

【成果情報名】 重回帰分析と GIS を用いたバングラデシュ水稻の 1km メッシュ推定生産量

【要約】 バングラデシュの郡別の水稻生産量を目的変数、傾斜、地形、土性、排水性、土壤透水性、土壤塩分の属性区分面積を説明変数とする重回帰分析を行い、得られた偏回帰係数を GIS の地図演算に適用して 1km メッシュあたりの水稻生産量を推定する。

【キーワード】 バングラデシュ、水稻、生産量、重回帰分析、GIS

【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】

環境の変化に対して脆弱な発展途上地域では、気候変動に伴う影響評価と対応策の確立が急がれている。途上国の農業は自然条件に強く依存するため、栽培に適した土地条件と気象条件を有する地域において生産量が多いと考えられるが、将来の気候変動による影響を評価するにはまず、現環境下における生産性を面的かつ定量的に把握する必要がある。そこでバングラデシュを対象に、重回帰分析と GIS における地図演算を併用することによって、基盤的な地理情報から雨期作米及び乾期作米の 1km メッシュあたりの生産量を算定する手法を開発する。

【成果の内容・特徴】

1. 郡を基本単位として整備されたバングラデシュの全国版地理情報データセット “Bangladesh Country Almanac Ver.3.0 (CIMMYT-Bangladesh 作成)” に収蔵されている、傾斜 (3 属性区分、以下同様)、地形 (5)、土性 (5)、排水性 (6)、土壤透水性 (3)、土壤塩分 (4) の地図情報によって表される属性の組み合わせに対して期待できる水稻生産量を推定する手法である (図 1)。
2. バングラデシュの 463 郡ごとに集計した上記 6 要因計 26 属性の面積を説明変数、各郡の雨季作米及び乾季作米の生産量 (2002-2003 年統計値) を目的変数とする重回帰式の自由度調整済み決定係数は、雨季作米が 0.903、乾季作米が 0.823 と有意に高い。
3. 重回帰分析によって得られる各属性の偏回帰係数を、上記 6 要因の地図情報の属性値として入力し、1km×1km のメッシュごとに総和を求める地図演算を行うと、1km メッシュあたりの推定生産量が算出できる (図 2、図 3)。
4. 1km メッシュあたりの推定生産量を新旧 2 種類の県区分で集計した結果とそれぞれの統計値の間にはいずれも高い相関があり、一県あたりの平均誤差率も 23~33% の範囲に留まっている (表 1)。本検証結果から、異なる空間単位でメッシュを集計しても統計値によく適合しており、本手法による推定が妥当であったことがわかる。

【成果の活用面・留意点】

1. 本手法によって算出される 1km メッシュあたりの推定生産量は、気候変動による影響評価を行う場合のベースライン (現環境下における初期値) として活用できる。
2. 統計情報と地図化されたデータがあれば、質的情報についても分布面積という量的変数として取り扱えるため、モデルの拡張性や汎用性が高い。
3. 本手法は属性群の組み合わせに対して期待できる生産量を推定するものであるため、生産量に対する個々の属性の寄与を判定することはできない。

[具体的データ]

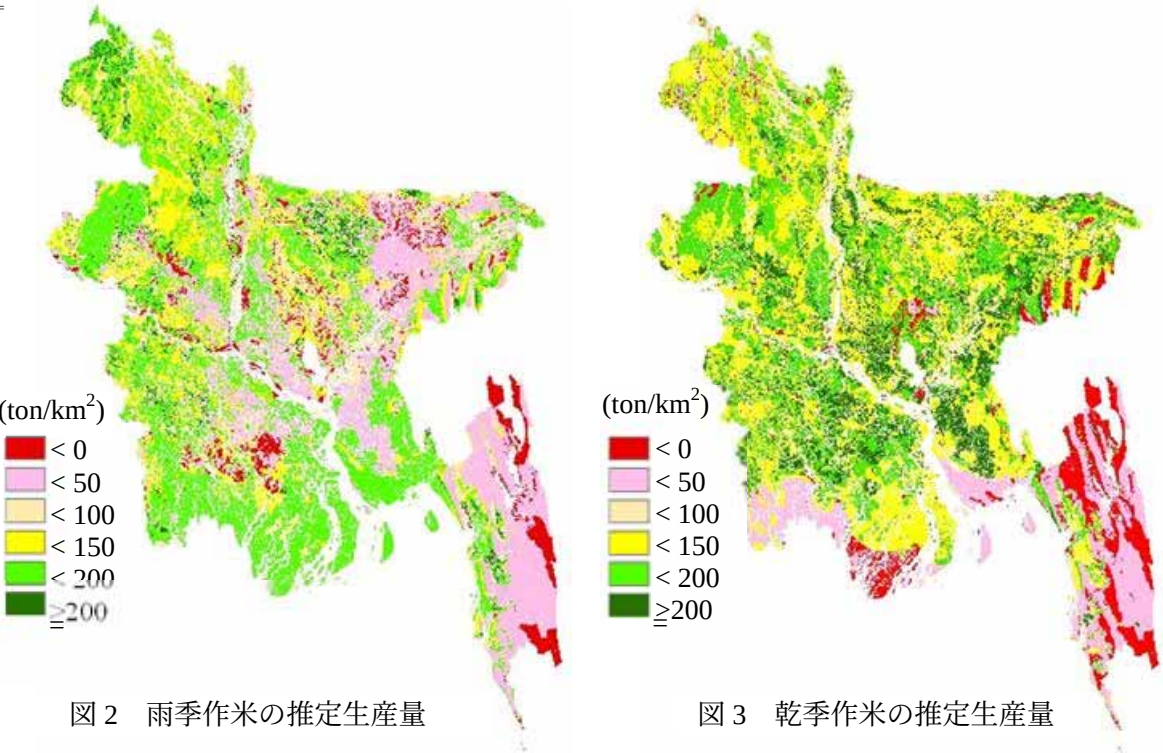
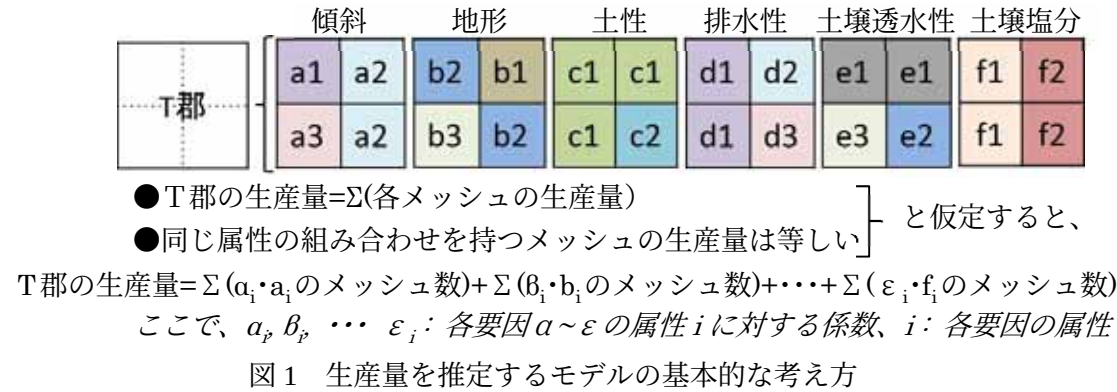


表1 新旧の県別統計値に対する推定値（集計値）の精度

対象	精 度	21 県（旧区分）	64 県（新区分）
雨季作米	統計値との相関	0.827	0.925
	平均誤差率(%)	23.2	31.3
乾季作米	統計値との相関	0.806	0.867
	平均誤差率(%)	28.6 ^[a]	33.3 ^[b]

[a] 生産量が 2,000 トン未満の 1 県を除外、[b] 生産量が 20,000 トン未満の 4 県を除外

[その他]

研究課題：気候変動下における栽培適地の分析と予測モデル化
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 課題Ⅳ】
研究期間：2012 年度（2011～2015 年度）
研究担当者：山本由紀代・小林慎太郎・古家淳・Md. Shahjahan Kabir（バングラデシュ稲研究所）
発表論文等：山本ら（2013），システム農学 29(1):1-9

【成果情報名】 地球温暖化が野菜の栽培に与える影響を生産費に基づいて予測する

【要約】 野菜は品目と品種が多様であり、植物生理の側面から温暖化の影響を予測することが難しい。そこで経済的な側面から影響予測を行う目的で、生産費と気温の関係を統計的に分析する。その結果、生産費と気温の関係には3つのパターンが存在し、影響予測が可能となる。

【キーワード】 地球温暖化、影響予測、野菜栽培、生産費

【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】

気候変動への適切な対応策を検討するためには、気候変動が与える影響を事前に予測することが望ましい。穀物への影響予測は、その成長過程を再現する作物モデルを使って行われることが多い。しかし野菜は品目と品種が多様であり、それらを網羅するような作物モデルの開発は難しい。そこで作物モデルに代替する予測手法を開発する目的で、日本各地の野菜生産費と栽培環境のデータセットを作成し、栽培期間の平均気温と生産費の関係を統計的に分析する。

【成果の内容・特徴】

1. 統計分析の準備として、図 1 が示す仮説を設定する。これは生育適温から外れた環境では、ハウス栽培に代表されるような環境への適応策が必要となり、それがシンプルな露地栽培に比べて生産費を上昇させると考えられるためである。
2. データセットから、正規確率プロット等で分析可能な品目を抽出した後、図 1 の仮説を回帰分析で検証する。その結果、決定係数が比較的高く曲線形状も仮説に沿う品目（図 2）、決定係数は比較的高いが形状は仮説と異なる品目（図 3）、そして決定係数が低い品目が確認される。それらをまとめ、図 4 の3つのパターンの補助仮説を導入した。
3. 決定係数が比較的高い品目（図 2、3）について、生産費を構成する費目ごとに回帰分析を行うと、肥料費、薬剤費、光熱動力費、種苗費、管理労働費に気温との関連が見られる。したがって、これらが適温から外れた環境で生産を維持するために必要な費目と考えられる。
4. 仮説に沿う品目（図 2）で、生産費が最小となる気温を確認すると、生育適温帯より低温側に位置する例がある。費目別のデータからその理由を検討すると、包装運搬費や調整労働費等、収穫後の品質保持対策に関係する費用が、生育適温下でも高い水準を示しており、生産費という観点からは、生育適温での栽培が最適とは限らないことが示唆される。
5. 気候変動による気温変化が野菜生産に与える影響は、図 4 で示した生産費の曲線を特定化し、その曲線に沿ったコスト変化として把握できる。

【成果の活用面・留意点】

1. コスト変化を経済モデルに受け渡せば、地域や国への影響の波及も予測でき、適応策の評価等にも応用できる。
2. 本研究は日本のデータを利用しているが、手法は他の国・地域にも適用が可能である。
3. 本研究は多くの野菜品目を分析対象とする必要性から、品種の違いを考慮せず、また栽培期間の平均気温のみを栽培環境を示す変数と仮定している。品種別の分析、あるいは気温以外の適切な変数の付加により、さらに適合度の高い曲線が推計されることが考えられる。
4. 生産費は品目別経営統計（農林水産省大臣官房統計部）、月平均気温は気象統計情報（気象庁）、生育適温は生井ら（2003）『新版農業の基礎』（農山漁村文化協会）に基づく。

【具体的データ】

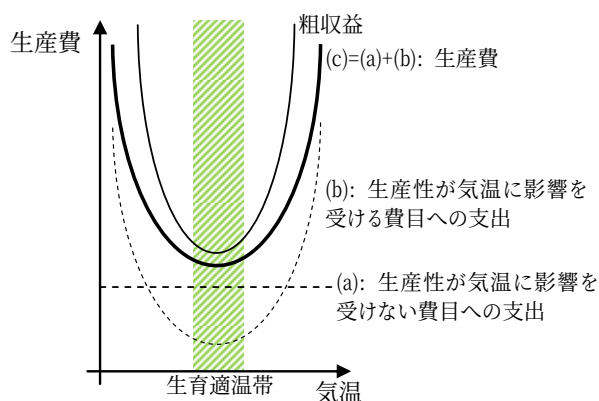


図1 気温と生産費の関係

仮説：ある品目について、各地及び各作期の栽培期間平均気温を横軸、生産費を縦軸に取ると、生産費は生育適温から低温側あるいは高温側に外れた領域で高く、生育適温帯で低くなる。粗収益は生産費を上回るが、生産が増える生育適温帯では、両者の差は小さくなると考えられる。

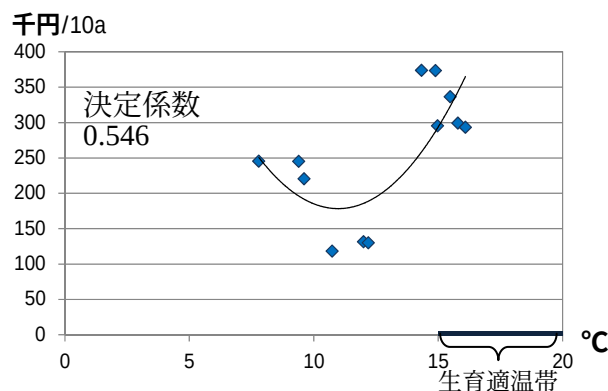


図2 仮説に似た反応の例（ホウレンソウ）

ホウレンソウの決定係数は比較的に高く、曲線形状も図1の仮説に似ている。しかし生産費の最小値は生育適温より低温側にある。同様のパターンにはシトウ、施設ナスがあり、これらは図4のパターン(i)にまとめられる。

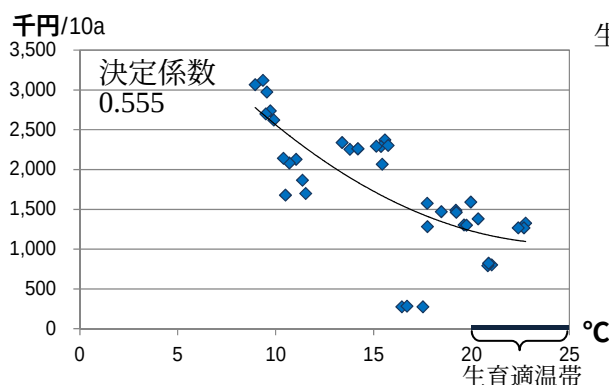


図3 曲線形状が仮説と異なる例（トマト）

トマトの決定係数は比較的に高いが、曲線の形状は仮説と異なり、逓減部分のみが現れる。同様のパターンにはキュウリ、スイカがあり、これらは図4のパターン(ii)にまとめられる。

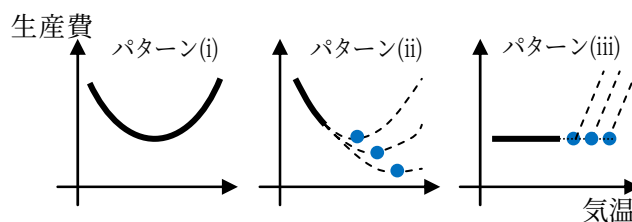


図4 気温と野菜生産費の関係

補助仮説：気温と野菜生産費の関係には上の3つのパターンが存在する。

植物生理の視点から考えると、今回利用したデータには含まれない高温帯では、パターン(ii)と(iii)でも生産費が増加傾向を示す可能性がある。主産地以外での調査等からパターン(ii)(iii)の点線部分が推計されれば、気候変動による気温変化の影響を、これらの曲線に沿ったコスト変化として把握できる。

パターン(iii)を示す品目には青ネギ、ニンジン、ハクサイがある。生産費が一定であることは、農業被害が無いことを意味しない点には注意が必要である。

【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

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：受託研究【気候変動対策】（農林水産省）

研究期間：2012年度（2010～2014年度）

研究担当者：小林慎太郎・古家淳・山本由紀代

発表論文等：小林・古家・山本ら（2013）、システム農学 29(1):11-22

【成果情報名】 イネの一穂粒数を増加させる QTL を導入した IR64 の準同質遺伝子系統群

【要約】 イネ (*Oryza sativa* L.) 品種 IR64 を遺伝的背景とし粒数を増加させる QTL をもつ準同質遺伝子系統群は、インド型品種の穂重型育種素材として活用できる。

【キーワード】 イネ、準同質遺伝子系統、育種素材、一穂粒数、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】

国際稲研究所 (IRRI) で育成されたインド型水稻品種 IR64 は、高品質で病虫害に強く、広く熱帯地域で普及している。IR64 の収量性のさらなる遺伝的改良を通じ、開発途上国における食糧安定生産を実現するため、穂重型の New Plant Type (NPT) 由来の一穂粒数を増加させる量的遺伝子座 (QTL) を導入した準同質遺伝子系統群を育成する。

(NPT は国際稲研究所 (IRRI) が熱帯日本型の遺伝子を導入し多収性を目指して開発した新しい草型を持つ品種)

【成果の内容・特徴】

- 異なる NPT 品種に由来する 1 穂粒数を増加させる 5 種の QTL は、ともに第 4 染色体の長腕に座乗する (図 1、表 1)。
- 準同質遺伝子系統群 IR64-NIL2~6 は、IR64 に比べて穂が大きく (図 2)、一穂粒数は IR64 が約 140 であるのに比べて、準同質遺伝子系統は 196~239 であり、40-60%増加する (表 1)。
- 一穂粒数の増加は、主に 2 次や 3 次枝梗着生粒の増加に起因し、増加程度はドナーの NPT 品種によって異なる (表 1)。

【成果の活用面・留意点】

- 育成された系統は、各国で普及されているインド型品種の 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おり、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。
- 育成された系統は、遺伝子・環境相互作用解析などの実験材料として利用できる。
- 各 QTL の DNA マーカー情報は、遺伝解析やマーカー選抜による一穂粒数増加系統の育成に活用できる。
- 開発した系統間で穂の構造に変異があり、導入した QTL の異なる対立遺伝子の効果によるものか、あるいは導入した染色体領域上の他の遺伝子によるものかを確認する必要がある。
- 開発した系統の一穂粒数の増加が収量に及ぼす効果の検証が必要である。
- これらの準同質遺伝子系統群の分譲については、JIRCAS 企画管理室に問い合わせる。

[具体的データ]

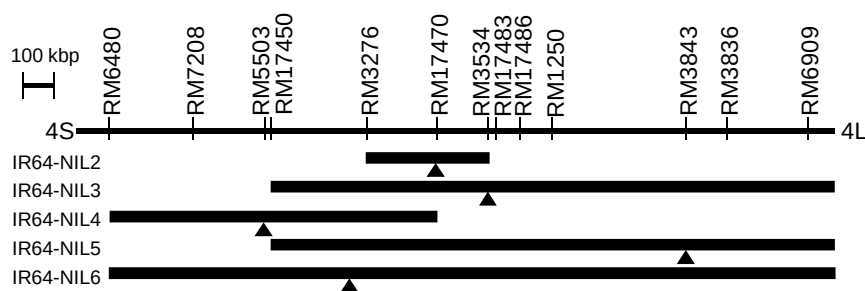


図1 第4染色体長腕に検出された一穂粒数を増加させる QTL の座乗位置 (▲は LOD (対数オッズスコア) のピーク)

表1 一穂粒数を増加させる QTL の近傍 DNA マーカーと IR64 の遺伝的背景に導入した準同質遺伝子系統における穂の構造

品種/系統	遺伝子供与親の NPT	マーカー ^a		一穂粒数 ^b	一穂あたり枝梗数 ^b		
					一次枝梗	二次枝梗	三次枝梗
IR64	-			141.2±17.8 c	9.2±0.4 c	28.6±4.0 c	1.3±1.1 c
IR64-NIL2	IR65564-2-2-3	<u>RM17470</u>	- RM3534	233.9±22.6 a	10.6±0.8 ab	46.8±4.7 a	11.2±3.2 a
IR64-NIL3	IR69093-41-2-3-2	<u>RM3534</u>	- RM17486	196.4±19.1 b	11.3±0.7 a	37.2±3.5 b	1.9±2.3 c
IR64-NIL4	IR66215-44-2-3	RM6480	- <u>RM5503</u>	239.4±36.4 a	10.9±0.7 a	46.2±6.4 a	6.8±4.3 b
IR64-NIL5	IR68522-10-2-2	<u>RM3843</u>	- RM1113	197.6±19.6 b	10.8±0.8 ab	39.4±3.8 b	2.3±1.5 c
IR64-NIL6	IR66750-6-2-1	<u>RM17450</u>	- RM17470	213.5±25.3 ab	9.8±0.9 bc	43.1±5.3 ab	6.9±1.8 b

¹⁾ QTL 近傍の DNA マーカー。下線は、より近傍のマーカーを示す。いずれも第4染色体に座乗する。

²⁾ 2009 年乾季の IRRI (フィリピン、ロスバニョス) でのデータ (平均±標準偏差)。数値の後の同じ文字は Tukey-Kramer 検定により 5% レベルで有意差がないことを示す。



図2 IR64 およびその準同質遺伝子系統の穂の形態

[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：A-1-III

予算区分：拠出金〔IRRI-日本共同研究プロジェクト〕 交付金〔気候変動プロ〕

研究期間：2012 年度 (2005~2012 年度)

研究担当者：小林伸哉・福田善通・石丸努・藤田大輔 (作物研、日本学術振興会)・Analiza G. Tagle (IRRI)・Leodegario A. Ebron (IRRI)

