceae	カヤツリグサ	14	Cyperus pustulatus Vahl
Euphorbiaceae	トウダイグサ	3	Phyllanthus amarus Schum. & Thonn.
Gentianaceae	ミツガシワ	1	Nymphoides peltata O.Kuntze
Gramineae	イネ	27	Paspalum scrobiculatum L.
Hydrophyllaceae	ハゼリソウ	1	Hydrolea glabra Schum. & Thonn.
Labiatae	シソ	2	Hyptis spicigera Lam.
Leguminosae	マメ	2	Calopogonium mucunoides Desv.
Luguminosae	マメ	5	Indigofera nigritana Hook.f.
Malvaceae	アオイ	3	Sida rhombifolia L.
Marantaceae	クズウコン	1	Thalia geniculata L.
Molluginaceae	ザクロソウ	1	Mollugo nudicaulis Lam.
Moraceae	アサ	1	Cannabis sativa L.
Nymphaeaceae	スイレン	1	Nymphaea nouchali Brum. f.
Onagraceae	アカバナ	2	Ludwigia octovalvis Raven
Oxalidaceae	カタバミ	1	Biophytum umbraculum Welw.
Parkeriaceae	ミズワラビ	1	Ceratopteris comuta Lepr.
Pontederiaceae	ミズアオイ	1	Heteranthera callifolia Rchb. ex Kunth
Rubiaceae	アカネ	7	Spermacoce ruelliae DC.
Scrophulariaceae	ゴマノハグサ	5	Striga hermonthica Benth.
Solanaceae	ナス	1	Physalis angulata L.
Sphenocleaceae	ナガボノウルシ	1	Sphenoclea zeylanica Gaertn.
Sterculiaceae	アオギリ	2	Melochia corchorifolia L.
Tiliaceae	シナノキ	1	Corchorus tridens L.
Urticaceae	イラクサ	1	Fleurya aestuans Gaudich.
Verbenaceae	クマツヅラ	1	Stachytarpheta angustifolia Vahl
Zygophyllaceae	ハマビシ	1	Kallstroemia pubescens (G.Don) Dandy

［その他］

研究課題：アフリカ低湿地における低投入稲作技術の開発

中課題番号：A-2)-(2)

予算区分：運営費交付金［アフリカ低湿地］

研究期間：2009～2010 年度

研究担当者：坂上潤一、森田弘彦（秋田県立大学）、内野彰（農研機構中央農研）

発表論文等：

1) 森田ら (2010) ガーナ共和国のサバンナ低湿地稲作における雑草相の特徴. 雑草研究 55(別):66.

2) Morita *et al.* (2010) Characteristics of weed flora in rice fields of lowland savanna of Ghana. 3rd International Rice Congress：98.

［成果情報名］イネにおける生物的硝化抑制能

［要約］イネ遺伝資源 36 品種等の中でもブラジル原産の陸稲品種 IAC25 は高い生物的硝化抑制活性をもつ。IAC25 は硝化抑制活性の弱い日本晴よりも土壌中で硝酸態窒素の蓄積を抑制する。

［キーワード］イネ、根分泌液、硝酸化成、抑制、硝酸態窒素

［所属］国際農林水産業研究センター　生産環境領域

［分類］研究 B

［背景・ねらい］

土壌中の微生物の働きによるアンモニアの硝化（アンモニアが亜硝酸を経て、硝酸へと酸化される反応）は土壌中での窒素循環に重要な役割を果たす一方、農業生産に用いられる窒素肥料の大幅な損失や土壌環境汚染、亜酸化窒素による地球温暖化を引き起こす原因ともなっている。さらに、近年の肥料価格の高騰により、開発途上地域では少量の窒素肥料をより効率的に利用する技術の開発が求められている。ある種の植物が根から硝化を抑制する物質を分泌することを生物的硝化抑制作用（Biological Nitrification Inhibition, BNI）と呼んでおり、熱帯イネ科牧草 *Brachiaria humidicola* ではほ場において高い効果を持つことが明らかにされている。この作用を有用作物に付与する事ができれば、肥料の損失を抑制し、環境への負荷の少ない農業システムを構築する事が可能である。本研究は同じイネ科植物であるイネ（*Oryza sativa*）遺伝資源における生物的硝化抑制能を評価することを目的とする。

［成果の内容・特徴］

1. イネ遺伝資源 36 品種等（栽培品種、育成系統、野生種を含む）における生物的硝化抑制能を評価した。水耕栽培した根分泌液のメタノール抽出物を、冷光を発する遺伝子組み換えアンモニア酸化細菌に添加し、冷光が阻害される割合を指標にして判定した。このアッセイ法ではアンモニア酸化細菌の活動を完全に阻害する場合を 100%と定義している。遺伝資源には大きな変異があり、ブラジル原産の陸稲品種 IAC25 が常に高い BNI 活性を示したが、日本晴や IR64 などは低い活性しか示さなかった（図１）。
2. BNI 物質の分泌が膜からのリークではなく能動的な根からの放出であることを検討するために、低分子有機酸等の放出を調べたところ、リンゴ酸やクエン酸、電解質の放出量は正常値の範囲であり、BNI 活性の分泌と有意な相関は認められなかった。
3. 土壌中における根分泌液の効果を検証するために、水耕栽培した IAC25 と日本晴から根分泌液を採取して 50 倍に濃縮した。そして 1.5mM アンモニア溶液とともに土壌に添加してインキュベーション（スラリー法）したところ、24 時間後において IAC25 では日本晴や対照区よりも硝酸態窒素濃度は低かった（図２）。
4. 50 日間イネをポットで栽培した根圏土壌にアンモニア態窒素を添加してインキュベーションした結果、IAC25 では日本晴よりも 7 日目で有意に硝酸の蓄積が少なく、14 日目ではその差はさらに大きくなった（図３）。
5. 以上の結果はイネの根分泌液が土壌中の硝化を抑制する事を初めて示したものである。

［成果の活用面・留意点］

1. 稲における生物的硝化抑制作用の基礎的知見として育種へ応用することが可能である。

［具体的データ］

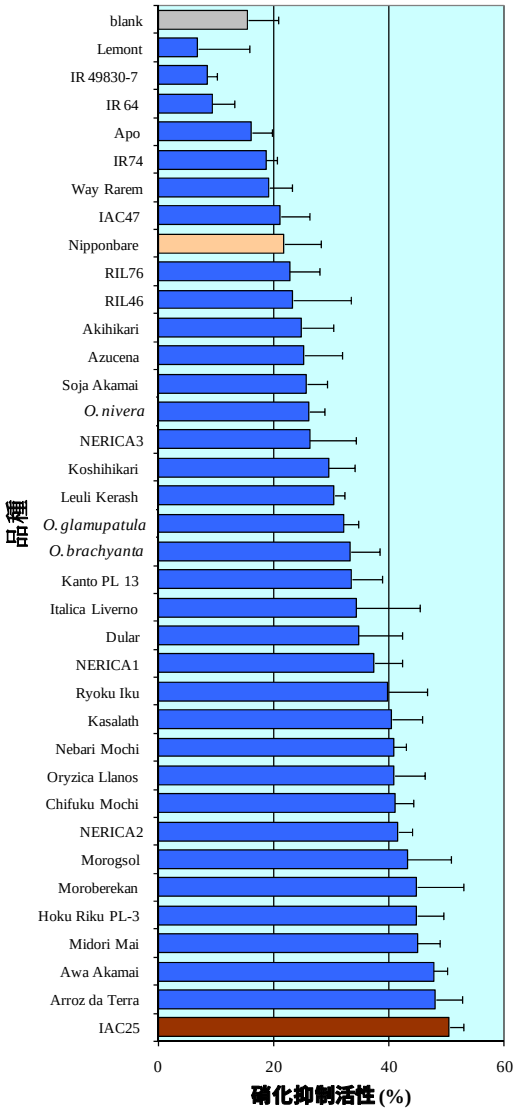


図１　イネ遺伝資源における生物的硝化抑制活性。データは3回行った試験の平均値を示す。1試験区は4反復で行っている。

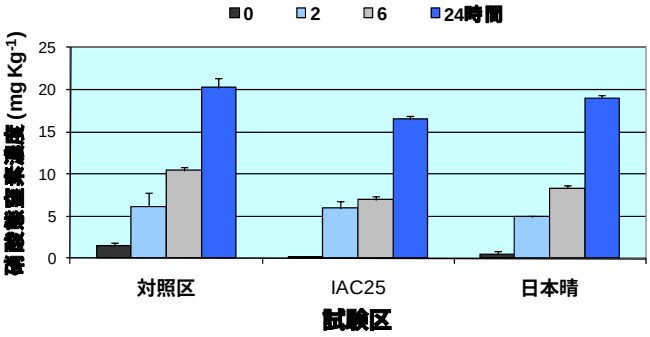


図２　スラリー法におけるイネ根分泌液を添加した土壌での硝酸態窒素濃度の変化。対照区は根分泌液の代わりに蒸留水を用いている。土壌はイタリアのラツィオ土壌を用いている。

