

【成果情報名】 限られた水資源を利活用した乾期野菜栽培促進のためのマニュアル

【要約】 ニジェール国において限られた水資源を利活用し乾期の野菜栽培を促進する手法を、実証調査の結果に基づき、組織化、家畜の食害対策、栽培技術の改善の分野から、農業省調査計画局と協力し、取りまとめたマニュアルである。

【キーワード】 ニジェール国、水資源、組織化、食害対策、野菜栽培

【所属】 国際農林水産業研究センター 農村開発領域

【分類】 主要普及成果（行政 A）

【背景・ねらい】

サハラ砂漠南端の乾燥・半乾燥地域に位置するニジェール国においては、国際河川であるニジェール河および季節河川あるいは沼の水資源があるにも関わらず、それらが十分に活用されていない。ニジェール国水利・環境省発行の水資源開発マスタープラン報告書（1999）によると、「ニジェール国には 1,000 以上の沼が存在し、うち 175 が永久沼として国内に点在しているといわれているにも関わらず、これらの沼が水利用調査の対象となることは、これまでほとんどなかった。」と記載されており、具体的な方針も示されていない。

一方、ニジェール国の自然沼の水利用目的には、大きく、農業利用、家畜飲料利用、生活利用（飲料含む）に分けられる。これらの中で、現在、十分に利用が進んでおらず、かつ今後の利用量増が見込まれるものは、乾期野菜栽培による農業利用である。このことから、限られた水資源を利活用して乾期野菜栽培を促進するための手法の開発と普及が求められている。

【成果の内容・特徴】

1. 37 村の農民に対するアンケート調査を行い、乾期野菜栽培を促進するうえでの制約要因を明確にした。
2. アンケート調査から明らかになった 3 大制約要因（①家畜の食害が甚大、②農業用資機材が入手困難、③病虫害の発生）と、調査団による調査結果から明らかとなった 2 つの課題（①育苗技術の低さ、②組織的な取組が不十分）に対する対策（①水資源利用者組織化の支援、②簡易な農地整備支援活動、③営農技術の改善手法）を対象サイトにおいて実証した（図 1 参照）。
3. 本マニュアルは、十分に利活用されていない自然沼周辺を対象サイトとして実施した実証調査の結果を中心にまとめたものである。このマニュアルの内容は、自然沼ばかりでなくダムや遊水池及び井戸を水源としたサイトでも適用可能である（図 2 参照）。
4. 本マニュアルの取りまとめに際しては、ニジェール国農業省の関係部局で構成される技術委員会で内容を協議しながら編集すると共に、当国の普及員が理解できる仏語とすべく査読を繰り返した上で、農業省調査計画局の承認を得るなど、現地での利活用度の向上に配慮している。

【成果の活用面・留意点】

1. このマニュアルの利用者は、乾期の野菜栽培を促進するために、農家を支援・指導する立場にある者（普及員及び NGO・国際機関等のプロジェクトで雇用された農民への指導者）を想定している。
2. 自然沼の水資源を活用し、乾期の野菜栽培を促進するためには、最低限、このマニュアルに記載した項目を実施することが必要と考えている。しかしながら、サイトによっては、既に実施済みである項目、あるいはこのマニュアルに記載した項目だけでは不十分な項目もあると思われることから、実際のサイトの現状に応じ、適宜応用しながら使用することが必要である。
3. 合計 500 部を製本したマニュアル仏語版は広報セミナーに参加した野菜栽培分野で支援している関係機関およびニジェール国農業省によって地方出先機関に配布されている。

[具体的データ]

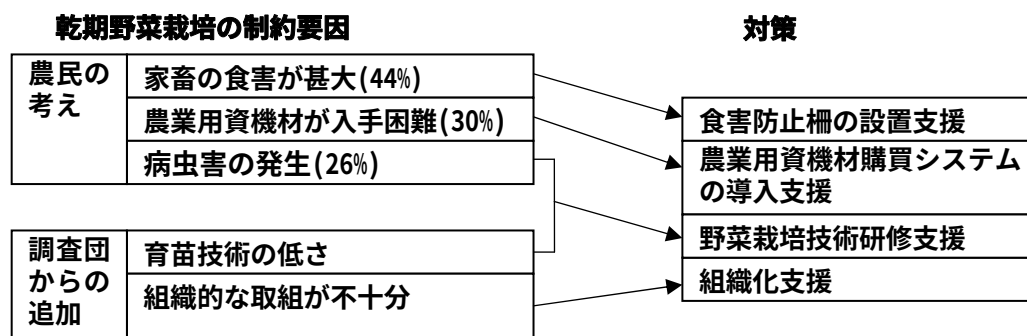


図1 乾期野菜栽培の制約要因とその対策



図2 実証調査での取り組み事例

- 水資源利用者組織化の支援（写真左）－組合役員の選出に当たっては、複数の候補者の中から誰が誰に投票したかが分からない無記名秘密投票方針を採用した。
- 簡易な農地整備支援活動（写真中央）－住民との合意形成に基づき、設計から施工までオンザジョブトレーニングにより食害防止柵を設置した。
- 営農技術の改善手法（写真右）－育苗技術の改善・病虫害防除・かん水技術などを総合化し、野菜栽培研修を実施した。

[その他]

研究課題：自然沼の水資源を利用した乾期野菜栽培の促進手法の提案

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〔アフリカサバンナ農業〕

研究期間：2011 年度（2007～2011 年度）

研究担当者：大須賀 公郎・團 晴行・保久 丈太郎・篠原 統吾・Marie-Line CHARLES・河野 尚由・大前 英

発表論文等：1) Manuel pour la promotion du maraîchage en saison sèche en utilisant les ressources en eau des mares naturelles, 2011.10（ニジェール国農業省調査計画局の承認を得て発刊。JIRCAS の HP に同マニュアルの仏語を掲載予定。）

2) 大須賀公郎他、ニジェール国における乾期野菜栽培の制約要因とその対策の策定、日本沙漠学会 2011 年第 22 回学術大会 講演要旨集 pp6-7

【成果情報名】 気候変動下の蒸発散量の変化がメコン川下流域のコメ市場に与える影響と生産余力

【要約】メコン川下流域を対象とする気候変動の影響の分析が可能なコメの需給モデルを用いて、気候変動が、メコンデルタ地域のコメ生産量を減少させることを示し、また、灌漑開発計画とモデルで推定された作付面積の比較により、メコン川下流域 4 カ国各県各地域の生産余力を示した。

【キーワード】 需給モデル、水供給変動、社会経済シナリオ、灌漑開発

【所属】 国際農林水産業研究センター 社会科学領域

【分類】 行政 B

【背景・ねらい】

水供給量は、気候変動によって変化する。また、2つのコメ輸出国を含むメコン川下流域では経済発展が著しく、一人当たり穀類消費量の減少が予想される。したがって、水供給量の変化が予想されるこれらの国々での農産物需給分析は重要である。この研究の目的は、水に関わる変数を含むコメの需給モデルを用いて、コメの大産地を抱えるメコン川下流域国の農業政策・計画の立案の一助として、水供給の変動がコメの需要と供給に与える影響を明らかにすることである。

【成果の内容・特徴】

1. 作物への水供給量に相当する蒸発散量の変動を通じた気候変動の影響評価が可能な、メコン川下流域国を対象とするコメの需給モデル(REMEW-Mekong)を分析に用いた。モデルの構造と使用したデータについては発表論文 Furuya et al. (2010)を参照されたい。
2. 次の2つのシミュレーションを行った。1) ベースライン、2) CC_B2(Climatic Change for scenario B2)。ベースラインのシミュレーションは、2000 年以降の各県・地域の蒸発散量が、1995 年から 1999 年までの平均値のまま変化せず、人口と GDP は IPCC の社会経済シナリオ B2 の値で変化するものである。ここで、シナリオ B2 は、経済よりも環境を優先し、かつ地域を重視するシナリオであり、GDP と人口は4つのシナリオの中位にある。一方、CC_B2 のシミュレーションは、蒸発散量が、2010 年以降シナリオ B2 にしたがって変化するもので、人口と GDP はベースラインと同一である。ベースラインに対する CC_B2 の雨期の蒸発散量は、将来、田植期ではラオスとタイ東北地域において増加するが、開花期では全地域において減少する。
3. 気候変動は、カンボジアとベトナムのメコンデルタ地域の雨期作のコメ生産量を減少させ、また、タイの東北地域とメコンデルタ地域の乾期作のコメ生産量を減少させる（図 1, 図 2）。
4. 気候変動は、カンボジア、タイ、ベトナムのコメの生産者価格を上昇させ（図 3）、これらの国の消費者の生計を圧迫する。
5. コメの生産余力を検討するために、メコン委員会の策定した 2030 年の灌漑開発計画と推定された稲の作付面積を県別・地域別に比較した結果、メコン川西岸域とメコンデルタ地域では、作付面積が上限に達する（図 4、%の低い地域が上限に近い）。

【成果の活用面・留意点】

1. 各県各地域の生産量等の予測値は、メコン川下流域国の農業生産計画策定の一助となることが期待される。
2. 気候変動の影響は、蒸発散量の変化のみに限定している。気温や日射量が収量に直接与える影響は考慮されていない。また海面上昇の影響は考慮していない。
3. 蒸発散量の予測値はメコン委員会が Penman-Monteith 法を用いて計算したものであり、IPCC の社会経済シナリオ B2 に基づく気温や降水量のメコン委員会の気候モデルの予測値から求められている。また、それに合わせて、カンボジア、ラオス、タイ、ベトナムの人口と GDP も IPCC の公表しているシナリオ B2 の予測値を用いている。
4. 作付面積の上限は、メコン委員会の 2030 年の計画値、あるいは過去最大の作付面積である。

[具体的データ]

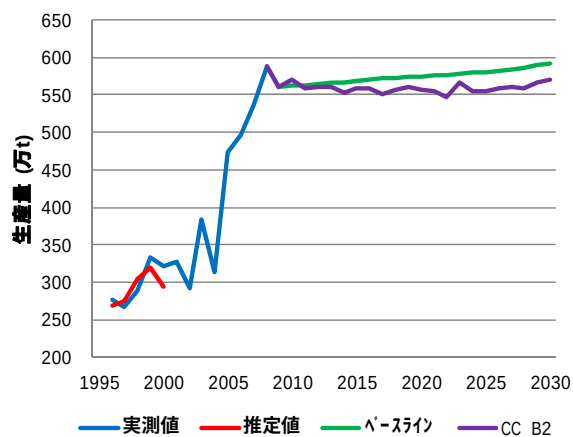


図1 カンボジアの雨期作米の生産量

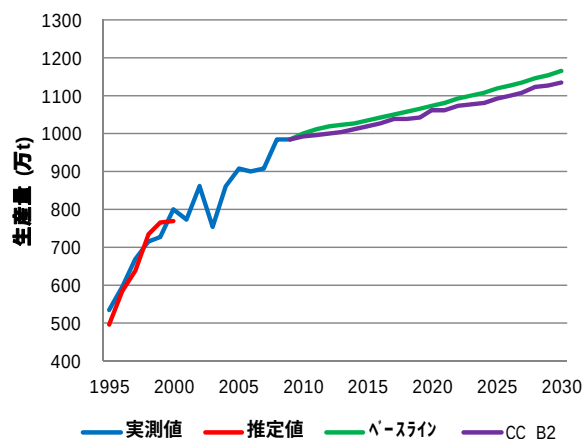


図2 メコンデルタの乾期作米のコメ生産量

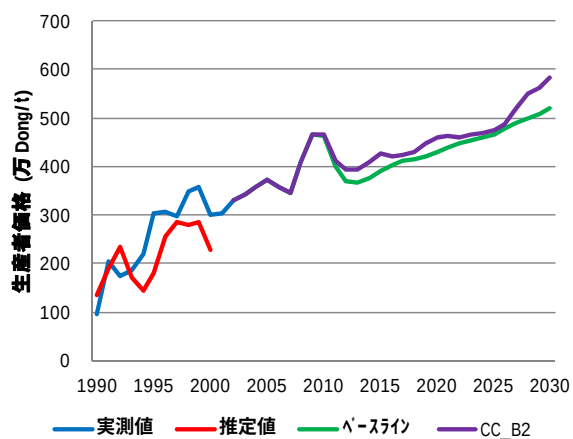


図3 ベトナムのコメ生産者価格

注) 図1-図3の「推定値」は実測値に対するモデルの推定結果を示す。

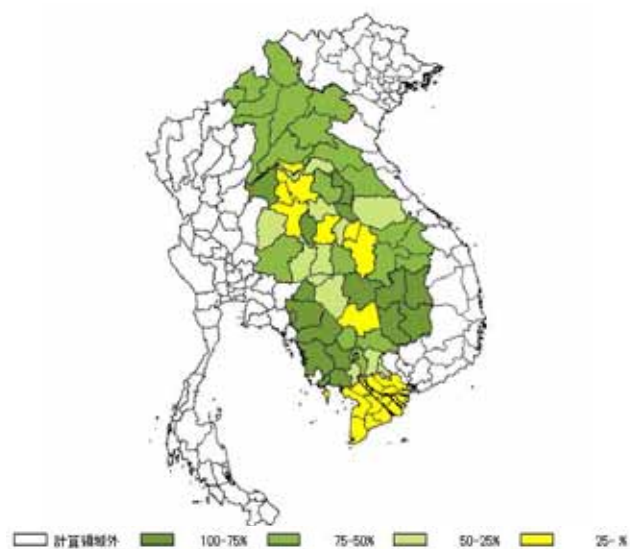


図4 コメ生産拡大の余地

[その他]

研究課題：地球温暖化が世界の食料市場に与える影響の分析

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]、メコン委員会委託 [メコンコメ需給]

研究期間：2011 年度（2011～2015 年度）

研究担当者：古家淳・小林慎太郎

発表論文等：Furuya J, et al. (2010), Development of Supply and Demand Models of Rice in Lower Mekong River Basin Countries: REMEW-Mekong, JIRCAS Working Report 68

【成果情報名】 出穂性の異なる IR64 の準同質遺伝子系統群

【要約】 イネ (*Oryza sativa* L.) 品種 IR64 の遺伝的背景をもち到穂日数が異なる 5 つの準同質遺伝子系統は、IR64 の栽培適応範囲の拡大や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、到穂日数、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、New Plant Type 品種や日本型品種由来の有用遺伝子を導入し、到穂日数の異なる準同質遺伝子系統群を育成し、遺伝的要因を明らかにしつつ育種素材の開発あるいは IR64 の栽培適応範囲の拡大を図る。

【成果の内容・特徴】

1. IRRI (フィリピン) との共同研究で育成した準同質遺伝子系統群は、早生 3、晩生 2 の合計 5 系統からなる (表 1)。
2. フィリピンの雨季栽培で、早生のものは IR64 に比べて 5 日、晩生のものは 10 日ほどの違いがある。
3. これらの準同質遺伝子系統群は、4 種類の遺伝子供与親に由来する異なる 5 つの量的遺伝子座 (QTL) をそれぞれ一個ずつ有する (図 1)。
4. それぞれの QTL は、第 6(2 系統)、8 (1 系統)、11(2 系統)染色体上に座乗している。

【成果の活用面・留意点】

1. 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。
2. またこれらの準同質遺伝子系統群は、これまでよりも IR64 の栽培適応地域の拡大に役立てることができる。
3. 到穂日数が早い系統は、高温や乾燥など非生物学的ストレス回避型の育種素材として、到穂日数が遅い系統は高バイオマス・高収量の育種素材として活用できる。
4. 育成された系統は、遺伝解析のほか遺伝子・環境相互作用解析などの実験材料として利用できる。
5. 各 QTL の DNA マーカー情報は、遺伝解析やマーカー選抜に活用できる。
6. 出穂性以外の形質についても IR64 とは異なる系統もあり、導入した QTL 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。
7. 準同質遺伝系統の分譲については、JIRCAS 技術促進科に問い合わせる。

