

# 平成 27 年度 成果情報 A1

## [成果情報名] 西ジャワ高原野菜生産で、入手の容易な馬糞堆肥施用により減収せずに化学肥料施用を半減できる

[要約] インドネシア西ジャワ州高原地帯の火山灰土壌地域の野菜生産では、馬糞堆肥を 10 t/ha 施用することで、収量を維持したまま化学肥料施用量を施肥基準の半量に節減できる。

[キーワード] 堆肥 未利用資源 火山灰土壌 化学肥料 野菜 インドネシア

[所属] 国際農林水産業研究センター 研究戦略室

[分類] 行政 B

---

### [背景・ねらい]

火山灰土壌地域に位置するインドネシアの西ジャワ州高原地帯は温帯野菜の代表的な生産地である。生産の拡大にともない、牛糞や鶏糞を原料とする堆肥の供給は十分でなく、化学肥料の過剰な施用が問題となっている。他方、西ジャワ州では 2014 年時点で約 1.4 万頭の馬が飼養されているが、現在馬糞の利用はほとんど行われていない。

このため、同地域で入手可能だが、農業利用が進んでいない馬糞を原料とする堆肥を施用し、作物収量に影響を与えることなく化学肥料施用を節減する技術を開発する。

### [成果の内容・特徴]

1. 馬糞を原料とし、切り返しを行いながら 4 週間発酵させた馬糞堆肥 (図 1) は、牛糞堆肥と同水準である約 0.7% の窒素、牛糞堆肥よりも高い約 0.8% のリン酸を含有する。また、C/N 比が 9 程度と牛糞堆肥に比べ低く、土壌中での分解が比較的容易である (表 1)。
2. インドネシア野菜研究所 (西ジャワ州西バンドン県) の試験圃場で、馬糞堆肥を 1 作当たり 10 t/ha 施用すると、化学肥料を施肥基準 (113 kg N/ha, 96 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, 120 kg K<sub>2</sub>O/ha) の半量に節減しても、収量への影響はない (図 2)。トマトの収量は低下するが、統計的に有意な差ではない。
3. インドネシア野菜研究所周辺の農村で、堆肥施用による化学肥料節減技術に関する農家説明会に参加し、現地語 (インドネシア語) で作成された技術を解説するリーフレット (図 3) を用いた説明を受けた農家の多く (参加者 30 名中 19 名) は、化学肥料節減技術に対する関心を示している。本技術が、地域の野菜生産農家に受け入れられる可能性は高い。

### [成果の活用面・留意点]

1. この技術は現地の未利用資材を用いるもので、化学肥料の施用量を減らしたいと考えている多くの野菜農家が使用できる。
2. 飼養頭数から推計した西ジャワ州西バンドン県における馬糞発生量は、本技術を同県の全キャベツ栽培面積に導入した場合に必要な馬糞の量を充足できる。
3. 西ジャワ州高原地帯では、現在も馬が日常の交通手段の一つとして利用されているが、自動車の利用が一層進み地域における馬の利用が減少した場合、将来は馬糞の入手が困難となる可能性がある。

# 平成 27 年度 成果情報 A1

[具体的データ]



図1 馬糞堆肥の製造過程  
馬糞（写真左）を竹製の枠内に堆積して発酵させる（写真右）。(写真提供：インドネシア土壌研究所)

表1 馬糞堆肥の成分含有量と牛糞堆肥との比較（現物当たりの成分含有率、%）

	水分	炭素 <sup>*2</sup>	窒素	C/N比	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
馬糞堆肥	77.6	5.93	0.67	8.9	0.77	0.74
牛糞堆肥 <sup>*1</sup>	66.3	8.93	0.65	13.8	0.18	0.81

\*1 片峯ら(2000)

\*2 馬糞堆肥は有機炭素、牛糞堆肥は全炭素

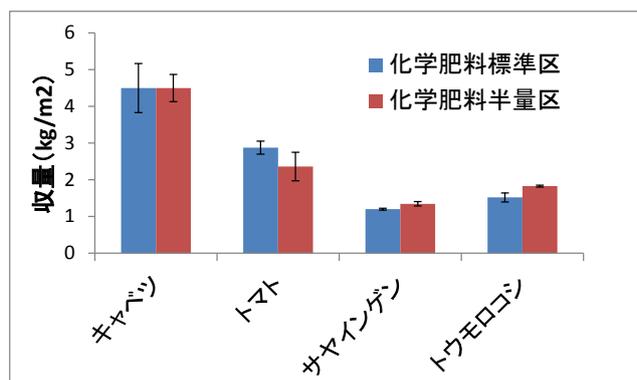


図2 試験圃場における化学肥料標準施用区-化学肥料半量区の作物収量の比較

堆肥 10t/ha 施用、標準耕起、3 反復の平均値、エラーバーは標準誤差。キャベツ及びトマトは 2011 年雨期作、サヤインゲンは 2012 年雨期作、トウモロコシは 2012 年乾期作。



図3 現地語で作成した技術解説リーフレット（左下）を読む農家説明会参加者

URL:[http://www.jircas.affrc.go.jp/english/manual/horse\\_manure/horse\\_manure.pdf](http://www.jircas.affrc.go.jp/english/manual/horse_manure/horse_manure.pdf)

[その他]

研究課題：「気候変動対応」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：2015 年度（2011～2015 年度）

研究担当者：杉野智英、Nani Sumarini・Suwandi・Rini Rosliani（インドネシア野菜研究所）、Diah Setyorini・Wiwik Hartatik・Rasti Saraswati（インドネシア土壌研究所）

発表論文等：Sugino, T. et al. (2013) Proceedings of SEAVEG2012: 168-175

Sugino, T. et al. (2015) Proceedings of SEAVEG2014: 191-198

## 平成 27 年度 成果情報 A2

### [成果情報名] プログラム CDM 形成手法を活用した森林資源減少対策のガイドライン

[要約] パラグアイでは森林資源の減少に対処するため、JIRCAS が手掛けた先行植林 CDM 事業成果の他地域への適用を容易にする植林プログラム CDM の手法を活用したガイドラインを策定した。