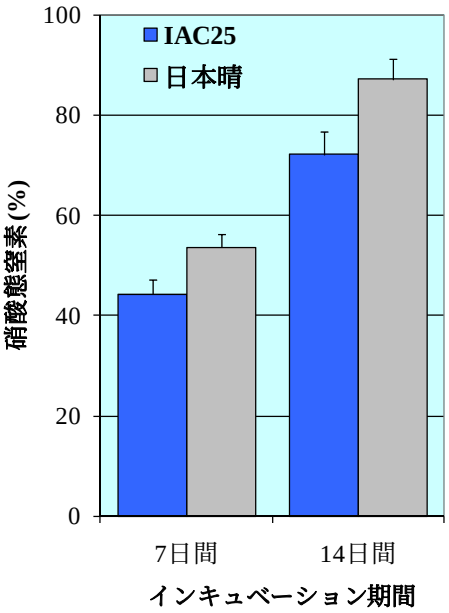


図３　イネ2系統を栽培した根圏土壌をインキュベーションした際の無機態窒素における硝酸態窒素の割合。硝酸態窒素の実験前の値は20%である。土壌は褐色低地土を用いている。

［その他］

研究課題：生物的硝化抑制作用の解明とその利用

中課題番号：A-2)-(4)

予算区分：運営費交付金［硝化抑制］

研究期間：2006～2010 年度

研究担当者：Pariasca Tanaka Juan・Wissuwa Matthias・石川隆之

発表論文等：Pariasca Tanaka J, Nardi P, Wissuwa M. (2010) Nitrification inhibition activity, a novel trait in root exudates of rice. AoB PLANTS 2010: plq014, doi:10.1093/aobpla/plq014

［成果情報名］早生樹林を郷土樹種の森へ転換するには小面積皆伐が有効

［要約］明瞭な乾期のある熱帯モンスーン地域において、早生樹林を郷土樹種の森林へと転換する造林手法を検討した。成熟した早生樹林で小面積皆伐を行い、郷土樹種を植える方法が郷土樹種の成長にとって最も有効である。

［キーワード］熱帯モンスーン、間伐、光環境、郷土樹種、小面積皆伐

［所属］国際農林水産業研究センター　林業領域

［分類］研究 B

［背景・ねらい］

人間の活動によって荒廃した土地を森林に復元する試みが各地で行われている。しかし、熱帯地域では元々その土地に生えている樹種（郷土樹種）をいきなり植えても、強光、高温や乾燥によってうまく成長せず失敗することが多い。そこで、最初に早生樹人工林を造成し、その後郷土樹種を植える方法をタイ森林局とともに、東北タイのサケラートで実践している。郷土樹種の成長を促すためには早生樹を伐採して林内を明るくする必要があるが、いつ、どのように早生樹を伐採したらよいのかが課題であった。本研究は明瞭な乾期のある熱帯モンスーン地域において、郷土樹種の成長に最適な光環境を明らかにし、早生樹林を郷土樹種の森林に転換するのに最も有効な施業方法（早生樹の伐採方法）を提示することを目的とする。

［成果の内容・特徴］

1. 成熟した *Acacia mangium* 林（23 年生）にランダムに伐採木を選ぶ間伐（胸高断面積あたり 1/3 および 2/3 の立木を除去）と小面積皆伐（50 m×60 m）を実施し、タイの郷土樹種 3 種（*Hopea odorata, H. ferrea, Xylia xylocarpa* var. *kerrii*）を 2 m×3 m の間隔で植え、生存率と成長を 2007 年 7 月から 30 ヶ月調査した。
2. 林内の光環境は小面積皆伐区が最も明るく（裸地の 60～65%の明るさ）、2/3 間伐区（30～38%）、1/3 間伐区（26～33%）、無間伐区（23～35%）の順で暗かった（図 1）。間伐区では枝葉が伸びて林内が再び暗くなったが、小面積皆伐区と無間伐区では光環境の変化は小さかった（図 1）。
3. 郷土樹種は 3 種とも 90%以上の高い生存率を示した（図 2）。裸地では生存率が低くなる（60～80%）ので、高い生存率は *A. mangium* の被陰効果によるものと考えられた。
4. どの樹種も乾期（12 月～翌年 3 月）に成長が停滞し、雨期に伸びる季節的な成長パターンを示した（図 3）。どの樹種も小面積皆伐区で最大の成長量を示した。
5. 様々な光環境での成長調査から、*X. xylocarpa* var. *kerrii* は光要求性が高く、*H. ferrea* は比較的暗い場所でも成長できることがわかった（図 4）。これらは各樹種が本来生育している森林での更新特性と深い関わりがあることがわかった。
6. 早生樹林に小面積皆伐を行い、裸地の 60～65%程度の光量にしてから郷土樹種を植える方法が有効である。伐採区の大きさ（一辺の長さ）は早生樹の樹高の 2 倍程度が適当である。

［成果の活用面・留意点］

1. 若い *A. mangium*（2～5 年生）は成長が旺盛なので、間伐をしてもすぐに枝葉が伸び、林内が暗くなる。したがって若いうちに林内に郷土樹種を植えるのは避けるべきである。
2. *H. odorata* や *Dipterocarpus alatus* は裸地でも成長することが知られている。イネ科の草本（ヤーカ、ヤーポン）がなく、火災の危険性がなければ、これらの樹種を直接植えてもよい。
3. 小面積皆伐を行うと雑草木やつるが旺盛に繁茂してくるので、年 3 回程度の下刈りおよびつる切りは必須である。
4. 成熟した早生樹を効率的に伐採して搬出できる点でも小面積皆伐法は優れている。

［具体的データ］

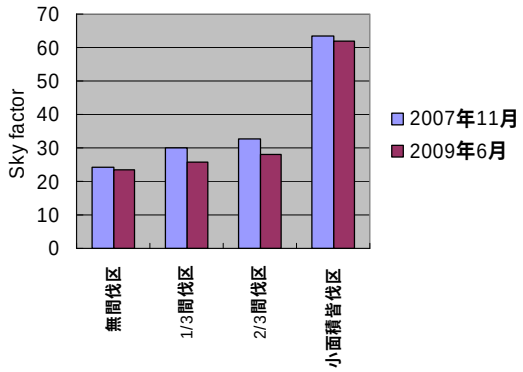


図 1　各処理区の林内の光環境
Sky factor は 0 から 100 の値をとり、
裸地に対する相対的な明るさを示す。

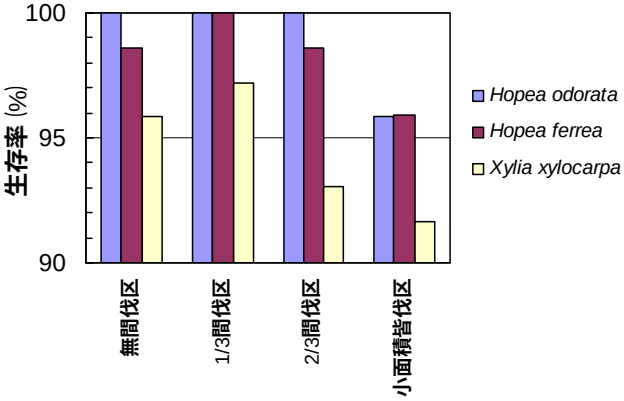


図 2　各処理区における郷土樹種の生存率
（植栽から 30 ヵ月後）

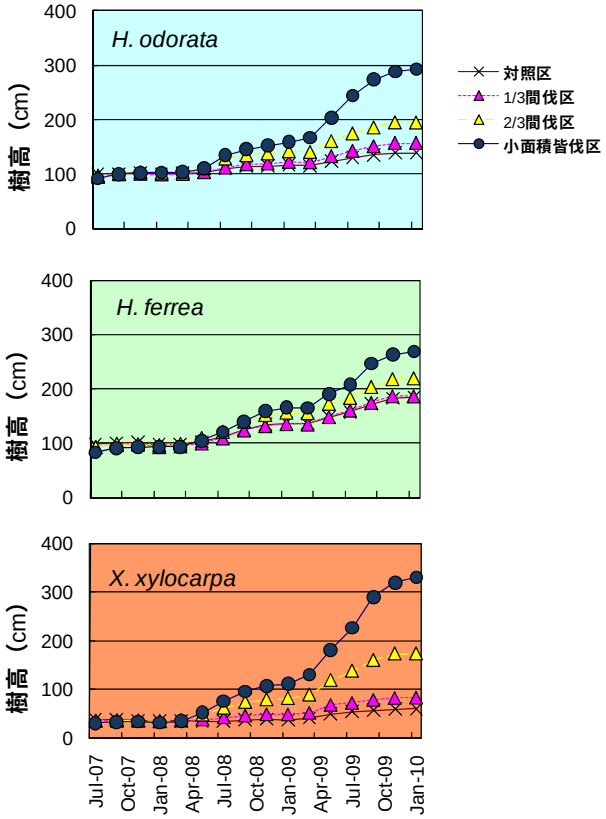


図 3　郷土樹種の樹高成長プロファイル

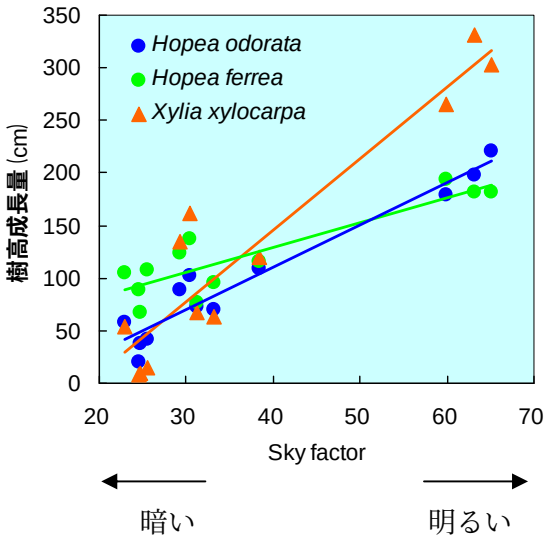


図 4　光環境と樹高成長量の関係
X. xylocarpa は暗い場所では伸びないが明るくなると一気に伸びる。*H. ferrea* は暗い場所でも成長量を維持している。

［その他］

研究課題：熱帯モンスーン地域における有用郷土樹種育成技術と農林複合経営技術の開発
中課題番号：A-2)-(6)
予算区分：交付金〔郷土樹種育成〕
研究期間：2006〜2010 年度
研究担当者：酒井　敦・Thiti Visaratana・Tosporn Vacharangkura（タイ王室林野局）
発表論文等：Sakai et al. (2011) JARQ 45:317-326.