[具体的データ]

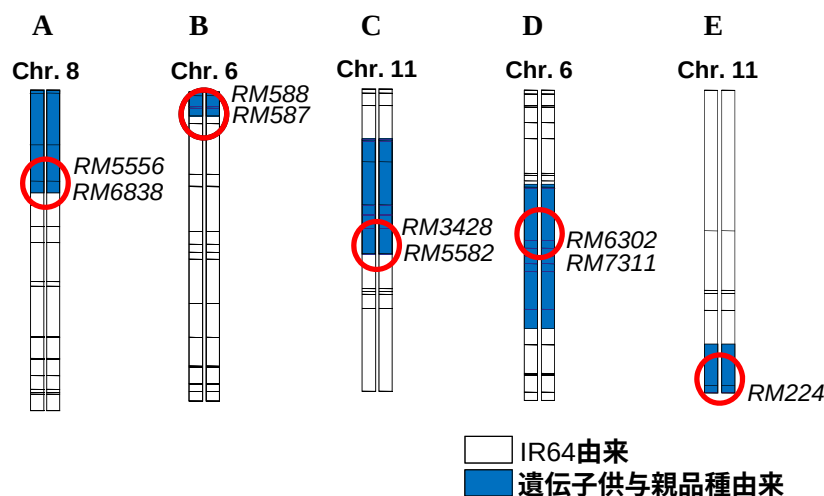


表1 IR64 を遺伝的背景に持つ出穂性の異なる準同質遺伝子系統の農業形質

系統名	対象QTL	同左供与親	農業形質					
			到穂日数	稈長 (cm)	穂長 (cm)	葉身長 (cm)	葉身幅 (cm)	一株穂数
IR64	-	-	85.4±1.2	78.6±3.0	25.2±1.5	38.2±5.3	1.29±0.1	18.0±5.3
IR64-NIL7	qDTH8[yp1]	IR65600-87-2-2-3	80.5±2.2*	71.8±2.0*	22.3±1.9*	36.1±4.6	1.22±0.0	21.1±5.1
IR64-NIL8	qDTH6[yp3]	IR65598-112-2	95.6±2.3*	85.6±1.8*	26.6±1.7	42.8±4.5	1.41±0.1*	18.5±5.6
IR64-NIL9	qDTH11[yp6]	IR69125-25-3-1-1	93.4±2.5*	83.6±4.1*	25.7±1.6	40.7±3.0	1.38±0.1*	26.6±8.5*
IR64-NIL10	qDTH6[yp7]	ホシアオバ	80.3±2.5*	76.4±6.0	26.7±2.1	43.1±5.1	1.30±0.0	18.6±3.3
IR64-NIL11	qDTH11[yp7]	ホシアオバ	81.9±2.2*	77.9±2.6	26.8±2.1	41.9±6.2	1.36±0.1	18.8±5.3

到穂日数は 2010 年雨季、それ以外の農業形質は 2010 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)。*は Dunnett の多重検定法により IR64 と比べて 5%レベルで有意であることを示す。

[その他]

研究課題：気候変動に適応した水稻栽培システムの開発

プログラム名：開発途上地域の土壌、水、生物資源等の持続的な管理技術の開発

予算区分：日本-IRRI 共同研究プロジェクト研究、交付金〔気候変動対応〕

研究期間：2011 年度 (2005～2011 年度)

研究担当者：小林伸哉 (作物研)・藤田大輔 (作物研)・石丸努・福田善通

発表論文等：Fujita et al. (2011) Plant Breeding 130:526-532

【成果情報名】 アフリカ内陸低湿地における水田整備及び栽培技術のマニュアル

【要約】 食料不足が深刻なアフリカで、圃場湛水のための畦畔を備え、均平・代掻・苗移植等の作業で特徴付けられる「アジア型水田稲作」の有効性を実証し、計画から維持管理、施設の補修までの一連の整備技術及び栽培手法を分かりやすいマニュアルにまとめた。

【キーワード】 アフリカ、水田、圃場整備、稲作栽培、CARD

【所属】 国際農林水産業研究センター 農村開発領域

【分類】 主要普及成果 (行政 A)

【背景・ねらい】

アフリカでは、稲は伝統的に畦畔のない農地で散撒栽培されている。サワ（Sawah System）と呼ばれる稲作技術に代表されるアジア型水田稲作（圃場湛水のための畦畔を備え、毎年の均平・代掻作業、移植栽培、農器具を使った除草等を特徴とする）の内陸低湿地での有効性は徐々に認識されつつある。西アフリカを代表してガーナ国において、東アフリカを代表してエチオピア国において行った圃場での有効性検証のための実証調査を通じ、この技術をマニュアルにまとめた。ガーナ国アシャンテ州アファリ圃場では、伝統的稲作の収量 2.0ton/ha に対し、2011 年にアジア型水田稲作で 4.2ton/ha を達成した。マニュアルには図版を多用し、普及に適したものとしており有用性が高い。今後、アジア型水田稲作に取り組むアフリカ諸国、特に現在天水に依存している低湿地水田（CARD によれば現在の面積は約 450 万 ha）での活用が期待される。

【成果の内容・特徴】

1. アフリカにおける稲作の発展のためには、アジア型水田稲作は有効な技術である。ただし、用水環境、品種、栽培技術の三者が総合的に整備される必要があることから、水利条件の異なる複数の実証圃場を選定し技術の実証を行った。実証した技術の内容は、圃場選定の考え方、受益農家の選定と組織化、耕耘機（又は役牛）の適切な利用方法、小規模取水施設、用水路・排水路や畦畔の設置、圃場均平・代掻き（図 1 参照）、移植（図 2 参照）、適切な除草・施肥管理、収穫後の管理（ポスト・ハーベスティング）等である。
2. これらの水田整備技術、稲作栽培技術を実証調査の結果を反映しマニュアルとしてまとめた。マニュアルは、(1) 前書き、(2) 圃場の選定、(3) 農民組織、(4) 圃場整備、(5) 稲栽培、(6) 耕耘機の利用、(7) 添付資料の 7 章からなっている（表 1 参照）。
3. 今までアフリカにおける水田の圃場整備のマニュアルはなかった。地形・水資源の条件によって異なる圃場整備を的確に行うため、水資源量、地形の傾きによって、(a) 堰・水路型、(b) ウォーター・ハーベスティング型、(c) 用排分離型に 3 分類するなどの計画技術や、完成後の施設の維持管理・補修技術を盛り込む等、計画から維持補修までの一連の技術が一冊にまとめられている。また、作業の流れ図（図 3 参照）を使うなど図版を多用しているので、普及員等は、アジア型水田の開発（1 年目）と水田稲作（2 年目以降）を容易に理解できる。

【成果の活用面・留意点】

1. ガーナ国アシャンテ州では、実証調査圃場周辺農家が、既にアジア型水田稲作を実践している。
2. 本マニュアルはカラー印刷とし、普及員用として英語で作成した。今後、JIRCAS ホームページ（<http://www.jircas.affrc.go.jp/index.html>）に掲載するとともに、CARD 加盟諸国等の政府機関を通じて配布する。
3. 機械修理技術の程度に応じて、耕耘機等の基幹農機導入時期を見極める必要がある。

[具体的データ]



図1 マニュアル活用による代掻き・均平
(ガーナ国)



図2 マニュアル活用による移植
(ガーナ国)

表1 マニュアルの章構成とその内容

章	内 容
1. 前書き	(1) 背景, (2) 経緯, (3) 調査内容, (4) 条件
2. 圃場の選定	(1) 基礎調査, (2) 計画
3. 農民組織	(1) 農民の組織化, (2) 組織活動の必要性, (3) 組織活動のポイント, (4) 土地貸借契約
4. 圃場整備	(1) 開田, (2) 水路工事, (3) かんがい水路の勾配, (4) 水路工事の手順, (5) 水路工事の材料, (6) 田越しかんがい, (7) 排水路, (8) 取入口, (9) 分水工, (10) ため池, (11) 圃場整備, (12) かんがい施設の維持管理, (13) かんがい施設の補修
5. 稲栽培	(1) 稲作の基礎知識, (2) 栽培暦, (3) 圃場の準備作業, (4) 生育期, (5) 栄養生殖期, (6) 登熟期, (7) 収穫, (8) 収穫後管理, (9) 栽培上の問題点
6. 耕耘機の利用	(1) 耕耘機利用の効果, (2) 耕耘機の操作法, (3) 耕耘機のメンテナンス, (4) 農民組織による耕耘機の利用
7. 添付資料	土地貸借契約の事例, 耕耘機利用契約の事例 他

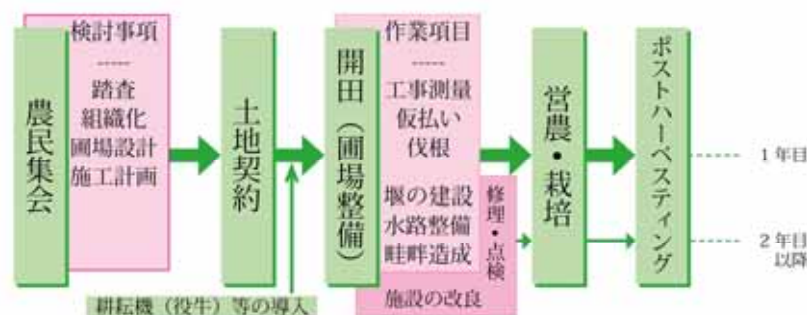


図3 圃場整備の流れ

[その他]

研究課題：稲作推進

プログラム名：B-1-II

予算区分：補助金〔農水省・農村振興局〕など

研究期間：2011 年度（2008～2011 年度）

研究担当者：藤本直也・大須賀公郎・成岡道男・森下賢己・廣瀬千佳子・河野尚由・早田茂一・
富久尾歩・山中勇・内村求（農工研）

発表論文等：Naoya FUJIMOTO et al. (2012): Manual for Improving Rice Production in Africa

http://www.jircas.affrc.go.jp/english/manual/ricemanual2012/ricemanual2012_index.html

【成果情報名】 サブサハラアフリカの水田土壌肥沃度向上に資する在来有機物資源

【要約】 サブサハラアフリカの稲作において、在来有機物資源を活用した土壌肥沃度改良技術を提案するため、ガーナ国を対象としてまずこれらの賦存量を明らかにする。ガーナにおける農業活動由来の在来有機資源の賦存量は、植物性・動物性合わせて窒素、リン酸、カリの肥料換算でそれぞれ年間数万トンあると見積もられた。これらの有機物資源のガーナ国内分布は、種類により顕著な地域特性を示した。

【キーワード】 アフリカ、水田、土壌肥沃度、有機物資源、CARD

【所属】 国際農林水産業研究センター 生産環境・畜産領域

【分類】 行政 B

【背景・ねらい】

サブサハラアフリカ地域では、元来土壌の肥沃度が低く、農業生産性が低迷している要因の一つとなっている一方、化学肥料は流通量が少なく高価であるため、小農にとって十分量を入手し利用するのは極めて困難な状況である。よって現地で安価に入手できる資源を用いて土壌肥沃度を改善し、農業の生産性を高めることが重要である。そこで、サブサハラアフリカ地域の稲作推進と CARD 目標に貢献するため、在来有機物資源を活用して水田土壌肥沃度を向上させる技術を提案する。本研究では、西アフリカ、ガーナ国における各種在来有機物資源の賦存量、肥料成分量、およびその分布を調査する。

【成果の内容・特徴】

1. ガーナ国の稲作に利用可能と考えられる農業活動由来の在来有機物資源として、各種家畜の糞尿、および作物残渣である稲わらや籾殻などが挙げられる。
2. 稲わらや籾殻などの作物残渣はノーザン州、ボルタ州、アッパーイースト州、ウエスタン州、イースタン州など低平で稲作が盛んな地域に多い（図1）。
3. ガーナ国内の稲作で産出される稲わらや籾殻等の残渣は年間で 430,000 トンであり、それらが含有する窒素・リン酸・カリ（N・P・K）三要素は、肥料換算してそれぞれ 2,530（N）、990（ P_2O_5 ）、5,460（ K_2O ）トンと見積もられる（表1）。
4. ガーナ国内における各種家畜の糞尿賦存量は牛由来が最も多く、次いで山羊由来の糞尿が多い。またそれぞれ地域性が認められ、牛および豚の糞尿はノーザン州、アッパーイースト州、アッパーウエスト州の北部地域に多く、鶏糞はアシャンティ州、大アクラ州などの大都市近郊に多い（図2）。
5. ガーナ国で生産される家畜糞尿を肥料換算すると、全畜種の合計で 80,500 トンの N、44,500 トンの P_2O_5 、および 59,200 トンの K_2O に相当する。なお、リンはどの畜種においても主に糞に含まれている（図3）。

【成果の活用面・留意点】

1. 統計はガーナ国農業省が公表している 2007 年の結果を用いた。また各資源中の肥料成分組成は、過去の文献に基づいている。
2. 在来の有機物資源の賦存量は地域性を有するため、利活用にあたっては地域で最適な資源を選択する。たとえば稲作の最も盛んなノーザン州において、水田に施用する肥料の推奨量のうち、窒素とリンの約 2 割、カリのほとんどに相当する量が稲残渣によって賄える。また家畜由来の有機物資源量の 5 分の 1 を肥料として利活用すれば、この州の水田への推奨施肥量の全量を賄うことができる。
3. 有機物資源を効果的かつ持続的に施用するためには、堆肥化等の加工処理技術の開発が必要である。
4. 有機物資源には、管理が比較的困難な放牧家畜の糞尿などの資源も含まれ、その活用には収集法および施用場所への移動法などの検討が必要である。
5. ガーナ国内には調査した資源以外にも、人糞尿・オガクズ・ヤシ殻等の有用な有機物資源が確認されており、賦存量や利用方法の検討が必要である。

[具体的データ]

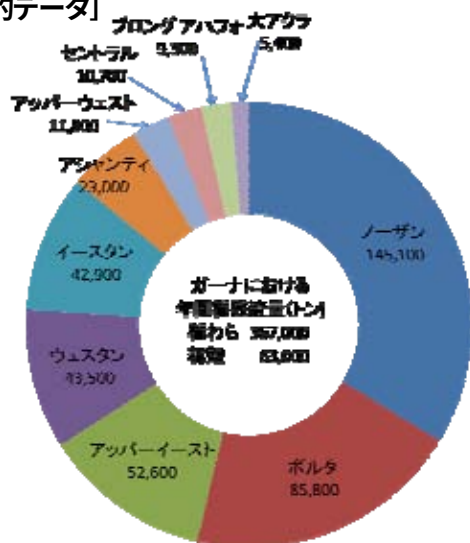


図1 ガーナの稲作における州別稲残量
(Issaka ら、2010)

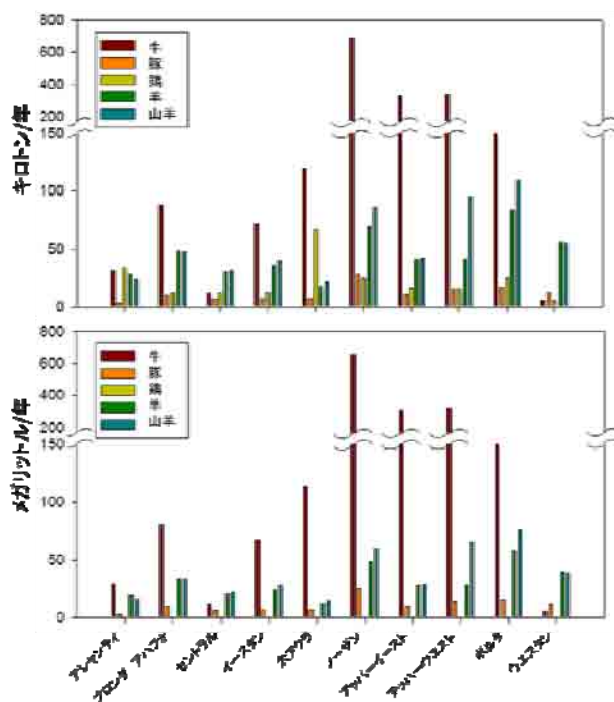


図2 ガーナにおける主要5畜種の家畜糞尿の
州別賦存量

[その他]