発表論文等：Fujita et al. (2012), Breeding Science. 62:18-26

【成果情報名】 ソルガムの根の生物的硝化抑制 (BNI) 物質の同定と特性

【要約】 ソルガムの根には、親水性硝化抑制物質として MHPP (methyl 3-(4-hydroxyphenyl) propionate) と sakuranetin (5,4'-dihydroxy-7-methoxyflavanone)、および疎水性の抑制物質として sorgoleone (2-hydroxy-5-methoxy-3-[(8'Z,11'Z)-8',11',14'-pentadecatriene]-p-benzoquinone) がある。水耕栽培においてソルガムの根からの親水性硝化抑制物質の放出は、 NH_4^+ により促進される。また、硝化抑制物質採取用溶液の pH を 5 から 7 に上げると親水性硝化抑制物質の収量は大きく低下する。

【キーワード】 ソルガム、生物的硝化抑制 (BNI)、硝化抑制物質、MHPP、Sakuranetin、Sorgoleone

【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、アンモニアを亜硝酸にするアンモニア酸化細菌およびアンモニア酸化アーキアと、亜硝酸を硝酸にする亜硝酸酸化細菌が関与している過程であり、土壌中での窒素循環に重要である。しかし、農地に施用されたアンモニア態肥料は、硝酸になると溶脱や脱窒が起こりやすくなり、環境汚染の一因となる。また、窒素肥料価格の近年の高騰からも、農作物の施肥窒素利用効率を向上させる技術の開発が必要である。その一つとして生物的硝化抑制(Biological Nitrification Inhibition, BNI)がある。植物の中には根に硝化抑制物質をもつものがあり、熱帯イネ科牧草*Brachiaria humidicola*ではほ場において高い効果をもっている。本研究では、肥料損失と環境負荷を抑えた農業システムの構築のため、有用イネ科植物であるソルガムの生物的硝化抑制物質の精製・同定および特性調査を行う。

【成果の内容・特徴】

1. ソルガムの根には、水耕液中に放出される親水性の硝化抑制物質として MHPP (methyl 3-(4-hydroxyphenyl) propionate) と sakuranetin (5,4'-dihydroxy-7-methoxyflavanone)、およびジクロロメタンでの根の洗浄により得られる疎水性の抑制物質として sorgoleone (2-hydroxy-5-methoxy-3-[(8'Z,11'Z)-8',11',14'-pentadecatriene]-p-benzoquinone) がある (図 1)。
2. 水耕栽培においてソルガムの根からの親水性硝化抑制物質の放出は、 NH_4^+ により促進される (図 2)。すなわち、 NH_4^+ を添加した 1 日目の硝化抑制物質採取用溶液には高い抑制活性がみられる。しかし、2 日目、3 日目に NH_4^+ を取り除くと日ごとに活性は低下し、4 日目に採取用溶液に NH_4^+ を再添加すると抑制活性は 1 日目とほぼ同等程度までに回復する。
3. 硝化抑制物質採取用溶液の pH が親水性硝化抑制物質の収量に大きく影響する (図 3)。pH 3 と 5 では硝化抑制物質の収量は同程度に高いが、7 に上げると大きく低下する。
4. 組換えアンモニア酸化細菌 *Nitrosomonas europaea* を用いたバイオルミネセンスアッセイ法による測定から得られる上記 3 物質の抑制活性の ED_{80} (活性を 80%抑制する実効濃度) は、sakuranetin で 0.6 μM 、sorgoleone で 12.0 μM 、そして MHPP で 120 μM 以上である (図 4)。

【成果の活用面・留意点】

1. ソルガムにおける生物的硝化抑制作用の実用化研究に向けて基礎的知見として有用である。
2. ソルガムの生物的硝化抑制作用が発揮される圃場条件や土壌条件下での各物質の硝化抑制効果を今後速やかに明確にするとともに、選抜育種での使用に耐えるスクリーニング手法を確立する必要がある。

[具体的データ]

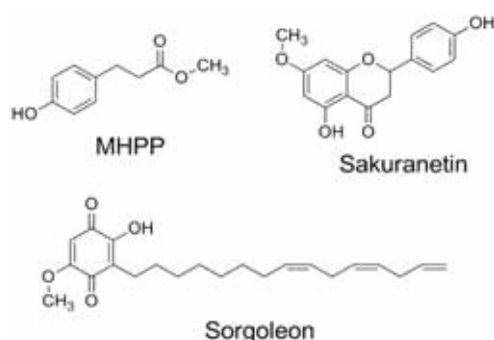


図1 ソルガム根の硝化抑制物質

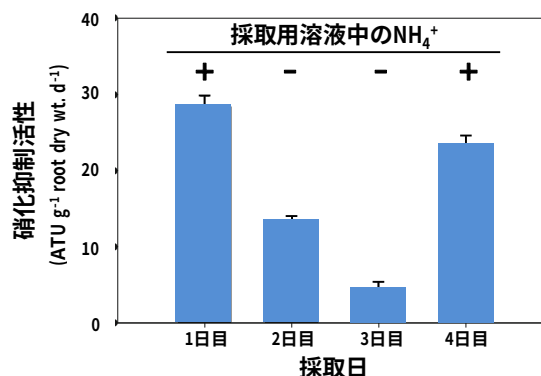


図2 ソルガム根での親水性硝化抑制物質の放出に及ぼすNH₄⁺の影響

同一植物体を用いて溶液を1日ごとに交換して硝化抑制物質を採取

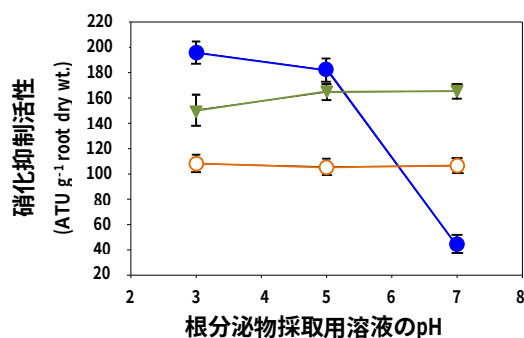


図3 ソルガム根からの親水性硝化抑制物質の放出に及ぼす採取用溶液の設定pHの影響

● 根から水溶液中への分泌物
○ 根表面のジクロロメタン洗浄物
▼ 根磨砕物からのメタノール抽出物

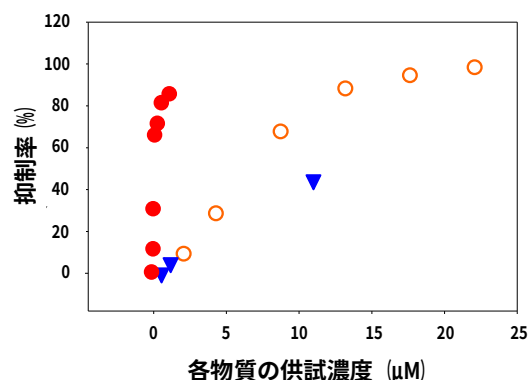


図4 アンモニア酸化細菌 *Nitromonas europaea* の活性に対するsakuranetin (●)、sorgoleon (○)、MHPP (▼) の抑制効果

[その他]

研究課題：生物学的硝化抑制作用の解明とその利用

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 [硝化抑制]

研究期間：2006～2010 年度

研究担当者：G. V. Subbarao・中原和彦・H. A. K. M. Zakir・石川隆之・吉橋 忠・小野裕嗣（食品総合研究所）・吉田 充（食品総合研究所）

発表論文等：1) Subbarao et al. (2012) Plant Soil, DOI 10.1007/s11104-012-1419-9.

2) Zakir et al. (2008) New Phytologist, 180:442-451.

【成果情報名】 低所得農家を対象としたバイオガス発生装置の導入による CDM 事業の国連登録

【要約】 ベトナムメコンデルタにおいて、低所得農家を対象としたバイオガスダイジェスター利用による持続的な農村開発及び温室効果ガスの排出削減を目的としたクリーン開発メカニズム（CDM）事業を形成する手法を開発・実証し、国連へ登録。

【キーワード】 CDM、バイオガスダイジェスター、排出削減、炭素クレジット

【所属】 国際農林水産業研究センター 農村開発領域、生産環境・畜産領域

【分類】 行政 A

【背景・ねらい】

クリーン開発メカニズム（CDM）は、開発途上国（ホスト国）で実施される温室効果ガス（GHG）排出削減プロジェクトで達成される排出削減量を、炭素クレジット化し、先進国がこれを取得することで自国の排出削減目標量に追加できるシステムである。農村開発の一環として、ベトナムにおいて、低所得農家を対象に養豚からの排せつ物からバイオガスを発生させる簡易な装置（バイオガスダイジェスター：BD）を導入し、薪や LPG などの調理用燃料に代替することで、温室効果ガス（GHG）の排出を削減する CDM 事業を形成し、国連気候変動枠組み条約 CDM 理事会へ登録するまでの手法を開発する。

【成果の内容・特徴】

1. 途上国の農村地域において CDM 事業を形成する場合、広域に小規模で分散している事業の対象（農家、土地）に、GHG 排出削減に係る技術を導入し、排出削減量をモニタリングし、炭素クレジットを獲得することが重要である。本事業では3つの郡に散在する参加農家に対し、拠点となる集落ごとに、BD の技術を身に付け、指導的な役割を果たす農家（キーファーマー）を34名育成し、彼らを中心にBDの設置、維持管理及びモニタリング活動を推進する体制を構築した。
2. BD の導入による CDM 事業化のためには、事業によりどの程度の GHG が削減可能か算定する必要がある。①地域内における木質バイオマス量、②BD で代替される既存燃料使用量、③再生可能ではないバイオマス（non-renewable biomass：例えば薪に使用される木質バイオマスのうち成長量を上回る部分のバイオマス）量の比率、④BD の利用による既存使用燃料の節減量、⑤BD の導入を希望する農家数等について明らかにする必要がある。JIRCAS は、共同研究機関のカントー大学とともに、これらについて現地における調査・試験から定量化し、GHG 削減可能量を年平均 1,203tCO₂ とし、事業への参加農家 961 戸を特定した（表 1、2）。
3. このように JIRCAS が形成した CDM 事業「カントー市における農村開発に資する農家用バイオガス事業」が、日本及びベトナム両政府からの承認を経て、平成 24 年 8 月 15 日に国連 CDM 理事会に登録された（図 1）。本事業は、農家に経済的なプラスチック製 BD を導入することにより、GHG の排出削減を図るもの（図 2）で、我が国が形成した低所得農家の生活改善を図るための初のバイオガス利用による CDM 事業である。

【成果の活用面・留意点】

1. BD を継続的に利用するためには、JIRCAS が作成したマニュアルを参考に、適切な養豚技術と BD の維持管理が行われる必要がある。
2. 本事業のように小規模な場合、獲得できる炭素クレジットが少量なことから、炭素クレジットの売却益だけでは、事業の形成、登録、資材購入の補助、技術指導、審査・検証等の事業費を賄うことができない。このため、炭素クレジットを購入する企業には、低所得農村への支援に係る CSR（企業の社会的な責任）や BOP ビジネス（貧困層を対象としたビジネス）という相乗利益（コベネフィット）に対し、追加投資を行い、売却益の不足分を補うことが期待される。

【具体的データ】

表1 GHG 排出削減量算定のための諸元

区分	数量	備考
① 地域内における木質バイオマス量		
面積当り平均バイオマス量	18.82 tC/ha	a 調査結果
森林及び果樹園面積	14,592.82 ha	b カントー市
森林及び果樹園の全バイオマス量	274,637 tC	c=a*b
木質バイオマスの年間成長率	12.38 %	d IPCCデフォルト値
木質バイオマスの年間成長量	34,000 tC/年	e=c*d
② BDで代替される既存燃料使用量		
(薪)	1.58 t/年	f 1戸(3.8人) 当り
農村部人口	563,326 人	g 2008年、カントー市
農村部における薪使用量	233,799 t/年	h=f/3.8*g
同炭素換算	116,900 tC/年	i=h*0.5 炭素割合0.5 (IPCC)
(LPG)	17.8 kg/年	j
③ 再生可能ではないバイオマス量の比率		
	70 %	k=1-e/i
④ BDの利用による既存使用燃料の節減量		
	モニタリング結果からBDを導入した農家では既存燃料を完全に代替することを確認	
⑤ BDの導入を希望する農家数		
	961 戸	l

表2 GHG 排出削減量

現況GHG排出量		
薪	1戸当り薪使用量	1.58 t/年
	再生可能ではない薪の割合	70%
	1戸当り再生可能ではない薪の使用量	1.11 t/年
	1戸当り薪からのGHG排出量	1.41 tCO ₂ /年
LPG	1戸当りLPG使用量	17.80 kg/年
	1戸当りLPGからのGHG排出量	0.05 tCO ₂ /年
計	1戸当り調理からのGHG排出量	1.46 tCO ₂ /年
	961戸当り調理からのGHG排出量	1,403 tCO ₂ /年
CDM事業によるGHG排出削減量		
1年目	対象農家数: 241戸	352 tCO ₂
2年目	対象農家数: 721戸	1,053 tCO ₂
3年目	対象農家数: 961戸	1,403 tCO ₂
4年目	対象農家数: 961戸	1,403 tCO ₂
5年目	対象農家数: 961戸	1,403 tCO ₂
6年目	対象農家数: 961戸	1,403 tCO ₂
7年目	対象農家数: 961戸	1,403 tCO ₂
計		8,420 tCO ₂
平均		1,203 tCO ₂

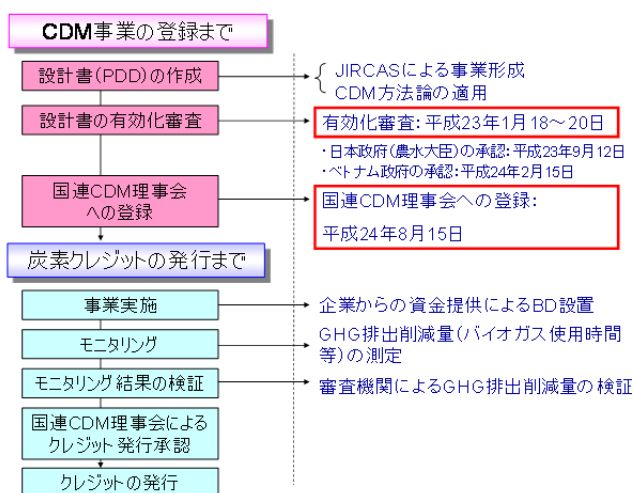


図1 CDM事業の実施手順

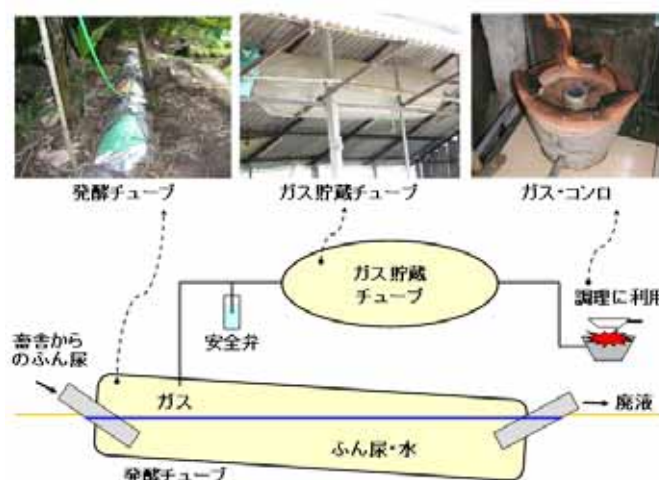


図2 プラスチック製バイオガスダイジェスター利用の概要

【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：2012年度（2011～2015年度）

研究担当者：松原英治・泉太郎・田港朝彦・飯泉佳子

発表論文等：1) 松原ら (2011) 農業農村工学会誌 79(10):757-760

2) 泉ら (2013) 農業農村工学会誌 81(3):207-210

3) Farm Household Biogas Project Contributing to Rural Development in Can Tho City,

<http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/JACO1335502236.58/view>

〔成果情報名〕 **マリ、ニジェールにおける自然資源保全管理のためのガイドラインの整備**

〔要約〕 マリ、ニジェールの自然資源が劣化しつつある地域において、土地や植生を保全し農業の持続性を図るため、住民組織や地方行政が一体となって行う自然資源保全管理手法をガイドラインと技術マニュアルに取りまとめている。これらは地方行政官が村落住民と共に保全活動を行う際の手引き書として活用される。

〔キーワード〕 西アフリカ、自然資源保全、土地劣化、土壌保全、植生改善、問いかけ法

〔所属〕 国際農林水産業研究センター 農村開発領域

〔分類〕 行政 A （主要普及成果）

〔背景・ねらい〕

西アフリカ半乾燥地帯では、収奪的農業、粗放牧畜、過剰な薪炭材採取等が農業の基盤となる土地の劣化をもたらしている。この対策としては、土壌や植生など自然資源を保全する技術の導入と同時に村落住民の保全対策への関わり方が重要となる。村落住民は、問題点の存在を感じていても放置することが多く保全対策の実施においては制約事項となる。また、自然資源管理を住民のみで行うことは難しく、地域の支援体制確立が不可欠である。このため、農業を持続的に営むための自然資源保全を行う手法として、村土地管理組織と地方行政機関との連携強化を軸とし、適切な保全技術等を村落活動計画として実施する手法を取りまとめ、ガイドラインおよび技術マニュアルとして提示する。

〔成果の内容・特徴〕

1. マリ 4 村、ニジェール 2 村の村落住民への実証調査結果から、農業を取り巻く自然資源に関する課題と、住民のみによる対策が難しく地方行政等の支援が必要なことを明確にしている。
2. 村落では土壌侵食、森林植生の衰退、肥沃度の低下などの存在が住民に認識されており、土壌侵食対策、森林保全および農地肥沃度改善を組織的に行うことを住民に提案し、村落活動計画として住民と連携して立案・実施する手法をガイドラインおよび技術マニュアルに取りまとめている。
3. 例えば、村落に現存する課題を引き出し、住民の理解を得ながら問題解決を早めるための手法として「問いかけ法」を考案している（図 1）。これにより住民がおぼろげながら感じていた問題点等を自ら特定・解決することが可能となり、かつ、地方行政官等がファシリテーターとしてこの手法を採用することにより、多くの住民を村落の問題解決に関与させることが可能となる。
4. また、ニジェールにおける農事法典(1993)に基づく土地管理制度（図 2）に着目し、自然資源の保全活動を担う村土地管理組織の設立・運営・資金調達・実施能力の向上手法とともに、関係する組織との連携強化手法を考案している。これにより自然資源保全活動において直面する各課題の解決能力を向上させることが可能となる。

〔成果の活用面・留意点〕

1. ガイドラインは、農業、森林・環境、土木等の地方行政官が村落住民と共に保全活動を行う際の手順や事例をとりまとめており、実情に沿った内容として活用できる。また、ニジェール農業大臣、マリ農業省農村経済研究所により認証を受けており、広く普及することができる。
2. 技術マニュアル（植生保全マニュアル等 10 分冊）は、地方行政官が村落住民を指導する際に必要な情報や手順をわかりやすく示しており、両国の関係部局から高く評価されている。
3. ニジェール農業省は、農地・自然資源の保全を対象とする土地管理制度の普及にあたって、本手法を採用した村土地委員会を基盤とした植生改善プロジェクトを実施する意向がある。