［成果情報名］半島マレーシア丘陵フタバガキ林における優占種 *Shorea curtisii* の択伐指針

［要約］丘陵フタバガキ林における優占種 *Shorea curtisii* 稚樹の密度は、母樹からの距離が近いほど、また周囲から突出した尾根的な場所ほど高いことが示され、稚樹の分布が母樹の周囲に限定されることから、択伐施業においては 50 m 程度の間隔で母樹を保残するべきである。

［キーワード］林床照度、択伐施業、母樹間隔

［所属］国際農林水産業研究センター　林業領域

［分類］研究 B

［背景・ねらい］

半島マレーシアでは丘陵・山地部へと森林伐採がすすんでいる。伐採後には森林が回復し次回の伐採が可能になることが期待されている。しかし、伐採後の回復がスムーズに進まず荒廃した丘陵林が各地でみられる。森林資源を持続的に利用するためには、伐採後の森林回復を可能にする択伐技術が必要である。そのために伐採後の稚樹の発生・分布について知見を蓄積し、稚樹の生残・分布の規定要因を明らかにすることが不可欠である。この研究では、半島マレーシアの下部丘陵フタバガキ林において主要な伐採対象木となっている *Shorea curtisii*（フタバガキ科サラノキ属）について、稚樹の分布規定要因を明らかにし、択伐施業の改善指針を与えることを目指す。

［成果の内容・特徴］

1. 択伐をうけた丘陵フタバガキ林であるセマンコック試験地（4 ha）において、*Shorea curtisii* の稚樹（樹高 30 cm 以上で胸高直径 5 cm 未満）は尾根部に集中的に分布しており（図１a)、さらに択伐時に切り残された母樹から 40 m 以内の場所に限定的に発生している。
2. 5 m 区画ごとの *S. curtisii* 稚樹の本数を、母樹からの距離（m)、斜面の傾斜角（度)、林床の相対照度（%)、および尾根・谷の指数（図１b-e）であらわすモデルを構築し、ベイズ統計を使ったモンテカルロ法によって各要因の強さを検討したところ斜度以外の３要因が選択された（表１)。ここで尾根・谷の指数とは地形の凹凸をあらわしており、土壌水分と関係がある。
3. なかでも母樹からの距離と尾根・谷の指数がつよい負の効果をもっており（表１、平均値)、母樹に近いほど、また周囲から突出した場所である尾根部ほど *S. curtisii* 稚樹の密度が高い。
4. 択伐後に *S. curtisii* 稚樹が発生するのは母樹の周囲数十 m 以内に限定されるので、伐採後の天然更新によって林内に広く稚樹を発生させるためには、最大でも 50 m ほどの間隔で母樹を残すことが不可欠である。
5. はじめから *S. curtisii* 母樹が少ない斜面中腹や谷筋では本種を伐採することは慎むべきである。現行の択伐においてよく見られる、林内にパッチ上に母樹をまとめて残す方法では、林内にまんべんなく稚樹を発生させることはできず、次世代の森林では樹種の構成や伐採木の分布に著しい偏りが生じることが予想される。

［成果の活用面・留意点］

1. 母樹同士の間隔をとりながら保残し、伐採時の林床への撹乱を最小にするためには、伐採対象木の選定、伐採木の伐倒方向、および伐採木の搬出路の設計などを慎重におこなう必要があり、現場への適応を図るためには簡便な作業マニュアルの整備・普及が必要である。

［具体的データ］

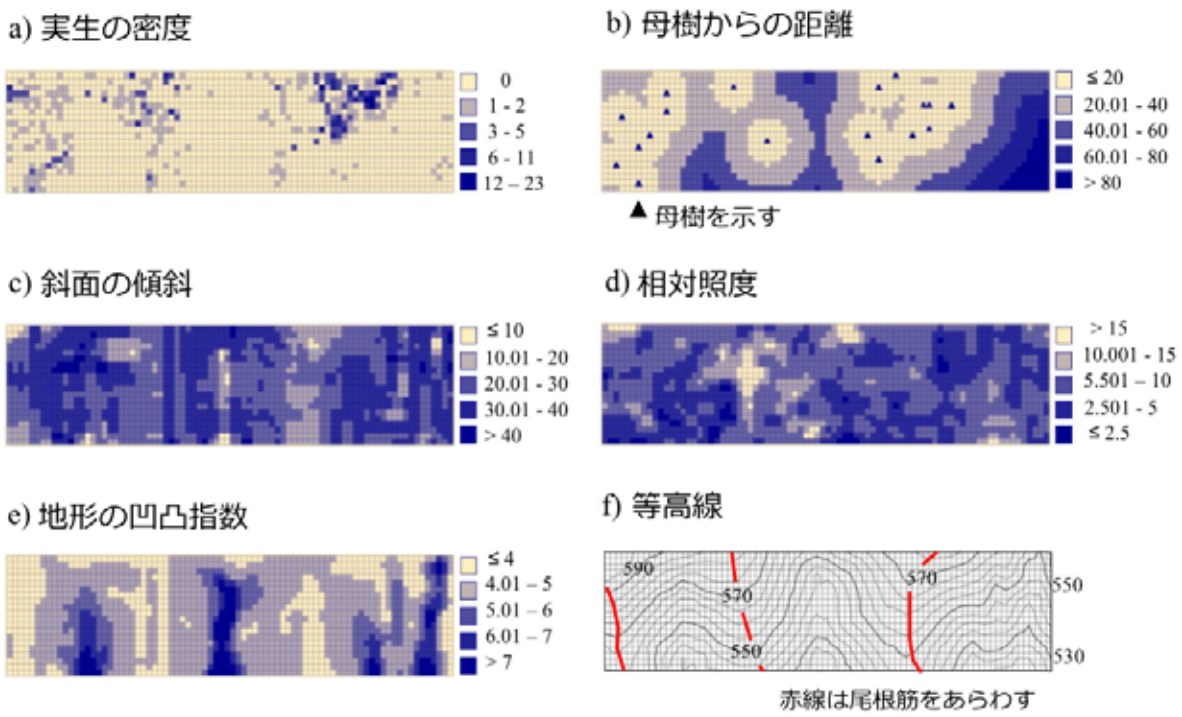


図１　セマンコック択伐林プロット（４ha）における、a) *Shorea curtisii* 稚樹の密度（本/25m^2）、b) *S. curtisii* 母樹からの距離（m）、c) 斜度（度）、d) 林床の相対照度（%）、e) 尾根・谷の程度を表す指数、f) 等高線．マス目の大きさは５m×５m.

表１　セマンコック択伐林プロットに *Shorea curtisii* 稚樹の密度分布について影響を与える変数

変数	平均±標準偏差	誤差	下限	中央値	上限	サンプル数
母樹からの距離	-0.866 ± 0.066	0.00056	-0.998	-0.865	-0.739	60000
尾根・谷の指数	-0.718 ± 0.080	0.00064	-0.874	-0.718	-0.562	60000
林床照度	-0.144 ± 0.042	0.00047	-0.227	-0.144	-0.062	60000

［その他］

研究課題：丘陵フタバガキ天然林の生物多様性保全のための択伐技術の改善
中課題番号：A-2)-(6)
予算区分：交付金［フタバ遺伝保全］
研究期間：2009 年度（2006 年度～2010 年度）
研究担当者：八木橋勉（森林総研）・大谷達也・谷　尚樹
発表論文等：1) Yagihashi *et al.* (2010) Habitats suitable for the establishment of *Shorea curtisii* seedlings in a hill forest in Peninsular Malaysia. J. Trop. Ecol. 26:551-554.

［成果情報名］気候変動影響下におけるバングラデシュの長期的な食料安全保障の条件

［要約］コメを主食とするバングラデシュでは、21 世紀中の気温上昇が 2.5℃程度までならば、現在の単収（収量）成長率で食料供給が保たれるが、それ以上では減少する可能性がある。今後は長期的な視点から、高い収量成長を保つための品種改良や技術開発が重要になる。

［キーワード］バングラデシュ、気候変動、食料安全保障、コメ需給

［所属］国際農林水産業研究センター　国際開発領域

［分類］研究 B

［背景・ねらい］

大規模な飢饉を経験してきたバングラデシュだが、近年は食料増産が進み、主食のコメはほぼ自給状態にある。しかし一方で、少雨や高温など温暖化との関連が指摘される極端現象が報告されるようになり、人口が増加する将来の食料確保に懸念が生じている。そこでコメ需給モデルを用いたシミュレーションに、先行研究から定量化した温暖化影響を反映させ、長期の食料安全保障の条件について検証する。