研究課題：稲作推進

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

予算区分：受託（農水省大臣官房国際協力課）「アフリカにおける土壌肥沃度改善検討調査」他

研究期間：2010年度（2009～2011年度）

研究担当者：飛田哲・Roland Issaka（ガーナ土壌研究所）・Moro Buri（ガーナ土壌研究所）・福田モンラウ
イー・中村智史

発表論文等：Issaka, R.N., Buri, M.M., Tobita, S., Nakamura, S., Owusu-Adjei (2011): Indigenous fertilizing materials to enhance soil productivity in Ghana, In "Soil Fertility", pp. 119-134, InTech Press, Rijeka, Croatia

表1 ガーナにおける各種有機資源に含まれる肥料成分（N、P、K）の賦存量（キログラム/年）

			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
植物性 有機資源	イネ	稲わら	1.8	0.6	5.1
		籾殻	0.7	0.4	0.3
小計			2.5	1.0	5.5
動物性 有機資源	牛	糞	20.7	31.6	8.9
		尿	21.1	0.2	23.6
	豚	糞	2.7	2.2	2.1
		尿	0.4	0.1	1.1
	鶏	糞	5.8	3.1	2.9
		尿			
	羊	糞	8.8	3.1	3.1
		尿	4.6	0.2	6.1
	山羊	糞	10.8	3.9	3.9
		尿	5.6	0.2	7.5
小計			80.4	44.5	59.2
総計			83.0	45.5	64.6

各資源の肥料成分量はそれぞれ Dobermann と Fairhurst (2002)、Buri ら(2004)、McCalla (1975)、Mahimairaja ら (2008)の組成に基づいて計算された。

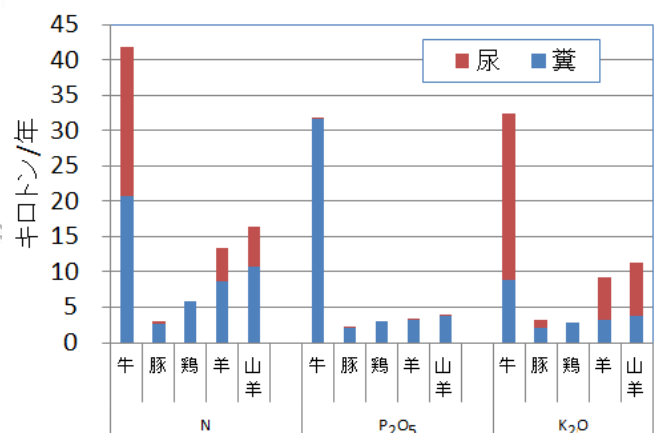


図3 ガーナにおける主要5畜種の家畜糞尿中の肥料成分（N、P₂O₅、K₂O）の賦存量

【成果情報名】 冠水中のイネの光合成活性を簡易に測定できる手法

【要約】 水中でのイネの葉の光合成活性状況をクロロフィル蛍光から把握する技術を開発し、冠水耐性を示すイネの選抜の簡便化を可能にする。

【キーワード】 イネ、冠水、クロロフィル蛍光、光合成、耐性評価

【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】

イネは完全冠水すると弱光と二酸化炭素量の不足により、光合成活性が低下して生育が悪化する。冠水中のイネの光合成活性は溶存酸素量から推定する方法などがあるが、その量は微量で測定は複雑なため、多数の品種のスクリーニングなどには適さない。一方、近年、葉緑体への光エネルギーの受容程度を示すクロロフィル蛍光から、光合成を推測する手法が開発され、イネの冠水抵抗性研究でも応用が試みられている。しかし、冠水したイネの葉のクロロフィル蛍光を直接的に測定した例はない。本研究では、イネの冠水耐性に影響を及ぼす冠水直後の光合成活性について明らかにする目的で、冠水中のイネのクロロフィル蛍光を直接的に素早く簡便に測定し、冠水がイネの生育に及ぼす影響を評価できる手法の開発を目指す。

【成果の内容・特徴】

1. Opti-Science 社 (USA) 製の携帯型パルス変調クロロフィル蛍光測定器 OS5p のプローブ部分を防水加工し、水中クリップでクロロフィル蛍光の測定に必要な葉面の暗条件を作り出し、順応後にセンサー部を挿入して、水中での葉のクロロフィル蛍光（パラメーターとして Fv/Fm）を短時間（数秒）で測定する（図 1）。
2. 冠水開始直後から感受性品種はクロロフィル蛍光が急激に減少する（図 2）。耐性品種は、感受性品種に比べてクロロフィル蛍光減少の始まりが遅い（図 2）。また 2 週間の冠水解除後では、耐性品種は、新葉においてクロロフィル蛍光が回復するが、感受性品種の新葉は冠水期間中に枯死する（図・表なし）。
3. 葉身のクロロフィル含量も、冠水後に感受性品種が耐性品種に比べて早く減少し、冠水中の葉のクロロフィル蛍光とクロロフィル含量の間には正の相関関係が認められる（図 3）。
4. 冠水中の葉のクロロフィル蛍光と葉緑素計で測定した SPAD 値の間には正の相関があり（図・表なし）、本機で測定した水中の葉のクロロフィル蛍光は葉緑体の傷害程度をよく表し、光合成の状態を直接的に反映している。冠水中で葉緑体の傷害を抑えることは、冠水耐性の向上に貢献する。

【成果の活用面・留意点】

1. 冠水中の葉のクロロフィル蛍光は、イネの冠水抵抗性の指標として利用できる。
2. 本機器の利用によって、非破壊で水中の光合成活性程度を簡易に推定することが可能で、冠水抵抗性イネの品種改良や選抜にも効果的に利用されることが期待される。また、同一個体を継続的にモニタリングすることも可能となる。
3. 本研究成果をプレスリリースし、2011 年 11 月 15 日付の日本化学工業新聞（「光合成能力測定に成功。耐性品種育種に有望技術」）、同 11 月 18 日付の日経産業新聞（「冠水イネの光合成測定」）にそれぞれ掲載されている。

[具体的データ]

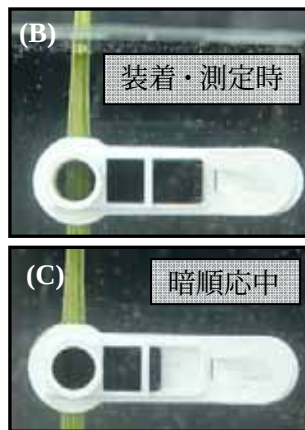
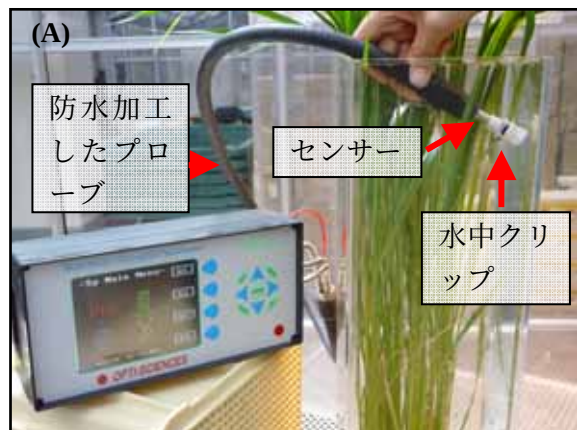


図 1 水中の葉のクロロフィル蛍光の測定システム

(A) プローブ部分を防水加工したクロロフィル蛍光測定器 085p (Opti-Science 社製) を使った水中の葉の測定例 (B) 水中クリップ、測定時の状態 (C) 水中クリップ、暗順応中 (30 分) の状態。クリップ付属の黒板をスライドさせることで葉が暗順応させる。

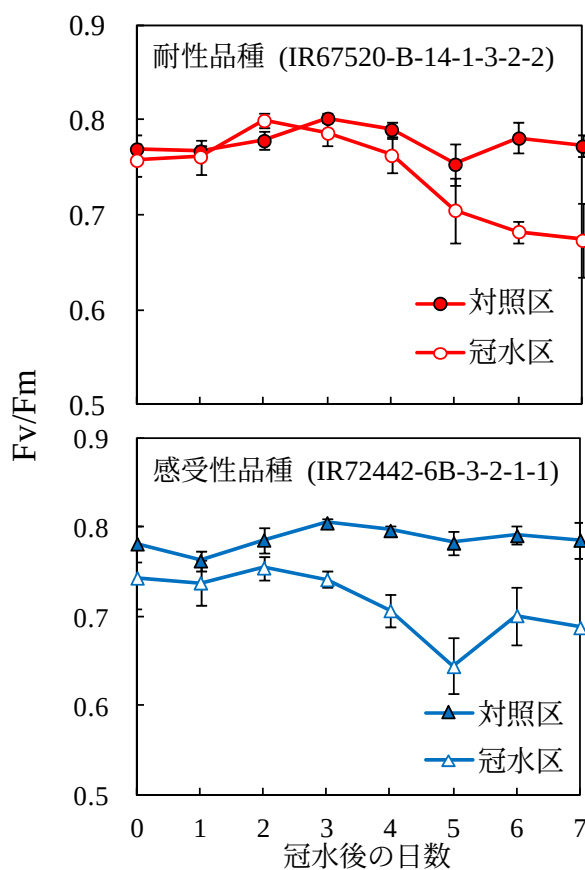


図 2 冠水中の Fv/Fm の推移

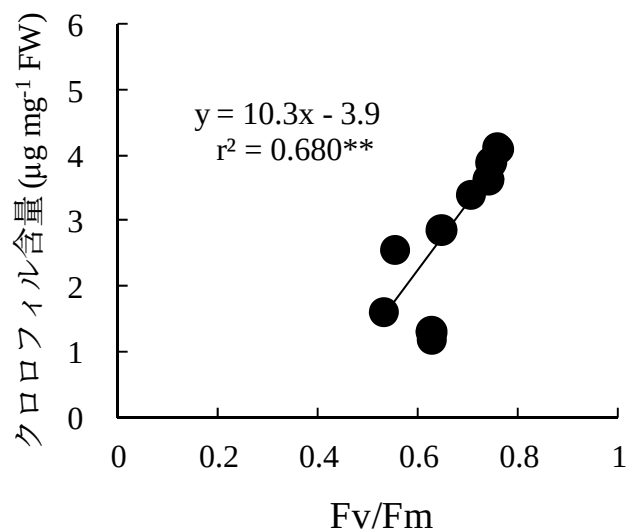


図 3 冠水したイネの葉身のクロロフィル含量と Fv/Fm の関係

図中のシンボルは、耐性品種および感受性品種の異なる時期の測定データ。

[その他]

研究課題：アフリカの氾濫低湿地における低投入稲作技術体系の開発

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]

研究期間：2011 年度 (2011～2015 年度)

研究担当者：坂上潤一

発表論文等：Sone et al. (2012) J. Agron. Crop Sci 198(2):152-160

【成果情報名】 イネ・ダイズ等の低温及び乾燥環境下における主要転写経路の同定

【要約】 マイクロアレイを用いてイネ、ダイズ、シロイヌナズナの低温及び乾燥誘導性遺伝子を同定した。さらに網羅的にプロモーター解析を行い低温及び乾燥誘導性プロモーターに保存されているシス因子を同定して、主要転写経路を明らかにした。

【キーワード】 シス因子、主要転写経路（低温・乾燥）、イネ、ダイズ、シロイヌナズナ

【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】

環境劣化や異常気象に適応できる植物の研究は、農業及び環境問題において重要な課題になっている。本研究では、効率的に多くの遺伝子を制御できる形質転換植物を作出するために、イネ、ダイズ、シロイヌナズナにおける低温及び乾燥応答性遺伝子をマイクロアレイで同定し、さらに網羅的なプロモーター解析を行い低温及び乾燥誘導性プロモーターに保存されているシス因子を同定して主要転写経路を明らかにすることを目的とした。

【成果の内容・特徴】

1. イネマイクロアレイを用いた網羅的な遺伝子発現解析では、低温(10℃)及び乾燥誘導性遺伝子は 4,022 及び 4,632 個同定され、発現が抑制される遺伝子は 4,704 及び 5,189 個同定される。様々なダイズ品種の網羅的な遺伝子発現解析をするために、新規ダイズマイクロアレイを作製した。新規ダイズマイクロアレイを用いた解析では、低温(4℃)及び乾燥誘導性遺伝子は、5,993 及び 4,433 個同定され、発現が抑制される遺伝子は 6,350 及び 5,098 個同定される。
2. ゲノム情報をもとにしたイネ、ダイズ、シロイヌナズナの機能分類では、低温環境下ではヘリケース遺伝子群、乾燥環境下では Dehydrin と Late embryogenesis abundant (LEA) 遺伝子群の発現が特徴的に増加し、光合成関連遺伝子群の発現が特徴的に減少する（図 1）。
3. 網羅的なシス因子の頻度解析では、イネの低温誘導性プロモーターには Abscisic acid-responsive element (ABRE)と新規のシス因子、ダイズには ABRE、Dehydration-responsive element (DRE)、representative coupling element3 (CE3)、シロイヌナズナには DRE、Evening element (EE)、ABRE、の顕著な保存性が確認される。イネ、ダイズ、シロイヌナズナの乾燥誘導性プロモーターには ABRE、Gbox、CE3 の顕著な保存性が確認される（図 2）。
4. 低温環境下におけるイネ、ダイズ、シロイヌナズナにおける主要転写経路はそれぞれの植物種で異なるが、乾燥環境下における転写経路は類似し、ABRE を介した転写経路が主要である。
5. 乾燥環境下における主要転写経路が ABRE を介していることが明らかになったため、ABRE に結合する ABRE 結合転写因子(AREB) を利用した乾燥耐性作物の作出が効果的であることが示唆される。

【成果の活用面・留意点】

1. イネ及びダイズの低温及び乾燥誘導性遺伝子を制御する主要なシス因子が同定されたため、有用な低温及び乾燥誘導性プロモーター選抜に利用できる。
2. イネとダイズでは、AREB が効率的に多くの耐性遺伝子を制御できると示唆されたため、ストレス耐性形質転換植物の開発における有用遺伝子として有効と考えられる。

[具体的データ]



図1 低温及び乾燥応答性遺伝子の機能分類

イネ、ダイズ、シロイヌナズナの低温及び乾燥応答性遺伝子をマイクロアレイで同定して、27種類の機能に分類した。赤は増加割合、青は減少割合を示している。色が濃いほど割合は多い。低は低温、乾は乾燥を示す。