【具体的データ】

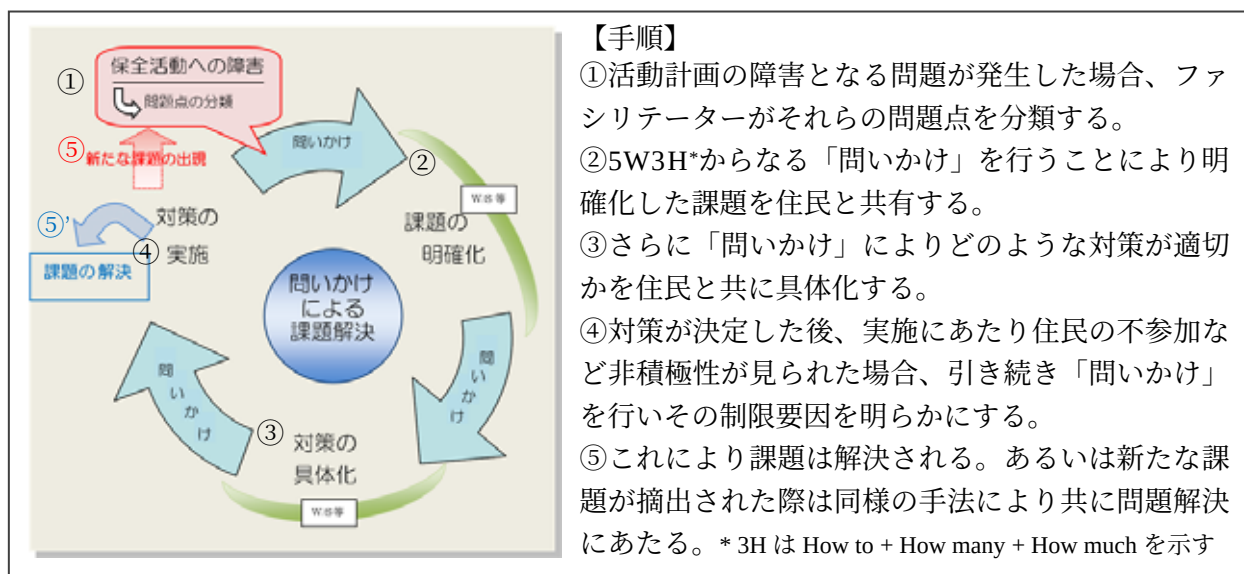


図1 問いかけ法による課題解決

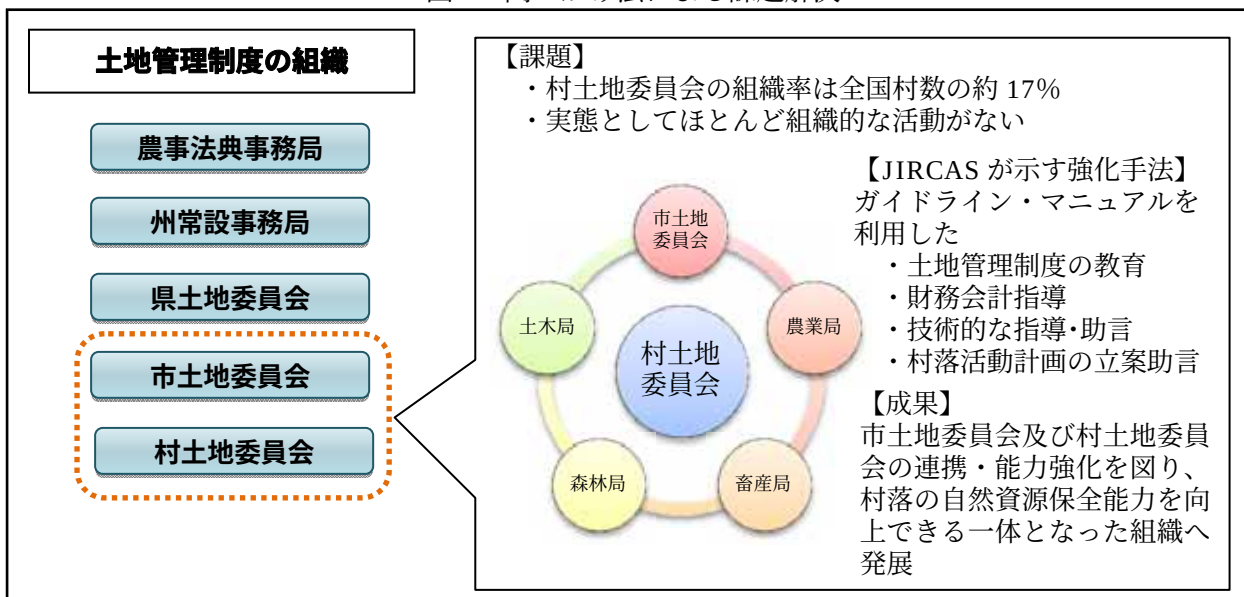


図2 ニジェールにおける土地管理制度の地方レベル強化

【その他】

研究課題：西アフリカ、マリ・ニジェールにおける自然資源保全管理計画策定手法の構築

プログラム名：海外農業農村地球環境問題等調査事業（農業生産資源保全管理対策調査）

予算区分：受託 [生産資源：農水省・農村振興局]

研究期間：2012 年度（2008～2012 年度）

研究担当者：東槇健・竹中浩一・山田雅一・竹内俊英・廣瀬千佳子・小林勤・宮崎良・清水直也・保久丈太郎・鈴木香奈子・篠原統吾

発表論文等：1) Guide pour la Gestion et la Conservation des Ressources Naturelles, 2012.12

2) Le Renforcement des Capacites et la Gestion d'une COFOB 他 計 10 冊の技術マニュアル, 2012.12

【成果情報名】 新疆ウイグル自治区における地元行政主導の定住牧畜民への技術支援対策

【要約】 中国・新疆ウイグル自治区において推進されている牧畜民の定住事業に関し、地元行政関係者の役割を重視した定住後の牧畜民への総合的かつ体系的な技術支援上の留意点と、パイロットプロジェクトで得られた技術的知見を、現地の技術支援担当者や牧畜民が利用できるよう中国語ガイドライン並びに中国語及びカザフ語の技術マニュアルとして取りまとめたものである。

【キーワード】 中国、新疆ウイグル自治区、牧畜民定住

【所属】 国際農林水産業研究センター 農村開発領域

【分類】 行政 A （主要普及成果）

【背景・ねらい】

新疆ウイグル自治区政府は退化が著しい冬牧場への負荷を軽減するために、冬季の畜舎飼育と夏季の天然草地利用を組み合わせた禁牧・休牧措置を拡大する施策を立て、牧畜民の定住化を進めることにより、新しい営農の構築による生活の安定と天然草地の保護・回復を図ろうとしている。しかしながら、定住後の牧畜民は飼料栽培や畜舎飼育などの農牧業の経験がない上に、彼らに対する技術指導についても、往々にして県からその下の行政組織である郷へ、さらに村の牧畜民へと上意下達、縦割りの指導が行われており、必ずしも十分な効果を上げていない状況にある。こうしたことから、牧畜民が定住開始後出来るだけ早期に安定経営に移行できるよう、村の開発戦略を策定した上で、それに基づく総合的、体系的な技術支援を行っていくモデルを提示する必要に迫られている。

【成果の内容・特徴】

1. プロジェクト活動の前半では、定住村のインフラ整備や定住牧畜民への技術指導において、郷政府が主要な役割を果たすことを確認した。そして、後半の活動では郷政府の幹部と郷政府に配置されている分野別技術普及担当員の相互連携の強化と能力の向上を図るため、個別指導や牧畜民への技術指導時の OJT(on the job training)を実践し、郷政府の地域マネジメント能力を高めた(図 1)。
2. 本成果は、そうした取り組みにおいて得られた知見とパイロットプロジェクトにおいて生じた技術的課題について、ガイドライン(中国語)及び各分野別の技術マニュアル(中国語)として取りまとめたものである。いずれも図表あるいは写真を取り入れ視覚的に訴える形態で、ターゲットの郷関係者が理解しやすいよう配慮している(図 2、図 3)。
3. ガイドライン「定住牧畜民の安定経営に向けた指導読本」については、定住牧畜民への技術支援に携わる人々が幅広い横断的知識を得ることを目指し、定住事業の指導者と新人の行政担当者が対話しながら、定住後の歳月に伴って生じる課題についてどのように対処すべきか、そのヒントを示す読み物形式としている。
4. 栽培及び家畜飼養分野の技術マニュアルについては、中国語の図書の読解が困難なカザフ族牧畜民への研修教材としても活用できるようカザフ語版も作成している。

【成果の活用面・留意点】

1. 自治区政府の牧畜民定住化の政策は、2つのモデル村の周辺地域で新しい定住村が建設されるなど今後さらに加速される予定であり、本プロジェクト成果を普及するニーズは非常に高い。
2. 2つのモデル村でのパイロットプロジェクトの管理・運営に携わった地元市・県の科学技術局では、既にプロジェクト成果を用いた普及計画を策定している。
3. 本成果は、JICA からの受託事業の実施によって得られた成果である。

[具体的データ]

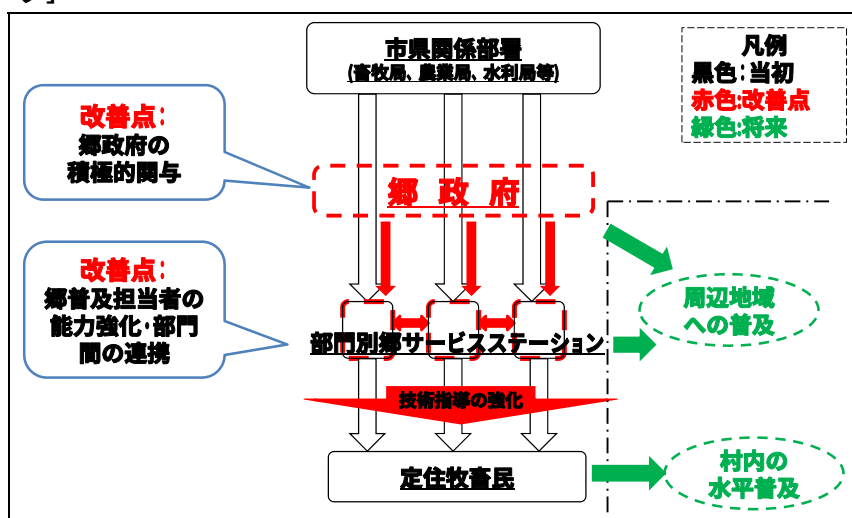


図1 牧畜民技術支援における郷政府及び郷普及担当部門の役割強化

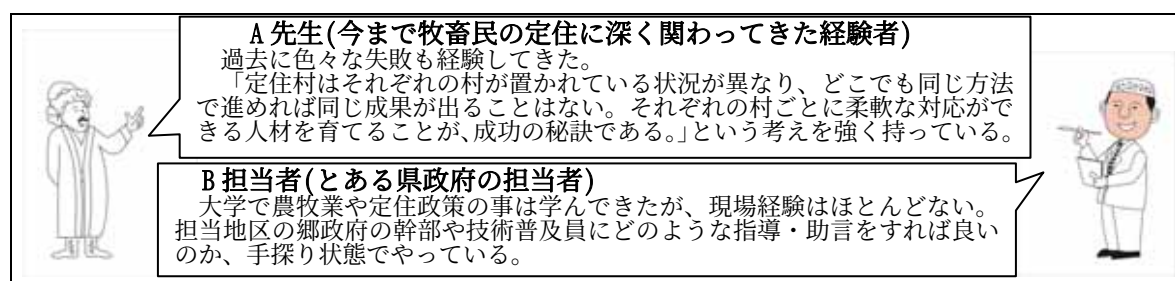


図2 ガイドライン「定住牧畜民の安定経営に向けた指導読本」の登場人物

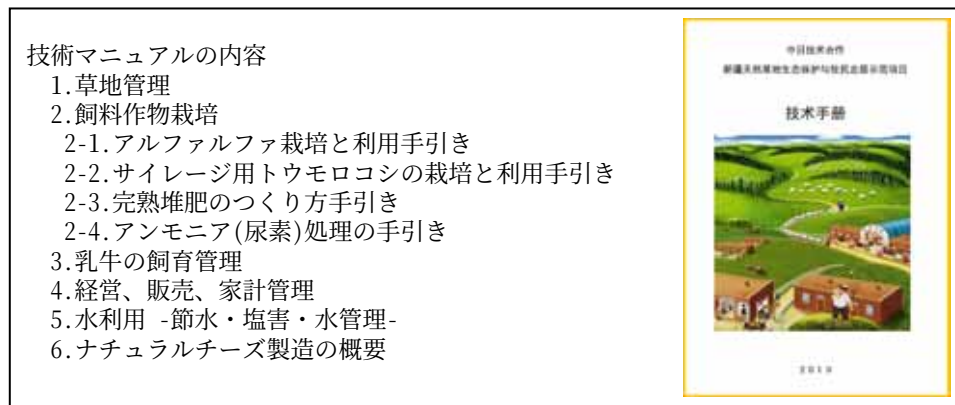


図3 技術マニュアルの内容

[その他]

研究課題：新疆天然草地生態保護と牧畜民定住プロジェクト(新疆定住プロ)

中課題番号：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：独立行政法人受託調査費(JICA)

研究期間：2012 年度 (2007～2012 年度)

研究担当者：伊賀啓文・大森圭祐・羽佐田勝美・小林勤・丸本充・千葉精一(依頼出張)

発表論文等：伊賀啓文ほか，“定住牧畜民の安定経営に向けた指導読本(和・中)”、“技術マニュアル(和・中・カザフ語)”，中華人民共和国新疆天然草地生態保護と牧畜民定住プロジェクト 成果報告書，2013，(JICA 図書館ウェブサイト掲載予定)

【成果情報名】 ココヤシの重要害虫キムネクロナガハムシにおける2種の発見

【要約】 ココヤシを加害する害虫キムネクロナガハムシには、アジア型とパシフィック型の2つの隠蔽種が存在することを明らかにした。現在アジア型の防除のためにパプアニューギニアを起源とする寄生蜂 *Asecodes hispinarum* が東南アジアに導入されているが、本種はパシフィック型の天敵であるため、寄生蜂 *Tetrastichus brontispae* などアジア型の天敵の導入が望まれる。

【キーワード】 隠蔽種、生物的防除、侵入害虫、ココヤシ

【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】

キムネクロナガハムシは、近年東南アジアを中心に急速に分布域を拡大しているココヤシの新葉を加害する重要な侵入害虫である。今後インド・スリランカおよびアフリカ大陸への侵入が懸念されている。このハムシは、薬剤が届きにくい畳まれた葉の間に生息する事や、ココヤシの樹高が高く人家に隣接している事から、化学的防除は難しい。このため天敵を利用した生物的防除を目的に、当初 FAO によりパプアニューギニアを起源とする寄生蜂 *Asecodes hispinarum* が東南アジアに導入された。本研究では、東南アジアに侵入したキムネクロナガハムシの侵入経路と原産地を明らかにするため、DNA 解析を行うとともに、各地域に生息するハムシの生活史特性を比較して、生物的防除の効率化と侵入拡大阻止を目指して研究を行った。

【成果の内容・特徴】

1. キムネクロナガハムシには外部形態での識別は困難だが、ミトコンドリア DNA の COI 部分配列 (1014bp) が大きく異なる2種 (隠蔽種) が存在する (図1)。
2. この2種は地理的分布が異なり、一方はパプアニューギニア、オーストラリア、インドネシアの一部に分布 (パシフィック型)、他方はアジアをはじめその他の地域に広く分布し (アジア型)、東南アジアに侵入したハムシはアジア型である (図2)。
3. アジア型の方は、パシフィック型よりも産卵数が多く、寿命が長い等、生態的にも異なり害虫化しやすい特性を持つ (図3)。
4. 両系統の1014bp COI 部分配列を増幅したPCR産物を制限酵素 BslI で消化すること (PCR-RFLP) により、2系統を明瞭に識別可能なバンドパターンが得られ、両者を短時間で安価に区別することが可能である (図4)。
5. 現地での採集と歴史的な記載から、現在東南アジアに導入され生物的防除に用いられている寄生蜂 *Asecodes hispinarum* はパシフィック型の天敵であり、侵入害虫であるアジア型の天敵ではない。

【成果の活用面・留意点】

1. 侵入害虫に対して天敵を導入し生物的防除を行う際、害虫の原産地から本来の天敵を導入することが不可欠である。今後、インド、スリランカ、アフリカ大陸へ本害虫が侵入した場合、まず我々の開発した方法で、ハムシがアジア型かパシフィック型かを判別し、本来の天敵を導入することが望ましい。
2. アジア型の天敵寄生蜂は *Tetrastichus brontispae* であり、利用に向け増殖を試みている。

[具体的データ]



図1 近隣接合法によるキムネクロナガハムシの系統樹



図2 キムネクロナガハムシ2種の分布

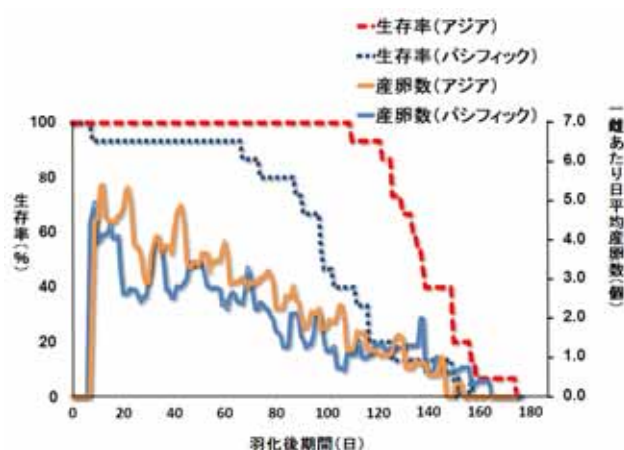


図3 キムネクロナガハムシ2種の生態の比較

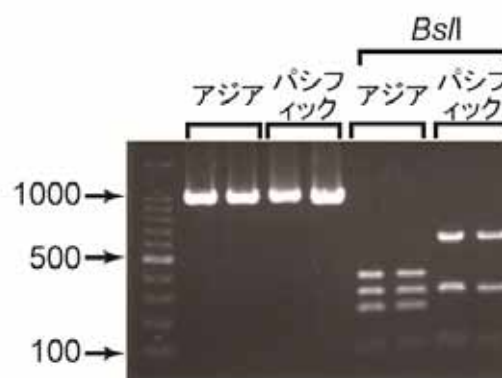


図4 キムネクロナガハムシ2種のPCR-RFLPによる識別

[その他]

研究課題：ココヤシ侵入害虫に対する生物的防除法の開発

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 [ココヤシ害虫]、理事長インセンティブ経費

研究期間：2012年度(2006～2010、2012年度)

研究担当者：中村 達・一木良子・高野俊一郎・村田未果・Nguyen Thi Huong・望月淳((独)農業環境技術研究所)・高須啓志(九州大学)・小西和彦((独)農研機構・北海道農業研究センター)・Jelfina C. Alouw(インドネシアヤシ類研究所)・Donata S. Pandin(インドネシアヤシ類研究所)

発表論文等：1) Takano et al. (2011) Ann. Entomol. Soc. Am. 104:121-131

2) Takano et al. (2012) J. Pest Sci. DOI 10.1007/s10340-012-0474-6

3) Takano et al. (2012) Entomol. Sci. In press.

【成果情報名】 南米におけるダイズさび病菌の病原性の変異

【要約】 ダイズさび病菌に対する 16 のダイズ判別品種の反応を抵抗性型、中間型、感受性型に分類することで、南米のダイズさび病菌の病原性を評価する。2007 年～2010 年の 3 ダイズ作期に採集したブラジル、アルゼンチン、及びパラグアイのダイズさび病菌は、高い病原性変異を有し、同一作期中に、各国で採集した菌の病原性は、パラグアイの 1 組を除き全て異なる。南米各国の同一採集地において、作期ごとに異なる病原性を有するダイズさび病菌が検出される。

【キーワード】 ダイズさび病、病原性、*Phakopsora pachyrhizi*、判別品種、評価法

【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】

ブラジル、アルゼンチン、パラグアイでは国際市場に流通する大豆の 46%を輸出するため、これらの国々における大豆の持続的安定生産は極めて重要である。しかし 2001 年以降、ダイズさび病がこれら南米各国での大豆安定生産上の大きな阻害要因となっている。南米 3 カ国のダイズさび病菌の病原性の変異を把握し、現地で有効な抵抗性遺伝子又は抵抗性品種を明らかにするため、判別品種における感染型の評価に基づいて、病原性の地理的、及び経時的な変動を解析する。

【成果の内容・特徴】

1. 16 のダイズ判別品種（表 1）を 24℃、14 時間日長で本葉 3～4 葉期に育成し、ダイズさび病菌夏孢子懸濁液を接種する。2 週間後、ダイズ葉上に形成される病斑の有無、病斑が形成された場合の夏孢子堆数及び夏孢子形成度（図 1）を指標とし、ダイズさび病に対する各判別品種の反応を抵抗性、中間型、感受性の感染型に分類する（表 2）。感受性（青）を示す判別品種が多いダイズさび病菌の病原性は強い。
2. 南米で 2007 年～2010 年の 3 ダイズ作期に採集したダイズさび病菌 59 サンプル中、同一の病原性を示す菌は 2 組（ブラジルの BE4-2 及びパラグアイの PA5-3、パラグアイの PC1-1 及び PA9-1）のみであり、現地のダイズさび病菌には高い病原性変異が認められる（表 3）。
3. 同一作期中に各国で採集したダイズさび病菌のうち、病原性が同一の菌はパラグアイの PC1-1 及び PA9-1 のみで、国や地域による一定の傾向は認められない（表 3）。また、各国の同一採集地で、異なる作期に採集したダイズさび病菌間においても、病原性変異は検出される（表 3）。
4. 南米には、日本で採集したダイズさび病菌に比べ、ダイズ判別品種に対する病原性が極めて強いダイズさび病菌が存在する（表 3）。
5. 既知のダイズさび病抵抗性 *Rpp* 遺伝子を保有する判別品種 7 及び 10、並びに *Rpp* 遺伝子が未同定の判別品種 9、12 及び 13 は、2007 年～2010 年の 3 ダイズ作期に南米で採集したダイズさび病菌の 78%～96%に対して抵抗性反応を示す。

【成果の活用面・留意点】

1. 上記以外の国又は研究機関にて、同評価法を用いることで、南米 3 カ国のダイズさび病菌との比較が可能である。
2. 判別品種には、ダイズさび病抵抗性遺伝子 *Rpp1*～*Rpp5* を有する品種が含まれ（表 1）、南米のダイズさび病菌に有効な抵抗性遺伝子、又は抵抗性品種を明らかにし、各国の抵抗性育種に使用することができる。
3. 使用する判別品種は、準同質遺伝子系統ではないため、各品種の遺伝的背景が感染型に影響を及ぼす可能性がある。