[キーワード] プログラム CDM、植林、森林資源

[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

---

### [背景・ねらい]

パラグアイでは草地を含む大規模な農地開発や燃料向けの木材需要の増加により、年間約 18 万 ha の森林面積が減少している。また、パラグアイにおける CO<sub>2</sub> 総排出量の約 95% は森林の農地等への転換に由来するものであり、森林資源の保全・回復は国全体で取組むべき喫緊の課題である。JIRCAS は、パラグアイにおいて最初のクリーン開発メカニズム(CDM)事業を手掛け、この事業を通じて植林の促進を図った。この成果を他地域に適用するため、CDM の仕組みのひとつであるプログラム CDM に着目し、パラグアイ行政機関とともに、より広域の植林プログラム CDM の形成に取り組んだ。プログラム CDM は、プログラム期間中に無制限に同一技術手法を用いた個別 CDM 活動を追加できる。ここでは行政職員向けのガイドラインとして提示する。

### [成果の内容・特徴]

1. 先行植林 CDM 事業の広域的普及を図るため、これまでに国連登録実績のない植林分野のプログラム CDM の形成に取り組む、形成に不可欠なプロジェクト設計書の作成やパラグアイ側のプログラム管理組織の構築、植栽された樹木の温室効果ガス(GHG)吸収量の算定等の手法を示した(表 1)。
2. 小規模農家が適切かつ効率的に植林活動を行うために、従来のポット苗による植林からチューブ苗によるものに変更して苗木の軽量化を図り、これを基にした、より効率的な苗木生産、苗木配布、更には農家が適切に植栽を行うための農家研修、農家による植栽といった一連の植林活動工程を一体化した植林促進手法を構築し、その手法を明示した(図 1)。
3. 小規模農家の生計改善及び森林資源の回復を踏まえた対応策として、施業体系の技術的側面から胸高直径の実測値から樹高を推定する相対成長式を作成する等してユーカリ植林の収益性を評価し、収益性が確保できる育林指標を示した(図 2)。

### [成果の活用面・留意点]

1. 国家森林院職員により 3 つの農家グループで上記の植林促進手法が活用され、実施可能であることが実証済みであるように、パラグアイ行政職員による個別植林 CDM 事業や類似の植林事業の形成・実施に活用することが可能である。
2. 途上国の GHG 排出削減を促進させる『途上国による適切な緩和行動(NAMA)』といった枠組みや、COP21 で国連への提出及び対策をとることが義務付けられた自国の排出削減目標の策定に活用可能と考えられる。NAMA は、策定にあたり GHG 排出削減量の正確性や信頼性を確保する一連のプロセス(測定、報告及び検証)に従う必要があり、国連による厳格なルールに沿った CDM 方法論を基にした本ガイドラインは適切な水準を満たしている。
3. スペイン語、ポルトガル語及び英語で作成しており、近隣諸国等への適用が可能である。
4. JIRCAS ホームページからダウンロードできる。

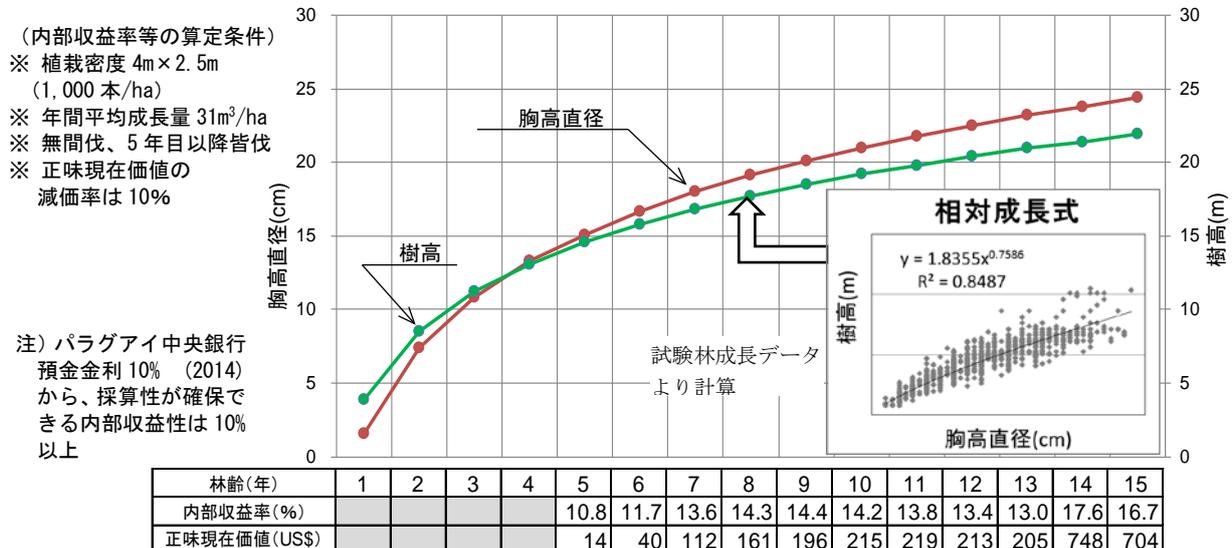
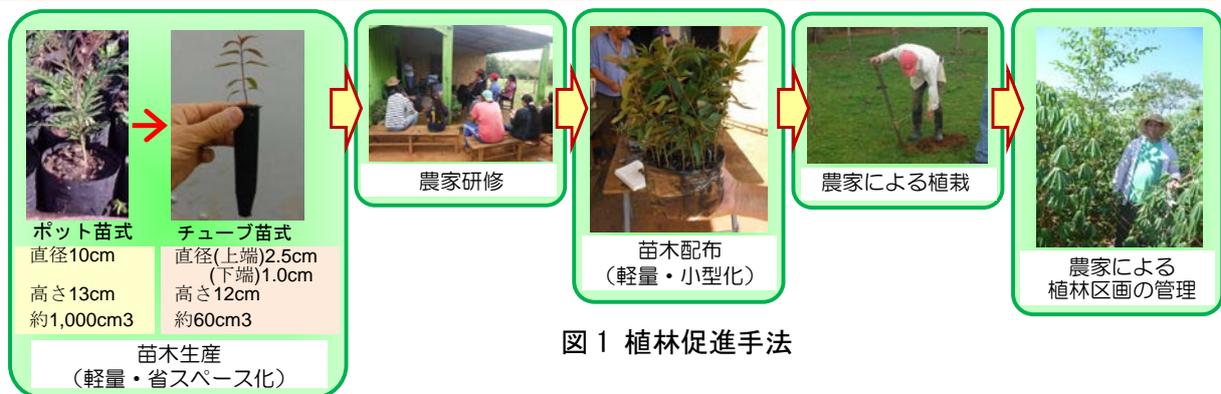
[http://www.jircas.affrc.go.jp/english/manual/manual\\_index.html](http://www.jircas.affrc.go.jp/english/manual/manual_index.html)