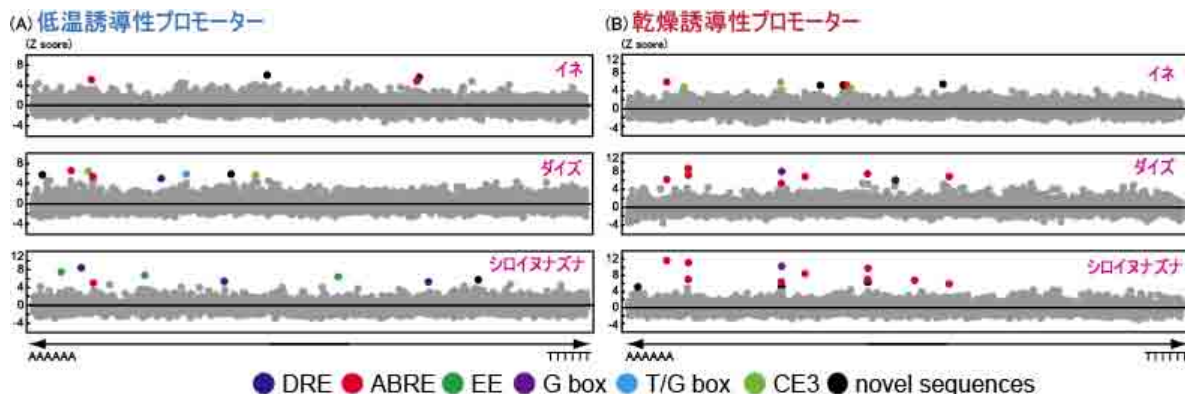


図2 低温及び乾燥誘導性プロモーターにおけるシス因子の頻度分布

青は DRE、赤は ABRE、紫は Gbox、水色は T/Gbox、黄緑は CE3、黒は新規配列を示す。y 軸は Z-score、x 軸は 4096 種類の塩基配列を示す。(A)は低温誘導性プロモーター、(B)は乾燥誘導性プロモーターにおけるシス因子の頻度分布を示した。

[その他]

研究課題：環境ストレス耐性作物の作出技術の開発

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

予算区分：交付金 [環境ストレス耐性]

研究期間：2011 年度 (2011～2015 年度)

研究担当者：圓山恭之進・篠崎和子

発表論文等：Maruyama et al. (2011) DNA Research (2012) 19: 37-49

【成果情報名】 AZF1 と AZF2 タンパク質は乾燥や塩ストレス下の植物の生長を制御している

【要約】 シロイヌナズナの環境ストレス誘導性ジンクフィンガー型転写因子をコードする *AZF1* および *AZF2* 遺伝子を過剰発現させた植物体は矮化する。これらの転写因子は乾燥や塩ストレス下における植物の生長制御において重要な役割を担うと考えられる。

【キーワード】 転写因子、乾燥、塩ストレス、生長制御、シロイヌナズナ

【所属】 国際農林水産業研究センター 生物資源・利用領域

【分類】 研究 A

【背景・ねらい】

植物は干ばつや高塩濃度などの環境ストレスにさらされると、多くの遺伝子群の働きを調節することにより、生長や発達を制御して環境の変化に適応する。環境ストレス耐性を付与した植物の作出において、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と、植物体に生育阻害を生じることが報告されているが、環境ストレス下で植物が生長を抑制する機構は解明されていない。本研究は、シロイヌナズナの環境ストレス誘導性ジンクフィンガー型転写因子の機能を解析することにより、乾燥、塩などの浸透圧ストレス下における植物の生長制御機構の解明を目指したものである。

【成果の内容・特徴】

1. シロイヌナズナの C2H2 型ジンクフィンガータンパク質をコードする *AZF1* と *AZF2* 遺伝子は、乾燥や塩などの浸透圧ストレス、および植物ホルモンであるアブシシン酸により発現が誘導される。
2. 植物体において *AZF1* および *AZF2* タンパク質は細胞の核に局在している。これらのタンパク質の非ストレス時の蓄積は主に根で確認され、*AZF2* は塩ストレスにより葉でも蓄積する。
3. *AZF1* や *AZF2* 遺伝子を恒常的に発現した形質転換体の作出は非常に困難であるため、外部刺激によりそれぞれの遺伝子を一過的に発現誘導することが可能な形質転換シロイヌナズナを作製し、発現誘導後の植物体の生育を観察すると、形質転換用ベクターのみを導入した対照の植物と比較して葉の形態異常を示し、顕著に矮化する（図 1）。
4. *AZF1* および *AZF2* 遺伝子をそれぞれ一過的に過剰発現させた形質転換体は、塩ストレスに対して高感受性を示す。
5. 形質転換体における遺伝子の発現パターンを調べると、*AZF1* および *AZF2* 遺伝子の過剰発現体では、アブシシン酸のシグナルにより発現量が減少する多くの遺伝子の発現が抑制される。
6. *AZF1* と *AZF2* タンパク質は、植物の細胞伸長への関与が示唆されるオーキシン早期応答性遺伝子である *SAUR* のプロモーター領域に直接結合して遺伝子発現を抑制する（図 2）。

【成果の活用面・留意点】

1. シロイヌナズナの *AZF1* と *AZF2* は、乾燥や塩ストレス下における植物の生長抑制に深く関与しており、環境ストレス下の植物の生長を人為的に制御する技術開発への応用が期待される。
2. シロイヌナズナの *AZF1* や *AZF2* と、イネやダイズなど他の植物におけるそれらに類似したタンパク質の働きについて検証することが必要である。

[具体的データ]

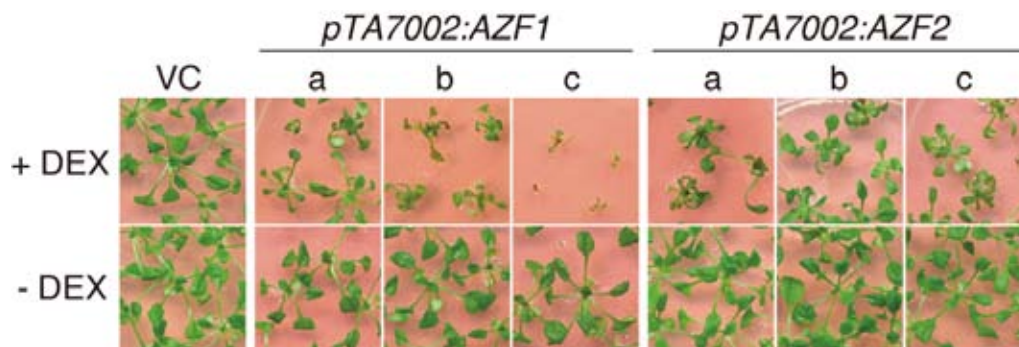


図1 AZF1 および AZF2 遺伝子の過剰発現を誘導した形質転換シロイヌナズナの生育
AZF1 の形質転換体 *pTA7002:AZF1* の3系統 (a、b、c) と、AZF2 の形質転換体 *pTA7002:AZF2* の3系統 (a、b、c)、ならびに形質転換用ベクターのみを導入した対照 (VC) を、デキサメタゾン (DEX) 処理により導入遺伝子の発現を誘導した条件 (+ DEX) および発現を誘導していない条件 (- DEX) で、播種後2週間、生育させた。

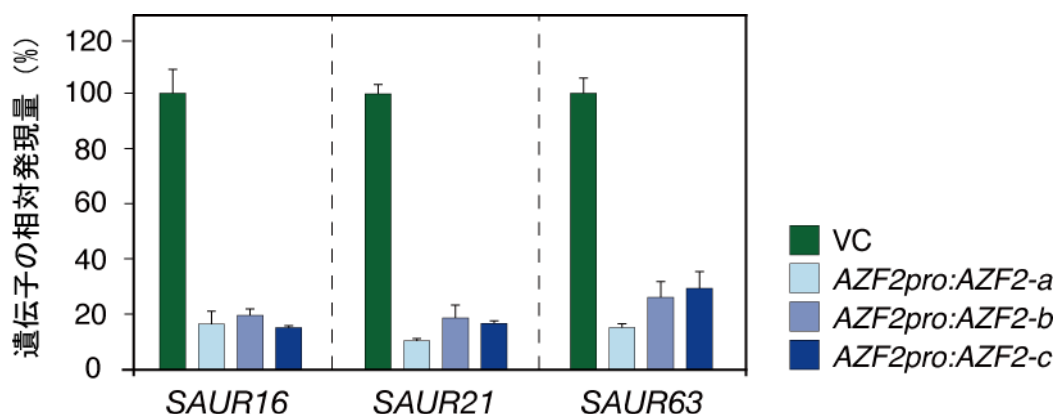


図2 AZF2 遺伝子の過剰発現により発現が減少した SAUR 遺伝子
AZF2 遺伝子を過剰発現した形質転換体 *AZF2pro:AZF2* の3系統 (a、b、c) を塩化ナトリウム (200 mM) を含む培地で生育させ、各 SAUR 遺伝子の発現量を定量 RT-PCR 法により解析した。形質転換用ベクターのみを導入した対照 (VC) の植物における各遺伝子の発現量を 100 とした。

[その他]

研究課題：環境ストレス耐性作物の作出技術の開発

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

予算区分：交付金 [環境ストレス耐性]

研究期間：2011 年度 (2011～2015 年度)

研究担当者：小平憲祐・圓山恭之進・藤田泰成・篠崎和子

発表論文等：Kodaira et al. (2011) Plant Physiol 157, 742-756

【成果情報名】 ダイズさび病抵抗性遺伝子の集積系統

【要約】 3つのダイズさび病抵抗性遺伝子を集積した系統は病原性の強いブラジル産のダイズさび病菌に対して高度の抵抗性を示す。この抵抗性系統と各遺伝子に隣接する DNA マーカーを利用して、戻し交配により既存の品種に抵抗性遺伝子を導入することができる。

【キーワード】 ダイズさび病、抵抗性遺伝子、DNA マーカー、マーカー選抜育種、育種素材

【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半分以上を輸出するため、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障害要因となっている。既知の抵抗性遺伝子を集積することによって得られる抵抗性を明らかにし、マーカー選抜育種に利用できる抵抗性遺伝子の集積系統を育種素材として開発する。

【成果の内容・特徴】

1. 3つのダイズさび病抵抗性遺伝子 *Rpp2*、*Rpp4*、*Rpp5* が分離する F₂ 集団では、強病原性ブラジル産ダイズさび病菌（さび病菌群 BRP-2）に対して、それぞれの遺伝子が異なる抵抗性を発揮する（図 1）。また 3つの遺伝子間には相互作用が検出される。
2. 上記集団から育成した 3 遺伝子を全て抵抗性型ホモに持つ系統 No6-12F3-1 では、抵抗性遺伝子の元となる 3 品種、PI230970(No.3, *Rpp2*)、PI459025(Bing Nan, *Rpp4*)、PI200487(Kinoshita, *Rpp5*) や *Rpp2* と *Rpp4* の 2 遺伝子をホモに持つ系統と比較して、ダイズさび病菌（さび病菌群 BRP-2 および単病斑分離菌系 BRP-2.1、BRP-2.5、BRP-2.6、BRP-2.49）の孢子堆や孢子の形成が極めて抑制される（図 2）。
3. この抵抗性系統と感受性品種との交配後代において 3つの遺伝子の有無は隣接するマーカーによって判定できる。

【成果の活用面・留意点】

1. 抵抗性遺伝子の両側に連鎖する DNA マーカーを利用して 3つの抵抗性遺伝子を戻し交雑により感受性の品種等に導入することができる。
2. 選抜マーカーと抵抗性遺伝子間の組換え等により 3遺伝子を同時に保有する個体の頻度は理論値よりも低いため、より多くの交配種子を確保する必要がある。
3. 反復親によっては、隣接する複数のマーカーから多型を示す選抜マーカーを選定しなければならない。
4. 抵抗性遺伝子は、導入する品種の遺伝的背景と病原菌のレースによって発揮する抵抗性の程度が異なるため、図 2 と同程度に強い抵抗性を発揮するとは限らない。

[具体的データ]

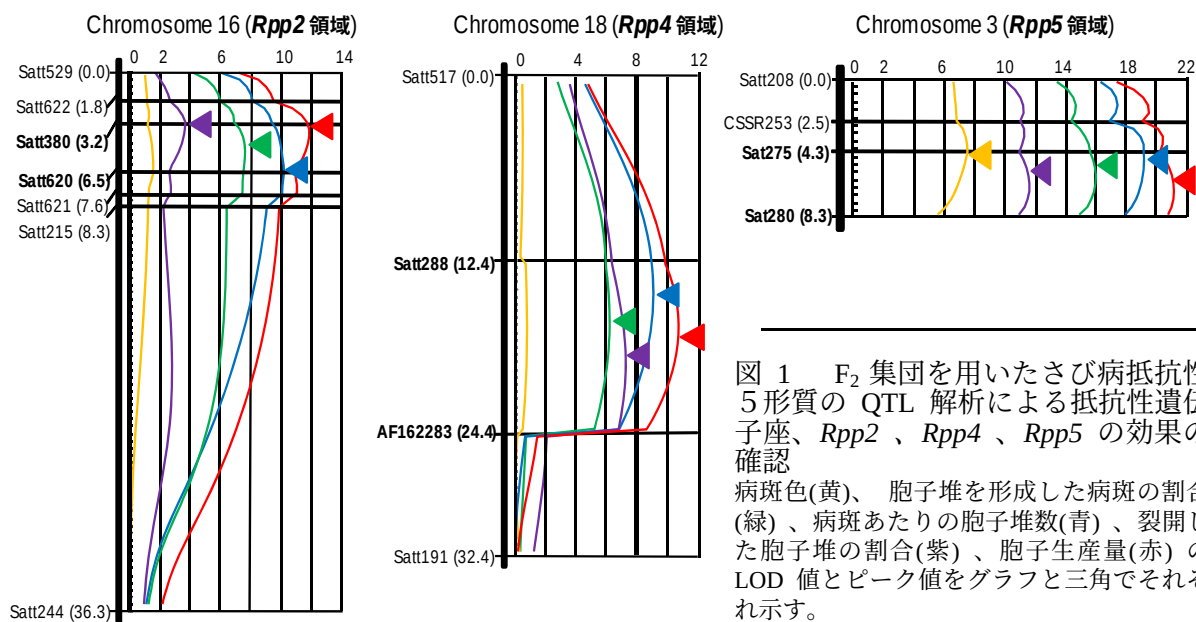


図 1 F₂ 集団を用いたさび病抵抗性 5 形質の QTL 解析による抵抗性遺伝子座、*Rpp2*、*Rpp4*、*Rpp5* の効果の確認

病斑色(黄)、胞子堆を形成した病斑の割合(緑)、病斑あたりの胞子堆数(青)、裂開した胞子堆の割合(紫)、胞子生産量(赤)の LOD 値とピーク値をグラフと三角でそれぞれ示す。

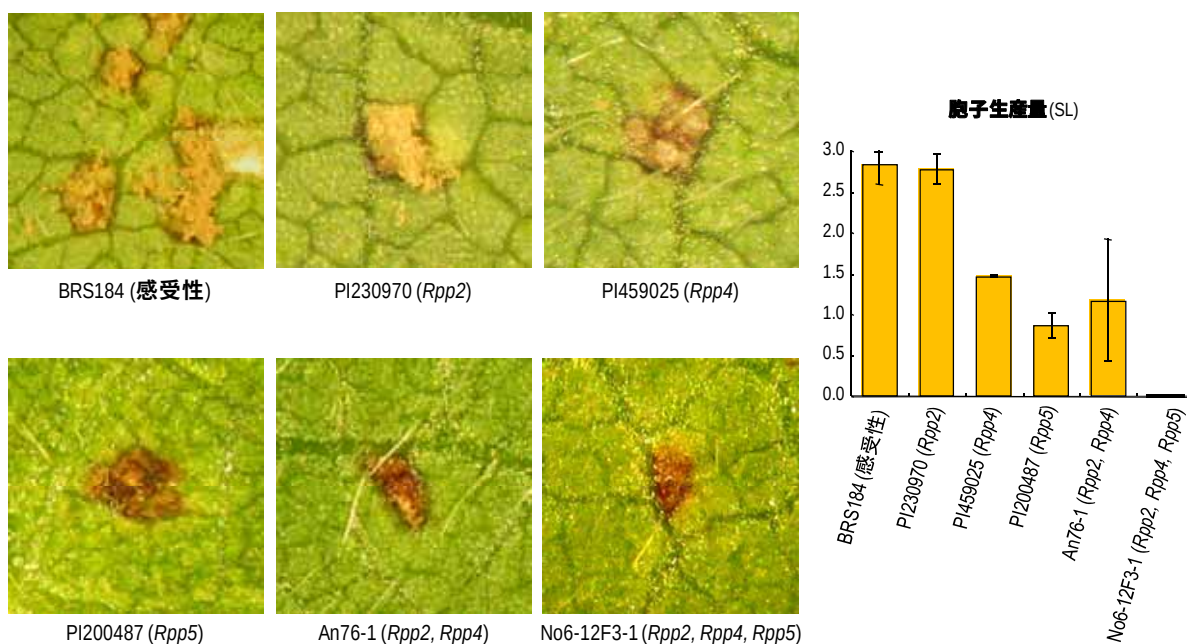


図2 抵抗性遺伝子 *Rpp2*、*Rpp4*、*Rpp5* を有する品種とそれらを集積した系統のさび病斑と胞子生産量 ブラジル産強病原性のさび病菌 BRP-2 の接種による。