【成果情報名】 陸稲ネリカ品種を識別・分類できる DNA マーカー

【要約】 DNA マーカーを用いた陸稲ネリカ 18 品種のゲノム染色体構成解析に基づいて選定された DNA マーカーは、陸稲ネリカ 18 品種を 11 の単独品種及び 3 つの品種グループとして識別・分類できる。

【キーワード】 イネ、陸稲ネリカ、識別、DNA マーカー

【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】

アフリカにおけるコメ増産を目指して、陸稲ネリカ（New Rice for Africa: NERICA）18 品種がアフリカライスセンター（AfricaRice）で開発されたが、これら品種間の識別については圃場における観察によって行われている。しかし、互いに特性が類似していたり、栽培環境によって特性が変動したりするなど、肉眼観察では品種の識別が困難な場合がある。このため、陸稲ネリカ 18 品種のゲノム染色体構成を DNA（SSR）マーカーを用いて解析し、各品種を識別・分類できる DNA マーカーを選定する。

【成果の内容・特徴】

1. 243 種の SSR マーカーの多型情報に基づき選定した 18 種の SSR マーカーは、陸稲ネリカ 18 品種を 11 の単独品種及び 3 つの品種グループに識別・分類できる。
2. 陸稲ネリカ 1、5、6、7、10、14、17 は各 1 種類の SSR マーカーで識別することができる。
3. 陸稲ネリカ 2、12、13 および 18 のように 1 種類の SSR マーカーで識別できないものは複数個の SSR マーカーの多型の組合せで識別する。
4. 3 つの品種グループ（陸稲ネリカ 3 と 4、陸稲ネリカ 8、9 および 11、陸稲ネリカ 15 と 16）内では、異なる多型を示す SSR マーカーがなく、区別することができない。
5. 陸稲ネリカには育成過程における他品種との交雑や交配親系統の雑種性によるものと推定される由来不明の染色体断片があり、このような領域上のものも識別マーカーとして選ばれている。

【成果の活用面・留意点】

1. 本成果は、陸稲ネリカの種子生産や管理および陸稲ネリカを用いた育種に活用できる。
2. ゲノム染色体構成を解析した陸稲ネリカの植物体は、AfricaRice から分譲された種子を JIRCAS で栽培、増殖した種子に由来する。

[具体的データ]

表1 陸稲ネリカの識別 DNA(SSR)マーカー

DNAマーカー (染色体)		WAB-56- 104	CG 14	NERICA																	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	10	12	13	14	15	16	17	18
a	RM7187(4)	A	B	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
b	RM3471(4)	A	B	A	C	A	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
c	RM7318*(1)	A	A	A	A	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
d	RM7356(8)	A	B	A	A	C	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
e	RM5704*(11)	A	B	A	A	A	A	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
f	RM7318*(1)	A	A	A	A	A	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
g	RM5704*(11)	A	B	A	A	A	A	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
h	RM566(9)	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
i	RM406(2)	A	B	A	A	A	A	A	A	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A
j	RM3392(3)	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A
k	RM1347(2)	A	B	A	A	A	A	A	C	A	A	A	A	A	A	C	A	A	A	C	A
l	RM6948(8)	A	B	A	A	A	A	A	A	A	C	C	C	C	A	B	B	C	A	A	A
m	RM5481(7)	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	A	A
n	RM7383(1)	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	A	B	B
o	RM5599*(11)	A	B	A	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B
p	RM6335(12)	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A
q	RM5599*(11)	A	B	A	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B
r	RM5704*(11)	A	B	A	A	A	A	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

WAB 56-104：陸稲ネリカ 1-8 における親品種の一つ。CG14：陸稲ネリカすべてに共通の親品種。

A: WAB 56-104 と同じ遺伝子型。B: CG 14 と同じ遺伝子型。C: A でも B でもない遺伝子型。

太線によって囲まれた遺伝子型はネリカ品種を区別するユニークなパターンを示す。

＊の付いた DNA マーカーは複数のバンドを生じるものを指す。

[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

I アフリカ向け水稻・陸稲遺伝資源の評価と生産安定化に向けた技術開発

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：2012 年度 (2011～2015 年度)

研究担当者：柳原誠司・福田善通・生井幸子・富久尾歩・小二所邦彦（長野県南信農業試験場）・
常松浩史・神代隆

発表論文等：Yoshimichi Fukuta et al.(2012). Breeding Science 62:27-37

【成果情報名】 DREB1C 遺伝子の発現による陸稲ネリカの乾燥抵抗性の向上

【要約】 シロイヌナズナ由来の転写因子 DREB1C を発現させた陸稲ネリカ（NERICA1）は、乾燥条件下における生存性、地上乾物重、穎花数および稔実数が向上する。

【キーワード】 DREB1、陸稲、ネリカ、乾燥抵抗性、遺伝子組換え

【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 A

【背景・ねらい】

近年、アフリカにおけるコメ生産増進に大きな期待を集め、広く普及しつつあるのがネリカ（NERICA; New Rice for Africa）と呼ばれるイネの品種群である。天水依存度の高いアフリカの稲作においては、乾燥抵抗性が付与すべき重要形質とされる。本研究では、乾燥耐性候補遺伝子 *DREB1C* を陸稲ネリカに導入し、その発現が確認された形質転換体の乾燥抵抗性向上を明らかにする。

【成果の内容・特徴】

1. 陸稲ネリカである NERICA1 に導入したのは、シロイヌナズナ由来の *DREB1C* 遺伝子をイネ由来のストレス誘導性 lip9 プロモーターの制御下に置いたコンストラクト（lip9::*DREB1C*）である。このコンストラクトを導入した形質転換体においては、*DREB1C* 遺伝子がストレス条件下において発現し、その遺伝子産物が多数の乾燥耐性関連遺伝子の発現を活性化することが期待される。
2. 形質を評価したのは、1 コピーの導入遺伝子をホモ化した形質転換系統の T3 植物である。
3. 形質転換体の乾燥抵抗性を評価するために用いた手法は以下の通りである。1) 底に穴を開けた 50 mL チューブに培養土を詰めて播種し、十分量の水に浸した。3 週間後、植物をチューブごと水から引き上げ、無灌水で 10 日間放置した（急速な乾燥）。その後、植物をチューブごと水に戻して 1 週間栽培し、新しい葉を展開した植物を生存個体とみなした。2) 十分量の水を含む培養土を詰めた 4 L ポットに、播種後 2 週間の形質転換体および非形質転換体（NERICA1）を 2 個体ずつ各ポットに植えた。蒸発散により土から徐々に水分を除去し、土壤水分含量が 15%（体積含水率）になるまで乾燥させ、以後この値を保つように適宜灌水した（緩慢な乾燥）。栄養生長後期（播種後 2 か月）の各個体の地上乾物重を測定した。非形質転換体よりも地上乾物重が有意に大きな系統を再度同様の条件で育成し、表 2 に示した農業形質を測定・評価した。
4. 形質転換系統は同条件で育成した非形質転換体に比して以下の傾向がある。1) 急速な乾燥条件下における生存率が高い（表 1）。2) 緩慢な乾燥条件下における栄養生長後期の地上乾物重が大きい（+6 ～ +39%; 図 1）。3) 到穂日数が短い（緩慢な乾燥条件下においては -4.8 ～ -7.3 日; 表 2）。4) 稈長が短い（緩慢な乾燥条件下においては -10 ～ -15%; 表 2）。5) 穎花数が多い（緩慢な乾燥条件下においては +10 ～ +50%; 表 2）。6) 稔実数が多い（緩慢な乾燥条件下においては +18 ～ +37%; 表 2）。7) 湛水条件下における藁の乾物重が小さい（-19 ～ -34%; 表 2）。

【成果の活用面・留意点】

1. 地上乾物重、穎花数および稔実数の向上は湛水条件下においても見られる。
2. 乾燥抵抗性向上の程度は系統間で異なるので、複数系統から優良系統を選抜する必要がある。
3. 圃場で栽培試験を行い、形質転換系統のパフォーマンス向上を実証する必要がある。

【具体的データ】

表1 lip9::DREB1Cを導入したNERICA1の急速な乾燥条件下における生存率.

系統 ^z	試験した植物体の数 (A)	生存した植物体の数 (B)	生存率 (B/A; %) ^y
408	67	52	77.6 ^b
465	61	48	78.7 ^b
466	53	25	47.2 ^a
482	42	35	83.3 ^b
713	58	48	82.8 ^b
724	58	52	89.7 ^b
749	65	56	86.2 ^b
非形質転換体	58	16	27.6 ^a

^z 408~749 は lip9::DREB1C を導入した形質転換系統.

^y 異なる英字は Tukey 検定により有意差 ($P < 0.05$) が検出されたことを示す.

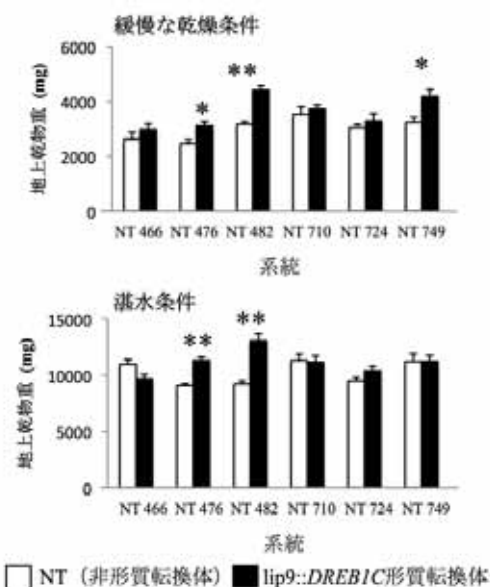


図1 lip9::DREB1Cを導入した形質転換NERICA1の地上乾物重.
アスタリスクはt検定によるP値が0.05以下(*)または0.01以下(**)であることを示す.バーは標準誤差 (n = 5).

表2 lip9::DREB1Cを導入したNERICA1の緩慢な乾燥および湛水条件下における農業形質^z.

生育条件	系統	到達日数	稈長 (cm) ^y	穎花数/植物体 ^y	穂実数/植物体 ^y	茎の乾物重 (mg) ^y
乾燥	476	60.7 ± 0.4	67.7 ± 2.0	112.3 ± 9.0	72.0 ± 4.4	2565 ± 205
	非形質転換体	65.5 ± 0.7	80.1 ± 2.3	94.0 ± 5.9	58.1 ± 5.4	2446 ± 171
	P値 ^x	<0.01	<0.01	0.13	0.08	0.67
	482	59.6 ± 0.6	67.6 ± 3.1	122.4 ± 4.6	71.3 ± 3.9	2734 ± 70
	非形質転換体	66.9 ± 0.5	77.5 ± 1.1	81.4 ± 6.4	52.2 ± 4.6	2349 ± 151
	P値	<0.01	0.02	<0.01	0.01	0.05
	749	60.9 ± 0.4	71.3 ± 1.9	97.0 ± 5.2	62.5 ± 3.5	2280 ± 214
	非形質転換体	65.7 ± 0.7	78.9 ± 3.3	88.4 ± 3.7	52.9 ± 4.0	2507 ± 185
	P値	<0.01	0.08	0.21	0.11	0.44
湛水	476	63.3 ± 1.0	87.3 ± 0.5	308.1 ± 8.2	170.8 ± 4.9	5312 ± 135
	非形質転換体	71.1 ± 0.2	97.8 ± 0.5	178 ± 9.4	143.7 ± 8.6	6004 ± 230
	P値	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	0.03
	482	61.7 ± 1.0	84.1 ± 0.6	298.1 ± 2.1	165.5 ± 3.2	5342 ± 121
	非形質転換体	69.8 ± 0.5	98.0 ± 0.9	232.6 ± 14.9	170.9 ± 8.1	6901 ± 190
	P値	<0.01	<0.01	<0.01	0.55	<0.01
	749	62.3 ± 0.4	87.5 ± 1.9	312.1 ± 8.6	198.8 ± 7.4	5633 ± 115
	非形質転換体	69.7 ± 0.3	97.7 ± 1.3	239.1 ± 3.4	173.7 ± 4.0	6940 ± 217
	P値	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.01

^z 値は平均値 ± 標準誤差 (n = 5).

^y 出穂1か月後に測定.

^x t検定により算出. 有意差有り ($P < 0.05$) を赤字で示した.

【その他】

研究課題：アフリカ稲作振興

I アフリカ向け水稻・陸稲遺伝資源の評価と生産安定化に向けた技術開発

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I〕・新農業展開ゲノム〔DREB〕

研究期間：2012年度(2011~2015年度)

研究担当者：石崎琢磨・圓山恭之進・小原実広・福谷朱代・篠崎和子・伊藤裕介・神代 隆

発表論文等：Ishizaki et al. (2013) Molecular Breeding 31: 255-264

【成果情報名】 レーザー距離計を用いた土水路の動水勾配の計測方法

【要約】 開発途上国の水田地帯は土水路が多いことから、土水路の機能を評価するために必要な動水勾配についてレーザー距離計を用いることにより簡易に測定することができる。

【キーワード】 土水路、動水勾配、レーザー距離計、粗度係数、アフリカ

【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 B

【背景・ねらい】

アフリカにおける水田地帯には土水路が多く、土水路は自然災害に対し脆弱であるため、土水路は気象地形土壌条件などに応じた様々な対策が必要である。それら対策の有効性を検証し、土水路の機能を評価するために動水勾配（水面勾配）を測定する必要がある。しかし土水路はコンクリート水路と異なり水路床に土砂が堆積しているため、水準測量器では正確に水路床高さが測れない。このため従来はコンベックス（鋼製巻尺）を用いて直接水面の高さを計測していた（図－1、左）。しかしこの方法は、①コンベックスの先端が水と接していることを目視で確認する必要があり、計測には最低でも二人必要である、②水面は常時動くので慣れていないと正確な水面が測れない、③基準点を水路の上に設けると営農上支障が生じる、といった困難さがある。このため、簡易に土水路の動水勾配を測定する方法を開発する。

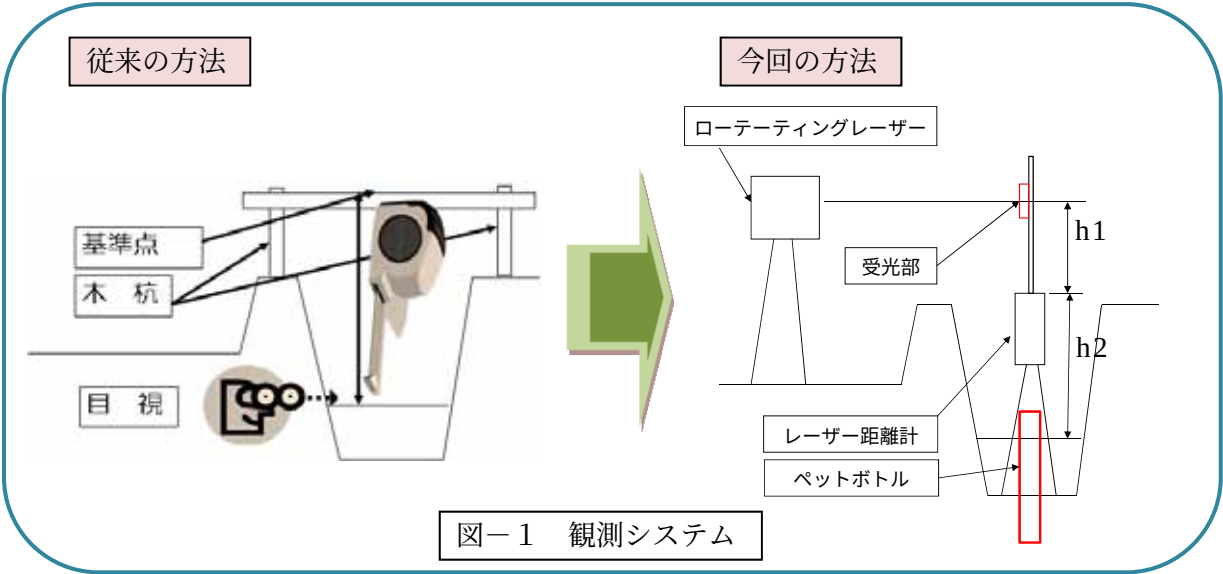
【成果の内容・特徴】

1. レーザー距離計（LR）を用いて、水路の異なる二点の LR から水面までの高さ（ h_2 ）を計測することにより、動水勾配を容易に計測・算定できる（図－1、右；図－2）。測定性能は機器の分解性能による。LR の精度は $\pm 2\text{mm}$ 程度である。
2. LR は測定器からレーザー光を放射し目標物から反射された光との位相差により非接触で距離を計測する器機であるため、対象物（水面）がレーザー光を正確に反射するための工夫が必要である。
3. このため、ペットボトルの上下を切り取り筒状にした後、土水路に差し込み、筒の中にフロート（発泡スチロールの板）を浮かせることにより、LR が水面を捉えるように工夫した。筒の内側と外側の水面を同調させるためには筒に穴を開ける必要がある。穴の開け方は、丸穴を空ける方法、スリット状に切り取る方法があり、どちらの測定データも差異がないので、ペットボトルの構造がより強固となる丸穴の方法がよい。また、断面が矩形のペットボトルの場合、一辺が流れに対して平行になるように設置する（タイプ－2）方が、測定精度が良い（表－1、図－3）。
4. 本計測手法は、測定補助材料が現地で容易に入手できるため、水路の動水勾配を簡易に計測できる。動水勾配を測定することにより水路の粗度係数（流れにくさを示す係数）の算定が可能となり、用水計画の策定に役に立つほか、土水路の劣化進行の指標として利用が可能である。また、ローテティングレーザー（水平なレーザー光を発生する装置とその受光部）を組み合わせるにより、レーザー距離計の相対高さ（ h_1 ）を一人で計測することが可能である。

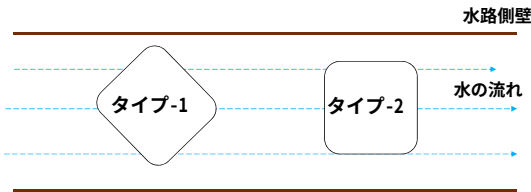
【成果の活用面・留意点】

1. あらゆる土水路において広く利用が期待される。
2. ローテティングレーザーはまだ途上国ではまだ普及していない。このため、地方政府や地元コンサルタントが利用する場合は、水準測量器を使用し複数体制で計測する必要がある。

【具体的データ】



図－2 観測状況



表－1 設置タイプごとの h2 測定結果 (単位: mm)

	a 地点		b 地点	
	タイプ-1	タイプ-2	タイプ-1	タイプ-2
最大値	940	934	1,047	1,041
最小値	935	926	1,042	1,032
差	5	8	5	9
平均値	938	931	1,044	1,038
標準偏差	1.4	1.8	1.5	2.0
実測	929		1,037	
実測－平均	9	2	7	1

【その他】

研究課題：アフリカ稲作振興、アフリカ天水低湿地におけるアジア型低コスト水田基盤整備モデルの開発

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 [アフリカ稲作振興Ⅱ-1]

研究期間：2012 年度 (2011～2015 年度)

研究担当者：廣内慎司・團晴行・廣瀬千佳子

発表論文等：廣内ら (2012)：農業農村工学会誌 80(9) PP715-718

【成果情報名】 ガーナ北部の氾濫低湿地における水稲作導入に向けた湛水可能性の評価

【要約】 マイクロ波衛星画像が捉えた冠水域の地理的分布特性に基づいて湛水可能性を評価する手法は、天水による稲作に必要な湛水が期待できる場所の選定に役立ち、アフリカに広く分布する氾濫低湿地への稲作の導入に貢献する。

【キーワード】 アフリカ、氾濫低湿地、湛水、稲作、土地評価

【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】

サブサハラアフリカ諸国では近年、コメの消費と輸入が急速に拡大しており、域内での増産が強く求められている。アフリカの稲作は主に天水畑地、天水低地、灌漑地において行われているが、なかでも天水低地の約9割は未利用地であり、稲作の導入や生産拡大のための大きなポテンシャルを有している。天水低地の中でもとくに氾濫低湿地に低コスト稲作を導入するには、河川や湖沼からの氾濫によって稲作に必要な湛水が期待できる場所の選定が不可欠である。そこで、ガーナ国ノーザン州を流れる白ボルタ川流域に位置するプロジェクトサイトを対象に、地形的な要因に基づいて湛水可能性を評価する手法を開発する。

【成果の内容・特徴】

1. 広範囲に及ぶ氾濫が発生した 2010 年の 5・6・8・9 月に取得されたマイクロ波衛星画像（ALOS/PALSAR、地上分解能 10m）に対して各月ごとに水域と陸域を区分する閾値を設けて分類し、水域を冠水、陸域を非冠水とみなすと、水域に分類された回数が各地点の冠水頻度となる。プロジェクトサイトにおける冠水頻度（ y ）と水源からの距離（ x ）との間には、 $y = -1.281\ln(x) + 9.0566$ （ $R^2 = 0.9415$ ）の関係が見出される（図 1）。
2. ボルタ川に隣接する最低標高地点から氾濫が起こった場合の水の挙動をシミュレートするプログラム“SimFlood”（越智士郎氏作成）を用いて氾濫水が通過する回数（流入回数）を推定すると、本地域の冠水域は流入回数が 20 を超える地点に分布していることがわかる（図 2）。
3. GIS を用いて水源（河川及び湖沼）からの距離図を作成し、上記 1 に示した回帰式に代入して冠水頻度の推定図を作成した後、氾濫水の流入回数が 20 を超える地点を抽出することにより、湛水可能性の評価図が作成できる（図 3）。2011 年 9 月に現地で測定した土壌水分と比較すると、湛水可能性の評価ランクが高いほど土壌水分が多く（表 1）、本評価結果の妥当性が示されている。