# 平成 27 年度 成果情報 A2

[具体的データ]

表 1 ガイドラインの章構成と主な内容

序章		背景及び目的、取組の概要、ガイドラインの構成と内容、利用
第 1 章	植林プログラム CDM の概要	プログラム CDM の概要、CDM の流れ、プログラム CDM の調整及び管理主体の役割、プロジェクト設計書の構成及び記載内容
第 2 章	植林プログラム CDM の形成の試み	適用する CDM のタイプ及び方法論、プロジェクト境界の選定、プログラム活動及び個別 CDM 事業の形成方法（プログラム管理組織の構築、植林促進手法の計画・実施等）
第 3 章	純人為的 GHG 吸収量の算定方法	適用する小規模植林 CDM 方法論 (AR-AMS0007 Ver03.1)、純人為的 GHG 吸収量の算定手順及び算定例
第 4 章	農家林業経営の収益性分析方法	農家林業の収益性の分析手順及び算定事例



[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（気候変動対応）  
 プログラム名：開発途上地域の土壌、水、生物資源等の持続的な管理技術の開発  
 予算区分：受託 [農水省・農村振興局]  
 研究期間：2015 年度（2012～2015 年度）  
 研究担当者：渡辺守・白木秀太郎  
 発表論文等：公開 HP [http://www.jircas.affrc.go.jp/english/manual/manual\\_index.html](http://www.jircas.affrc.go.jp/english/manual/manual_index.html)

[成果情報名] **モンゴル草原で放牧されるヒツジの冬季採食量は UNDP 値より 20%以上高い**

[要約] モンゴルの森林ステップおよびステップ地域の草原で放牧されるヒツジにおいて、リグニン法で求められる採食量は、同国で一般に用いられている UNDP による値と比べて冬季に 20%以上高い。よってこの時季には、草原で放牧可能な家畜頭数が少なく推定される。

[キーワード] 酸性デタージェントリグニン、指示物質法、消化率、牧養力

[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] 研究 B

---

[背景・ねらい]

モンゴルでは近年、家畜頭数が増加して草原における放牧負荷が増大し、草資源の劣化が生じるとともに自然災害のリスクが高まっている。このリスクを低減するためには、地上部現存量、家畜採食量等から算出される牧養力等の科学的データに基づき、草原を適切に管理する必要がある。しかし同国で一般に用いられている採食量は、データ収集の手法が明らかでなく、その適用可能範囲が明確ではない。そこで、放牧ヒツジの採食量を、草資源が減少する秋から翌春において推定し、牧養力を算出するための基礎データを得る。

[成果の内容・特徴]

1. 草原の地上部現存量は 2 月に最も低く、9 月に対する 2 月の値は、森林ステップ、ステップでそれぞれ 70.9、81.6%低下する (図 1)。
2. 草原の優占草種は、森林ステップでは *Stipa* spp.、*Cleistogenes squarrosa*、*Artemisia frigida*、ステップでは *Stipa* spp.、*Carex pediformis*、*Agropyron cristatum* である。
3. ヒツジの体重は、11 月から 2 月にかけて、森林ステップ、ステップでそれぞれ 13.6、8.7%減少する (表 1)。
4. 排糞量は、森林ステップ、ステップでそれぞれ 0.475~0.665、0.467~0.550kg 乾物/日であり、森林ステップでは 11 月から 2 月にかけて有意( $P<0.001$ )に減少する (図 2、表 1)。
5. 草中ならびに全量を採取した糞中の酸性デタージェントリグニンを指示物質として算出した消化率は、森林ステップ、ステップとも時季により有意( $P<0.05$ )な差があり、それぞれ 51.8~63.8、63.2~70.9%乾物となる (表 1)。
6. 排糞量と消化率から算出した採食量は、森林ステップでは 1.10~1.89kg 乾物/日 (2.91~4.09%体重/日)、ステップでは 1.30~1.73kg 乾物/日 (2.54~3.02%体重/日) である (表 1)。
7. モンゴルで一般に用いられている UNDP(2007)による採食量の値 (夏、秋、冬、春それぞれ 1.6、1.8、1.1、1.1kg 乾物/日) と比較すると、森林ステップ、ステップとも冬季 (2 月) において 20%以上高い値となる。このことから、冬季の牧養力は既報の値を用いて算出されるものより低くなることが示される。

[成果の活用面・留意点]

1. 異なる地域や放牧環境における採食量を本手法により求めることで、牧養力を広く比較することができる。
2. 時季と植生の違いが消化率に影響を及ぼす可能性がある。
3. 採食量を比較する際にはその単位 (kg、%体重/日) に留意するとともに、体重を考慮する必要がある。

[具体的データ]