[その他]

研究課題：食料供給安定・生産向上を目指した畑作物育種技術の開発

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 [畑作物安定供給]

研究期間：2011 年度（2010～2015 年度）

研究担当者：山中直樹・Noelle Giacomini Lemos（JIRCAS 国際招へい研究員）

発表論文等：1) Lemos et al. (2011) Euphytica 182(1):53-64

2) Yamanaka et al. (2011) JARQ 45(4):385-395

【成果情報名】 熱帯の天水田向きいもち病抵抗性に関するインド型マルチライン稲品種

【要約】 イネ品種IR49830-7-1-2-2の遺伝的背景を持つ8種のいもち病抵抗性遺伝子を対象として育成した準同質遺伝子系統群は、熱帯地域に適応したインド型マルチライン（多系）品種として利用できる。

【キーワード】 イネ、インド型、マルチライン品種、いもち病抵抗性、IR49830-7-1-2-2

【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】 技術 B

【背景・ねらい】

イネの生産において農薬の利用を少なくするため、遺伝的多様性を利用したいもち病害に対する新しい防除技術を開発する。このため熱帯地域の天水田を対象とした、インド型の遺伝的背景をもつマルチライン(多系)稲品種を育成する。

【成果の内容・特徴】

1. 国際稲研究所（IRRI）との共同研究で育成した準同質遺伝子系統群は、熱帯地域に適応した、世界で初めてのインド型品種の遺伝的背景を持つマルチライン品種として利用できる。
2. これらは、天水田向けインド型品種IR49830-7-1-2-2の遺伝的背景に、8種のいもち病抵抗性遺伝子（*Pik*, *Pi7(t)*, *Pi3*, *Pi5*, *Pita-2*, *Piz-5*, *Pi9*, *Pish*）を個々に導入した9種の準同質遺伝子系統から構成される。
3. IR49830-7-1-2-2の遺伝的背景には、5種のいもち病抵抗性遺伝子（*Pia*, *Pib*, *Pik-s*, *Pita*, *Pi11(t)*）を有する（図1）。
4. 育成した準同質遺伝子系統は、IR49830-7-1-2-2の遺伝的背景と新規に導入した抵抗性遺伝子の組み合わせさせた反応を、標準判別いもち病菌菌系群に対して示す。
5. 育成系統は、IRBLに続き、導入遺伝子、同遺伝子の供与親品種、天水田向け品種の遺伝的背景（Rainfed lowland: RL）を、それぞれの略号で命名されており、たとえば*Pik*の遺伝子(k)をクサブエ（Ku）という品種から導入した系統名は、IRBLk-Ku[RL]となる。

【成果の活用面・留意点】

1. IR49830-7-1-2-2の9種の準同質遺伝子系統群は、インド型の遺伝的背景をもつマルチライン品種として熱帯地域の天水田に適する。
2. 複対立遺伝子あるいは近傍に位置する遺伝子を導入した系統では、IR49830-7-1-2-2の元の遺伝子である*Pik-s*は*Pik*と*Pi7(t)*に、*Pita*は*Pita-2*にそれぞれ組み換っている。
3. IR49830-7-1-2-2は冠水耐性遺伝子（*Sub1*）を有するが、IRBL5-M[RL]は冠水耐性が弱く、第9染色体短腕端部に位置する*Sub1*が同染色体領域に座乗するいもち病抵抗性遺伝子*Pi5*と組み換っている。
4. これらの系統は、IR49830-7-1-2-2の背景のものも含めて、少なくとも6種以上のいもち病抵抗性遺伝子をそれぞれ有しており、遺伝子資源としても利用できる。
5. 本マルチラインの導入のためには、農家圃場レベルでの準同質遺伝子系統群の混合栽培による実証試験を行い、多様性を利用することによるいもち病害の軽減に対する効果を確認していく必要がある。

[具体的データ]

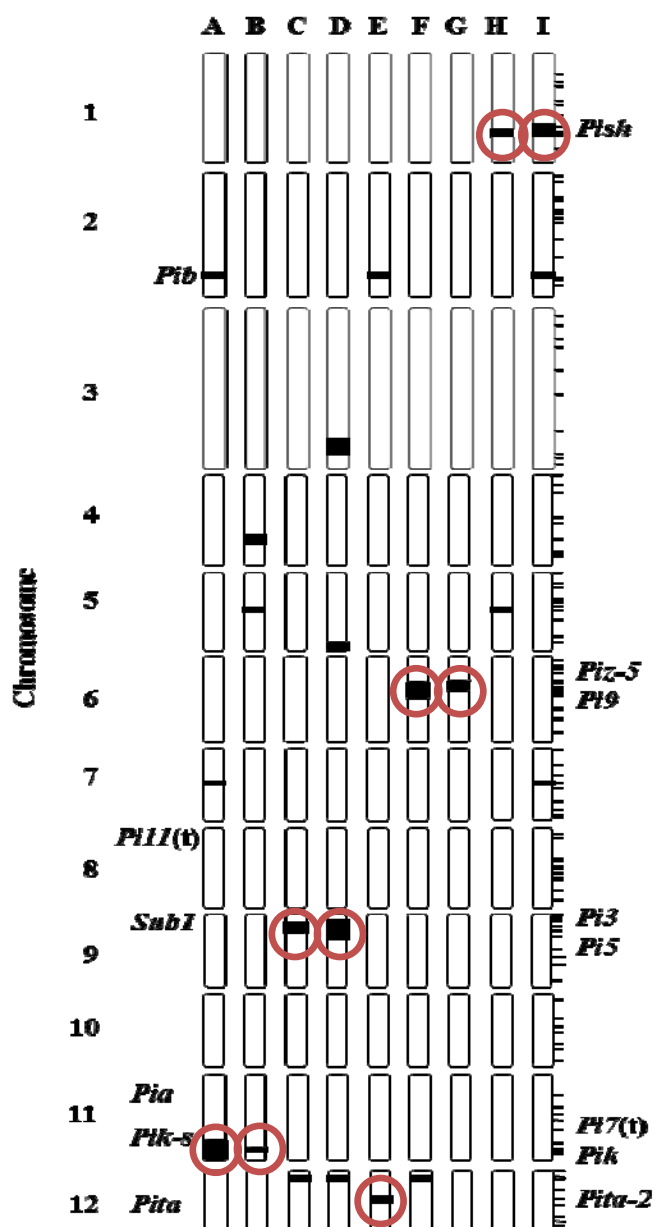


図1 IR49830-7-1-2-2 の遺伝的背景を持つ 9 種の準同質遺伝子系統のグラフィカルゲノタイプ

黒く示された領域は、抵抗性遺伝子供与親からの導入染色体断片。

赤丸の染色体領域に対象抵抗性遺伝子が座乗する。

染色体左側の遺伝子名は戻し交配親 (IR49830-7-1-2-2) の遺伝的背景にある抵抗性遺伝子あるいは冠水耐性遺伝子。

右側は新たに準同質遺伝子系統に導入したもの。

1-12 は染色体番号

- A: IRBLk-Ku[RL]
- B: IRBL7-M[RL]
- C: IRBL3-CP4[RL]
- D: IRBL5-M[RL]
- E: IRBLta2-Pi[RL]
- F: IRBLz5-CA[RL]
- G: IRBL9-W[RL]
- H: IRBLsh-T[RL]
- I: IRBLsh-Fu[RL].

[その他]

研究課題： いもち病抵抗性の判別、多系品種群の開発と普及

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

予算区分： 交付金 [イネ創生]、日本-IRRI共同研究プロジェクト研究

研究期間： 2011年度 (2011~2015年度)

研究担当者： 福田善通・小出陽平・柳原誠司・小林伸哉 (作物研)・加藤浩 (作物研)・井辺時雄 (九州・沖縄農研セ)・常松浩史 (作物研)・Leodegario A. Ebron (IRRI)・Mary Jeanie Telebanco-Yanoria (IRRI/JIRCAS)・丸山幸夫 (筑波大学)・横尾政雄 (筑波大学)

発表論文等： Koide et al. (2011) Field Crops Research 123: 19-27

〔主要普及成果〕 ラオスにおけるテナガエビの生活史特性に基づいた資源管理手法

〔要約〕 ルアンプラバン県におけるテナガエビ *Macrobrachium yui* の生活史に関する野外調査の結果、雌は洞窟河川へ遡上し、その内部で主に 7 月から 8 月にかけて繁殖するとみられる。その生態的特性に基づき現地住民及び行政とともにテナガエビ漁の禁漁期を設定し資源管理を実施する。

〔キーワード〕 テナガエビ、生活史、洞窟、資源管理、住民参加

〔所属〕 国際農林水産業研究センター 水産領域

〔分類〕 主要普及成果（行政 A）

〔背景・ねらい〕

インドシナ半島内陸部に位置するラオスにおいては数多くのテナガエビ類が生息し、水産資源として積極的に利用されている。中でも、ラオス北部に生息するテナガエビは、観光地でも高級食材として高値で取引され、地元住民にとって重要な現金収入源となっている。しかし、近年、乱獲や河川環境の悪化などにより、テナガエビの漁獲量が激減し、大きな問題となっている。本研究では、本種の資源回復及び資源の持続的利用を実現するため、分類学的検討、回遊パターン、繁殖場所、繁殖時期及び初期生活史を明らかにし、資源管理手法の開発及び普及に資する。

〔成果の内容・特徴〕

1. ラオス北部で経済価値の高いテナガエビは形態的特徴から *Macrobrachium yui* と同定される。
2. テナガエビの体サイズ組成（幼生は除く）は生息流域によって異なり、洞窟河川では大型個体、本流河川では小型個体、そして森林河川では小型から大型個体まで幅広いサイズの個体が出現する（図 1）。これは、本種が成長段階に応じて生息水域を移動することを示している。
3. 抱卵雌は洞窟河川内部からのみ出現し、雌の生殖腺指数（生殖腺の発達度）は、7 月から 8 月にかけて大きく減少することから、雌はおもにこの期間中に洞窟河川内で産卵する（図 2）。
4. 流下幼生は、10 月から 5 月までの乾季の間、洞窟河川において出現し、すでに着底幼生に発達している（図 2）。室内飼育実験において本種の幼生は、ふ化後、浮遊幼生期を経て 1 ヶ月後に着底することから、洞窟河川内部でふ化した幼生は着底するまで約 1 ヶ月間そこに留まる。
5. テナガエビの資源回復及び持続的利用を図るため、生物学的特性（雌の抱卵数、繁殖する雌の数の季節的变化及び成長様式）に基づいた漁業モデルを作成し、洞窟河川における 8 月のテナガエビ漁の禁漁を軸とした漁業規則の原案（図 3）の効果を評価したところ、現時の漁獲による死亡率の最適値（資源を持続的に維持できて、漁獲生産がもっとも高くなる値）より約 3 倍漁獲圧が高い状態において、相対漁獲量は現在よりも約 30% 増加することが推定される（図 4）。

〔成果の活用面・留意点〕

1. 生活史特性に基づいて策定された漁業規則の原案及びその漁業モデル予測を現地行政部局に提示し、ラオス農林省漁業規約第 53 条に基づき、ルアンプラバン県パクシアン郡においてテナガエビ漁に関する漁業規則が制定され、2011 年 8 月から地方行政及び住民の主導で洞窟河川における 8 月のテナガエビ禁漁を開始している（図 5）。
2. 資源管理は成果が出るまでの住民のモチベーションを維持するのは難しい。毎年資源動態に関する情報を地域住民に周知させるとともに、モニタリング調査への住民参加もテナガエビの資源管理活動に対する住民の理解を得る上で重要である。

[具体的データ]

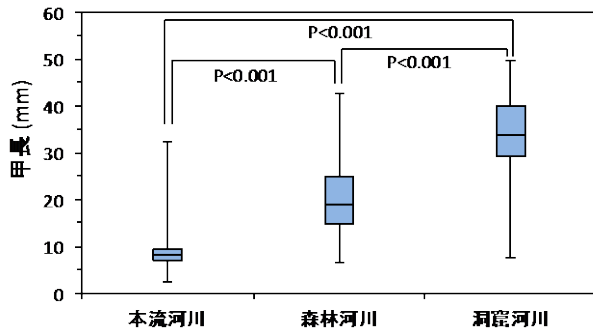


図1 テナガエビの生息場所間の体サイズ比較
(幼生は除く)

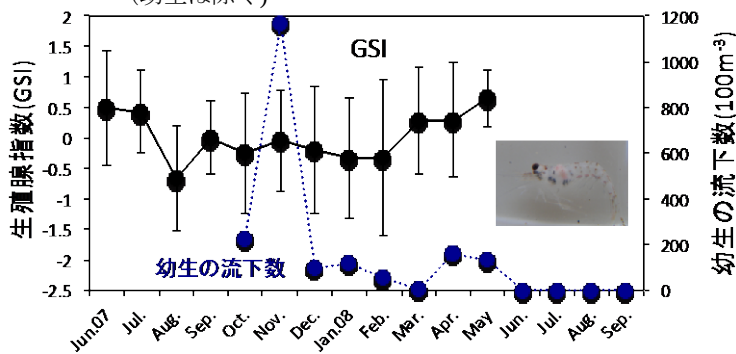


図2 雌の生殖腺指数と流下幼生数の月別変化
(図中写真: 洞窟河川から流下する着底幼生)

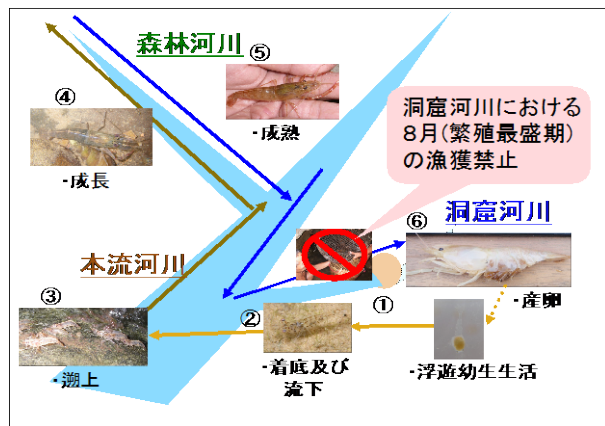


図3 テナガエビ *M. yui* の生活環と漁獲規制

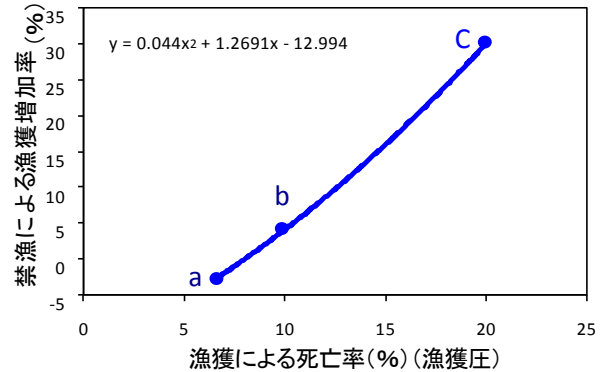


図4 8月に禁漁した場合の漁獲圧に対する
推定漁獲増加率

a: 現時における最適漁獲死亡 (6.6%), b: a の約
1.5 倍の漁獲死亡率 (10%), c: a の約 3 倍の漁獲
死亡率 (20%)