【成果の活用面・留意点】

1. 氾濫シミュレーションプログラム“SimFlood”は実行形式のソフトウェアとして配布可能であるため、数値標高データ（DEM）と水源分布図を用意することにより、他の氾濫低湿地を対象とする湛水可能性の評価に利用できる。
2. 雨期の冠水域の分布を同定するには雲を透過するマイクロ波衛星画像を用いた時系列解析が有効であるが、安価な PALSAR を搭載した衛星 ALOS は 2011 年 4 月に運用を停止し、新規のデータは取得できないため、過去のアーカイブデータを利用することとなる。

【具体的データ】

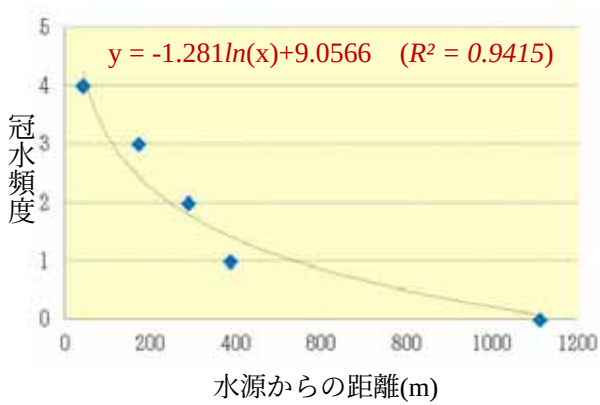


図1 水源からの距離と冠水頻度

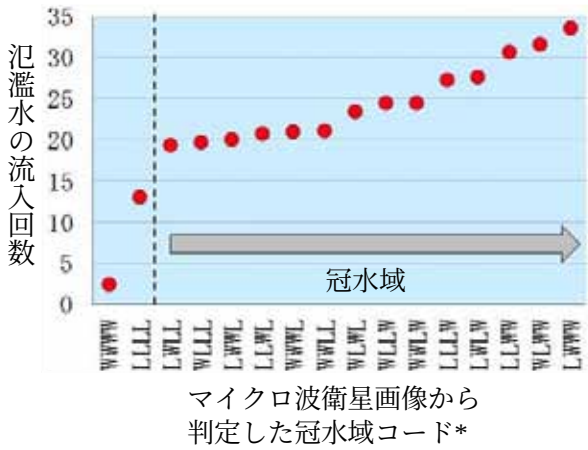


図2 冠水域に対する冠水の流入回数

*マイクロ波衛星画像の月別分類結果をW:冠水、L:非冠水で表したコード。下から順に5・6・8・9月の分類結果。

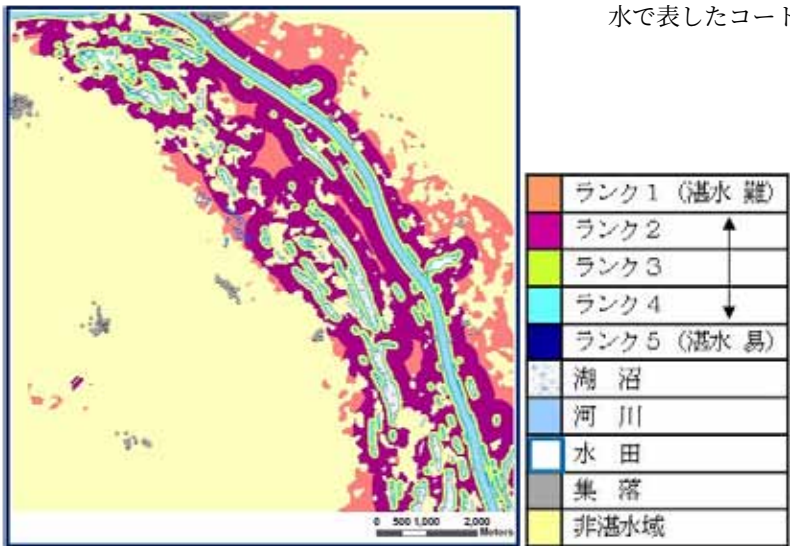


図3 ガーナ北部ボルタ川流域のプロジェクトサイトにおける湛水可能性評価ランク図

表1 湛水可能性評価ランク別の土壌水分測定値

湛水可能性 評価ランク	土壌水分*
非湛水域	0.776
ランク1	0.786
ランク2	0.819
ランク3	0.856
ランク4 & 5	0.879

* 土壌水分計 (DIK-311A、大起理化) 電圧センサによる測定値

【その他】

研究課題：稲作導入適地評価モデルの開発
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 [アフリカ稲作振興 課題 III]
研究期間：2011 年度 (2011～2015 年度)
研究担当者：山本由紀代・辻本泰弘・藤原洋一・坂上潤一・Mathias Fosu (ガーナ国サバンナ農業研究所)
発表論文等：1) Yamamoto et al., (2012), Environment, Development and Sustainability, 14(6):955-971.
2) 山本ら (2013), 熱帯農業研究, 5(2): 156-159.

【成果情報名】 ガーナ北部氾濫低湿地での稲作拡大に向けた土壌炭素分布と硫黄欠乏の解明

【要約】 土壌炭素量の空間分布を「水源（河川と湖沼）からの距離」の対数関数として推定するモデル式と欠乏する硫黄成分の施用を組み合わせることにより、窒素供給力の高い地点の選定とイネ生産に対する効率的な窒素利用が可能となり、未利用の氾濫低湿地におけるイネ栽培面積の拡大に貢献できる。

【キーワード】 アフリカ、氾濫低湿地、稲作、土壌炭素分布、硫黄欠乏

【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】

サブサハラ地域が有する約 3 千万ヘクタールの氾濫低湿地は比較的肥沃度の高い土壌と季節的な湛水をもつことから、潜在的なイネ可耕地として期待が大きい。氾濫低湿地における稲作面積の効率的な拡大には、土壌からの養分供給力が高い場所を優先的に選定して、そこでのイネ生産に有効な施肥法を開発することが重要である。そこで、ガーナ国ノーザン州を流れる白ボルタ川流域の氾濫低湿地を対象にして、土壌肥沃度の指標として有効な全炭素量の空間分布モデルを作成するとともに、異なる肥料成分を用いたポット試験によりイネ生育に制限となる欠乏養分を特定する。

【成果の内容・特徴】

1. 対象地域で採取した全 89 地点の表層土壌（0～15cm）の全炭素量は、 $2.0\sim 40.2\text{ g kg}^{-1}$ の大きな変異がみられ、土壌採取地点における「白ボルタ川からの距離」、「水源（河川と湖沼）からの距離」、「標高」、および「傾斜度」の地形変数を用いて解析すると、土壌炭素量の空間分布は「水源（河川と湖沼）からの距離」の対数関数として最も精度よく近似される（図 1）。
2. 未利用地ならびに居住区に比較的近い後背湿地周辺に炭素量の大きい土壌が存在する（図 2）。
3. 土壌の全炭素量は、ポット試験における植物体の窒素吸収量の土壌間差異をよく説明していることから、対象地域における窒素供給力の指標として有効である（図 3）。
4. 対象地域におけるイネの乾物生産は硫黄欠乏により著しく制限される（表 1）。そのため、硫黄成分を付与しない窒素、ならびにリン、カリウムなどの施用は、それらの植物体吸収量を増加させるのみで、乾物生産への寄与は小さい（表 1）。
5. 硫黄施用の効果は、水源（河川と湖沼）に近く土壌炭素量の高い地点でより大きい（表 1）。

【成果の活用面・留意点】

1. 土壌炭素量の空間分布は湛水頻度とも連動しており、後背湿地周辺の未利用地に稲作面積を拡大することで、土壌の窒素供給力および湛水可能性の両面で高い生産性が期待される。
2. 硫安など現地で入手可能な硫黄成分を有する肥料資材を用いることにより、土壌ならびに施肥由来の窒素をイネ生産に有効利用できる。
3. 稲作適地選定には、イネにストレスとなる完全冠水のリスクなど水動態についても合わせて考慮する必要がある。

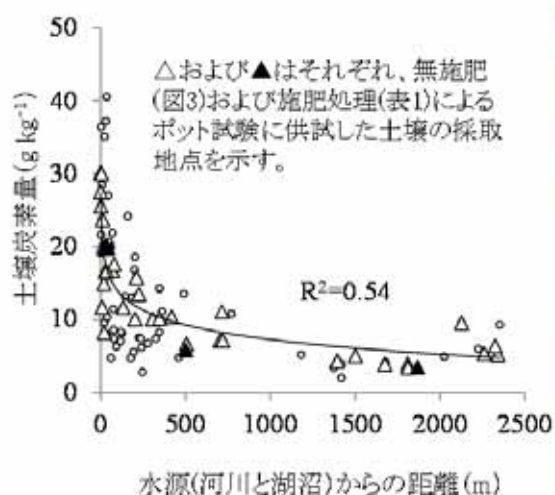


図1. 水源からの距離と土壌炭素量との関係

近似式は、「全炭素量=29.28-3.30 × ln(水源からの距離)」。水源からの距離は、2009年12月撮影(乾季)のQuickbirdの画像判別から、河川と湖沼を水源として抽出して、そこからの平面距離として算出。

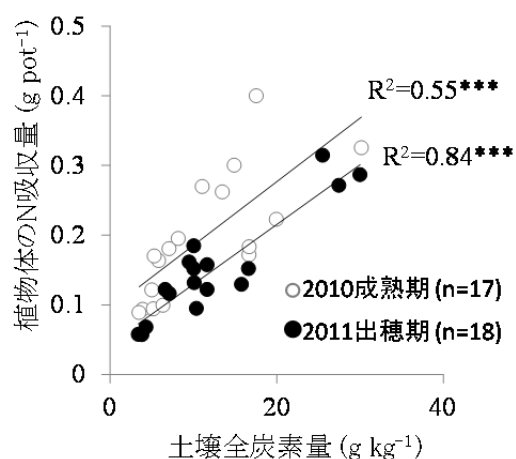


図3. 無施肥でポット栽培したときの土壌全炭素量と植物体窒素吸収量との関係

[その他]

研究課題：稲作導入適地評価モデルの開発

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 [アフリカ稲作振興 課題 III]

研究期間：2012年度(2011～2015年度)

研究担当者：辻本泰弘・山本由紀代・林慶一・八田珠朗・坂上潤一・藤原洋一(石川県立大学)・Mathias Fosu (ガーナ国サバンナ農業研究所)・Yahaya Inusah (ガーナ国サバンナ農業研究所)・Alhassan I. Zakaria (ガーナ国サバンナ農業研究所)

発表論文等：1) 山本ら、2013、熱帯農業研究 5(2), 156-159

2) Tsujimoto, et al. Field Crops Research (in press) DOI:10.1016/j.fcr.2012.11.007

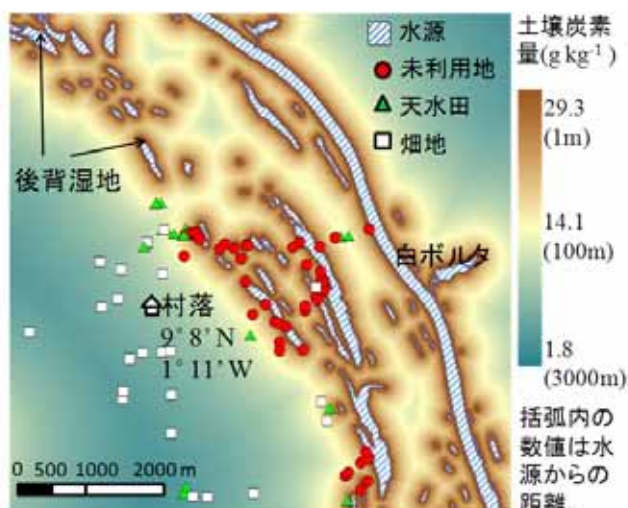


図2. 図1の式を用いた土壌炭素量の空間分布推定図

農家への聞き取りに基づき、土壌採取地点を、● 作付歴のない未利用地、▲ 水稻作付歴のある地点、□ 畑作地(休閑を含む)に区分。

表1. 土壌と施肥法の違いが成熟期の乾物生産量と稲体のN/S吸収比に及ぼす効果

施肥法	供試土壌の水源(河川と湖沼)からの距離		
	近(40m)	中間(501m)	遠(1870m)
乾物生産量 g pot ⁻¹ (稲体N/S比)			
無施肥	14.7 (29.2)	23.5 (13.0)	12.7 (12.9)
N	12.4 (51.6)	27.0 (25.4)	10.1 (47.9)
P	14.6 (27.8)	22.2 (11.3)	12.8 (14.7)
K	18.6 (26.9)	17.1 (12.5)	11.5 (14.9)
NP	10.7 (45.0)	24.5 (31.6)	9.3 (50.4)
NK	14.6 (57.1)	20.3 (34.0)	7.9 (50.8)
NPK	16.5 (51.8)	16.5 (43.8)	5.9 (47.1)
NPKSi	18.9 (49.6)	25.2 (33.6)	12.0 (48.3)
NPKZn	19.5 (33.7)	12.0 (44.6)	3.2 (56.5)
NPKS	95.2 (13.4)	71.2 (6.6)	42.4 (7.1)

太字は無施肥区に対して5%水準で有意(Tukey HSD)。

成分量として1ポット当り、N: 0.70g、P: 0.22g、K: 0.36g、Si: 1.87g、Zn: 0.05g、S: 0.23gを施用。

【成果情報名】 乾燥ストレス条件下でイネの生長を制御する遺伝子の同定

【要約】 イネの OsPIL1 は、細胞壁関連遺伝子の発現を制御して植物の生長を促進する bHLH 型転写因子である。この遺伝子の発現は乾燥ストレス条件下において強く抑制されることから、ストレス下のイネの生長を制御する重要な因子と考えられる。

【キーワード】 転写因子、乾燥ストレス、生長制御、細胞壁関連遺伝子、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】

移動の自由のない植物は、干ばつなどの乾燥ストレス条件下でもその場所で耐えなければならない。そこで植物は、さまざまな遺伝子の働きを調節してこのようなストレス下でも生き延びるための機構を発達させている。乾燥ストレス下では、植物の生長は強く抑制される。この現象はストレスに対する適応の一つであると考えられているが、その分子機構は未解明の部分が多い。本研究は、イネの乾燥ストレス応答性 bHLH 型転写因子 OsPIL1 の機能を解析することにより、ストレスに適応するための植物の生長制御の機構解明を目指したものである。

【成果の内容・特徴】

1. イネの OsPIL1 は bHLH 型転写因子である。この遺伝子は、昼間に高い発現量を示すが、乾燥ストレス条件下ではこの発現が抑制される（図 1）。
2. OsPIL1 遺伝子の主な発現部位は、幼植物では茎の基部、それ以降の発達段階では節である。
3. OsPIL1 の働きを強化した OsPIL1 過剰発現イネでは細胞の大きさが増大し節間伸長が促進される（図 2）。逆に OsPIL1 の働きを抑制した OsPIL1 機能欠損イネでは細胞の大きさが縮小し節間伸長が抑制される（図 3）。
4. マイクロアレイ解析により明らかとなった OsPIL1 の下流遺伝子には、エクспанシンなどの細胞壁関連遺伝子が数多く含まれる。
5. エクспанシン遺伝子のプロモーターを GUS 遺伝子に繋いだレポーター遺伝子を OsPIL1 遺伝子とともにイネ葉肉細胞中で一過的に発現させた解析では、レポーター遺伝子が活性化されたことから、OsPIL1 はエクспанシン遺伝子を正に制御することが示された。
6. OsPIL1 とフィトクローム B の相互作用は見られない。

【成果の活用面・留意点】

1. シロイヌナズナにおける相同遺伝子 PIF4 はフィトクローム B との結合によりタンパク質が分解されるが、イネの OsPIL1 はフィトクローム B と相互作用しないことからフィトクローム B による分解は起こらない。単子葉植物であるイネの OsPIL1 を双子葉植物の作物に遺伝子導入する際には、この分解制御の違いに留意する必要がある。
2. 乾燥ストレス耐性遺伝子を用いたストレス耐性作物の開発に関しては、これまでに多くの報告があるが、生育の低下や収量の減少が問題になっている。OsPIL1 遺伝子は植物の生長を制御する重要な因子の一つであることから、OsPIL1 遺伝子とストレス耐性遺伝子を併用することによって、干ばつなどのストレス下でも生長や収量が低下しない耐性作物を開発できる可能性がある。

[具体的データ]

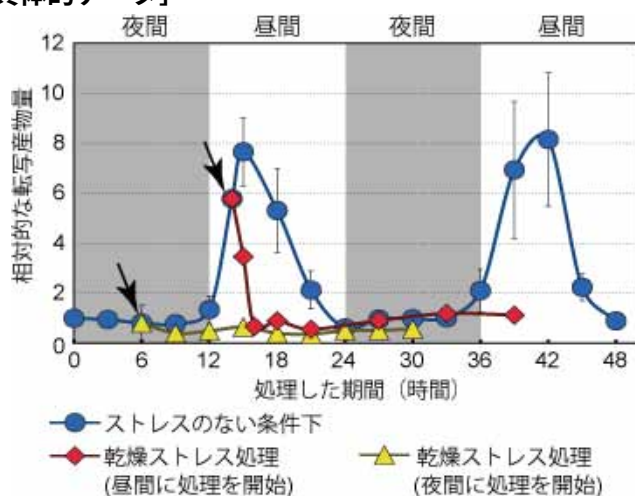


図1. リアルタイム RT-PCR による乾燥ストレス時の *OsPIL1* 遺伝子の発現量の変化

矢印は乾燥ストレス処理を開始した時間を示す。乾燥ストレスによって昼間の発現上昇が抑制される。



OsPIL1 の働きを強化したイネ 通常のイネ

図2. *OsPIL1* 形質転換イネの背丈
乾燥ストレスのない生育条件下では、通常のイネ（右）に比べ、*OsPIL1* の働きを強化したイネ（左）では草丈が高くなる。

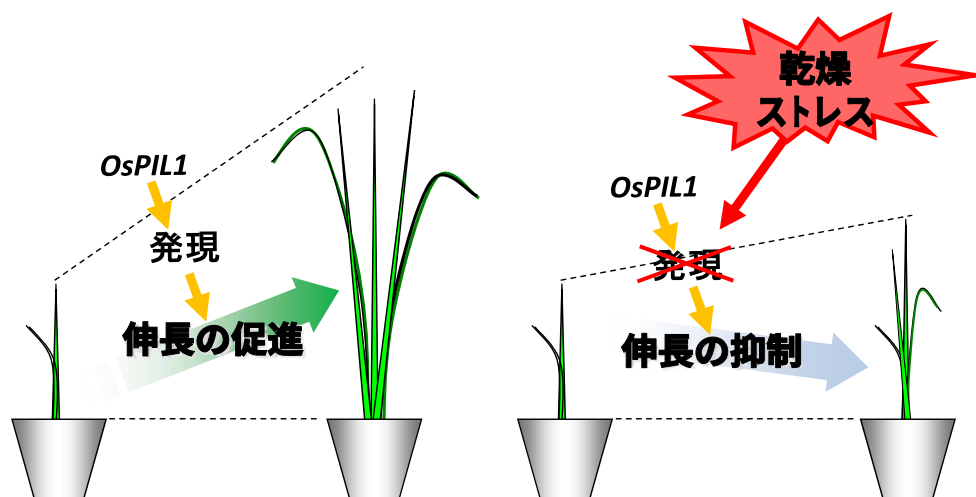


図3. 乾燥ストレス条件でイネの伸長が抑制される仕組み

乾燥ストレスのない生育条件下では、*OsPIL1* が働き（発現）、イネの伸長が促進される。一方、乾燥ストレス条件下では、*OsPIL1* の働き（発現）が抑制され、イネの伸長も抑制される。

[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：2012 年度（2011～2015 年度）

研究担当者：戸高大輔・中島一雄・圓山恭之進・藤田泰成・篠崎和子

発表論文等：Todaka, D., et al. (2012) Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 109(39): 15947-15952.