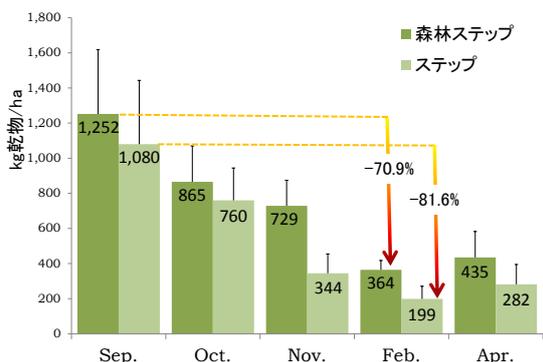


図 1 地上部現存量の季節変動

図 2 糞袋を装着したヒツジ

表 1 供試ヒツジの体重、排糞量、乾物消化率および採食量

		2011 年			2012 年		分散分析	
		9 月	10 月	11 月	2 月	4 月	S.D.	P
<b>森林ステップ</b>								
体重	(kg)	41.8 <sup>ab</sup>	45.5 <sup>a</sup>	45.7 <sup>a</sup>	37.9 <sup>b</sup>	37.9 <sup>b</sup>	4.42	***
排糞量	(kg 乾物/日)	0.557 <sup>abc</sup>	0.600 <sup>ab</sup>	0.665 <sup>a</sup>	0.500 <sup>bc</sup>	0.475 <sup>c</sup>	0.094	***
消化率	(% 乾物)	58.1 <sup>bc</sup>	51.8 <sup>d</sup>	63.8 <sup>a</sup>	62.2 <sup>ab</sup>	56.5 <sup>c</sup>	4.07	***
採食量	(kg 乾物/日)	1.33 <sup>b</sup>	1.25 <sup>b</sup>	1.89 <sup>a</sup>	1.34 <sup>b</sup>	1.10 <sup>b</sup>	0.33	***
	(% 体重/日)	3.16 <sup>b</sup>	2.80 <sup>b</sup>	4.09 <sup>a</sup>	3.40 <sup>ab</sup>	2.91 <sup>b</sup>	0.62	***
<b>ステップ</b>								
体重	(kg)	53.8	57.5	56.4	51.5	51.0	5.66	*
排糞量	(kg 乾物/日)	0.467	0.550	0.469	0.489	0.471	0.080	ns
消化率	(% 乾物)	70.5 <sup>a</sup>	68.2 <sup>ab</sup>	70.9 <sup>a</sup>	65.1 <sup>bc</sup>	63.2 <sup>c</sup>	2.89	***
採食量	(kg 乾物/日)	1.60 <sup>ab</sup>	1.73 <sup>a</sup>	1.64 <sup>ab</sup>	1.41 <sup>ab</sup>	1.30 <sup>b</sup>	0.30	**
	(% 体重/日)	2.97	3.02	2.91	2.76	2.54	0.49	ns

2011～2012 年の年平均気温と年間降水量は平年通り. n=12.

S.D.: プールされた標準偏差. \*\*\*; P<0.001, \*\*; P<0.01, \*; P<0.05, ns; P>0.05.

a, b, c: 異なる符号間に有意差あり (P<0.05).

[その他]

研究課題: 北東アジア乾燥地草原における異常気象等のリスクに強い持続的農牧畜業の確立

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 [乾燥地草原保全]

研究期間: 2015 年度 (2011～2015 年度)

研究担当者: 上原有恒・山崎正史、進藤和政 (農研機構 畜草研)、Erdenechimeg A・Onontuul G (モンゴル国立農業大学)

発表論文等: 1) 上原ら (2015), 日本畜産学会報86(2): 201-209

2) 上原ら (2015), 沙漠研究25(2): 17-24

## 平成 27 年度 成果情報 A4

### [成果情報名] マーシャル諸島共和国淡水レンズ保全管理マニュアル

[要約] 本マニュアルはマーシャル国において干ばつ時の過剰揚水により塩水が部分的に上昇したマジュロ環礁ローラ島の淡水レンズの水利用法を改善し、水資源管理担当の公的機関による保全管理体制のあり方を示している。持続的水利用法が当該国の政策に反映される。

[キーワード] 淡水レンズ、持続的水利用、アップコーニング

[所属] 国際農林水産業研究センター 農村開発領域

[分類] 行政 A

---

### [背景・ねらい]

大洋州のマーシャル諸島に位置するマジュロ環礁は約 2 万 8 千人の住民が居住しているが、河川・湖沼がなく水資源が脆弱である (図 1)。住民は生活用水や灌漑のための水源を環礁内のローラ島の淡水レンズ (地下の海水の上に浮かぶレンズ状の淡水) に依存している。ローラ島の淡水レンズは、月別降水量が平均からわずかでも小さくなると淡水レンズの塩淡境界にアップコーニング (塩水の部分的な上昇) が生じるクリティカルな状況にある。淡水レンズを健全に維持しながら効率的な水利用を行うために、科学的知見に基づいた淡水レンズ保全管理マニュアルが必要とされる。

### [成果の内容・特徴]

1. 本マニュアルは 4 つの章と付属資料で構成される (図 2・図 3)。第 2 章は調査・試験、第 3 章は適切かつ効果的な水利用・水質保全管理の促進、第 4 章は保全管理体制を記載している。当該国の水資源管理担当の公的機関を対象とし、淡水レンズの保全管理における実務の参考資料として用いられる。
2. 特に第 3 章は従来行われてきた低い塩分濃度での揚水停止及びローラ島以外への送水停止という対処療法的な淡水レンズの水利用法を改善し、降水量に応じた保全揚水量や分散揚水法 (取水井の数を増やし揚水強度を減らす方法) 等、水利用のあり方についての提言が記載されている。
3. この水利用のあり方は、淡水レンズの保全項目をアップコーニング、保全目標をアップコーニングがシャフト (横井戸の集水管) の高さまで上昇しないこととして、涵養量と揚水量を変えた数値実験により明らかにされる。この保全目標は、アップコーニングの周囲に揚水の影響を受けず残った淡水地下水を農業用水や生活用水として持続的かつ効率的に利用していくために設定されている。
4. これまでの取組等を付属資料に記載し、主要な成果を本章にとりまとめ、JIRCAS の HP 上で「マーシャル諸島共和国淡水レンズ保全管理マニュアル」を公表している。

本文・付属資料 : <http://www.jircas.affrc.go.jp/english/manual/LauraLens/>

### [成果の活用面・留意点]

1. 本マニュアルの内容は、マジュロ環礁で開催した「淡水レンズ保全管理セミナー」で公表されている。淡水レンズ管理組織の意思決定機関であるローラレンズ委員会を対象に説明会も開催している。本マニュアルは当該国で開催した検討会を踏まえて作成されている。
2. 2015 年 2 月 3 日、ヒルダ大統領が干ばつ緊急事態宣言を発出した。本マニュアルは干ばつに被災した島民がローラ島の淡水レンズを活用するため干ばつ対策検討委員会等で既に広く使用されている。

# 平成 27 年度 成果情報 A4

[具体的データ]