図5 テナガエビ漁獲規制に関する
新聞掲載記事

ビエンチャンタイムス平成 23 年 7 月 6 日付
けより

[その他]

研究課題: インドシナ農山村における農家経済の持続的安定性の確立と自立度向上

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

予算区分: 交付金 [インドシナ農山村]

研究期間: 2011 年度 (2006~2011 年度)

研究担当者: 伊藤 明 (JIRCAS)・花村 幸生 (水総研)・井口恵一朗 (水総研)・大森浩二 (愛媛大学沿岸環境科学研究センター)・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) Hanamura et al. (2011) Zootaxa, 3025: 1-35

2) Ito et al. (2011) Catch and Culture, 17, (2):24-27

【成果情報名】 乳酸発酵を用いた伝統的ビーフン製造技術の特徴

【要約】 中国の発酵型ビーフン製造工程には乳酸菌および酵母が関与している。原料インディカ米の発酵によって生成する乳酸は有害微生物の生育を抑制する。発酵過程で蓄積される乳酸や粘弾特性に負の影響を与える蛋白質・脂質の分解によってビーフンの品質が改善する。

【キーワード】 ビーフン、乳酸発酵、米粉、インディカ米、澱粉

【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】

中国南部や東南アジア地域で伝統的手法を用いて製造される発酵型ビーフンは、原料米の発酵によって粘弾特性が向上するが、一般には食品高分子を分解すれば粘弾特性は低下するはずである。伝統食品に隠された未知の加工手法の原理を解明するため、原料米の発酵に関与する微生物を明らかにし、発酵過程における高分子成分の挙動が発酵型ビーフンの粘弾特性に及ぼす影響を明らかにする。

【成果の内容・特徴】

1. 中国湖南省常德市の発酵型ビーフン工場3カ所においてインディカ米の天然発酵工程で検出される乳酸菌（170 検体）で主要なものは *Lactobacillus plantarum*（32 検体）であり、酵母（96 検体）で主要なものは、*Saccharomyces cerevisiae*（57 検体）である。
2. 発酵初期の段階で損傷澱粉や非晶質澱粉等の澱粉の一部が分解されて還元糖等が生成し、乳酸菌の生育が助長される。乳酸菌の生育に伴って蓄積される乳酸によって、大腸菌群等の有害微生物の生育が抑制される。
3. 原料米の発酵により、相対的なアミロース含量や還元糖が増加する一方、損傷澱粉・蛋白質が減少する。脂質含量も減少する傾向がある（表1）。
4. 未発酵の原料米をトリプシン（蛋白質分解酵素）処理、リパーゼ（脂質分解酵素）処理、乳酸（pH4.0）浸漬処理すると、最大引張強度は減少するが最大引張変位が増加し（図1）、滑らかで適度な弾力を持つビーフンが調製される。原料米に含まれる蛋白質や脂質はビーフンの粘弾特性に負の影響を与える。
5. 未発酵の原料米から調製された米粉に発酵過程で蓄積するグルコースやマルトースを添加するとビーフンの粘弾特性は低下する。

【成果の活用面・留意点】

1. 原料米の乳酸発酵に際しては、原料米中の澱粉粒の分解を抑え、蛋白質や脂質を効率的に分解できる条件を検討する。
2. 原料米の発酵過程で蓄積するグルコースやマルトースはビーフンの粘弾特性に負の影響を与えるため、ビーフン調製に際しては低分子糖類を除去することが望ましい。
3. 発酵型ビーフンの調製には複数種の微生物が関与していることから、スターターの開発等、大腸菌群やカビ類等の増殖を抑制できる発酵条件を確立する必要がある。

[具体的データ]

表 1 原料米および天然発酵米の一般成分

		原料米	天然発酵米					
			工場 A		工場 B		工場 C	
米粒	総澱粉 (%)	89.1 ± 0.9 ^a	90.3 ± 1.1 ^a	90.7 ± 0.2 ^a	89.9 ± 0.7 ^a			
	アミロース (%)	20.6 ± 0.7 ^a	21.6 ± 0.3 ^b	21.1 ± 0.6 ^b	21.9 ± 0.5 ^b			
	損傷澱粉 (%)	2.84 ± 0.13 ^b	0.43 ± 0.31 ^a	0.57 ± 0.22 ^a	0.73 ± 0.17 ^a			
	還元糖 (%)	0.35 ± 0.01 ^a	3.11 ± 0.11 ^b	3.64 ± 0.2 ^b	3.77 ± 0.13 ^b			
	蛋白質 (%)	4.5 ± 0.3 ^b	3.6 ± 0.1 ^a	3.9 ± 0.2 ^a	3.2 ± 0.6 ^a			
	脂質 (%)	0.9 ± 0.1 ^a	0.7 ± 0.1 ^a	0.6 ± 0.3 ^a	0.7 ± 0.2 ^a			
浸漬液	還元糖 (g/l)	0.12 ± 0.01 ^a	3.50 ± 0.03 ^b	3.47 ± 0.11 ^b	4.09 ± 0.07 ^b			

異なるアルファベットは 5%水準で有意差あり。

試料は、湖南省常德市の発酵型ビーフン工場 3 カ所から入手。同一の原料米と水道水を用いている。

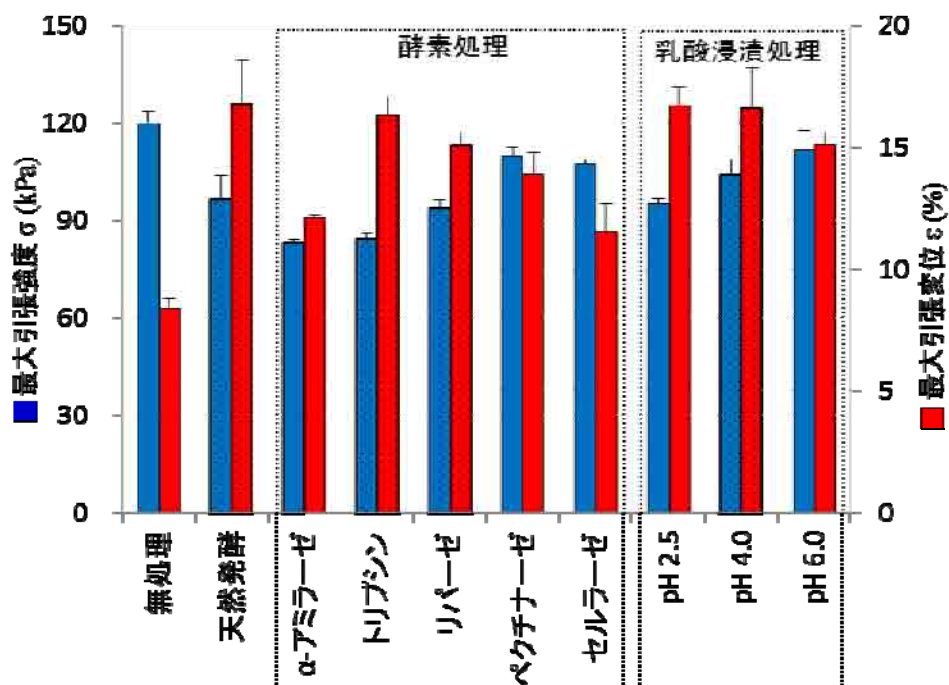


図 1 各種酵素処理、乳酸浸漬処理した原料米から調製される、ビーフンの引張試験

原料米を天然発酵すると、引張強度が減少するが引張変位が大きく増加し粘弾特性が向上する。これはトリプシン、リパーゼ、乳酸 (pH4.0) 浸漬による効果と考えられる。除蛋白処理 (アルカリ浸漬) や脱脂処理 (石油エーテル浸漬) でも同様の効果がある。

[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、農山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：2011 年度 (2011～2015 年度)

研究担当者：辰巳英三・齋藤昌義・神山かおる (食総研)・魯戦会 (中国農大)・李里特 (中国農大)

発表論文等：1) Lu et al. (2008) J. Appl. Microbiol. 105(3):893-903

2) Lu et al. (2008) J. Sci. Food Agric. 88(12):2134-2141

【成果情報名】 酵素投入コスト削減のためのセルロース分解酵素リサイクル利用法

【要約】 好熱嫌気性細菌が生産するセルロソームをリサイクルする方法及びその装置を開発した。この技術はセルロースから糖質を作るための糖化酵素を2回以上リサイクルする。従って、セルロース分解にかかる酵素コストを半分以上にできる。

【キーワード】 セルロース、セルロソーム、稲わら、*Clostridium thermocellum*、好熱嫌気性細菌

【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】 技術 A

【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。セルロソームの特徴は、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ことであり、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（リサイクル）することが可能である。これは個々の酵素が別々に働くカビ既存酵素と全く異なる特徴である。もし酵素が2回リサイクルできれば、単純に酵素に掛るコストを1/2に低減できることになる。そこで本研究では、バイオマスの糖化工程のコスト削減に貢献する酵素使用量の低減を目的に、セルロソームのリサイクル糖化条件の最適化や小規模リサイクル装置の開発を行った。

【成果の内容・特徴】

1. セルロソームの糖化能を向上させるためには好熱嫌気性細菌 *Thermoanaerobacter brockii* からのβ-グルコシダーゼ（CglT）の併用が必要である。そこでセルロソームに適したβ-グルコシダーゼもリサイクル可能にするために、セルロソームの有するセルロース結合ドメイン（CBM）を融合させたCBM融合β-グルコシダーゼ（CBM-CglT）を遺伝子組換えにより創製した（図1）。
2. セルロソーム及びCBM-CglTのリサイクル利用方法は、酵素2mg、CBM-CglT 5U (0.5mg)を使用し、セルロース基質1%（w/v）により反応をスタートする。セルロース基質糖化後、再度新たなセルロース基質を投入し、セルロソーム及びCBM-CglTの持つCBMにより基質に再結合させる。基質を残し糖化液を回収後、再度緩衝液を同量加え糖化反応をスタートさせる（図2）。
3. 結晶セルロース及びアンモニア浸漬処理稲わら（28%アンモニア水で60℃、7日間）を用いたセルロソーム及びCBM-CglTのリサイクル利用において、基質1サイクルあたり1%（w/v）を使用し、酵素2mg、CBM-CglT 5Uの添加により、糖化率70%以上で結晶セルロースでは5回以上、またアンモニア浸漬処理稲わらでは4回継続することができる（図3）。
4. 上記リサイクルフローをもとに設計した1L規模のリサイクル糖化装置を開発した（図4）。

【成果の活用面・留意点】

1. バイオマスの種類や投入量によって酵素の非特異的吸着が生じリサイクル可能回数が減少することがあるが、カゼインの添加により改善させることができる。
2. 糖化反応に従来から使用される還元剤（特にジチオトレイトール：DTT）を除くことにより、リサイクル可能回数を増加させることができる。

[具体的データ]

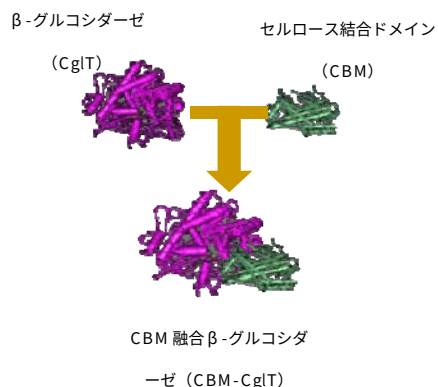


図1 セルロース結合ドメイン (CBM) 融合 β-グルコシダーゼ (CBM-CglT) の創製

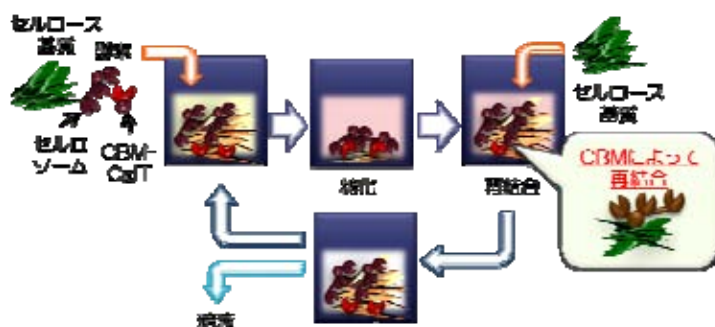


図2 セルロソームと CBM-CglT のリサイクル糖化法
セルロース基質糖化後、再度新たなセルロース基質を加え CBM により基質に再結合させる。糖化液を回収し、再度糖化反応をスタートする。

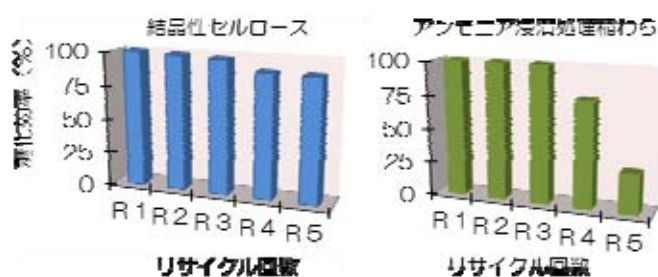


図3 セルロソームリサイクルによる各ラウンドにおける糖化効率
糖化反応にセルロソーム 2mg、CBM-CglT 5U をそれぞれ使用した。基質は 1 サイクルあたり 1%(w/v) を使用した。

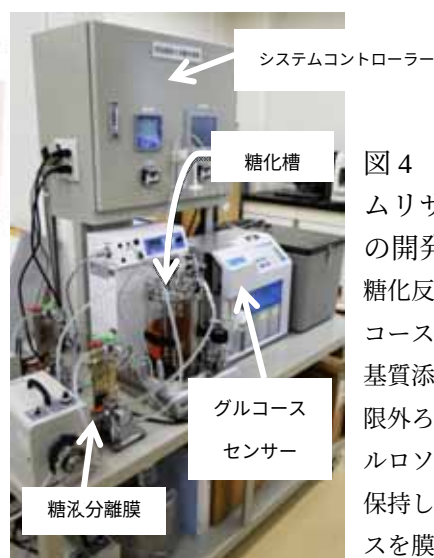


図4 セルロソームリサイクル装置の開発
糖化反応液中のグルコース濃度を確認し、基質添加を繰り返す。限外ろ過膜によりセルロソームを系内に保持しつつグルコースを膜透過回収する。

[その他]

研究課題：アジア・バイオマス 熱帯農作物残渣からのバイオエタノール生産技術の開発
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、農山村活性化のための技術の開発
予算区分：交付金 [東南アジア・バイオマス]、受託 [農水省・酵素複合体]、委託 [NEDO・提案公募型開発支援研究協力事業]
研究期間：2011 年度 (2006～2011 年度)
研究担当者：小杉昭彦・Rattiya Waeonukul (キングモンクット工科大学)・Chakrit Tachaapaikoon (キングモンクット工科大)・森隆
発表論文等：1) Tachaapaikoon et al. (2012) Biodegradation 23(1):57-68
2) 小杉ら「酵素の再利用方法」特許出願 2010-162362

【成果情報名】 オイルパーム搾汁液を使った生分解プラスチックの生産

【要約】 樹齢 25 年以上のオイルパーム廃棄木搾汁液中の糖を原料に *Bacillus megaterium* MC1 株を用いて代表的なバイオプラスチックであるポリヒドロキシ酪酸 (PHB) を効率よく生産できることを示した。