［成果の内容・特徴］

1. 作付面積の変化を検討する。生産性の低い小雨期作（Aus）が減少する一方、Aus と栽培期間が重なり生産性の高い乾期作（Boro）、および雨期作（Aman）が拡大する。しかし人口に比して国土が小さいことから、いずれも 2030 年頃までには予想される上限に達し、その後の増産には、単位面積当たりの収穫量（単収あるいは収量）を成長させることが重要となる。
2. 温暖化に伴う環境変化のインパクトを比較する。海面上昇は沿岸部の Khulna 地方や Barisal 地方の農地を減少させるが、コメ生産に占める同地域のシェアが小さいため、バングラデシュ全体のコメ生産量に及ぼす影響は小さい（図１）。他方、気温上昇による生育期間の短縮や高温障害は主要コメ産地である Rajshahi 地方、Dhaka 地方、Chittagong 地方にも及ぶため、中程度の温暖化シナリオ（今世紀中の気温上昇が 2.5℃程度）（表１）であっても、2050 年の総生産量が温暖化影響の無いケースに比べて 260 万トン（精米換算）（約 5%）減少する（図１）。したがって国全体の食料安全保障には、海面上昇より高温障害等がより大きなインパクトを持つ。
3. 生産技術・効率の水準がコメ需給に及ぼす影響を検証する。現在と同程度の単収（収量）成長率が継続する場合、中程度の温暖化シナリオ（表１）までは、国民 1 人当たりの食料供給が少なくとも現在の水準に保たれるが、最も高温となるシナリオ（今世紀中の気温上昇が 3.4℃）（表１）では、減少が予測される（図２）。高温に抗して食料状態の悪化を防ぐには、農業被害の地域特性を考慮しない試験場レベルを基準として、乾期作で年 3%、雨期作で年 1.5%程の単収（収量）成長率が必要となる（図３）。

［成果の活用面・留意点］

1. 温暖化による食料供給の減少を防ぐために、バングラデシュ稲研究所などでは品種改良や技術開発が行われている。本分析の成果は、開発研究の具体的な目標設定に活用できる。
2. 温暖化影響予測に用いた先行研究では、CERES-Rice（単収）、MIKE21（海面上昇）、MIKE11-GIS（洪水被害）のモデルが使われている。本分析では稲作への災害被害を平均値として扱っていることから、予測は将来の平均的な状況を対象としており、短期の変動を予測するには確率的な分析が必要となる。また、大気中の二酸化炭素濃度上昇による施肥効果については、バングラデシュでの定量的な分析が少ないため、考慮していない。

［具体的データ］

表１　分析に用いた温暖化シナリオ

シナリオ名	高温シナリオ	中程度シナリオ	緩和シナリオ
IPCCでの名称	A2シナリオ	(平均シナリオ)	B1シナリオ
イメージ	・経済開発優先 ・地域主義 ・遅い技術進歩		・持続的開発優先 ・グローバル化 ・速い技術進歩
2100年までの気温上昇	3.4℃	2.6℃	1.8℃
2100年までの海面上昇	37cm	32.5cm	28cm
人口成長	高成長（年1.5%）	中成長	低成長（年0.9%）
所得水準	低水準（年2.1%）	中水準	高水準（年5.7%）

分析は IPCC に準ずる上のシナリオの下で、本研究のために開発したバングラデシュのコメ需給モデルを用いて行った。モデルの単収（収量）は外生変数とし、その成長が１人当たり消費に与える影響を、先行研究から定量化した温暖化影響を反映させつつ、予測・分析した。

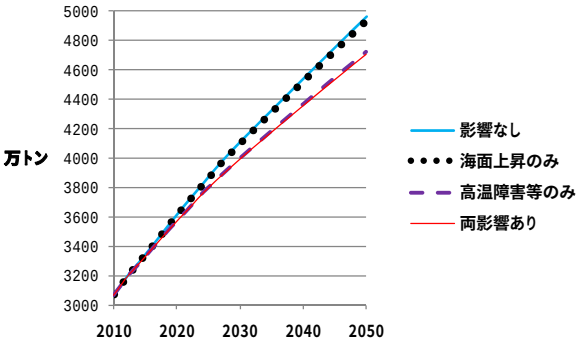


図１　温暖化影響の有無によるコメ生産量の比較（精米換算万トン）

中程度の温暖化シナリオ（表１）の下で、海面上昇および高温障害等の有無による４つのケースの予測を行った。海面上昇の有無による生産量の差は小さいが、高温障害等の有無では顕著な差が生じる。

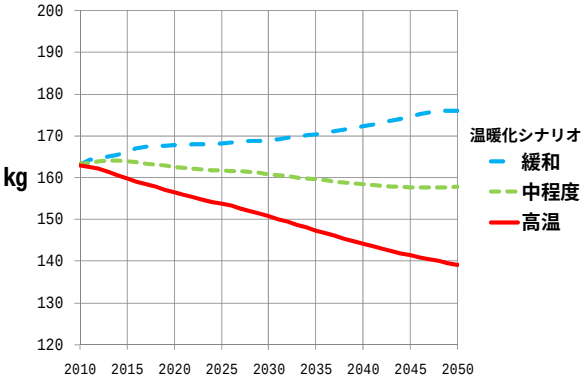


図２　現状の単収（収量）成長率での１人当たりコメ消費量（kg/年）推移

乾期作で年 2%、雨期作で年 1%の成長が継続する場合、高温シナリオ（表１）では、１人当たり消費量が大きく減少する。なおベースとしての単収成長に対し、温暖化シナリオごとの実単収は、影響反応関数（図３説明文）で予測した。

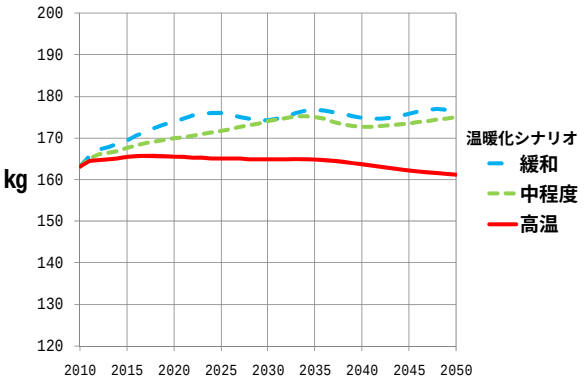


図３　高い単収（収量）成長率での１人当たりコメ消費量（kg/年）推移

乾期作で年 3%、雨期作で年 1.5%の成長が継続する場合、高温シナリオ（表１）でも、１人当たり消費量の低下を防ぐことができる。図２と同様に実単収は影響反応関数で予測した。影響反応関数は、作物モデルの離散的単収予測値に、関数をフィッティングさせて一般化している。

［その他］

研究課題：気候変動が農業生産と農産物市場に及ぼす影響の評価

中課題番号：A-3)-(1)

予算区分：交付金［気候変動］

研究期間：2009～2010 年度

研究担当者：小林慎太郎・古家淳・山本由紀代（国際農林水産業研究センター）、Md. Rafiqul Islam・Abu Bakr Siddique（バングラデシュ稲研究所）

発表論文等：小林慎太郎・古家淳（2010）環境情報科学論文集 24:387-392.

［成果情報名］衛星データを用いたオブジェクト指向分類で農地の区画と栽培状況を把握

［要約］高解像度衛星画像にオブジェクト指向分類を適用して圃場の区画や作物の生育ムラ等を把握するための適切なパラメータ設定方法を考案した。本手法により、パラメータ未調整時に比べて分類精度が向上し、効率的な圃場区画図の作成や生育診断が行える。

［キーワード］オブジェクト指向分類、高解像度衛星、領域分割、プランテーション

［所属］国際農林水産業研究センター　国際開発領域

［分類］研究 B

［背景・ねらい］

インドネシアでは多様な農業が営まれており、農地や栽培状況を的確に把握する手法として、衛星データを用いたリモートセンシングへの期待は大きい。オブジェクト指向分類は、均質な空間領域（オブジェクト）に分割した後、オブジェクトを単位として分類するため、従来の画素（ピクセル）単位の分類手法で問題となっていた誤分類画素の点在を解消し、目視判読に近い分類結果が得られる手法として注目されているが、領域分割のためのパラメータ設定やクラス特徴量の選択によって分類精度が大きく左右される。本研究では、オブジェクト指向分類に広く利用されているソフトウェア Definiens Developer（DEFINIENS 社）を用いて、インドネシアのサトウキビ・オイルパーム・パイナップル等を栽培するプランテーション地帯を撮影した高解像度衛星 QuickBird のパンシャープン画像から、1) 圃場区画、2) 作物の生育ムラ、3) 播種方法、を把握するための効果的なパラメータの設定方法を明らかにする。

［成果の内容・特徴］

1. 領域分割のパラメータには、オブジェクトのサイズを規定する *“scale parameter”*及び オブジェクトの均質性を形状情報で規定する *“shape”*と不定型さで規定する *“compactness”*があり、探索的な試行によって適切な値を設定する。形状情報を意味する*“shape”*は色情報（*color*）と、*”compactness”*は滑らかさ（*smoothness*）とそれぞれ相補的な関係にあり、*“shape”*や*”compactness”*の値を大きくすれば他方の値は自動的に低下して荷重が調整される（図１）。
2. ここでは*”shape”*と*”compactness”*にそれぞれ 0.1、0.5、0.9 を与え、これらを組み合わせた９通りの中から最適な組み合わせを決定した後、*”scale parameter”*を調整する手順を提案する。
3. 道路が区画境界となっている画像に対しては*”shape”*の荷重を強めるとともに*”compactness”*を小さくし、*“scale parameter”* をやや低くすることで道路の形状と圃場の直線性が反映され、生育ムラの判別を目的とする場合は、*”shape””compactness”*とも中庸の値を設定することで、不定型なパッチ形状を捉えることができる（図２）。播種方法の違いは畝の有無で判定できるため、*”shape”*を強調し*”compactness”*もやや大きくすることで、畝方向を表す縞模様のパターンを含むオブジェクトが生成する。
4. 上記の手順で決定したパラメータによる領域分割結果に対して、スペクトル特徴量、テクスチャ特徴量、形状特徴量の組み合わせの中から最小クラス間距離が最大となる特徴量を用いて分類すると、パラメータを調整しなかった場合（マルチスペクトルデータ用デフォルト*”shape”*=0.1, *”compactness”*=0.5 を採用）に比べて分類精度が 3.6～31.9 ポイント向上する（表１）。