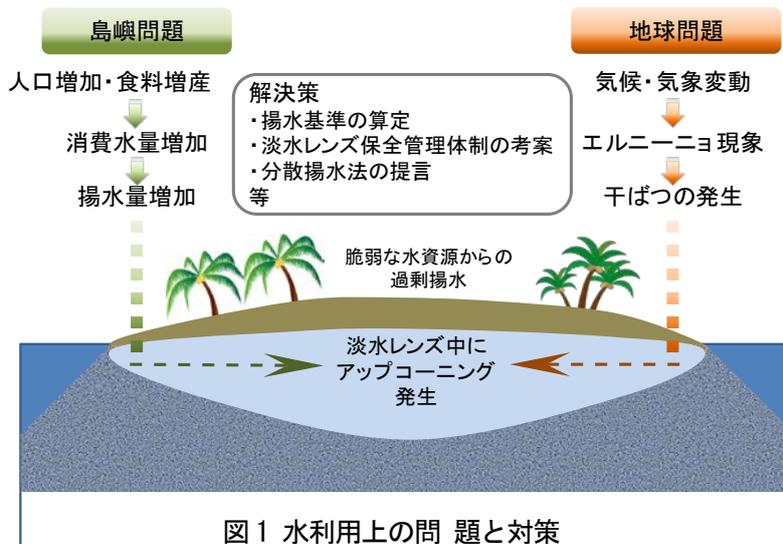


図1 水利用上の問題と対策



図2 淡水レンズ保全管理マニュアル

第1章 序章

- 1-1 目的
- 1-2 意義
- 1-3 基本理念

第2章 淡水レンズの水利用政策の策定に必要な調査・試験

- 2-1 地下水観測
- 2-2 物産調査
- 2-3 揚水試験
- 2-4 気象観測

第3章 適正かつ効果的な水利用・水質保全管理の促進

- 3-1 観測シミュレーション
- 3-2 揚水基準の算定方法
- 3-3 揚水強度の減少方法

第4章 淡水レンズの保全管理体制

付属資料

第5章 貯留・消毒機能の維持及び向上

- 5-1 水質不適合層
- 5-2 貯留と集水
- 5-3 地下ダム

第6章 建設内(市街地とローラ島)の連携の推進

- 6-1 広報・啓蒙活動
- 6-2 セミナー開催
- 6-3 インタビュー調査
- 6-4 住居設備点検
- 6-5 合同調査

第7章 コンサルタントの活用

- 7-1 ボーリング調査
  - 7-1-1 概要
  - 7-1-2 方法
  - 7-1-3 観測井設置
  - 7-1-4 ボーリング及び原位置試験

第8章 科学技術の振興

- 8-1 ダブルバックの開発
- 8-2 太陽光淡水化装置の開発

第9章 国際的な連携の確保及び国際協力の推進

- 9-1 太平洋島サミット
- 9-2 世界水フォーラム

第10章 その他

- 10-1 論文
- 10-2 展示
- 10-3 参加者一覧
- 10-4 パンフレット

図3 淡水レンズ保全管理マニュアル目次

[その他]

研究課題：環礁島における地下水保全手法の開発

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：交付金 [島嶼環境保全]

研究期間：2015年度 (2011～2015年度)

研究担当者：幸田和久・小林 勤

発表論文等：1)幸田(2015) 開発学研究 26(2):30-36

2)Koda et al. (2015) International Scholarly and Scientific Research & Innovation 9(12):1142-1145

3)幸田ら(2014) 地盤工学会誌 62(11/12):30-33

## 平成 27 年度 成果情報 A5

[成果情報名] 根圏土壌 pH の低下はソルガムでの生物的硝化抑制に関わる一つの因子である

[要約] インドのアルフィソル（低肥沃な赤黄色土の一種）圃場で栽培したソルガムの根圏土壌の硝化活性と pH はともに非根圏土壌よりも低下し、両者間には相関がある。また、土壌 pH の人為的な低下にともなっても硝化活性が低下する。以上より、ソルガムでの生物的硝化抑制の一因子として根圏土壌 pH の低下が考えられる。

[キーワード] ソルガム、生物的硝化抑制(BNI)、土壌 pH、硝化活性

[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]

ソルガム (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) は生物的硝化抑制(BNI)能をもつ作物であるが、その BNI 研究はこれまで水耕栽培でのみ行われており、圃場レベルでの評価例はない。そこで、ソルガムの主要な栽培国であるインドのアルフィソル圃場において栽培したソルガムの根圏土壌および非根圏土壌の硝化活性と土壌 pH を比較することにより、両者間の関連性を明らかにして、農業システムにおけるソルガムの BNI 能活用のための情報とする。

### [成果の内容・特徴]

1. アルフィソルの圃場 4 カ所で栽培したソルガムの根圏土壌（根に付着する数 mm の範囲の土）と非根圏土壌（根圏土壌以外の土）の硝化活性を比較すると、多くの場合で根圏土壌のほうが硝化活性は有意に低い（図 1a）。また、土壌 pH は、根圏土壌のほうが非根圏土壌よりも低い（図 1b）。
2. ソルガム株の根圏土壌 pH と硝化活性との関係を見ると、両者間には正の相関があり、特に生育後期に相関係数は高くなる（図 2）。
3. ソルガム栽培株の非根圏土壌あるいは裸地土壌の pH を硫酸希釈液添加により低下させると、土壌 pH の低下にともなって硝化活性は低下する（図 3）。
4. 以上より、アルフィソル圃場ではソルガム栽培による根圏土壌の pH 低下にともなって硝化活性の低下がおこることから、根圏土壌の pH 低下はソルガムにおける生物的硝化抑制に関わる一つの因子と考えられる。

### [成果の活用面・留意点]

1. これまでに同定されているソルガム根からの BNI 物質の根圏土壌 pH 低下に対する関与は未解析である。
2. アルフィソル以外の土壌での BNI と土壌 pH 低下との関連性については不明である。
3. ソルガム根からの BNI 物質の分泌が根圏における低 pH 条件で促進されることが知られており、ソルガムがもつ BNI 能の有効活用のための情報として合わせて利用する。

[具体的データ]