【キーワード】 バイオプラスチック、オイルパーム、農業廃棄物、バイオマス

【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】

現在、バイオプラスチックは原料としてトウモロコシデンプンや食用油が用いられているが、石油由来のプラスチックに比べて価格が高く、食料との競合を引き起こすことが懸念される。一方オイルパームは、東南アジアにおける代表的な農作物であるが、油脂生産性を維持するために 20 年～25 年ごとに伐採更新され、その際大量の廃棄木が発生する。我々は、オイルパーム廃棄木搾汁液中に大量の糖が蓄積されることを見出すとともに酵母及び乳酸菌を用いて搾汁液からエタノール及び乳酸を効率的に生産できることを明らかにした。PHB は熱耐性及び生分解性にすぐれておりポリ乳酸と共に需要拡大が期待されている。そこで廃棄物である搾汁液からの安価で効率的な PHB 生産技術の開発を目指す。

【成果の内容・特徴】

1. オイルパーム廃棄木搾汁液を培地として PHB 生産菌 *B. megaterium* MC1 株の培養を行った。廃棄木搾汁液を原料にしてポリヒドロキシ酪酸 (PHB) を菌体中に大量に蓄積することを初めて示した (図 1)。
2. PHB 生産に最適な搾汁液の糖濃度を決定するためにミネラルを添加した糖濃度の異なる搾汁液を調製し PHB を生産した。培養 12 時間後に最大生産量を示し糖濃度が 2.5% W/V の搾汁液から 1.91 g/L の PHB を生産する (図 2)。
3. 窒素源は PHB 生産量に大きく影響することから数種類の窒素源を搾汁液に加え PHB の生産量を比較した。その結果、窒素源として比較的安価な尿素が PHB 生産に効果的である。
4. 原料中の炭素源と窒素源の比は PHB の生産量に大きく影響する。異なる炭素源と窒素源の比から成る搾汁液を調製し、最適な条件を決定した。培地中の炭素と窒素が 50 : 1 の時に PHB 生産量は最大となる。
5. 最適生産条件を見出し、試験を行った結果、培養 16 時間で 2.5 %の糖を含む搾汁液から 3.28 g/L の PHB を生産する (図 3)。

【成果の活用面・留意点】

1. 搾汁液は、糖やビタミンなどの栄養源が豊富なため腐敗を防ぐために、速やかな殺菌処理が必要である。
2. 殺菌処理は、搾汁液中の糖やビタミンの崩壊を防ぐために、フィルター滅菌や低温殺菌が望ましい。

[具体的データ]

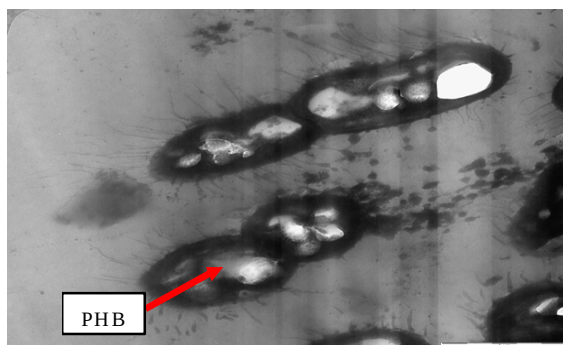


図1 菌体内に PHB を蓄積させた *B. megaterium* MC1 株

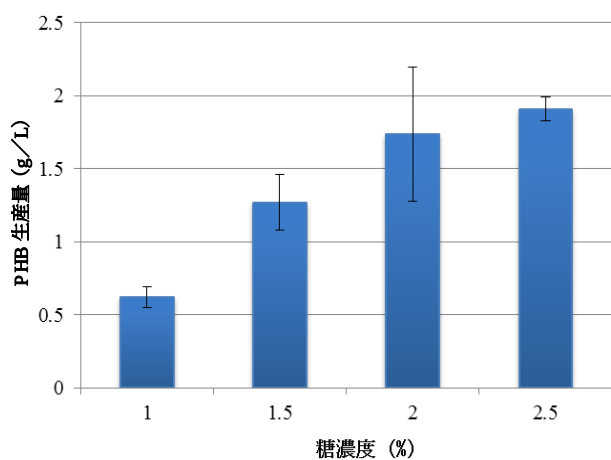


図2 異なる糖濃度搾汁液からの
B. megaterium MC1 株による PHB 生産

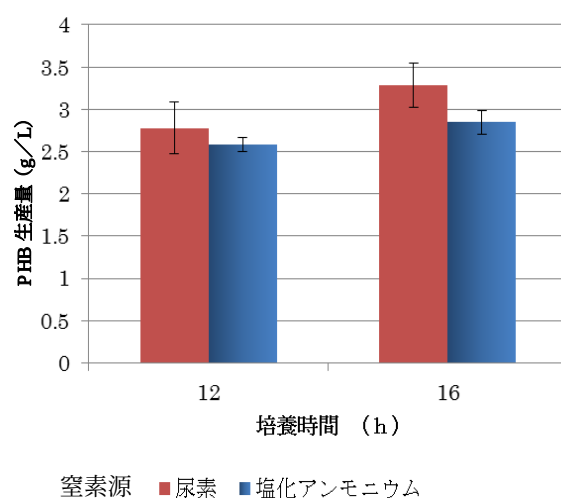


図3 最適な条件下(pH7)での
B. megaterium MC1 株による PHB 生産量

[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 [アジアバイオマス]

研究期間：2011 年度 (2011～2015 年度)

研究担当者：荒井隆益・小杉昭彦・森隆・村田善則・B. E. Lokesh (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：1) 小杉ら「エタノール又は乳酸の製造方法」日本国特許 JP2007/74764

2) Lokesh et al. (2012) CLEAN 40(3):310-317

【成果情報名】 健全種子を生産し更新を確保するための熱帯有用樹種セラヤの繁殖特性

【要約】 マレーシアの丘陵フタバガキ林の優占種で主要な林業樹種であるセラヤについて、一斉開花時に遺伝子解析によって種子の父親を決定した。繁殖モデルを開発して同樹種の花粉散布距離の短さおよび小径木の花粉生産性の低さを明らかにした。これらをもとに健全な交配により生存力の高い種子を確保し更新を維持するための択伐技術を提案した。

【キーワード】 丘陵フタバガキ林、花粉散布、花粉生産力、他家受粉、択伐

【所属】 国際農林水産業研究センター 林業領域

【分類】 行政 B

【背景・ねらい】

マレーシアの林業では、択伐により一定の幹直径(50cm)以上の大きな木だけが伐採されるが、木材収穫後多くの林で次世代を担う生存能力の高い健全な稚樹が得られないという問題が生じている。こうした原因の一つとして、伐採跡へ種子が散布されにくいことが明らかになっているが、本研究課題では残された親木間の距離が大きく花粉が届かないために健全な種子ができないこと、さらに残された細い木が十分な量の花粉を生産していないことも一因ではないかと考えた。そこで遺伝マーカー解析により、丘陵フタバガキ林の代表的林業樹種であるセラヤ(*Shorea curtisii*)の、花粉散布距離とパターン、及び樹木の幹の直径と花粉親としての貢献度の関係を明らかにし、森林管理行政部局に対し健全な種子生産を促進して更新維持に適した択伐技術を提案することを目的とした。

【成果の内容・特徴】

1. 伐採が進む丘陵フタバガキ林の代表樹種セラヤについて、天然林試験地の全成木と一斉開花時に採取した種子の遺伝子型をそれぞれ決定し、各種子の花粉親を同定した(父性解析)。
2. 父性解析の結果をもとに花粉散布の距離による減少確率をモデル化し、花粉散布の平均距離が約 60m と非常に短いことを明らかにした(図 1)。直径 50cm 以上の立木を収穫する現行の択伐方式では、残された立木間の距離が大きいため、散布距離の短いセラヤ花粉は他の個体に到達しにくい。残される親木間の距離を短くすることは、伐採跡への種子の散布量を増やすだけでなく、受粉を促進して健全種子を生産することでも更新に貢献する。
3. 花粉親の幹直径と花粉生産量との関係から、択伐後に残される小径木(直径 50cm 以下)は殆ど花粉を生産していないことを明らかにした(図 2)。花粉生産量が少ないため、択伐林では他家受粉による健全な種子がほとんど生産できない。
4. 花粉生産量の多い中径木(幹直径 70cm から 90cm)を保存すると、伐採前の 50%程度の花粉が他家受粉を達成し、効率よく健全種子の生産を確保して更新維持に貢献できる。

【成果の活用面・留意点】

1. セラヤの花粉の散布距離や幹直径と花粉生産量の関係などの繁殖特性を明らかにし、他家受粉を確保して健全な更新を維持するために択伐基準について改良すべき点を、連邦及びセラランゴール州政府森林局へ提示した。
2. 花粉散布や繁殖動態は種毎に異なることが予想されるので、他の林業樹種への応用には留意が必要である。他の林業樹種の繁殖特性を明らかにし、さらに類似の特性を持つ樹種群に適応範囲を拡張させた指針として森林管理行政に反映させていくことが重要である。

[具体的データ]

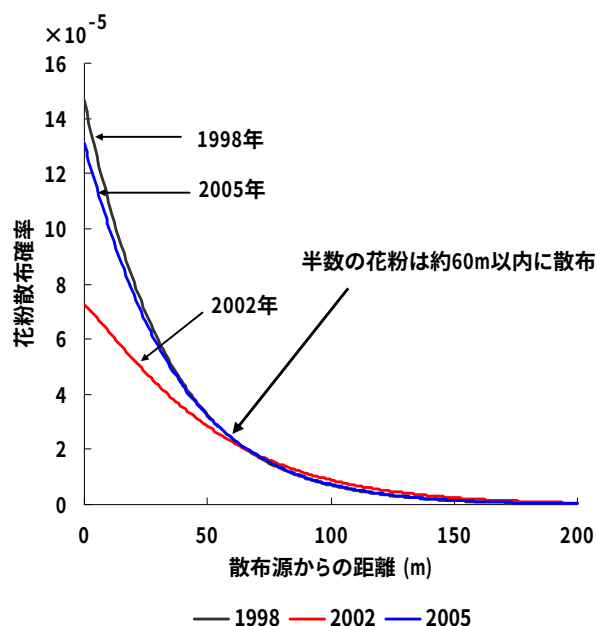


図1 花粉の散布源からの距離と散布確率との関係
天然林試験地（6ha）の直径20cm以上の全木と種子
1500個の父性分析による推定。
西暦年は一斉開花年を示す。

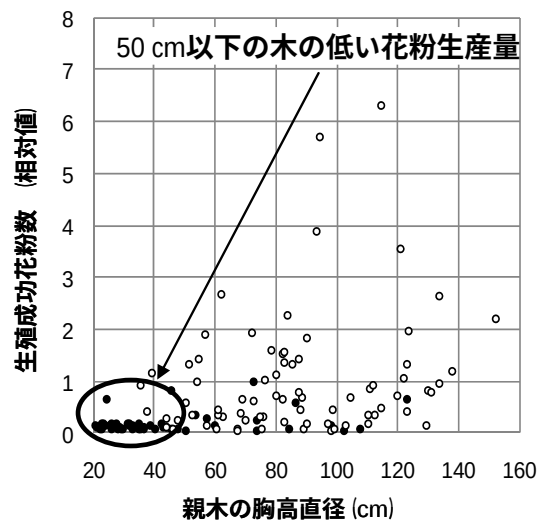


図2 胸高直径と花粉親としての貢献度
との関係
白丸：開花木、黒丸：非開花木
(目視による判定)

[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：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〔持続的林業Ⅱ〕

研究期間：2011年度（2005～2015年度）

研究担当者：谷尚樹・津村義彦（森林総研）・田口由利子（森林総研）・新山馨（森林総研）・大谷達也（森林総研）・八木橋勉（森林総研）・深澤啓太（国環研）・角友之（総研大）・Soon Leong Lee（マレーシア森林研）・Chai Ting Lee（マレーシア森林研）・Norwati Muhammad（マレーシア森林研）・Abdul Rahman Kassim（マレーシア森林研）・Azizi Ripin（Green Forest Resources）

発表論文等：Tani, N. et al. (2012) Journal of Ecology 100(2):405-415

【成果情報名】 広大なマングローブ域は回遊する有用魚類幼魚の餌場として重要な役割を果たしている

【要約】 フェダイ類の幼魚はマングローブ沿岸域に加入し、成長とともにマングローブ域で生産される餌料への依存を強める。一方、コニベ類幼魚ではマングローブ奥部から沿岸域に移動する。大規模なマングローブ域における餌料の供給と複雑な水路の広がり在水産有用魚類の再生産にとって非常に重要である。

【キーワード】 フェダイ類、コニベ類、マングローブ、安定同位体比、餌料生物、回遊

【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】

近年の東南アジア地域の増養殖業を取り巻く自然環境の悪化は深刻であり、同地域沿岸域の漁場環境の保全・再生が喫緊の課題となっている。本研究では、熱帯沿岸域における重要な水産資源の生産の場であるマングローブ汽水域における食物連鎖機構や生物相互作用を解明することにより、水産資源の持続的利用のための方策を提言する。マレー半島最大のマタン・マングローブ域（約4万ha）において、有用魚類幼魚とその餌料生物の食物連鎖などを解明するために有機炭素・窒素安定同位体比を調べ、魚類資源に対するマングローブ域の重要性を検討した。

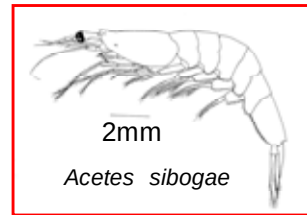
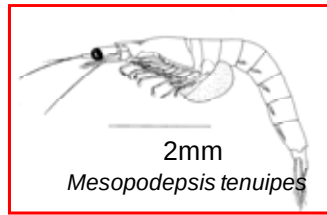
【成果の内容・特徴】

1. 魚類の主要餌料生物であるアミ類、アキアミ類では種によって分布範囲が異なり、マングローブ域から、沿岸域にかけて有機炭素安定同位体比（ $\delta^{13}\text{C}$ ）が次第に高くなる（図1）。他の餌料生物（エビ類・動物プランクトン・ベントス等）も同様にマングローブ奥部（ $\delta^{13}\text{C}$ ：-28～-23‰）から河口、沿岸域にかけて $\delta^{13}\text{C}$ は次第に上昇（-23‰以上）する。このような魚類餌料の水域による $\delta^{13}\text{C}$ の特徴を利用して魚類幼魚の行動と餌料生態を解明することができる。
2. 水産重要魚種であるフェダイの一種（*Lutjanus johnii*）とコニベの一種（*Johnius carouna*）の幼魚の $\delta^{13}\text{C}$ は採集域毎に大きく異なり、沿岸・河口域で最も高く、マングローブ奥部に向けて低下する。
3. *L. johnii* 幼魚の $\delta^{13}\text{C}$ は成長に伴って減少傾向が認められる（図2左）、一方 *J. carouna* 幼魚の $\delta^{13}\text{C}$ は成長に伴って増加傾向が認められる。
4. 魚類とその餌料生物の水域による $\delta^{13}\text{C}$ の変動特性の解析結果からマングローブ域は魚類幼魚への餌料供給の面でも重要であることが示された。*L. johnii* は成長に伴って河口域からマングローブ奥部へ移動する（図2右）。一方、*J. carouna* 稚魚は成長に伴いマングローブ域から河口域に移動する傾向がある。

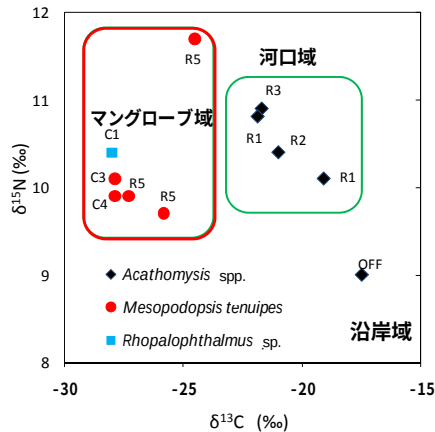
【成果の活用面・留意点】

1. 水産重要魚類幼魚がマングローブ域での生物生産に大きく依存していることが明らかとなった。本成果はマングローブと水産生物の密接な関係を餌料面から科学的に初めて実証したものとして、資源保護区の設定、漁具漁法の制限などの資源管理手法を検討する上重要な意味を持つ。
2. 熱帯域魚類の再生産にとって沿岸域・河口域・マングローブ域とつながる複雑な生態系の広がり非常に重要であり、マングローブ再生にはこの点を十分考慮する必要がある。