【成果情報名】 在来イネ由来の *PSTOL1* 遺伝子はリン酸欠乏耐性を向上させる

【要約】 インド型イネ品種「カサラス」に由来するタンパク質キナーゼ *PSTOL1* 遺伝子は、これまで見つけられていたリン酸欠乏耐性に関する量的形質遺伝子座 *Pup1* 内にあり、冠根の発生と根の総量を増加させることにより耐性発現に貢献する。

【キーワード】 イネ、リン酸欠乏耐性、キナーゼ遺伝子、冠根、カサラス

【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】

リン酸は全ての作物における必須栄養素であるが、リン資源は世界の限られた地域にしか分布していない。作物が使用できるリン酸含量の低い土壌が広く分布するアフリカ、アジア等の開発途上地域では、食料増産の制限因子としてリン酸欠乏が問題になる。近年はリン鉱石の価格高騰、枯渇が危惧されており、土壌中のリン酸を効率的に吸収させ作物収量を高めることが重要になっている。低リン酸土壌でもリン酸を効率的に吸収する在来インド型イネが見いだされており、その遺伝的な機構解明が求められている。

【成果の内容・特徴】

1. 在来インド型イネ品種「カサラス」のリン酸欠乏耐性に関与する量的遺伝子座 *Pup1* を含むゲノム領域内に予測される 68 個の候補から、リン酸の吸収の増大に関与する *PSTOL1* 遺伝子を特定した。
2. アジアの代表的品種である IR64（インド型）では、*PSTOL1* を保有しておらず、本遺伝子を IR64 に交配育種により導入した系統は、根長、根重、リン酸吸収量が増加する（図 1）。
3. *PSTOL1* 遺伝子はタンパク質キナーゼをコードしており、冠根の発生する部位で働くことにより、IR64 と比較して冠根の発生数を増大させ、その結果として根量とリン酸吸収量の増加が生じる（図 2）。
4. *PSTOL1* 遺伝子を過剰発現させた形質転換イネでは、低リン酸土壌でも収量が向上する（図 3）。

【成果の活用面・留意点】

1. リン酸欠乏耐性遺伝子(*PSTOL1*)は、DNA マーカーを用いて既存品種に導入することが可能である。
2. JIRCAS、国際稲研究所（IRRI）、アフリカ稲センター(AfricaRice)は共同して、*PSTOL1* 遺伝子を用いたアジア・アフリカ等の低リン酸土壌で耐性を発揮できるイネ品種の育成に着手している。
3. 新たな品種開発によってリン酸欠乏の問題土壌条件下でも収量を向上できる可能性があるが、*PSTOL1* 遺伝子の収量増に対する効果は、生産力検定試験などで評価を行う必要がある。
4. 本研究は、国際稲研究所、ミラノ大学、インドネシア、フィリピンの研究者との国際共同研究で行われたもので、JIRCAS は解析材料、形質評価、遺伝子分析等を通して貢献した。
5. リン酸欠乏耐性のより効率的な発現のためには、*PSTOL1* 遺伝子に加え他の遺伝子との関連も考慮した研究が必要である。

[具体的データ]



IR64にPSTOL1を
導入した系統
(準同質遺伝子系統)

図 1 インド型品種 IR64 における
PSTOL1 の効果 (低リン酸条件)

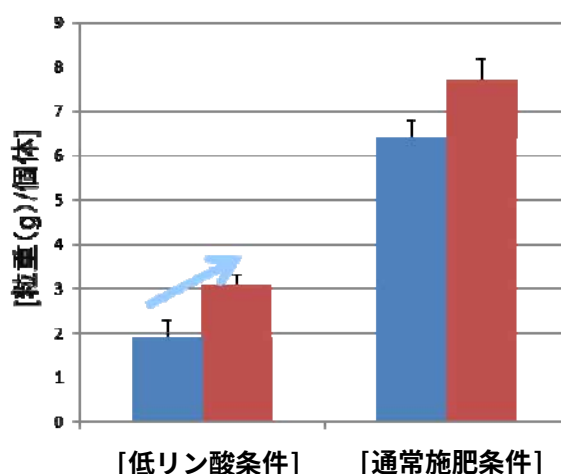


図 3 インド型品種 IR64 における PSTOL1 の
収量効果 (ポット試験)

ベクターコントロール (青)、PSTOL1 過剰発現体 (赤)

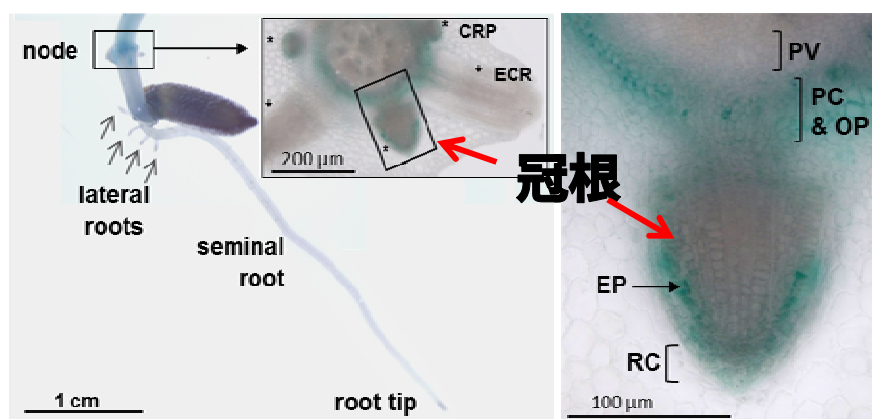


図 2 インド型品種 IR64 において、PSTOL1 は冠根が発生する部位で働く (濃い青色の部分)

PSTOL1 プロモーターと GUS レポーター遺伝子の融合遺伝子を導入した形質転換体。

柔細胞(PC), 外柔組織(OP), 辺周部維管束環(PV), 冠根原基(CRP), 冠根伸(ECR), 根冠(RC), 表皮(EP)。

[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：運営費交付金 [イネ創生 II]、受託 [国際稲研究所 GCPIII]

研究期間：GCPIII (2008～2010 年度), イネ創生 II (2011～2015 年度)

研究担当者：M. Wissuwa・J. Pariasca-Tanaka・R. Gamuyao(国際稲研究所)・J.H. Chin(国際稲研究所)・
S. Catausan(国際稲研究所)・C. Dalid(国際稲研究所)・I. Slamet-Loedin(国際稲研究所)・
S. Heuer (国際稲研究所)・P. Pesaresi (ミラノ大学)・E.M. Tecson-Mendoza (フィリピン大学)

発表論文等：Gamuyao et al., 2012. Nature 488, 535–539.

【成果情報名】 高地下水位条件下における圃場レベルの塩害軽減対策のガイドライン

【要約】 地下水に含まれる塩類に起因する塩害が深刻な中央アジアにおいて、農家が自ら実施できる圃場レベルの塩害対策技術を実証し、これを塩害軽減対策ガイドラインとして取りまとめた。

【キーワード】 塩類集積、地下水、節水灌漑、均平化、輪作

【所属】 国際農林水産業研究センター 農村開発領域

【分類】 行政 A（主要普及成果）

【背景・ねらい】

中央アジアのアラル海に注ぐアムダリア・シルダリアの両河川流域は、1950年代以降、大規模な灌漑開発が実施された。これら地域では、過剰な灌漑により地下水が上昇してウォーターロギングが生じ、河川水・地下水に含まれる塩類が圃場に集積し、作物の収量低下、耕作放棄等の深刻な塩害が生じている。これまで、政府主導により、塩害の主要因である高地下水位条件を解消するため、灌漑施設の漏水の改善や排水路の維持管理等が行われている。しかし、個々の農家は、依然として過剰な灌漑を行っており、農家自身が節水や排水の必要性を理解し、対策技術を実実に導入しなければ、根本的な解決に至らない。本ガイドラインは、中央アジアで最大の塩害農地を有するウズベキスタン国において、同国農業水資源省及びフェルメル協会の協力の下、農家自らが実践可能な圃場レベルの技術を実証し、農家向けの技術指針として取りまとめたものである。

【成果の内容・特徴】

農家が実施可能な塩害対策技術について、実際の圃場において精緻な調査・試験を行い、技術的な改善点を整理するとともに、その効果を検証した。ガイドラインにおいては、これらの費用効果を明らかにするとともに経営モデルとして取りまとめ、また、塩害軽減対策の技術的背景についても、明解かつ平易に現地語で説明している。具体的内容は以下のとおり(表1)。

1. 塩害の発生原因と影響、現在の営農との関わりについて農家の再認識を図るため、高地下水位条件下の塩害のメカニズムを分かり易く解説している。また、塩害と農業生産の関わりについて理解を促すため、圃場でのモニタリング結果に基づき地下水位、土壌塩分濃度及び作物収量の空間分布を視覚的に示している（図1）。
2. 地下水位上昇を抑制するための節水技術として、新たな機材や大幅な労力の増加を伴わない簡易な間断式畝間灌漑法、選択的畝間灌漑法及び節水効果を高める圃場の均平化技術を検証し、慣行法と比較した節水効果を分かり易く解説している（図2）。また、高いコストが導入上の制約となる均平化技術では、農家作業を組み合わせた施工費用の軽減手法を提案している。
3. 地下水位低下のための排水路の管理に関して、現在政府が主導していることに加え、農家が各圃場で取り組むべき排水路の点検、暗渠排水の管理等について示している。
4. 農家が対策技術の導入に必要な収入が得られるように、既存のワタ・コムギの2年輪作をベースに夏作物、緑肥作物を加えた改良型輪作体系を提案し、16の夏作物の灌漑回数、耐塩性、収益等の情報を示し、農家側の作物選択の幅を広げている。
5. 代表的な農家の経営モデルを設定し、提案技術の段階的導入による収支を試算し、対策技術が農家自身で実践可能であることを示している（図3）。

【成果の活用面・留意点】

1. ガイドラインは農業水資源省の合意の下、ロシア語・ウズベク語を作成している。また、農家が圃場で利用し易い普及版を併せて作成している。

[具体的データ]

表1 ガイドラインの章構成と内容

まえがき、要約	(1)背景 (2)目的 (3)ガイドラインの対象、要約は各章の概要を記載
第1章 塩害	(1)塩害とは何か (2)塩害のメカニズム(3)塩害の分類
第2章 塩害対策	(1)塩害モニタリング (2) 節水灌漑 (3)低コスト均平化 (4)排水管理 (5)輪作
第3章 経済的試算	(1)農家の現状 (2)提案技術の組み合わせ (3)試算結果
第4章 提案	農家による塩害対策概要を総括

注) ガイドラインの普及版として、上記の要約、図表を活用した小冊子も作成

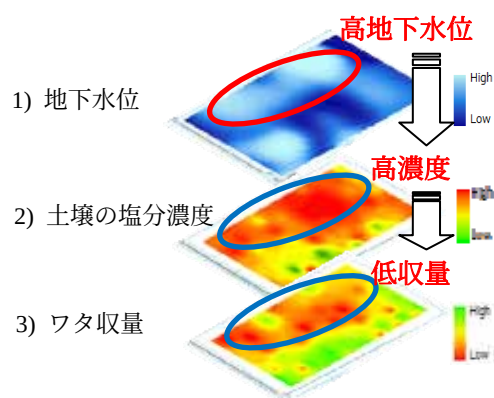


図1 圃場のモニタリング結果
塩害要因（高地下水位）と結果（土壌・収量）

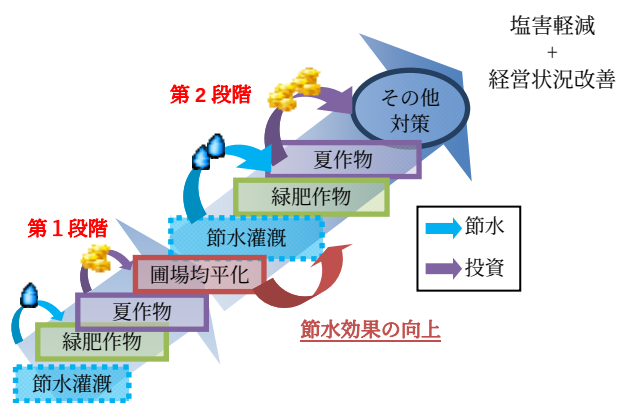


図3 提案対策の実施ステップ



図2 塩害対策技術（節水技術、圃場均平技術）

（左）過剰な灌漑状況：畝が冠水するほどに灌水され、浸透ロスが大きくなっている。

（中央）選択的畝間灌漑法：通水する畝間と通水しない畝間を交互に配置し、浸透ロスを減らす。

（右）圃場均平化：レーザー測量機を使う高精度な均平化術により圃場の高低差をなくし節水効果を高める。

[その他]

研究課題：農地塩害対策調査

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：補助金〔農水省・農村振興局〕

研究期間：2012年度（2008～2012年度）

研究担当者：奥田幸夫・池浦弘・大西純也・新田直人・富久尾歩・志賀薫・成岡道男・大矢徹治
山中勇・Y.I.Shirokova（ウズベキスタン灌漑・水問題研究所）

発表論文等：ガイドライン：高地下水位条件下における圃場レベルの塩害軽減対策

【成果情報名】 河北省トウモロコシ単収への気候要因と投入財の影響解明

【要約】 トウモロコシの重要産地である河北省の 2003 年～2010 年間の 4,152 戸の農家調査データをベースに、マルチレベルモデル分析を用いてトウモロコシの単収に対する気候要因と投入財の影響を解明した。単収増加への影響は、投入財の影響より気候要因の影響のほうが大きい。

【キーワード】 トウモロコシ単収、河北、影響要因、マルチレベルモデル

【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】

2010 年に中国はトウモロコシの純輸入国に転じ、国内供給力向上の可能性に注目が集まっている。しかし、耕地面積の拡大が限界に近づき、供給量の増加は単収に頼らざるを得ない状況になっている。近年化学肥料の多投による生産環境の劣化、気候変動、労働力不足等の影響が単収の増加を困難にしている。河北省は中国でトウモロコシ生産量の多い 3 省の内の 1 つで、その供給を決定する主因は単収であり、単収への影響要因を解明することはトウモロコシ供給動向の把握にとって重要である。また、安定生産に向けてのリスク分析や政策の制定にも貢献する。本研究では、河北省の 9 県の農家調査データを用いて地域間の異質性を考慮し、より精度の高い分析を目指した。

【成果の内容・特徴】

1. 2003 年から 2010 年までの 4,152 戸の農家サンプル調査データを用いて、OLS 回帰モデル、マルチレベルモデル最尤推定法 (ML) と制限付き最尤法 (REML) をそれぞれ構築しパネル分析を行った結果、適合性のもっともよかった ML モデルを選定し、各投入財 (種子、化学肥料、農薬、固定資産、労働力、機械作業、灌漑)、気候要因 (気温、降水) の弾性値と単収への貢献度を推計した。
2. トウモロコシの単収に影響する投入財の弾性値は 0.176 で、気候要因 (生育期間の 6 月から 9 月まで) のうち気温の弾性値は -2.159、降水は 0.019 で、気温による負の影響が大きい。降水は正の影響となっている。月別でみると、9 月の高温による単収への負の影響が大きいことがわかる (表 1)。
3. 投入財のトウモロコシ単収への影響では、固定資産、労働力、化学肥料、灌漑、種子投入のプラス効果が確認された。そのうち種子投入の弾性値が 0.076 とほかの投入要因より高く、種子選択の単収に与える影響が大きいことがわかる (表 1)。
4. 計測期間の単収の増加に対する各影響要因の貢献の度合いを寄与率 (%) でみると、正の貢献としては 6、8、9 月の適度な降水と種子があげられ、負の貢献は 9 月と 7 月の気温である。相対的に気候要因の影響が大きい (図 1)。

【成果の活用面・留意点】

1. 単収への影響要因を明確にすることで影響度合いの高い要因への政策的対応が可能となる。
2. パネルデータを用いた分析手法は河北省以外の地域でも応用できる。他地域への応用により、供給予測の推計精度が高まることが期待される。
3. 中長期の需給予測に向けての推計パラメーターとして利用する場合には、推計期間をさらに長くする必要がある。

[具体的データ]

表1 単収に影響する要因の弾性値

変数	弾性値	標準誤差	
投入財	0.176	0.016	***
固定資産	0.014	-0.004	***
農薬	-0.003	-0.007	
化学肥料	0.030	-0.010	***
種子	0.076	-0.009	***
灌漑	0.033	-0.003	***
機械作業	0.003	-0.007	
労働力	0.021	-0.009	**
気候要因			
6月温度	-0.157	(-0.129)	**
7月温度	-0.782	-0.273	
8月温度	-0.082	-0.296	***
9月温度	-1.139	-0.297	***
6-9月積温	-2.159	-0.323	***
6月降水	-0.147	-0.014	***
7月降水	0.057	-0.013	***
8月降水	0.065	-0.014	
9月降水	0.045	-0.011	***
6-9月雨量	0.019	-0.025	***

注：***、**、*はそれぞれ1%、5%、10%の有意水準を示している。

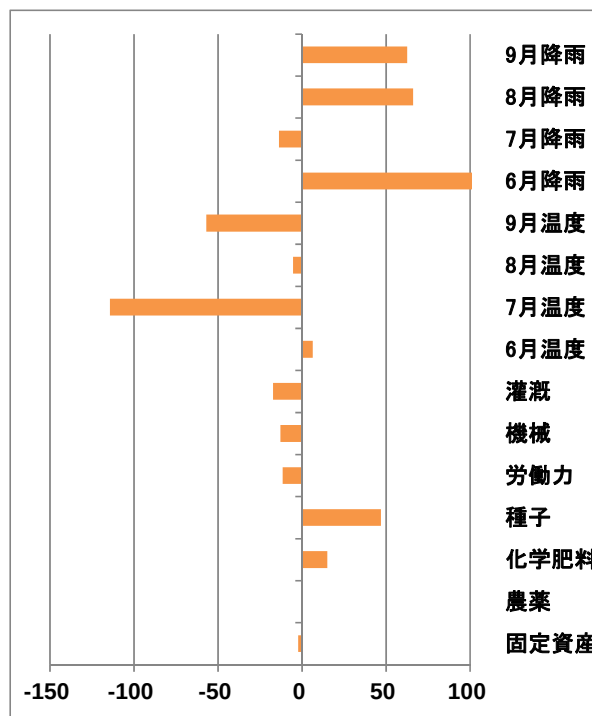


図1 トウモロコシ単収増加への寄与率

注：単収増加に対する各変数の貢献度合いを百分率(%)で示したもの。2003-2010 各年の寄与率の単純平均。

[その他]

研究課題：主要穀物の収量の影響要因の解明と今後の見通し

プログラム名：開発途上地域の農林漁業者の所得・生計向上と農山村活性化のための技術の開発
予算区分：交付金 [中国循環型生産プロ]

研究期間：2012 年度 (2011～2013 年度)

研究担当者：銭文佳・麻吉亮 (中国農業大学)・陳永福 (中国農業大学)・草野栄一

発表論文等：1) Chen Y. et al. Journal of Integrative Agriculture, 12(1), pp.101-108.

2) 麻吉亮ら, 中国農村経済 2012(11)、pp.11-20.

3) 銭小平(2012), 農村と都市をむすぶ、Vol.734、No.12、pp.60-63.