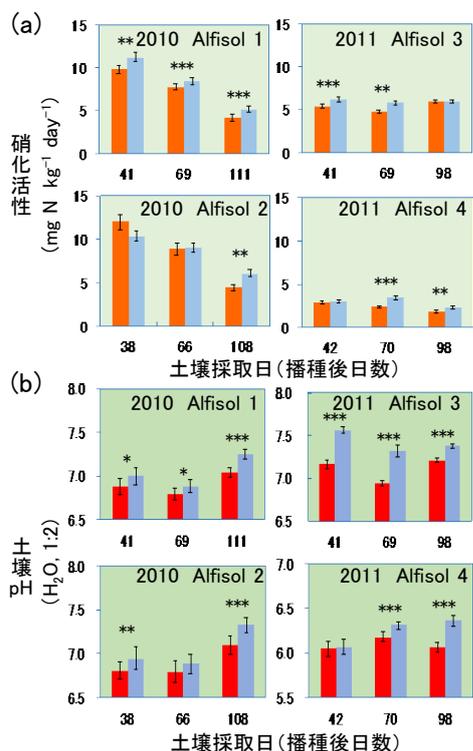


図1 ソルガムの根圏土壌(■、■)と非根圏土壌(■、■)の各サンプリング時における平均硝化活性(a)と平均土壌pH(b)

\*、\*\*、\*\*\*は有意差 $p < 0.05$ 、 $p < 0.01$ 、 $p < 0.001$ をそれぞれ示す。

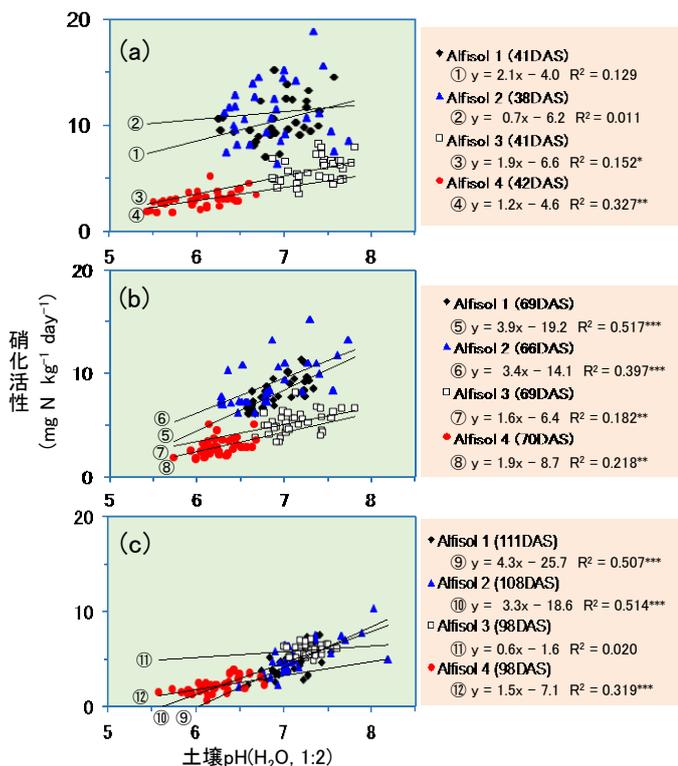


図2 採取時期別 (a 栽培前期, b 栽培中期, c 栽培後期) のソルガムの根圏土壌の硝化活性と土壌pHとの関係性

DAS、播種後日数

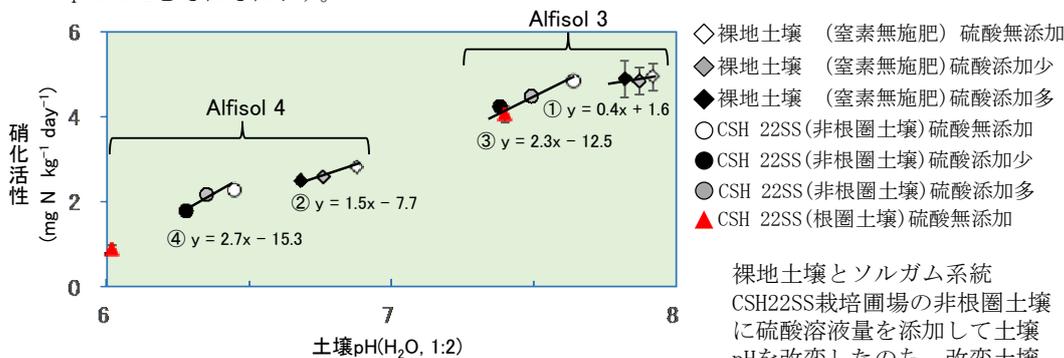


図3 硝化活性に及ぼす土壌pH変更の影響

[その他]

研究課題：生物的硝化抑制能を利用した育種素材の開発と作付体系への応用

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 [生物的硝化抑制]、農林水産省拠出金研究

研究期間：2015 年度 (2011~2014 年度)

研究担当者：渡辺 武、Venkata, S. P.・Sahrawat, K. L.・Wani, S. P. (国際半乾燥熱帯作物研究所)、伊藤 治 (国連大学)

発表論文等：Watanabe et al. (2015) JARQ 49: 245-253

## 平成 27 年度 成果情報 A6

[成果情報名] ソルガム根での生物的硝化抑制物質の分泌は転写レベルで制御されている

[要約] ソルガム根からの親水性（水溶性）硝化抑制物質の分泌は、根のまわりのアンモニウム ( $\text{NH}_4^+$ ) の濃度が 1.0 mM までの範囲で濃度依存的に促進される。促進には  $\text{NH}_4^+$  の同化が必要である。また、促進に関与する細胞膜  $\text{H}^+$ -ATP アーゼの活性は遺伝子の転写レベルで制御されている。

[キーワード] 生物的硝化抑制(BNI)、ソルガム、転写制御

[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]

ソルガム (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) は、根から生物的硝化抑制(BNI)物質を分泌して、硝化菌の活動を抑制し硝化活性を低下させる。根のまわりでの  $\text{NH}_4^+$  の存在が親水性（水溶性）の BNI 物質の分泌を促進するが、この促進には細胞膜  $\text{H}^+$ -ATP アーゼ活性が関与している（国際農林水産業研究センター 平成 25 年度成果情報）。しかし、BNI 物質の分泌促進が根での  $\text{NH}_4^+$  の取り込みで起こるのか、あるいはその同化が必要なのか、また  $\text{H}^+$ -ATP アーゼ活性が転写レベルで制御されているのか、さらにどの  $\text{H}^+$ -ATP アーゼ遺伝子が関与しているか不明のままであるので、これらを明らかにしてソルガムでの BNI 物質の分泌機作の解明に資する基礎的知見とする。