[具体的データ]



(A): Mysids (アミ類)



(B): Acetes (アキアミ類)

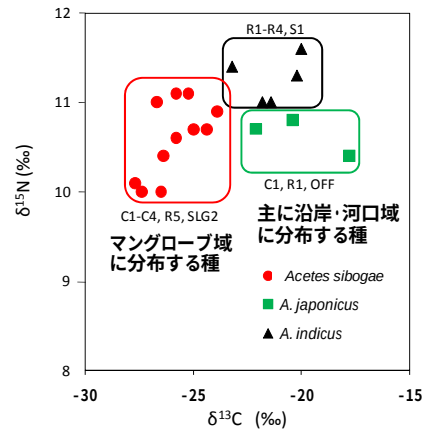


図1 幼魚の主要餌料生物であるアミ類(左)アキアミ類(右)の有機炭素・窒素安定同位体比

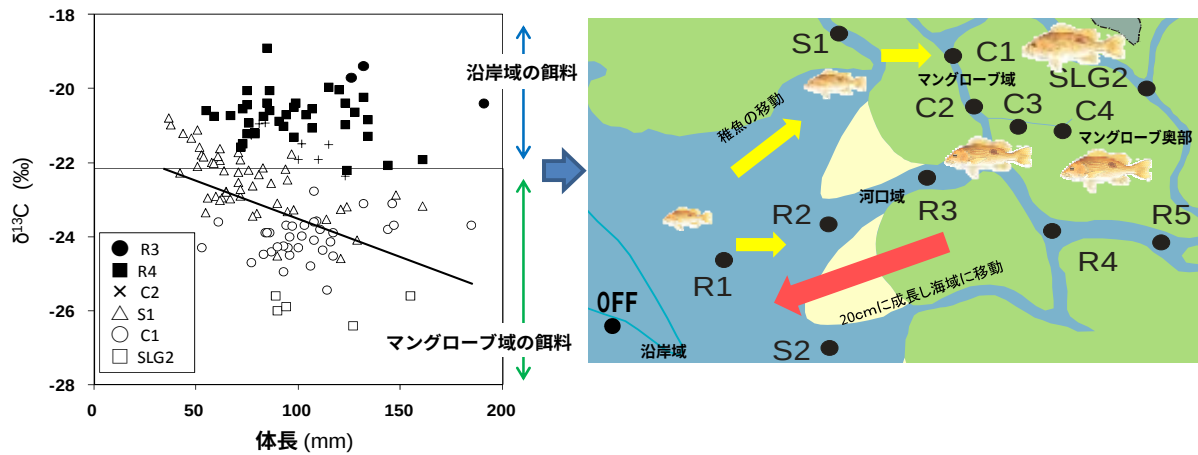


図2 フェダイの一種 (*Lutjanus johnii*) の成長に伴う有機炭素安定同位体比の変化(左)および同幼魚の回遊模式図(右)

[その他]

研究課題：熱帯沿岸養殖、漁場環境収容性に配慮したハイガイの持続的増養殖技術の開発

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、農山村活性化のための技術の開発

予算区分：交付金 [熱帯沿岸養殖]・科研費

研究期間：2011 年度 (2011～2015 年度)

研究担当者：田中勝久・渡部諭史・花村幸生 (水総研)・児玉真史 (水総研)・市川忠史 (水総研)・

Alias Man (マレーシア水産研究所)・V-C. Chong (マラヤ大学)

発表論文等：1) Tanaka et al. (2011) Fisheries Science, 77:809-816

2) Tanaka et al. (2012) JIRCAS Working Report, 75:1-6

【成果情報名】 ハネジナマコの飼育管理のためのサイズ測定と栄養状態評価手法

【要約】 メントール麻酔剤により体型が不定なハネジナマコの体長と体重の測定精度が向上できる。栄養状態により体長と体重が変化するナマコ類は、従来の肥満度による栄養状態の評価ができないが、体腔液の比重と総炭水化物含量を指標として評価できる可能性を示した。

【キーワード】 ハネジナマコ、メントール麻酔、肥満度、体腔液、炭水化物含量

【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】

ナマコ類の資源量は乱獲により激減しているため、人工種苗を用いた養殖や資源増殖が東南アジアおよびオセアニア諸国で行われているが、高い死亡率や遅い成長が問題となっている。生産技術の向上には、飼育方法および餌料の改善ならびに放流適地の選定を行う必要があるが、各技術の有効性の検討のために重要なナマコ類の栄養評価手法は確立されていない。ナマコ類は体型が不定であり、呼吸樹に取り込む海水量で体重が大きく変動することから体長と体重の正確な測定が難しい。また、栄養状態によっても体長と体重の双方が変化するために、栄養状態の指標として貝類などで一般的な肥満度（体重/体長）は利用できない。さらに、絶食下でも代謝レベルを変化させることで長期間の生存が可能であり、サイズは減少するものの、外見に変化は見られない。本研究は、途上地域で食用として高価な重要種であるハネジナマコ（図 1）の体長と体重の測定精度の向上と体腔液成分を指標としてハネジナマコの栄養状態を評価する手法の開発を目指したものである。

【成果の内容・特徴】

1. エタノールにメントールを飽和溶解させた基準液を海水で 2~4%に希釈して 20~30 分浸漬することでハネジナマコを麻酔し、海水に戻すことで速やかに回復させることができる。麻酔によって筋肉が弛緩し呼吸水の除去が容易になることで、体長および体重の反復測定時の変動係数は麻酔前と比較してそれぞれ 68%、43%減少し（図 2）、測定精度が向上する。
2. 開放循環系を持つナマコ類は体腔を満たす体腔液が血液の役割を果たし、ガス交換と栄養物や老廃物の運搬を行う。ハネジナマコでは、絶食に伴い体腔液の密度および体腔液中の総炭水化物濃度が直線的に上昇することから（図 3）、これらを栄養状態の指標として用いることができる可能性がある。

【成果の活用面・留意点】

1. 本麻酔法は安価、簡便であり使用する薬品の危険性もなく、ハネジナマコのより正確なサイズ測定に供する。
2. 体腔液成分を指標とした栄養状態評価の可能性が示されたことで、種苗生産におけるナマコ類の初期餌料開発などの各種飼育試験での生理状態の評価に資することが期待される。
3. 将来的には本評価手法を改良することで高価値種であるハネジナマコの品質評価にも応用できる可能性がある。
4. 栄養状態と体腔液成分の関係の仕組みは不明である。今後これを明らかにすることでハネジナマコの栄養要求に関する重要な知見が入手できる。

[具体的データ]



図1 ハネジナマコ (*Holothuria scabra*)

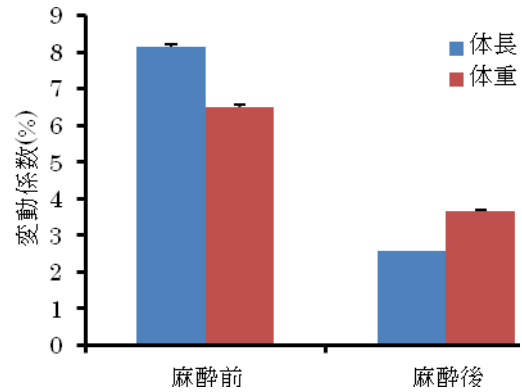


図2 麻酔によるハネジナマコの体長、体重測定時の変動係数の変化

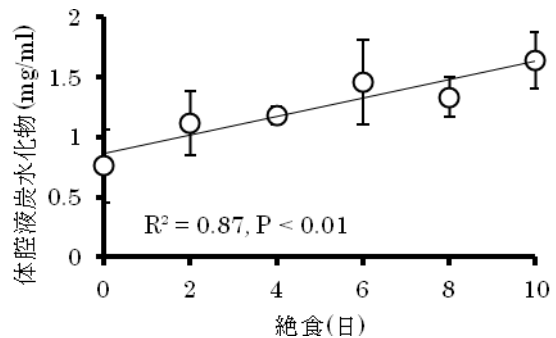
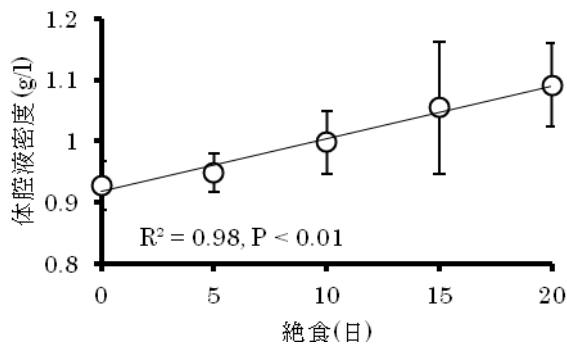


図3 絶食にともなうハネジナマコ の体腔液密度（左）と体腔液中の総炭水化物濃度（右）の変化

[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、農山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： 2011 年度（2011～2016 年度）

研究担当者：渡部諭史・J. M. Zarate（東南アジア漁業開発センター）・J. G. Sumbing（東南アジア漁業開発センター）・Ma. J. H. Lebata-Ramos（東南アジア漁業開発センター）
・M. F. Nievaes（フィリピン大学）

発表論文等：Watanabe et al. (2012) Aquaculture Research 43(6):940-948

【成果情報名】 熱帯汽水域の最重要養殖魚チャイロマルハタ幼魚の資源評価および漁獲管理

【要約】 熱帯において最重要養殖魚のチャイロマルハタは、汽水域に生息する幼魚を種苗として漁獲している。漁獲実態および生物学的解析により同魚の現状は乱獲傾向にあること、漁獲努力量を減らすことで資源管理効果を飛躍的に高めることが明らかとなった。

【キーワード】 熱帯汽水域、チャイロマルハタ、漁獲実態、資源管理

【所属】 国際農林水産業研究センター 水産領域

【分類】 行政 B

【背景・ねらい】

マレー半島西海域における重要魚種の資源評価を行い、資源の状態を明らかにする。それらの知見を基に現地の実状にあわせた資源管理モデルを構築し、マレーシア行政部局へ持続可能な資源管理に向けた提案を行う。

【成果の内容・特徴】

1. 2007年1月から2010年3月までマレーシாமルボックのマングローブ汽水域でハタ類幼魚の漁獲実態を調査した結果、通年にわたりチャイロマルハタ (*Epinephelus coioides*: 図1) が優占的に出現する (図2)。
2. チャイロマルハタ幼魚の耳石の日齢解析から、産卵期は通年に渡り、海で生まれた稚魚は2月齢からマングローブ汽水域へ加入し3~5ヵ月間留まり、7月齢までには沿岸域へ移出することが明らかになる。
3. マングローブ汽水域でのチャイロマルハタ幼魚の日齢と全長の関係は以下の単回帰式で表される。
成長式：全長=0.91×日齢+15.0 ($R^2=0.77$) (図3)。
4. 漁獲実態調査および生物学的情報を基に資源評価を実施した結果、マングローブ汽水域から沿岸域へ移出する4月齢魚以上の漁獲係数 (漁獲を死亡原因とした資源量の減少率の大きさを表す係数) が2008年9月以降急激に増大し、同汽水域でチャイロマルハタ幼魚は乱獲傾向にあると判断できる (図4)。一方、漁獲努力量を削減することにより資源の回復が期待できる (図5)。

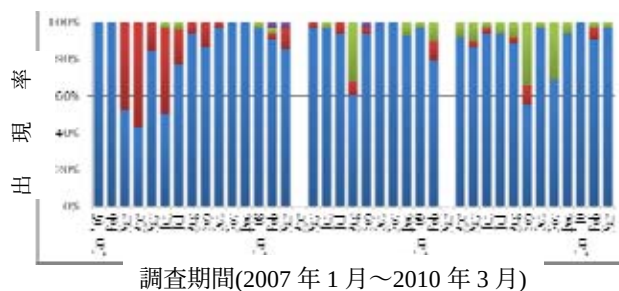
【成果の活用面・留意点】

1. マングローブ汽水域がチャイロマルハタ幼魚にとって育成場として重要であることを資源の量的な把握により初めて明らかにした。
2. 漁獲係数の減少率が大きいほど二次関数的に資源の回復効果が期待できる。チャイロマルハタの資源管理手法として禁漁が最も有効で、現状に比して最大約4倍の幼魚が沿岸域に供給され、禁漁時の移出資源量は毎月約2万尾と試算できる。
3. マレーシアの資源管理の基礎的情報として用いられることが期待される。

[具体的データ]



図1 チャイロマルハタ(*Epinephelus coioides*)



魚種：青：チャイロマルハタ，赤：*E. bleekeri*，緑：*E. erythrurus*，紫：*E. sexaciatus*

図2 ハタ類幼魚の魚種別出現頻度

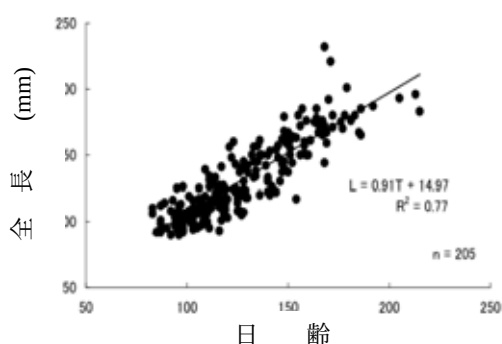


図3 ムルボクマングローブ汽水域におけるチャイロマルハタ幼魚の成長式

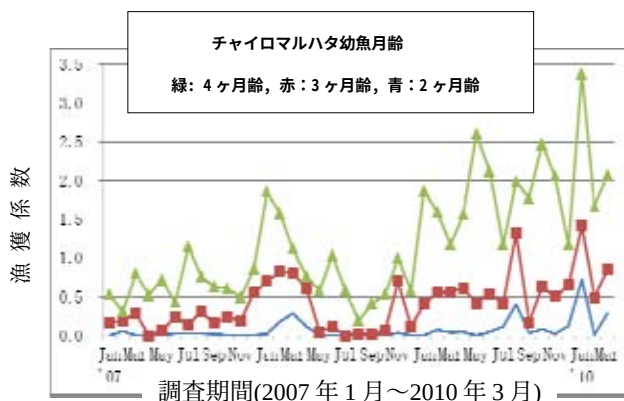


図4 月齢別の漁獲係数の推移

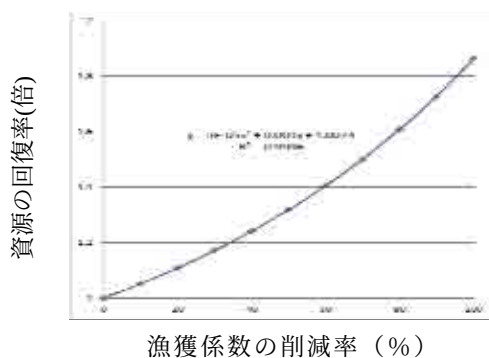


図5 漁獲係数の削減率と資源の回復率

[その他]

研究課題：熱帯・亜熱帯水域の生物資源管理研究

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〔プロジェクト水域資源管理〕

研究期間：2010 年度（2006～2010 年度）

研究担当者：山本敏博(水総研)・森岡伸介・花村幸生(水総研)・Alias bin Man(マレーシア水産研究所)・Chee Phaik Ean(マレーシア水産研究所)・Ryon Siow (マレーシア水産研究所)

発表論文等：1) Yamamoto et al. (2010) Malay. Fish. J. 9: 57-70

2) Yamamoto et al. (2012) JIRCAS Working Report, 75: 59-67