［成果の活用面・留意点］

オブジェクト指向分類は対象によって最適なオブジェクトの形状やサイズが異なるため、画像毎に領域分割のパラメータ設定が必要である。本提案手法により、効率的・効果的なパラメータ設定がなされて分類精度が向上し、圃場区画図の作成や植被の違いに基づく生育診断に活用できる。

［具体的データ］

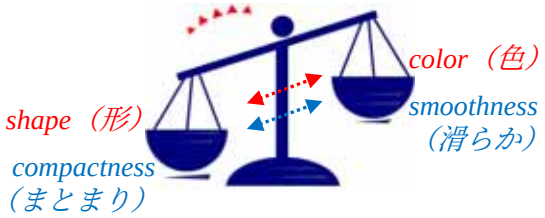


図１　領域分割用パラメータの模式的関係

表１　領域分割用のパラメータを調整した場合の分類精度の向上効果※（%）

分類対象	パラメータ調整	パラメータ未調整
圃場区画	**85**	81
生育ムラ	**92**	60
播種方法	**73**	70

※目視判読結果と一致した画素の割合

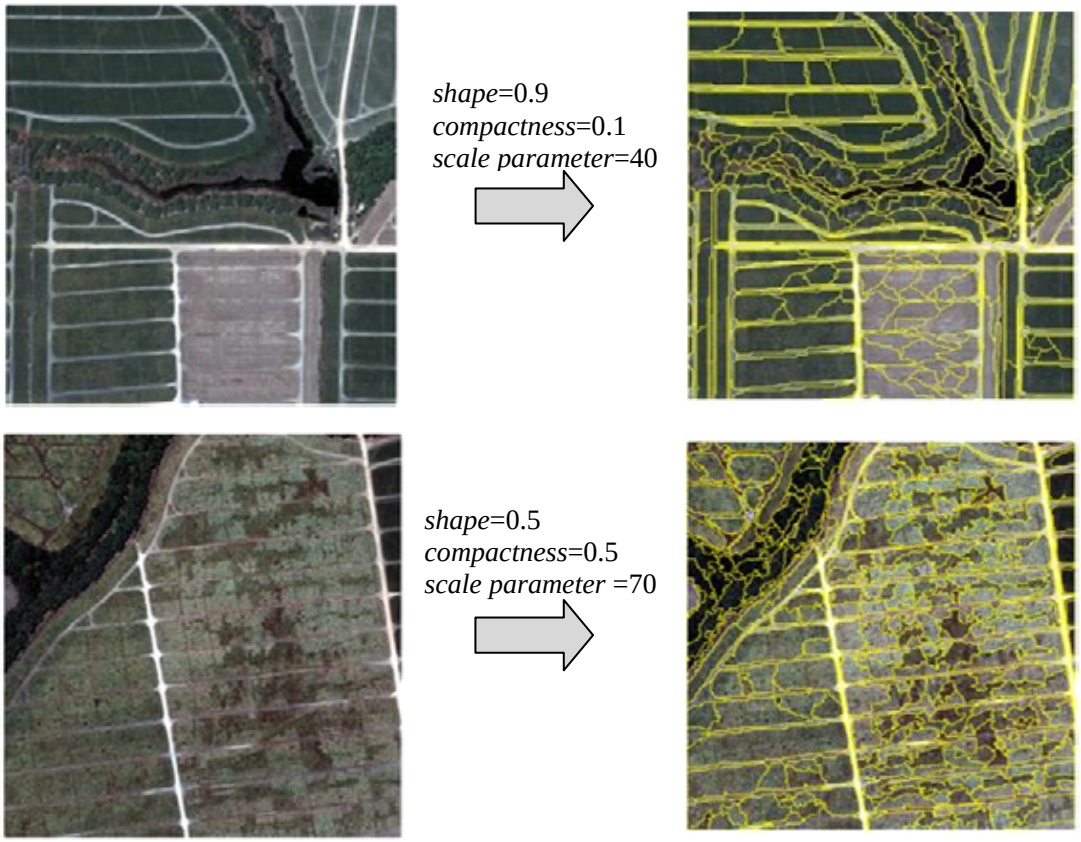


図２　対象画像（左）と選択したパラメータによる領域分割の結果（右）。
（上段：区画が明瞭な圃場群、下段：生育ムラが発生している圃場群）

［その他］

研究課題：局所から地域レベルの農地ファクトデータ整備のための地理情報システム利用技術の高度化

中課題番号：A-3)-(2)

予算区分：交付金［GIS 利用技術高度化］

研究期間：2008～2010 年度

研究担当者：山本由紀代・平野　聡・内田　諭･Wahyunto･M. Zainal Abidin

発表論文等：1) 山本由紀代・平野聡・内田諭（2009）日本写真測量学会平成 21 年度秋季学術講演会発表論文集:3-6.

2) 山本由紀代・平野聡・内田諭（2010）システム農学 26(別 1):37-38.

3)山本由紀代・平野聡・内田諭（201x)システム農学（印刷中）

［成果情報名］ベトナムメコンデルタの生育不良グアバから分離された同国初記録のネコブセンチュウ

［要約］ベトナムメコンデルタで多発する生育不良から枯死にいたるグアバの根には、根こぶが形成される。そこから得られる卵嚢由来の線虫幼虫の DNA 解析結果から、本種はベトナムでは初記録であるネコブセンチュウ *Meloidogyne enterolobii* と同定される。

［キーワード］　グアバ、ネコブセンチュウ、ベトナム、混植

［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］

ベトナムメコンデルタ地域において、グアバはカンキツと並んで重要な果樹である。さらに、南部果樹研究所によりグアバ混植がカンキツのグリーニング病の感染低減化対策の１つとして推奨されている。しかし、混植用に新たに導入された良食味のグアバ品種「Khong Hat」苗木を圃場に植えたところ、定植後６カ月程度から葉が黄化し、やがて枯死する症状が多発した。グアバ単独の生産性向上だけでなく、グリーニング病対策としてグアバの混植を普及する上でも、この黄化枯死症の早急な原因究明と対策の確立が求められている。このため、本症発生実態調査と原因究明を行う。

［成果の内容・特徴］

1. グアバ被害株の地上部の症状は、葉の褐変、退緑、生育不良(図１左)である。
2. 被害株根にはネコブセンチュウの寄生によるこぶ（瘤腫）（図１中央）とネコブセンチュウに特有の卵嚢が多数見出される。また、被害が見られたグアバの根圏土壌からネコブセンチュウ第２期幼虫が検出され（図１右)、一部では 100 頭／土壌 20 g 以上の高密度である（表１)。他の有害線虫や病原微生物は検出されなかった。
3. 被害株の瘤腫内の卵嚢から得られるネコブセンチュウ第２期幼虫のミトコンドリア DNA COII-16SrDNA 領域の塩基配列分析より、中国産、USA 産、フランス産の *Meloidogyne enterolobii*（syn. *M. mayaguensis*）との相同率は 99.6%以上（表２）であり、同種と同定される。本線虫種 *M. enterolobii* はベトナムにおける初記録である。
4. グアバ根から分離された線虫を５株のグアバ実生苗に接種すると、すべての植物の根に卵嚢が形成される。再分離された線虫は、接種した線虫と同じものであることが形態および PCR で確認され、*M. enterolobii* による根こぶ症状が再現された。

［成果の活用面・留意点］

1. 同国初記録のネコブセンチュウによりグアバ根こぶ症状が生じることが明らかになったので、殺線虫剤の利用・抵抗性品種育成等の防除対策開発に活用する。
2. 本症状は品種「Khong Hat」で発生し、在来の「Xa Ly Nghe」では発生していないことから品種により抵抗性が異なる可能性がある。

［具体的データ］

図１　葉の黄化退緑（樹冠の左上方）を生じたグアバ苗（左図）、その根に見られる「こぶ」と根の枯死（中央）、および株元土壌より検出されるネコブセンチュウ第２期幼虫（右図）

表１　メコンデルタの黄化枯死症状が多発するグアバ圃場の線虫密度

土壌採取日	場所	土壌採取地点No.	2期幼虫密度（頭/土壌20g）	根こぶ症状
2008.7.27	Dong Thap	1	1	無
		2	191	有
		3	24	有
2008.7.28	Cai Be	1	30	有
		2	12	無
2008.7.31	My Luong	1	318	有
		2	2	有
		3	0	有

表２　ベトナムのグアバに寄生するネコブセンチュウのミトコンドリア DNA COII-16SrDNA 領域の塩基配列相同性

	ネコブセンチュウ ベトナム産	*M. enterolobii* 中国産	*M. enterolobii* USA産	*M. enterolobii* フランス産
ベトナム産	―	99.9	99.9	99.7
中国産		―	99.7	99.6
USA産			―	99.6
フランス産				―

表中の数値は相同率（%）

［その他］

研究課題：激発地におけるカンキツグリーニング病管理技術の開発

中課題番号：A-3)-(4)

予算区分：運営費交付金［グリーニング病］

研究期間：2006～2010 年度

研究担当者：岩堀英晶（農研機構九州・沖縄農研）、市瀬克也、N.T.N. Truc（ベトナム南部果樹研究所）、D.V. Bang（ベトナム南部果樹研究所）

発表論文等：Iwahori H. *et al.* (2009) Plant Disease 93(6):675.