【成果情報名】 バジル類の抗酸化性および総ポリフェノール含量は調理法により変化が異なる

【要約】 バジル類の抗酸化性及び総ポリフェノール含量は、油炒め調理や蒸し調理により増加する。ゆで調理では、ゆで汁中に成分が溶け出すため、野菜中の抗酸化性および総ポリフェノール含量は減少する。

【キーワード】 バジル、抗酸化性、調理、タイ

【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】

東南アジアでは、バジル類をはじめとして地域ごとに特色ある多様な在来野菜が生産されている。一方、近年の研究により、それらの高い生理機能特性が注目を集めている。これらの在来野菜は、生食されることもあるが、多くは加熱調理を経て食されている。そこで、調理方法による抗酸化性および各種の生理機能性を示すポリフェノールの含量の変化を明らかにすることを目的とした。

【成果の内容・特徴】

1. タイで広く食されている 4 種のバジル（図 1）即ちヘアリーバジル（*Ocimum americanum*）、ホーリーバジル（*O. sanctum*）、スイートバジル（*O. basilicum*）、ワイルドバジル（*O. gratissimum*）を用いて、5 種類の加熱処理（ゆでる、煮る、蒸す、油炒め、高压釜で加熱）を施し、メタノール抽出物の抗酸化活性（DPPH 法）および総ポリフェノール含量（Folin-Ciocalteu 法）を測定した。
2. 油炒め調理では、全種類のバジルで抗酸化活性、総ポリフェノール含量とも顕著に増加が見られる。蒸し調理でもスイートバジルを除く 3 種類のバジルで増加が見られる。（図 2）
3. 4 種のバジルの中で、ヘアリーバジルは油炒め調理による効果が最も大きく、抗酸化活性、総ポリフェノール含量とも未処理の試料の 2 倍以上になる。一方、スイートバジルでは油炒め以外の調理法により抗酸化活性、総ポリフェノール含量とも顕著に減少する。（図 2）
4. ゆで調理では、ゆで汁中に成分が溶け出し、野菜中の抗酸化性および総ポリフェノール含量が低下する。
5. 油炒め調理前後のバジルからメタノール抽出されるポリフェノールの種類は大きくは変化しないが、それぞれの含量が増加する（データ省略）。加熱調理により、メタノール不溶性物質に結合していたポリフェノールが遊離しやすくなるためと考えられる。

【成果の活用面・留意点】

1. ゆで調理により、ゆで汁に抗酸化成分が溶出するが、このゆで汁を用いて炊飯することにより、抗酸化性を付与した加工米飯を製造することができる。（平成 22 年度国際農林水産成果情報）
2. 調理によって新たなポリフェノールが合成されるのではなく、利用される状態に変化したものと考えられる。

〔具体的データ〕



図1 タイの一般的なバジル類野菜

左からヘアリーバジル、ホーリーバジル、スイートバジル、ワイルドバジル

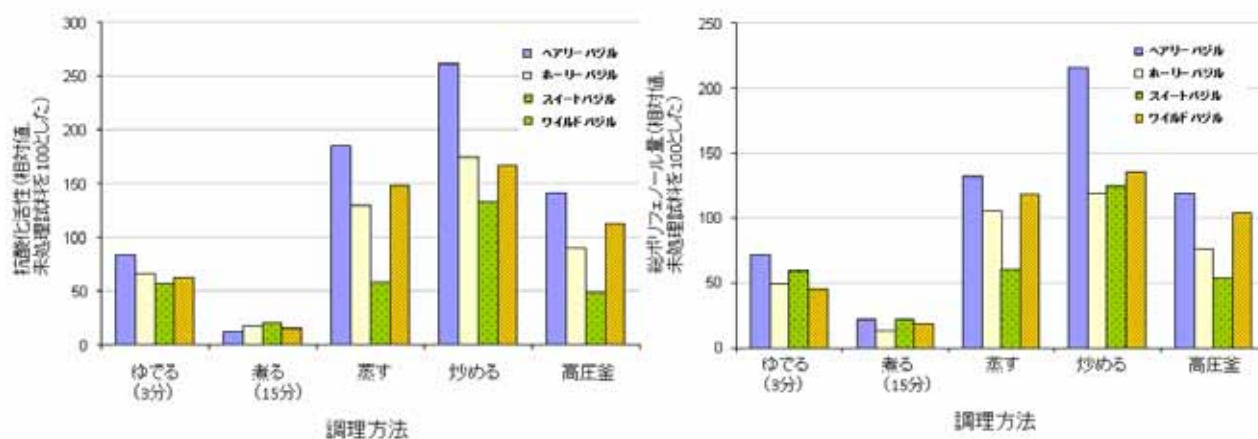


図2 各種調理法による抗酸化性（左）および総ポリフェノール含量（右）の変化
（測定データは複数回の実験結果の平均値であり、再現性が確認されている）。

〔その他〕

研究課題：東アジア地域食料資源の高度利用

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：2010～2012 年度

研究担当者：G. Trakoontivakorn（カセサート大学）・P. Tangkanakul（カセサート大学）・中原和彦

発表論文等：Trakoontivakorn et al. (2012) JARQ 46: 347 - 353

【成果情報名】 好アルカリ好熱嫌気性セルロース分解菌の発見

【要約】 アルカリ下でセルロース分解能を有する新しい好アルカリ好熱嫌気性細菌を発見した。本菌は国際原核生物分類命名委員会より新属、新種と認定された。本菌はアルカリ環境下でセルロースおよびヘミセルロース分解能を有する。

【キーワード】 好アルカリ性細菌、セルロース、セルラーゼ

【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】

バイオマス前処理技術は、効率的酵素分解を行うために必須である。特に水酸化ナトリウム等を用いたアルカリ前処理は、植物バイオマスのリグニン、ヘミセルロース構造を破壊し可溶化させ、さらにセルロースの結晶構造を弛緩させる有効な処理法の一つである。しかしこれまで知られているカビ、細菌からの糖化酵素はアルカリ下では活性を十分に得ることが出来ないため、アルカリ前処理後、バイオマスを中和、水洗浄を十分行うことで、アルカリを除去する必要があった。本研究ではアルカリ環境下でも糖化能力を有する微生物を探索することで、洗浄工程の低減に繋がる環境負荷の少ない糖化プロセスの提案を目指した。

【成果の内容・特徴】

1. 結晶セルロースを基質としてアルカリ（pH10.0）に調整した嫌気性培地を用い、タイ国内のココナッツ農園汽水域土壌から好アルカリ好熱嫌気性セルロース分解細菌の分離に初めて成功した。
2. 本菌は至適 pH 9.5、至適生育温度 55℃を持つ好アルカリ好熱嫌気性セルラーゼ生産細菌である（図1、表1）。
3. 本菌はアルカリ環境下でのセルロースおよびヘミセルロースを分解することができる（表1）。
4. 国際原核生物分類命名委員会より、新属、新種と認定を受け *Cellulosibacter alkali thermophilus* と命名、登録された。
5. 基準菌株 A6 は、タイ科学技術省科学技術研究所（TISTR）カルチャーコレクションに 1915T として寄託された。

【成果の活用面・留意点】

1. 本菌は初の好アルカリ好熱嫌気性セルロース分解菌であるので、学術的価値が高い。
2. 結晶度の高い天然セルロースはアルカリ下で弛緩するので、本菌を使うことで一層の高効率糖化が期待できる。
3. 本菌の使用により洗浄工程を軽減する環境低負荷のアルカリ糖化プロセスを提案することができる。

[具体的データ]

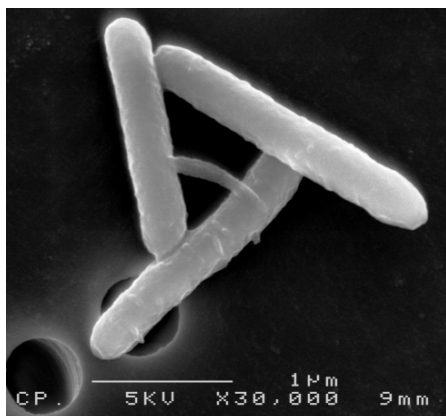


図1 *Cellulosibacter alkalithermophilus* A6 の電子顕微鏡写真

表1 *Cellulosibacter alkalithermophilus* A6 の特徴

特徴	分離菌 <i>Cellulosibacter alkalithermophilus</i> A6	近縁種である菌 <i>Clostridium thermosuccinogenes</i> DSM 5807
細胞サイズ (μm)	0.2–0.3×2.0–3.0	0.3–0.4×2.0–4.0
グラム染色	+	+
孢子形成能	あり	あり
DNA 中のグアニン、シトシン 含量 (mol%)	30.0	35.9
至適生育温度 (°C)	55	58
至適生育 pH	9.5	7.0
セルロース分解能	1%結晶性セルロースを炭素源として生育し、完全分解可能	生育できない
ヘミセルロース分解能	1%キシランを炭素源として生育し、完全分解可能	生育できない

[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]

研究期間：2012 年度 (2011～2016 年度)

研究担当者：小杉昭彦・A. Watthanalamloet (キングモンクット工科大学)・C. Tachaapaikoon (キングモンクット工科大学)・K. Ratanakhanokchai (キングモンクット工科大学)

発表論文等：A. Watthanalamloet et-al., International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology (IJSEM) (2012), 62, 2330–2335

http://ijs.sgmjournals.org/content/62/Pt_10/2330.long

【成果情報名】 熱帯地域における無冷却発酵技術のための耐熱性酵母の分離

【要約】 熱帯地域における低コスト燃料エタノール生産技術開発のため、耐熱性酵母の分離を試みる。40℃以上の条件下でエタノールを生産する耐熱性酵母 *Kluyveromyces marxianus* と *Issatchenkia orientalis* を分離した。これらの株はバイオマス糖化液に含まれる発酵阻害物質（弱酸とフラール）に対して耐性を有する。

【キーワード】 バイオエタノール、高温耐性、無冷却エタノール発酵、

【所属】 国際農林水産業研究センター 生物資源・利用加工領域

【分類】 技術 B

【背景・ねらい】

熱帯地域では外気温が高いことから、発酵時には 40℃前後まで発酵タンクの温度が上昇する。通常使用されるエタノール発酵酵母 (*Saccharomyces cerevisiae*) には耐熱性がないため高温発酵には適さない。そこで耐熱性酵母 *Kluyveromyces marxianus* (Y2 株) および *Issatchenkia orientalis* (C19 株) を分離した。これらの酵母は高温条件下でエタノール発酵能を有しており、*Saccharomyces cerevisiae* よりも高い温度 (40 度以上) でエタノール発酵することができる。本耐熱性酵母を用いることで冷却なしで発酵が可能であることから、冷却エネルギーの削減につながる。

【成果の内容・特徴】

1. 今回分離された耐熱性酵母は、*Saccharomyces cerevisiae* よりも高い温度で生育することができる、Y2 株は 45℃、C19 株は 42℃の高温条件下で生育およびエタノール発酵することができる (図 1A と B)。
2. Y2 株は、耐熱性以外にフラール化合物、特にフルフラールに対しても耐性を有しており、高温発酵条件においても、リグノセルロースバイオマス加水分解物に含まれる発酵阻害物質フラール化合物の影響を受けにくい (図 2A)。
3. C19 株は、耐熱性以外に弱酸に対して高い耐性を有するため、リグノセルロースバイオマス加水分解物に含まれる発酵阻害物質、酢酸の影響を受けにくい (図 2B)。
4. バイオマスの種類により糖化液に含まれる阻害物質の濃度も異なるが、異なる阻害物質に対して適したエタノール発酵酵母を選択することができる。

【成果の活用面・留意点】

1. C19 株のエタノール収率は、Y2 株 (90%) よりも低い (73%)。そのため、生産されるエタノール濃度がそれと比べて下がる。
2. Y2 株はストレス条件下で培養したとき、エタノール以外に副産物としてグリセリンを生産することがある。

[具体的データ]

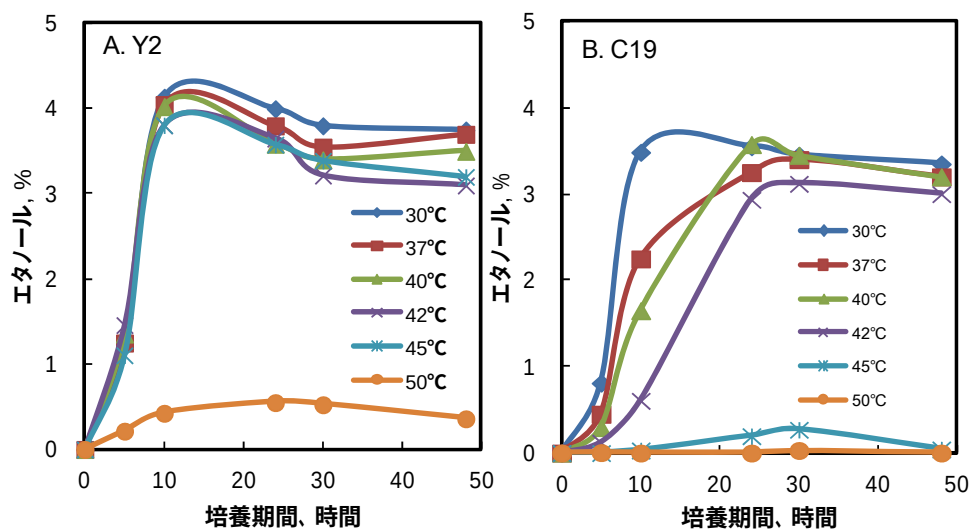


図1 10%YPD 培地 (10%Glucose, 2%Peptone, 1%酵母エキス) での耐熱性酵母 Y2 株(A)と C19 株(B)による各温度におけるエタノール発酵
これらの耐熱性酵母は、42°Cの高温条件下においてもエタノール生産する能力を有する。

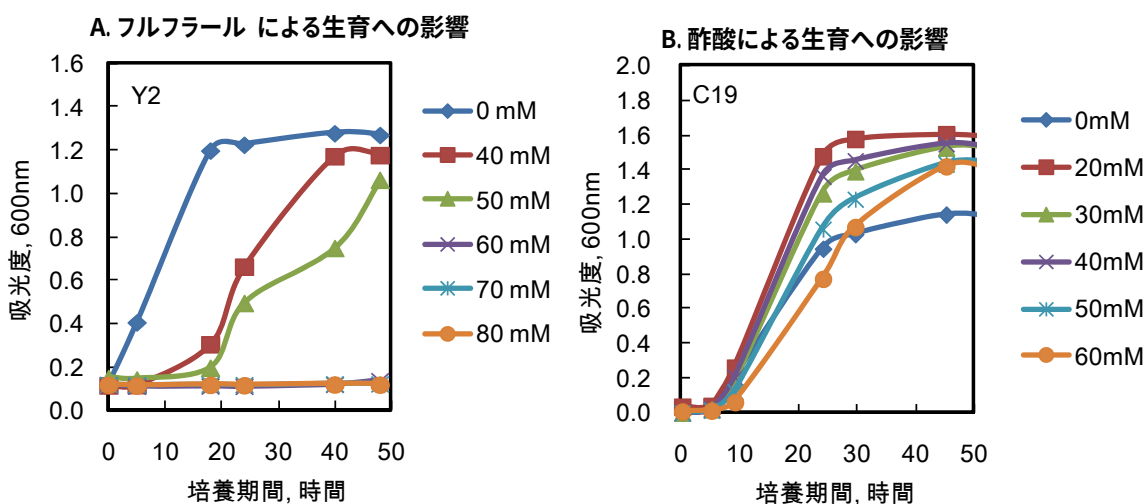


図2 発酵阻害物質が生育に及ぼす影響
(A)Y2 株は 42°Cの高温条件下でフルフラールに対して 40mMまで耐性を有する。(B)C19 株は 42°Cの高温条件下で酢酸に対して 60mM まで耐性を有する。

[その他]

研究課題：熱帯バイオマスに適したエタノール発酵技術の開発

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 [アジアバイオマス]

研究期間：2012 年度 (2011～2015 年度)

研究担当者：村田善則・荒井隆益・小杉昭彦・森隆

発表論文等：Y.Mori et al, (2010)Journal of the Japan Institute of Energy 89, 1147-1152

【成果情報名】 好塩菌を使ったパーム樹液からの無殺菌バイオプラスチック生産

【要約】 好塩菌を用いパーム樹液から無殺菌バイオプラスチック発酵プロセスを開発した。塩濃度を高めることで制菌し、樹液の腐敗を回避することができる。パーム樹液から安定的に安価にバイオプラスチックを生産することができる。

【キーワード】 オイルパーム、廃棄木、樹液、好塩菌、バイオプラスチック

【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】

我々はこれまでにオイルパーム廃棄木樹液中に大量の糖が含有していることを見出すとともにバイオプラスチックの一種であるポリヒドロキシアルカン酸 (PHA) 生産菌を用いて樹液から PHA を生産できることを明らかにした。樹液はグルコースなどの発酵可能糖の他、各種アミノ酸、ビタミン、ミネラルを含む天然優良培地である。そのため腐敗を起こしやすい。そこで樹液の腐敗を抑え、かつ安価で高効率な発酵法の確立を目指し、至適な塩 (NaCl) 濃度下において制菌させて発酵させるバイオプラスチック生産菌の利用とそのプロセスを開発した。

【成果の内容・特徴】

1. 樹液の主要構成糖はグルコース、スクロース、フラクトースであるが、好塩菌 *Halomonas* sp. SK5 (SK5) 株はこれらの糖を 3%含む培地で培養した時に菌体中にそれぞれ約 52%、31%、18%蓄積し、効率的に PHA に変換した。
2. SK5 株の至適な塩 (NaCl) 濃度を調べた。SK5 株は培地中の NaCl 濃度が 25%まで生育可能であった(図 1)。5~10%の NaCl 濃度が至適な生育濃度であった。
3. PHA 生産に至適な NaCl 濃度は 10%であった(表 1)。至適な NaCl 濃度である 5%を含む培地で PHA を生産した時に乾燥菌体重量は 3.5 g/L で、その内 PHA 含量は 41%であった。5%~10%濃度の NaCl を加えることにより微生物汚染を回避することができる。
4. パーム廃棄木樹液に NaCl を加え PHA の生産を試みた。6.4%の糖を含む樹液に NaCl 溶液を 1:1 に混合した液を作成し PHA 生産を試みた結果、乾燥菌体重量は 2.8 g/L で、その内 PHA 含量は 44%と高い生産性を得た(表 2)。
5. 樹液と海水を用いて PHA の生産を試みた。海水を用いた場合においても微生物汚染は観られず、PHA を生産することが可能であった(図 2)。SK5 株の生育および制菌には塩が必要不可欠であるが、実用化におけるコスト削減のために海水 (塩濃度約 3.5%) を塩の供給源に代用することができる可能性を示した。

【成果の活用面・留意点】

1. 菌体内に蓄積された PHA の回収は、菌体を水洗浄するなど塩濃度を下げることで菌破壊が生じ、簡便に PHA を抽出することができる。

[具体的データ]

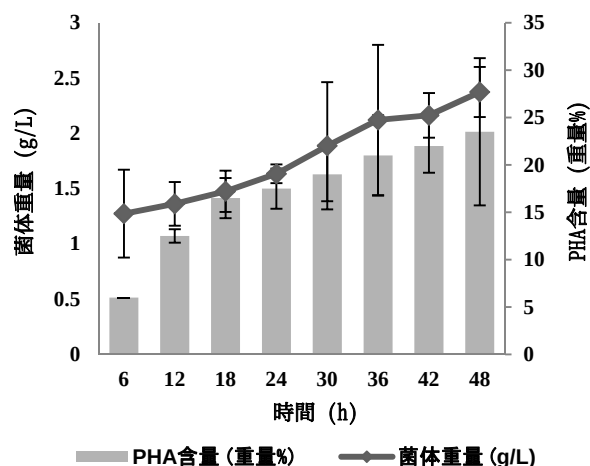
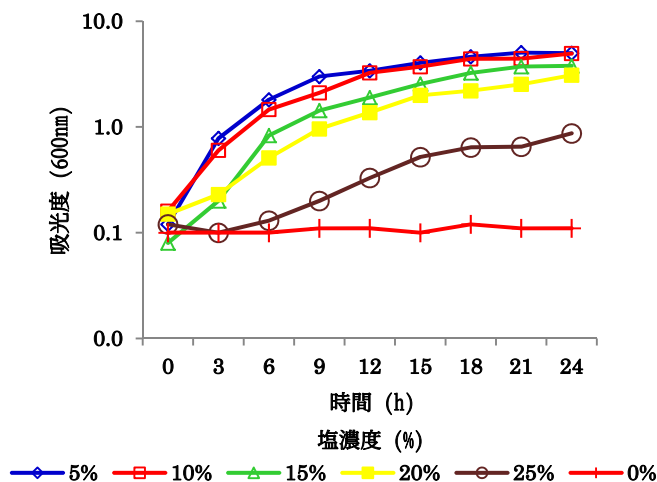
図1 *Halomonas* sp. SK5 株における至適塩濃度

図2 樹液と海水(塩濃度 3.5%)の混合液を培地用いた PHA 生産

表1 NaCl 濃度の PHA 生産への影響 (30℃, 48 時間培養)

NaCl 濃度 (w/v %)	菌体重量 (g/L)	菌体中の PHA 含量 (w/%)
5	2.4 ± 0.1	40 ± 4
10	3.5 ± 0.2	41 ± 4
15	3.6 ± 0.2	30 ± 5
20	3.4 ± 0.3	26 ± 4
25	2.6 ± 0.1	15 ± 4

表2 NaCl を加えた樹液を用いた PHA 生産 (30℃, 48 時間培養)

	菌体重量 (g/L)	菌体中の PHA 含量 (w/%)
樹液	1.7 ± 0.2	24 ± 4
樹液と NaCl (5% NaCl)	2.8 ± 0.2	44 ± 6

[その他]

研究課題：オイルパーム廃棄木からの燃料用エタノール及び有用バイオマテリアル生産技術開発

プログラム：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]

研究期間：2012 年度 (2011～2015 年度)

研究担当者：荒井隆益・小杉昭彦・D. R. Rathi (マレーシア理科大学)・K. Sudesh (マレーシア理科大学)

発表論文等：Rathi et al. (2012) J. Appl Microbiol. DOI: 10.1111/jam. 12083.