### [成果の内容・特徴]

1.  $\text{NH}_4^+$  は 1.0 mM までの範囲では、水耕栽培のソルガム根での細胞膜  $\text{H}^+$ -ATP アーゼ活性と根からの親水性（水溶性） BNI 物質の分泌をともに促進する（図 1a、b）。それより高い濃度になると BNI 物質の分泌促進はなくなる。ATP アーゼ阻害剤のバナデートを添加すると、BNI 物質の分泌が減少する（図 1c）。この結果は、 $\text{NH}_4^+$  の 1.0 mM の濃度範囲においては  $\text{H}^+$ -ATP アーゼ活性と BNI 物質の分泌との間に機能的連携があることを示している。
2. ソルガムのゲノム情報から同定した 12 の  $\text{H}^+$ -ATP アーゼ遺伝子うち 5 つの同質遺伝子 (*SbA1*, 2, 5, 10, 11) では、0.5 mM までの範囲において根圏での  $\text{NH}_4^+$  の濃度が高くなるにしたがい発現量も明瞭に多くなる（図 2）。これらの 5 つの遺伝子の発現パターンは類似しており、また  $\text{H}^+$ -ATP アーゼ活性の変動パターン（図 1b）と一致する。この結果は、 $\text{NH}_4^+$  による細胞膜  $\text{H}^+$ -ATP アーゼ活性の変動が、対応する 5 つの  $\text{H}^+$ -ATP アーゼ遺伝子の転写レベルでの制御によることを示している。
3.  $\text{NH}_4^+$  の非代謝類似体であるメチルアンモニウムを与えても、硝化抑制物質の放出（図 3a）と  $\text{H}^+$ -ATP アーゼ活性（図 3b）は変化しない。また上記の  $\text{H}^+$ -ATP アーゼの 5 つの同質遺伝子の発現に対しては、*SbA11* を除く 4 つでは影響を及ぼさない（図 3c）。この結果から、 $\text{NH}_4^+$  による硝化抑制物質の分泌の促進は、その取り込みだけでは起こらず、 $\text{NH}_4^+$  の同化を必要とすることが結論される。

### [成果の活用面・留意点]

1. ソルガムでの生物的硝化抑制能を強化した実用品種開発の手法の一つとして、細胞膜  $\text{H}^+$ -ATP アーゼ活性を高める遺伝的改良が考えられる。
2. 緩効性肥料を使用により土壤中での  $\text{NH}_4^+$  濃度をできるだけ低く維持してソルガム根からの生物的硝化抑制物質をより効率的に分泌させることができれば、硝化活性のより低い、また亜酸化窒素 ( $\text{N}_2\text{O}$ ) 放出がより少ない農業生産システムを構築できる。

# 平成 27 年度 成果情報 A6

[具体的データ]

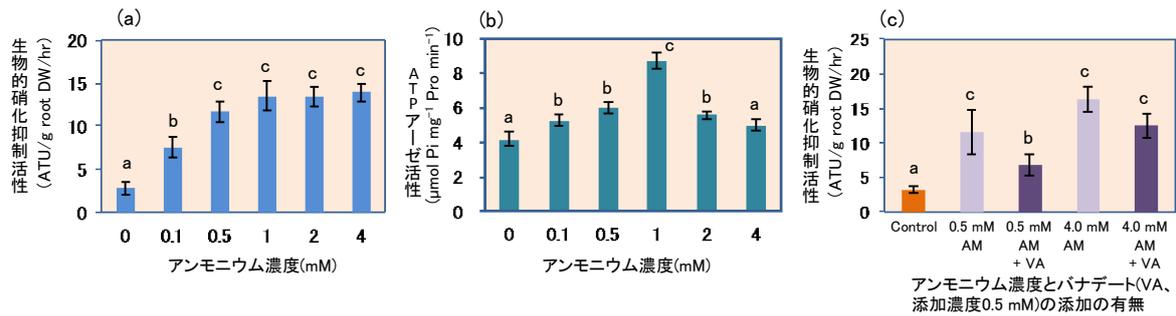


図1 ソルガム根から分泌される硝化抑制物質の採取時においてアンモニウム (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) がその分泌 (a) と細胞膜 H<sup>+</sup>-ATPアーゼ活性 (b) に及ぼす影響、およびATPアーゼ阻害剤バナデートの添加が及ぼす影響 (c)

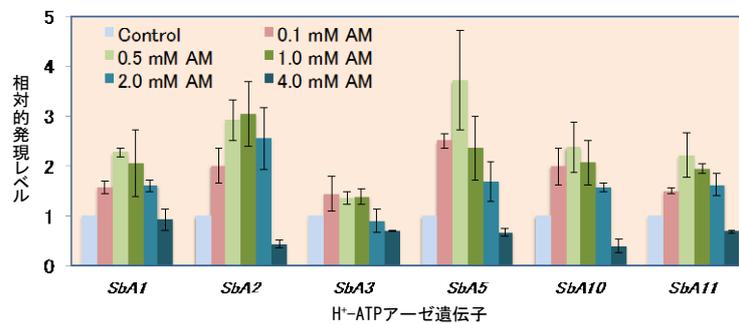


図2 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (AM) の濃度ごとのソルガム根での各細胞膜H<sup>+</sup>-ATPアーゼ遺伝子の発現比較