［成果情報名］媒介虫によるグリーニング病の拡散動態を予測する個体ベースモデル

［要約］個体ベースモデルの枠組みに基づいて開発したモデルを用いることで、媒介虫ミカンキジラミによるグリーニング病の拡散の様子をシミュレートできる。

［キーワード］虫媒性作物病害、拡散動態、個体ベースモデル、グリーニング病、ミカンキジラミ

［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］

カンキツの病害であるグリーニング病は、感染後の治療が不可能である。従って、ベトナム国南部のような多発地域において、本病の圃場内でのまん延を阻止するためには、媒介虫であるミカンキジラミを生態に基づき合理的に防除する必要がある。そのためには、圃場内のミカンキジラミとグリーニング病の拡散動態を定量的に示し、感染リスクを評価する技術が必要である。そこで、ミカンキジラミの移動分散による圃場内のグリーニング病の拡散動態を予測するためのシミュレーションモデルを開発する。

［成果の内容・特徴］

1. 本モデルは、格子モデルなどの既存の拡散動態モデルと異なり、仮想圃場内のカンキツ樹とミカンキジラミの全個体に対して、生理状態の変化や移動分散の様式などの規則をパラメータとしてそれぞれに与えることができる（表１）。そのため、各個体がパラメータに従って個別に行動した結果の累積として、集団である仮想圃場全体の病気の拡散動態をより現実に近い形で出力できる。個体ベースモデルを開発するための基礎となる、C 言語による仮想個体の生成技術は、http://gi.ics.nara-wu.ac.jp/~takasu/research/IBM/ibm.html で公開されている。
2. 本モデルでは、4 つに分けた感染拡大過程（a. 保毒虫に加害された樹の一部にグリーニング病が潜伏感染。b. 潜伏期間を経た樹が発病。c. 発病樹から保毒虫が出現。d. 保毒虫が移動分散。）からなる伝染環を、実験結果から推定したパラメータに基づきコンピュータ内で演算することで、圃場内の病勢進展をシミュレートする。（図１）。
3. グリーニング病がまん延した圃場が近隣にあるベトナム国南部の新規定植カンキツ園をモデル内で仮想し、罹病樹数の経時変化を実際の調査データと比較すると、モデルの予測結果は現実の病気の拡散動態と同様の傾向を示す（図２）。
4. 本モデルは、カンキツ樹やミカンキジラミの個体ごとに条件を設定することが可能であるため、防除技術を想定して宿主や媒介虫の個体ごとのパラメータを変更することで、様々な防除法を組み合わせたときの相乗効果を検討することができ、有効な防除手段の組み合わせを、野外実験によらず短時間で安価に検討できる。

［成果の活用面・留意点］

1. 本モデルを用いて見出された、有効な防除手段の組み合わせを普及させる前に、実証試験を行う必要がある。
2. 本モデルを用いて、グリーニング病の拡散速度に大きな影響を及ぼすパラメータを見出すことで、新たな防除技術を開発する手掛かりが得られる。
3. 本モデルはパラメータを変えることで、他の虫媒性作物病害の拡散動態をシミュレートできる。

［具体的データ］

表1　モデルに用いるパラメータ

a) カンキツ樹

要素	パラメータ
位置	空間内での配置
生理状態	健全･潜伏感染･発病･枯死
感染からの時間経過	発病･枯死に至るまでの期間

b) 媒介虫

要素	パラメータ
移動分散	移動前の位置
	方向
	距離
	移動中の死亡率
病気の伝搬	罹病樹で生育したときの保毒率
	保毒個体が樹に病気をうつす確率
繁殖と死亡	次世代産出数
	寿命

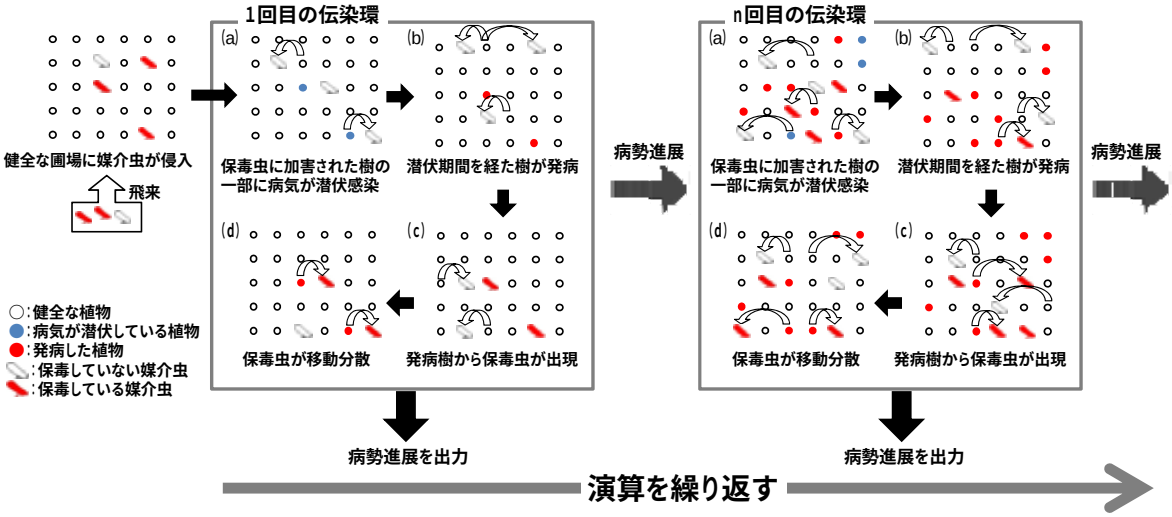
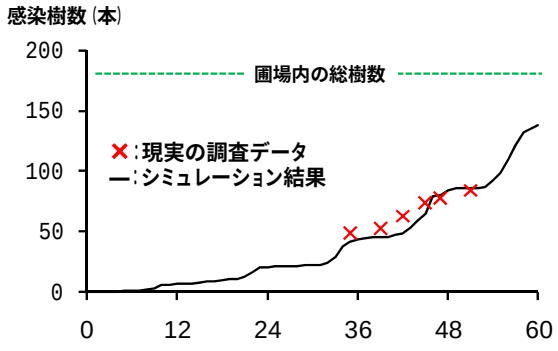


図1　個体ベースモデルによるグリーニング病の病勢進展シミュレーションの概要
個体ベースモデルでは、カンキツ樹と媒介虫の各個体に、位置や生理状態を属性として与えることができる。



		現実の調査データ	シミュレーション条件
対象とする新規定植園	植栽間隔	2.5m	2.5m
	規模	20本×9列、計180本	20本×9列、計180本
	グリーニング病	感染樹無し	感染樹無し
	媒介虫	無し	無し
	感染源との距離	約13m	12.5m
感染源となる近隣圃場	植栽間隔	2.5m	2.5m
	規模	20本×5列、計100本	20本×5列、計100本
	グリーニング病	まん延	全樹が発病
	媒介虫	2500～4500頭の成虫が存在	4000頭の成虫が存在
媒介虫の移動分散	方向	ランダム	ランダム
	距離	任意の距離r（m）への到達頻度の近似式は$0.8\times e^{-0.8\times r}$	r (m) = $0.8\times e^{-0.8\times r}$

図2　現実の調査データと病勢進展の出力結果の比較
シミュレーションの条件は右表を参照する。

［その他］

研究課題：激発地におけるカンキツグリーニング病管理技術の開発

中課題番号：A-3)-(4)

予算区分：運営費交付金［グリーニング病］

研究期間：2006～2010 年度

研究担当者：小堀陽一・大藤泰雄・中田唯文・高須夫悟（奈良女子大学理学部）

発表論文等：1) Kobori *et al.* (2011) JIRCAS Working Report No.72

2) Kobori *et al.* (2011) Appl. Entomol. Zool. 46:27–30.

［成果情報名］フィリピンでの節水灌漑技術普及における情報ネットワークの役割

［要約］フィリピンの深井戸灌漑水利組合を対象に、節水灌漑技術普及における情報ネットワークの役割を解明した。技術の早期採用者は、外部から技術情報を組合に伝える機能、組合内で情報を広める機能、外部に情報を発信する機能を役割分担をしている。

［キーワード］フィリピン、深井戸灌漑、節水灌漑技術、社会ネットワーク、技術普及

［所属］国際農林水産業研究センター　国際開発領域

［分類］研究 B

［背景・ねらい］

地下水を水源とする深井戸灌漑稲作では、コスト節減のために節水技術が求められている。AWD（Alternate Wetting and Drying）は間断灌漑法で常時湛水と比較して 15～30%節水できるが、水管理労働の追加的投入、雑草繁茂やネズミの食害増加、灌漑のタイミングを誤ることによる減収リスクを伴うので、普及のためには正確な技術情報の提供・伝達が不可欠である。国際稲研究所等は、AWD のパイロット・プロジェクトを 2002～03 年にルソン島ターラック州の深井戸灌漑組合において実施したが、その後の普及は必ずしも進展していない。

本研究は、2006 年 9 月～2007 年 2 月にプロジェクト実施組合（全組合員 35 名）を対象に、普及制約要因として農家間の情報伝達に着目し、プロジェクト終了後に AWD に関する社会ネットワークがどう形成されたかを調査した。