【成果情報名】 東北タイにおけるチーク植栽土壌適地図の作成

【要約】 農家がタイ国東北部で有用郷土樹種チークを植栽する際に、その後の成長を大きく左右する土地の潜在的な適性度を知ることができる地図と代表的土壌写真をセットにしたチーク植栽土壌適地図帳を作成した。

【キーワード】 タイ東北部、チーク人工林、適地図、農林複合経営

【所属】 国際農林水産業研究センター 林業領域

【分類】 行政 A （主要普及成果）

【背景・ねらい】

チーク(*Tectona grandis*)はタイ国の有用郷土樹種である。用途は高品質家具、建材等で、材価は比較的高く安定している。熱帯有用樹の中では成長も早いことから人工林経営に向いており郷土の経済樹種として、減少した森林の回復と地域振興を目的に植林が推進されている。チークは特定の土壌条件を好む特性があり、土壌がどの程度生育に適しているかが将来の収穫量を左右する。農家にとってチークは有望な農林複合経営作目の一つで、チーク植林を決断する意思決定材料が必要とされてきた。ところが、既往の研究ではチーク適性土壌に関するものはあるが、適地を定量的に地図で示したものはこれまで無かった。そのため、不適地に植林して失敗した農家も少なくない。東北タイはチークの生育に不向きと言われてきたが、現地調査を通じて十分な収穫が期待できる地域があることも確認しており、農家の生計向上、農村活性化のためにチークの農林複合経営を振興すべくウドンタニ県、ノンブアランプー県についてチーク植栽土壌適地図を作成することとした。

【成果の内容・特徴】

1. タイの土壌群図（土地開発局）をベースに現地調査を重ねて、チークの生育に対する土地の潜在的な適性度を 5 段階区分（高～低:1～5）し、数字と色で地図に示している（図 1 左、2）。土壌適性度 2～5 には添え字 n, f, g, d（n:養分不良, f:浸水, g:礫岩性, d:排水不良）を付け主な欠点を示している。土壌群情報の無い「農地以外の傾斜地(SC)」 「水域(W)」は除いている。
2. 土壌適性度の 5 段階区分は、すでに我々が作成した「東北タイ版チーク人工林分収穫予想表」（図 1 右）で示す地位級（林地の材積生産力の階層区分）に相当するので、両者（図 1 左右）を用いれば、適地図上のある地点について期待できる将来の収穫量も評価できる（図 2、3）。
3. 出版した地図帳（図 1 左）は農家やタイ王室森林局(RFD)技術普及担当職員の利用を想定してタイ語表記とし、位置を判読し易いように中縮尺で道路、河川、学校など主な目印を一緒に表示している（図 2）。土地の状態から適性度を推察する参考になるように土壌サンプル写真も掲載している。
4. 出版した地図のソースは、地理情報システムデータベースで構築されているので、適地面積計算等の各種解析処理に使用できる。

【成果の活用面・留意点】

1. 東北タイにあるウドンタニ県とノンブアランプー県の 2 県についてのみ作成されている。
2. 他の県への拡張には、今回蓄積した技術的知識の活用が可能である。
3. チークの生育の良否は育成管理の方法によっても影響を受けるので植栽土壌適性度と実際のチーク林の生育状態が異なることもあるが、約 69%の一致を確認している。

[具体的データ]



図1 (左) チーク植栽土壌適地図帳(ウドンタニ県、ノンブアランプー県版)(文献1)、(右) 東北タイ版チーク人工林分収穫予想表(文献3)の表紙

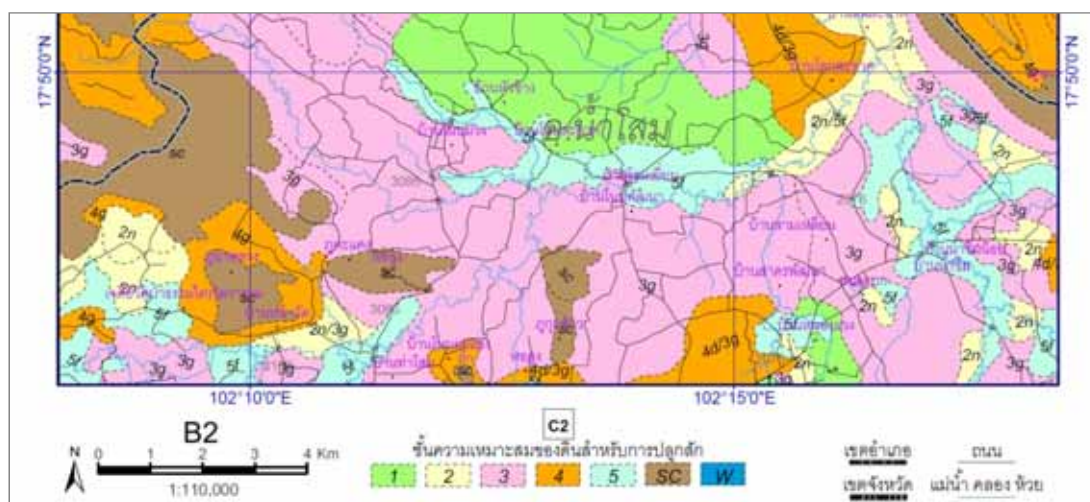


図2 チーク植栽土壌適地図の様子

土壌適性度は1:緑色～5:水色。1点鎖線:郡境、2点鎖線:県境、黒色実線:主要道路、水色実線:水路・河川。

ระยะปลูก 4 m X 4 m	พื้นที่ปลูกที่เหมาะสม (SI = 26)					
อายุ (ปี)	ความสูงไม้ต้น (ม.)	ความสูงเฉลี่ย (ม.)	ความโตเฉลี่ย (ซม.)	พื้นที่หน้าตัด (ม. ² /ไร่)	ปริมาตรต่อต้น (ม. ³ /ต้น)	ปริมาณ (ม. ³ /ไร่)
14	18.7	15.7	59.2	2.035	0.253	17.341
15	19.2	16.2	61.6	2.134	0.279	18.522
16	19.8	16.8	64.0	2.230	0.305	19.698

図3 東北タイ版チーク人工林分収穫予想表の例

例示の SI (地位指数) 26 は地位級 2 で、土壌適性度 2 に相当する。そこに間隔 4m x 4m で植林された林分は 15 年で上層樹高 19.2 m、平均樹高 16.2 m、平均胸高周囲 61.6 cm、胸高断面積 2.134 m²/rai、幹材積 0.279 m³/本に成長し、林分材積 18.522 m³/rai の収穫が見込めることを示している (1 rai = 0.16 ha)。

[その他]

研究課題: 東南アジアにおける持続的利用を通じた森林管理・保全技術開発

プログラム名: プログラム C 農村活性化

予算区分: 交付金 [持続的林業] [理事長インセンティブ]

研究期間: 2012 年度 (2006～2015 年度)

研究担当者: 野田巖・T. Vacharangkura (タイ王室森林局)・W. Himmaphan (タイ王室森林局)・S. Sukchan(タイ土地開発局)

発表論文等: 1) I. Noda et al.(2012) 70pp, RFD-JIRCAS Project. (タイ語)

2) S. Sukchan and I. Noda (2012) JIRCAS Working Report 74: 27-32.

3) T. Vacharangkura et al.(2011) 54pp, RFD-JIRCAS Project. (タイ語)

文献 1,3: RFD ホームページに掲載 (<http://forprod.forest.go.th/forprod/ebook/e-book.html>)

【成果情報】 ラオスにおける在来テナガエビ *Macrobrachium yui* の遺伝的多様性

【要約】 テナガエビの遺伝的集団構造解析を行ったところ、本種は集団間で遺伝的に分化しており、河川間で遺伝的交流は見られない。ラオス北東部に生息する集団は集団サイズ及び遺伝的多様度ともに低下しており、各地域集団の遺伝的特性に適した資源回復手法が必要とされる。

【キーワード】 テナガエビ、ミトコンドリア DNA、ラオス、集団構造、資源増殖

【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】

ラオス北部において重要な水産資源として利用されている在来テナガエビ *Macrobrachium yui* は乱獲や河川環境の悪化などにより各地で漁獲量が激減している。本種の資源回復を図るため、ミトコンドリア DNA の調節領域に着目し、個体群における遺伝的多様性と集団サイズの健全性及び個体群間の遺伝的分化について評価を行い、各漁場に最も適した資源回復手法を提案する。

【成果の内容・特徴】

1. ラオス北部の 5 河川 7 地点（図 1）で採集したサンプルから 74 の DNA 配列パターンが検出され、Xuang 川（B1・B2）グループを境に Ou 川（H・K）グループと Khan 川（XK）、Houng 川（NS）及び Et 川（ET）グループとの 2 系統に分けることができる（図 1）。
2. 河川グループ間および異なる河川の集団間で遺伝的分化係数（0 から 1 までの値を取り、値が大きいほど比較した集団間に遺伝的分化が生じている）に有意な差が見られる（表 1）。一方、同一河川内の集団間では有意な差は見られないことから（表 1、表 2）、本種が河川間でほとんど遺伝的な交流がなく、遺伝的に分化し、遺伝的構造が河川ごとに異なることを示している。
3. Et 川（ET）の集団の遺伝子多様度（DNA 配列パターンの多さ）ならびに塩基多様度（DNA 配列の違い）は他の集団に比べ大きく低下しており（図 2）、さほど遠くない過去に集団が大きく縮小したものと考えられる。Et 川の集団における遺伝的多様性の喪失は近親交配や矮小化などにより集団の増殖速度を鈍化させるとともに、急激な環境変化による絶滅リスクを増加させる。
4. 過去の集団の縮小・拡大を推定できる塩基置換頻度分布及び DNA 配列のネットワーク樹（図 1）によれば、Ou 川（H・K）の個体群は過去に大きな集団縮小を経験しているが、Khan 川（XK）及び Houng 川（NS）の個体群は長期にわたり安定している。また、Et 川（ET）の個体群もさほど遠くない過去に大きく集団縮小させ、まだ回復にはいたっていない。

【成果の活用面・留意点】

1. 本種は河川間で遺伝的分化が進んでいることから、遺伝的多様性に配慮しない種苗放流および養殖は各集団の遺伝的攪乱を招く。現状を踏まえると本種を資源回復させるには資源管理が最も適切な手法であり、実施に際しては河川ごとの資源管理が望ましく、河川管理を所掌している郡の指導で村人が主体的に資源管理することが望ましい。
2. 本種は洞窟小河川で繁殖するという特異な生活史をもつことから遡上時に捕獲されやすい。また、過去に大きく減少させた個体群も見られ環境変動にも脆弱である。そのため、洞窟河川での漁獲規制及び生息環境保全を主体とした資源管理手法が有効である。
3. とくに遺伝的多様性が極端に低下している Et 川の個体群については中央政府の指導のもと人工種苗生産による資源回復が望まれる。

[具体的データ]

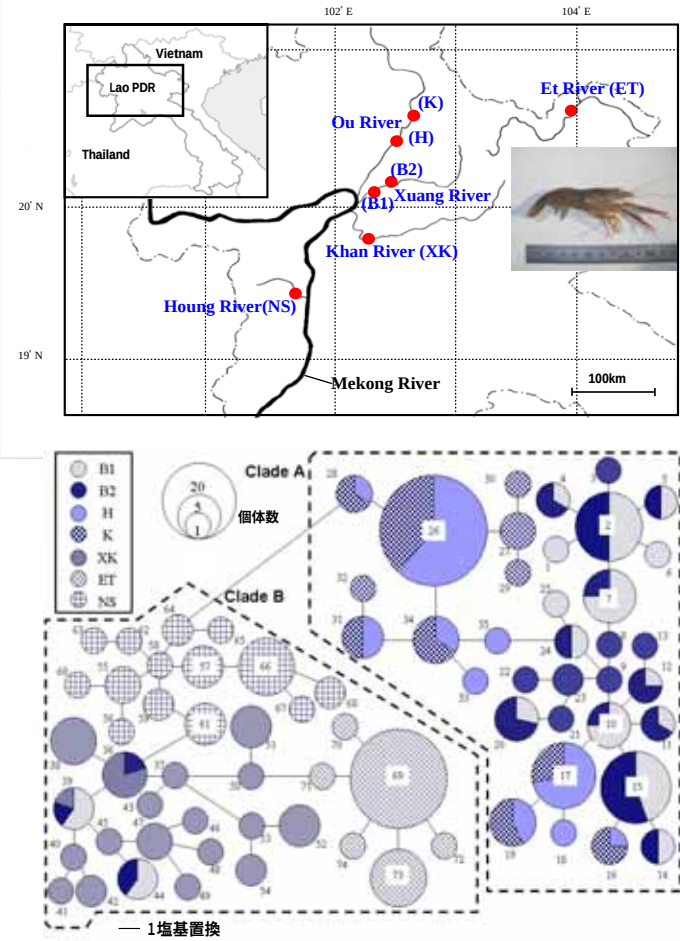


図1 サンプルング地点とテナガエビ *M. yui* におけるミトコンドリア DNA 調節領域のハプロタイプのネットワーク樹 (図中写真: 在来テナガエビ *Macrobrachium yui*)

表1 分子分散分析 (AMOVA)と遺伝的変異の割合

比較	変異の割合	<i>F</i>	<i>P</i>
河川グループ間 (F_{CT})	73.34	0.733	<0.01
同一河川 集団間 (F_{SC})	0.34	0.013	0.23
集団間 (F_{ST})	26.32	0.737	<0.01

表2 2集団間の遺伝分化係数 (F_{ST}) (左下)とボンフェローニ補正のP値 (右上)

Site	B1	B2	H	K	XK	ET	NS
Xuang R. (B1)	-	0.174	<0.001*	<0.001*	<0.001*	<0.001*	<0.001*
Xuang R. (B2)	0.011	-	<0.001*	<0.001*	<0.001*	<0.001*	<0.001*
Ou R. (H)	0.385	0.441	-	0.340	<0.001*	<0.001*	<0.001*
Ou R. (K)	0.423	0.481	0.000	-	<0.001*	<0.001*	<0.001*
Khan R. (XK)	0.669	0.739	0.743	0.741	-	<0.001*	<0.001*
Et R. (ET)	0.820	0.874	0.884	0.883	0.616	-	<0.001*
Houng R. (NS)	0.755	0.816	0.812	0.810	0.544	0.838	-

* P値は0.05未満の場合、2集団間で遺伝的に有意差あり

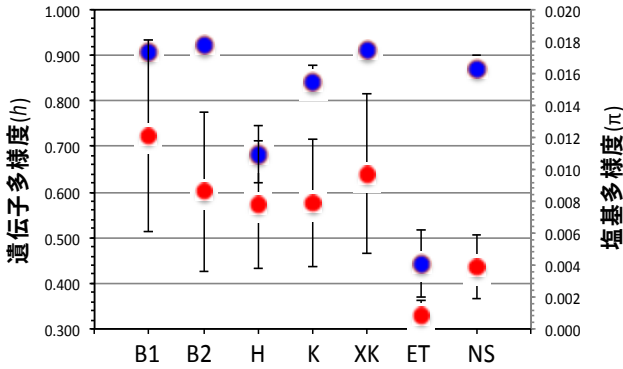


図2 5河川7集団におけるテナガエビ *M. yui* の遺伝子多様度 (*h*) (●)と塩基多様度 (π) (●)

誤差線は標準偏 (SD) を示す。

[その他]

研究課題：熱帯沿岸域における持続的水産資源利用のための増養殖技術の開発
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 [熱帯沿岸域養殖]
研究期間：2012 年度 (2009～2012 年度)
研究担当者：今井秀行 (琉球大学)・伊藤 明・A.KounThongBang (ラオス水生生物資源研究センター)・O.Lasasimma (ラオス水生生物資源研究センター)・P.Souliyamath (ルアンプラバン県ナルワン水産試験場)
発表論文等：1) Imai et al. (2012) JIRCAS Working Report, 75: 143-148
2) Ito et al. (2011) Catch and Culture, 17, (2):24-27

【成果情報名】 マレーシア半島セランゴール沿岸における麻痺性貝毒原因プランクトンの発見

【要約】 麻痺性貝毒はヒトに重篤な食中毒被害をおよぼし、その予察防除は食品安全上の重要な課題である。貝を毒化させるプランクトンを調査したところ、ハイガイ養殖の中心漁場で、その原因プランクトン 2 種の遊泳細胞および 1 種の休眠孢子の分布が初めて明らかになる。今後、ハイガイ養殖の安定化に向けて、同漁場での貝毒モニタリング体制の確立が必要である。

【キーワード】 麻痺性貝毒、休眠孢子、遊泳細胞、ハイガイ養殖

【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】

アカガイの仲間ハイガイ *Anadara granosa* (図 1a) は東南アジア諸国で重要な養殖対象種である。本種の生息に好適な泥干潟が広がるマレーシア半島のセランゴール沿岸は、本種養殖の中心漁場であり (図 1b)、その稚貝は周辺国にも養殖用種貝として輸出されている。一方、東南アジアでは麻痺性貝毒の原因プランクトンの分布拡大が近年問題になっており、養殖二枚貝類の毒化は食品安全上だけでなく出荷規制による経済損失も深刻な問題である。本研究では、セランゴール沿岸のハイガイ養殖漁場を対象に麻痺性貝毒原因プランクトンの生息実態を調査して、同漁場の漁業管理対策に役立つ知見を収集する。

【成果の内容・特徴】

1. 2012 年 1 月～5 月にセランゴール沿岸において実施したプランクトンネット (メッシュサイズ 20 μm) による広域採集調査から、麻痺性貝毒原因プランクトン *Gymnodinium catenatum* (図 2a) および *Alexandrium tamiyavanichii* (図 2c, 2d) の 2 種を検出する。*G. catenatum* 遊泳細胞はセランゴールの北部から南部の沿岸約 100 km に広く分布することが明らかになる (図 3)。
2. セランゴール沿岸で柱状採泥器により広域的に採取した表層泥 (0-2cm) から、*G. catenatum* の休眠孢子が広域的に観察された (図 2b)。特にセランゴール沿岸の北部で密度が高く、約 0.5 細胞/g・乾燥泥で本種休眠孢子が存在すると推定できる (図 4)。

【成果の活用面・留意点】

1. 今後、マレーシア政府と共同で、同海域における貝毒原因プランクトンの出現状況およびハイガイの毒量検査に関わる貝毒モニタリング体制を整備し、マレーシアの国内外に流通するハイガイの食品としての安全性を高め、同沿岸のハイガイ養殖産業の安定化を図る。
2. セランゴール沿岸から国内外へのハイガイ稚貝の出荷、輸出は貝毒原因プランクトンの休眠孢子を他海域に拡散させ、貝毒発生海域を広げる要因になり得る。今後、ハイガイ養殖の漁業管理の一環として、ハイガイ稚貝の他海域への出荷は貝毒原因プランクトンの拡散防除を考慮して行う必要がある。

【具体的データ】



図1 ハイガイ (a) と同貝の採集風景 (b)

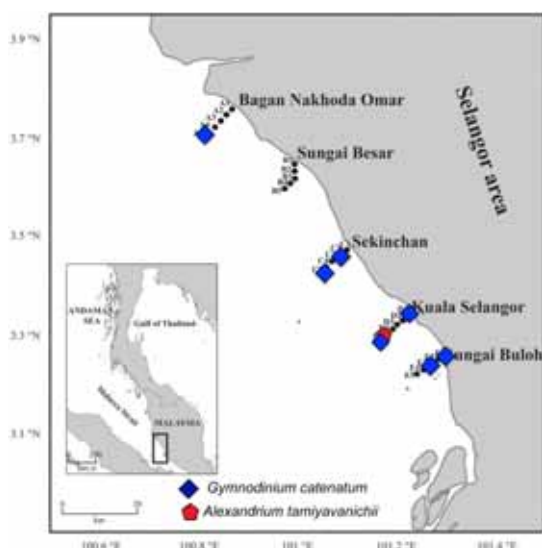


図3 調査海域における *Gymnodinium catenatum* と *Alexandrium tamiyavanichii* の遊泳細胞の出現地点

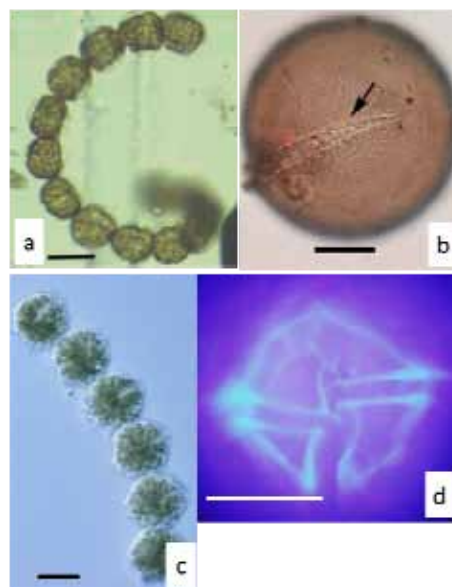


図2 *Gymnodinium catenatum* の遊泳細胞 (a)、休眠胞子 (b)、*Alexandrium tamiyavanichii* の遊泳細胞 (c) および殻を蛍光染色した同細胞の蛍光顕微鏡像 (d)、スケールバーは 50 μ m (a)、20 μ m (b, c, d)

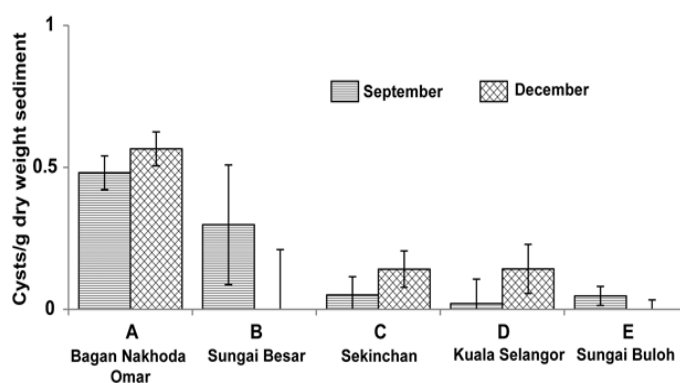


図4 *Gymnodinium catenatum* 休眠胞子の表層底泥中細胞密度の海域別比較

【その他】

研究課題：熱帯沿岸域養殖

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〕(理事長インセンティブ経費)

研究期間：2011年度

研究担当者：坂本達也・Mohd Nor Azman Bin Ayub (マレーシア水産研究所)・高田義宣 (新日本検定協会)・児玉正昭 (東京大学)・松岡数充 (長崎大学)

発表論文等：Su-Myat et al. (2012) Malaysian Fisheries Journal, 11: 32-41.