［成果の内容・特徴］

1. プロジェクト実施組合の農家は AWD のメリットについて概ね理解しているが、栽培上の留意点で農家間の情報伝達過程で誤解が生じた例もある。不完全な知識で技術を採用すれば減収になるばかりでなく、指導的農家や普及員等への不信をもたらしかねない。
2. 本人は技術を正しく理解していても、目立つことを嫌ったり自分の勧めで採用した農家で問題が発生することを恐れて情報伝達に消極的な農家もおり、プロジェクト終了後に農家から農家へ自生的に情報ネットワークが拡大して技術が普及することは期待できない。
3. AWD に関するネットワークは 10 名の早期採用者を一つのアクターとしてまとめた場合、典型的な星形ネットワークとなる。すなわち、早期採用者が中心に位置しそれらと直接つながる周辺農家には影響を及ぼすが、周辺農家同士また周辺農家から他の農家へのネットワークの広がりはきわめて限定的で情報は広まらない（図１）。
4. 早期採用者はネットワークでの位置と役割に応じて以下の３類型に分けられる。「ゲートキーパー」は普及員や研究者等外部者から技術情報をコミュニティ内部に伝える。「調整者」はコミュニティ内で密なネットワークを形成して、コミュニティ成員に対して広く影響を及ぼす。「送信者」はコミュニティから外部の農家へ情報を発信する（表１）。技術採用後のアフターケア（追加情報入手、改善点のフィードバック等）のためには「ゲートキーパー」へ、迅速・広範な情報伝達のためには「調整者」「送信者」への支援が有効である。

［成果の活用面・留意点］

1. 農家同士の情報伝達は迅速な反面誤解を生むリスクがある。採用者と未採用であるが技術に関心を持つ農家を組織化し外部専門家が支援することで、正確で迅速な情報提供が期待される。
2. 農村社会のネットワーク構造は歴史・文化的背景によって異なるが、本研究で用いた分析手法は国や地域を問わず普遍的に適用できる。

［具体的データ］

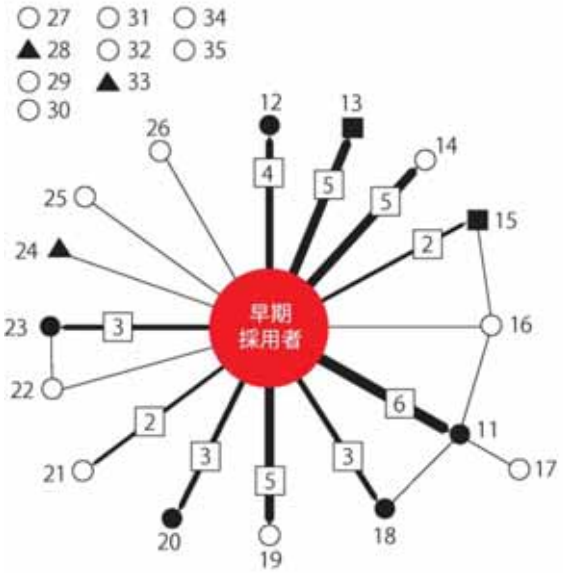


図１　水利組合内の AWD 情報ネットワーク

凡例：「早期採用者」は 2002～07 年に継続して AWD を実施している農家 10 名（農家番号 1～10）で統合して中心に置いた。「早期採用者」以外は点１つが１名、右の数字は農家番号。線は調査時点から過去１年間に AWD に関する情報伝達があったことを示す。線でつながれていない農家は情報のやりとりがない。AWD の励行度を●高、■中、▲低、○不採用で示す。□内の数値は「早期採用者」との連結数を示す（例えば、12 番農家は早期採用者４名と情報交換をした）。

表１　AWD 早期採用者の情報交換相手（プロジェクト終了後）

早期採用者の類型	農家番号	普及員等	水利組合員	水利組合員以外かつ村外[a]
ゲートキーパー	1	2 名[b]	6 名	0 名
	2	1 名[b]	9 名	0 名
調整者	3	0 名	15 名	0 名
	7	0 名	7 名	0 名
	8	0 名	10 名	0 名
	9	0 名	7 名	0 名
	10	0 名	1 名	0 名
送信者	4	0 名	13 名	2 名[b]
	5	0 名	10 名	1 名[b]
	6	0 名	13 名	1 名[b]

凡例：1 番農家はプロジェクト終了後に普及員等 2 名、水利組合員 6 名と情報交換をした。
[a] プロジェクト未実施の近隣村の役人
[b] 図 1 では組合員以外とのつながりは示していないので対応する点はない。

［その他］

研究課題：地域特性に応じた技術ニーズ把握と普及プロセスの解明

中課題番号：B-(2)

予算区分：交付金〔技術評価〕

研究期間：2006〜2010 年度

研究担当者：横山繁樹・Ma Victoria C. Rodriguez（国際稲研究所）・安延久美（鳥取大学）

発表論文等：Yokoyama *et al.* (2009) Journal of Agricultural Extension Research 14(1):81-97.

［成果情報名］環礁島の貴重な水資源である淡水レンズは一度塩水化すると復元は困難である

［要約］太平洋諸島の環礁島では、淡水レンズ貯留量の約 1.8 倍の涵養があるにも拘わらず、1998 年の干魃に発生した過剰揚水による淡水レンズ塩淡境界の部分上昇が 2010 年まで続いている。一度塩水化した淡水レンズを自然の涵養で復元することは困難である。

［キーワード］環礁島、淡水レンズ、アップコーニング

［所属］国際農林水産業研究センター　農村開発調査領域

［分類］行政 B

［背景・ねらい］

太平洋には約 3 万の島が存在し、そのうち約千の島が居住地であり、ほとんどが開発途上国にある。中でも低平で面積の小さい環礁島は水資源が脆弱である。淡水レンズは島嶼において海水を含む帯水層の上部に密度差によってレンズ状に浮いている淡水域を指す（図１）。水源を淡水レンズに依存している低平な小島嶼の水資源は、地球温暖化に伴う海面上昇によって塩水化が進むと予想されるとともに、揚水量の増加や干ばつ等による涵養量の減少の影響を受けやすいことから、その保全のための技術開発が求められる。そこで、淡水レンズが発達しているマーシャル諸島共和国マジュロ環礁ローラ地区を例に、地下水の塩水化状況を現地調査によって確認する。

［成果の内容・特徴］

1. 2009 年 10 月、ローラ地区の淡水レンズ中央断面の測線に沿って、既存の地下水観測孔において地下水の電気伝導度測定を行うとともに、測線に沿って電磁探査を行い、塩淡境界深度を推定した。
2. ローラ地区の淡水レンズは、1985 年の USGS（アメリカ地質調査所）の調査によると、レンズ状の形態をとっていた（図２）。その後、1998 年の干魃後の地下水観測によって塩淡境界の部分上昇（アップコーニング）が確認された（図３）。干魃期間（1～4 月）中の降水量は 71.7 mm、干天最大連続日数は 95 日間と極端に少なかった。干魃期間中の住民の水源は、海水淡水化装置から得られる水と、ローラ地区の地下水であった。この取水によって取水施設周辺の深部よりアップコーニングが生じた。
3. 淡水レンズ断面形状はローラ地区の両サイドで厚く、中央部にアップコーニングが見られ、2009 年の形状は 1998 年とほぼ同様である（図４）。
4. 現地気象観測データ等を活用し過去 4 年（2006～2009 年）間の年平均降水量 2,900 mm、リナカー式による蒸発散量 1,260 mm/年、平均取水量 62,000 トン/年及び地表流出を 0 と仮定した水収支算定結果から、地下水涵養量として年平均約 340 万トンの降雨浸透水がある。電磁探査結果から約 186 万トンと概定された淡水レンズ貯留量の約 1.8 倍の地下水が年平均で供給されたにも拘わらず、1998 年に観測されたアップコーニングは、2009 年も同様に観測された。淡水レンズの塩水化はその復元が難しいとされているが、多量の降水量にも関わらず、一旦塩水化した淡水レンズが復元しないことを確認した。

［成果の活用面・留意点］

1. アップコーニングの継続状況はマーシャル政府関係者に会議等の場で提供され、淡水レンズの保全の重要性が強く認識された。今後、塩水化を引き起こさない地下水の持続的な利用のためには、地下水流動状況をモデル化し取水可能量を算定した上での安定的な取水方法の確立、及びマーシャル政府による地下水の監視体制等の適切な管理体制の構築が必要である。

［具体的データ］

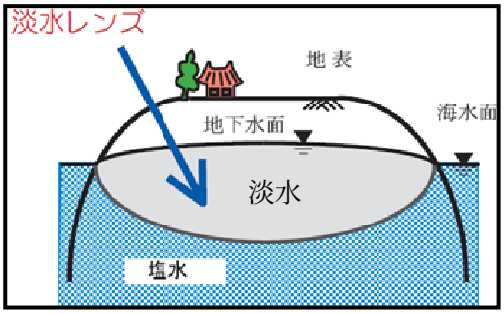


図１　淡水レンズのイメージ図（出典：農水省 HP）

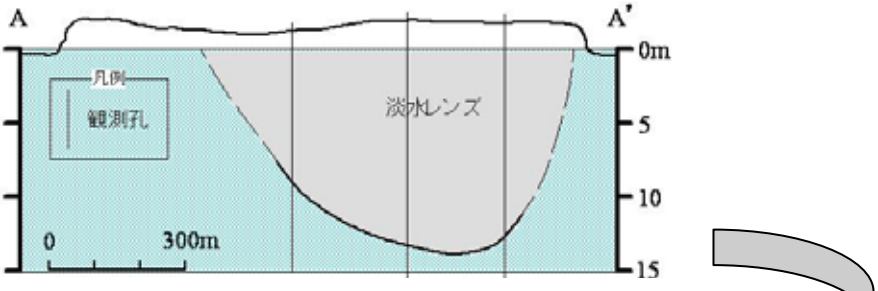


図２　1985 年における淡水域分布断面図（出典：USGS[1]）

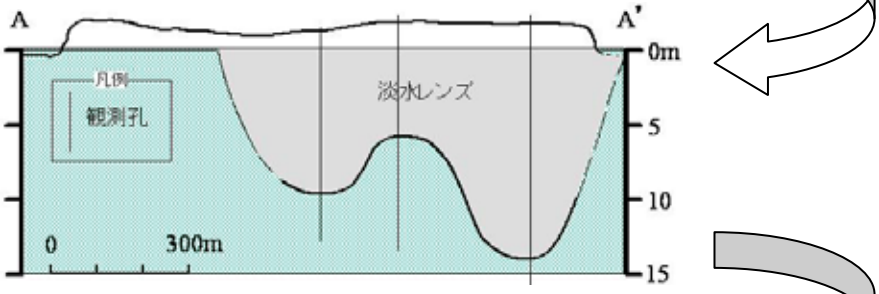
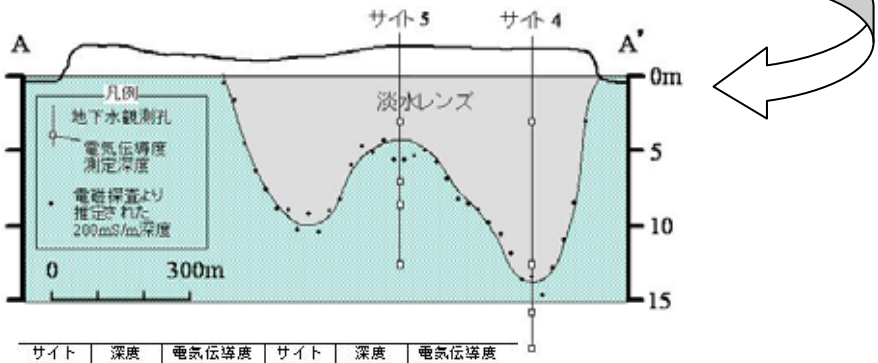


図３　1998 年における淡水域分布断面図（出典：USGS[1]）



サイト	深度	電気伝導度	サイト	深度	電気伝導度
4	5.5m 14.6m 17.7m 20.7m	111mS/m 123mS/m 413mS/m 659mS/m	5	5.5m 8.5m 10.1m 14.6m	54mS/m 639mS/m 1,430mS/m 564mS/m

図４　2009 年における淡水域分布断面図

2009 年 10 月実施

［その他］

研究課題：環礁島における水資源有効利用技術の開発
中課題番号：A-2)-(5)
予算区分：運営費交付金［環礁島水資源利用］
研究期間：2007～2011 年度
研究担当者：小林　勤・幸田和久・万福裕造・石田　聡（農工研）・吉本周平（農工研）
発表論文等：石田ら (2010) 地盤工学会誌 58(5)：22-25.

［成果情報名］植林 CDM を活用した農村開発を体系的に取りまとめたマニュアル集

［要約］本マニュアル集は、植林によるクリーン開発メカニズム（以下「植林 CDM」）を活用して、所得向上及び環境改善に資する農村開発を実施するためものであり、土壌侵食及び地力劣化の進む南米の低所得地域において活用できる。

［キーワード］　意識改革、土壌保全、地力回復、植林 CDM、アグロフォレストリー

［所属］　国際農林水産業研究センター　農村開発調査領域

［分類］　行政 B

［背景・ねらい］

土壌侵食及び地力劣化の進む低所得農村地域では、資源回復と生活改善のための方策として、等高線畦畔の設置、緑肥導入など低投入の営農技術の改善による保全対策の実施と荒廃地における植林又はアグロフォレストリーの導入が効果的である。植林 CDM は、樹木に蓄積された CO_2 をクレジット化により換金可能とし、植林地からの追加収入を獲得するシステムであり、植林可能な低所得地域に適しているが、要件が厳しく事業化が難しい。南米には、土壌侵食及び地力劣化の進む低所得農村地域が広く分布しているが、これらの地域を対象とする植林 CDM を活用した農村開発に係る体系的なマニュアルは存在しない。このため、パラグアイの低所得農村地域において国立アスンシオン大学、農牧省等と共同で実施した実証調査結果に基づき、土壌保全、地力回復、植林 CDM を含む農村開発プロジェクトの形成及び実施方法を具体的に取りまとめる。

［成果の内容・特徴］

1. 本マニュアル集は、植林 CDM を活用した農村開発のプロセスと主要事項を記載したガイドライン 1 冊と、土壌保全及び地力回復をベースとする農村開発マニュアル 9 冊、植林 CDM 事業を形成・実施するための小規模植林 CDM マニュアル 8 冊及び個別技術を農家向けに分かりやすく説明した農家手引書 13 冊から構成されている（図１）。
2. 植林 CDM を活用した農村開発のプロセスを表１に示す。このプロセスの特徴は、農家の土壌保全に対する意識改革をプロジェクト初期に実施することにより、農家のモチベーションを確保し、農家の自己責任による土壌保全対策、営農改善、アグロフォレストリー及び植林への取り組みを強化する点である。自立意識の高い農家は、改良技術を持続させることにより、農地及び植林地を適切に管理し、植林地の CO_2 蓄積量を増加させ、炭素クレジット（CER）による追加収入を得、資源回復と生活改善を実現することができる。
3. 本マニュアル集は、南米の低所得農村地域において、低投入の水土保全、アグロフォレストリー技術等の普及、植林 CDM の活用という、世界で前例のない農村開発モデルの実証を通じ効果を確認したもので、実用性が高い。
4. 本マニュアル集は、スペイン語と、一部日本語で作成されている。

［成果の活用面・留意点］

1. 本マニュアル集は、類似した条件下にある南米の低所得農村の開発に活用できる。
2. 本マニュアル集は政府機関、援助機関、NGO 等のプロジェクト推進者の指針となる。
3. 本マニュアル集は未組織の小規模農家が多数居住する低所得農村を対象としたもので、通常であれば 5 年程度のプロジェクト期間が必要であるが、農協や農民グループがすでに存在する地域では、プロセスを大幅に簡略化することが可能である。

［具体的データ］

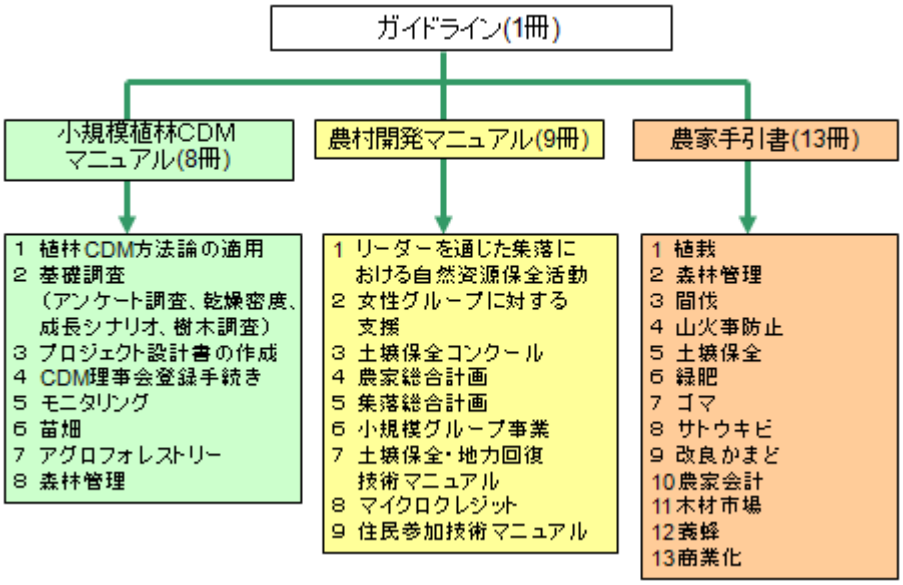


図１　植林 CDM を活用した農村開発マニュアル集の構成

表１　植林 CDM を活用した農村開発のプロセス

プロセス	内　容
1	対象集落及び集落のリーダー農家の選定
2	ワークショップや研修を通じた農家の意識改革
3	活動の核となる展示圃場(将来の苗畑)の設置及び技術の展示
4	集落ごとの農家展示圃場の設定及び技術の展示
5	ベースライン調査を踏まえた農家ごとの農家資源図及び将来計画（農家計画）図の作成
6	土壌保全及び地力回復技術に係るコンクールの実施
7	農家のグループ化とグループごとの技術研修及び実践
8	農家の土壌保全及び追加収入源としての植林への意欲の確認
9	樹種の選定
10	アグロフォレストリーの導入による農業生産の維持
11	植林 CDM のためのワークショップの開催
12	植林希望農家に対する植林位置、規模、樹種等に係るアンケート調査の実施
13	植林 CDM に必要な基礎的データ(樹種別成長シナリオ、基礎密度等)の収集及び植林予定地の調査
14	PDD（プロジェクト設計書）の作成
15	国連 CDM 理事会への植林 CDM の登録
16	炭素クレジットの獲得

［その他］

研究課題：クリーン開発メカニズムの仕組みを活用した農村開発手法の開発

中課題番号：A-3)-(3)

予算区分：運営費交付金［温暖化防止］

研究期間：2010 年度（2008～2010 年度）

研究担当者：松原英治・廣内慎司・渡辺　守・池浦　弘

発表論文等：JIRCAS Working Report No.67 (2010)