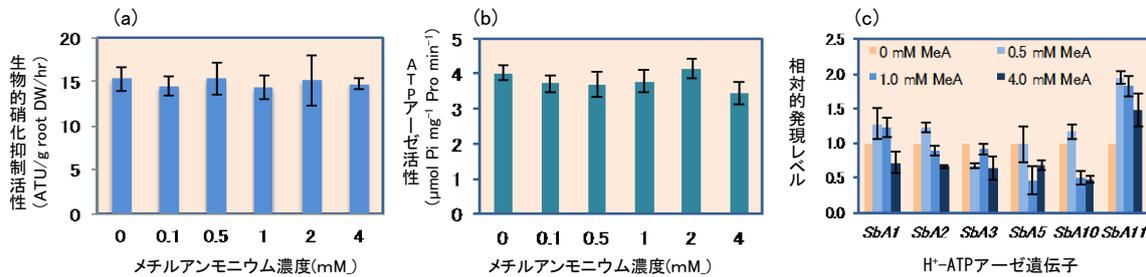


図3 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>の非代謝類似体メチルアンモニウム (MeA) がソルガムの根での硝化抑制物質の分泌 (a)、H<sup>+</sup>-ATPアーゼ活性 (b)、H<sup>+</sup>-ATPアーゼ遺伝子の発現 (c) に及ぼす影響

[その他]

研究課題：生物的硝化抑制能を利用した育種素材の開発と作付体系への応用

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 [生物的硝化抑制]

研究期間：2015 年度 (2011~2015 年度)

研究担当者：Subbarao, G.V., Zeng, H.・Di, T.・Zhu, Y. (南京農業大学)

発表論文等：Zeng, H. et al. (2015) Plant and Soil (Online First) (DOI: 10.1007/s11104-015-2675-2)

## 平成 27 年度 成果情報 B1

[成果情報名] 氾濫低湿地で高位安定収量を示すイネ品種がある

[要約] 白ボルタ川上流域（ガーナ）の氾濫低湿地における天水直播水稻の収量は、河川からの距離で大きく異なり、かつ年次間変動も大きい。このような環境下で Amankwatia、Bodia、Sakai（いずれもガーナ在来品種）、IRBL9-W[RL]（日本-IRRI 共同プロジェクト研究育成系統）は安定して相対的に高収量を示す。

[キーワード] アフリカ、水稻直播、氾濫低湿地、白ボルタ川、AMMI 分析

[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]

近年、西アフリカ諸国ではコメの消費量が急伸しており、コメ増産は焦眉の課題である。その解決の方途のひとつに大型河川周辺の未利用氾濫低湿地を活用した水稻生産がある。しかし、灌漑水田の単収がヘクタールあたり 4 トンであるのに対し天水低湿地の単収は 1 トンと低く

(Rodenburg and Demont 2007)、適性品種の導入による収量の向上が期待される。本研究は、氾濫低湿地環境に適応したイネ品種を探索する。

### [成果の内容・特徴]

1. 氾濫低湿地の環境は河川からの距離によって大きく異なる。本研究の成果は、氾濫程度の異なる 4 地点 (F1~F4)、3 年間 (2012~2014) にわたる栽培試験により得たものである (図 1)。
2. 天水直播水稻の収量反応で見ると、年次間変動も大きい。その収量に関する品種と環境の相互作用の傾向は主成分分析により、環境群は E1~E3 に、品種群は G1~4 にグループ化できる (図 1)。
3. 品種群 G-2 は環境群 E-3 で収量が高かったが、特定環境でのみ高収量であっても、年次によって環境が大きく異なる氾濫低湿地においては、適性品種とは言えない (図 1)。
4. 品種群 G-3 は、収量水準が中程度であり、環境の変異に対し比較的安定している (図 1)。
5. 品種群 G-4 は環境群 E-1 で収量が高く、他の環境でも一貫して相対的に多収を示すことから氾濫低湿地における適性品種といえる (図 1)。
6. 個別品種でみると氾濫低湿地の適性品種は AMMI (additive main effect and multiplicative interaction) 分析図で中心近く (環境に対して安定) かつ高収量の条件を満たす品種で Amankwatia、Bodia、Sakai (ガーナにおける在来品種)、IRBL9-W[RL] (日本-IRRI 共同プロジェクト研究育成系統 <https://www.jircas.affrc.go.jp/kankoubutsu/seika/seika2011/pdf/2011-10.pdf>)、がある (図 2)。IR42 は中心から離れており安定性が低い。

### [成果の活用面・留意点]

1. 品種群 G-1 は早生品種であるが、本研究環境では早生品種による生育後期の干ばつリスク回避は有効でないことが示されており、この知見は今後の当地における育種戦略に活用できる。
2. 本成果は、サブサハラアフリカのコメ生産を 10 年間で倍増 (1,400 万トンから 2,800 万トン) することを目標とする「アフリカ稲作振興のための共同体」(CARD) による栽培環境分類の「天水低湿地」の収量増に貢献する。
3. 本成果は、氾濫低湿地における天水直播水稻栽培の可能性を品種の面から裏付ける。なお、適性品種と他品種の違いの解明にはさらなる研究が必要である。

# 平成 27 年度 成果情報 B1

[具体的データ]

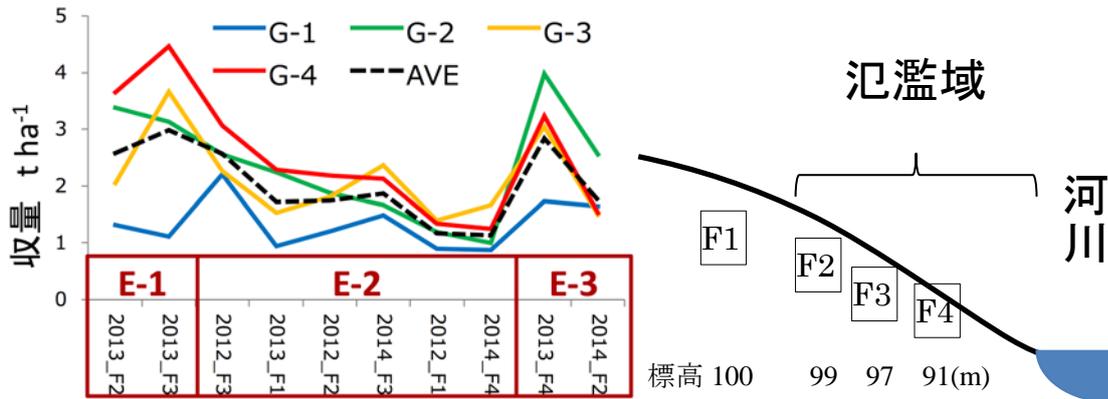
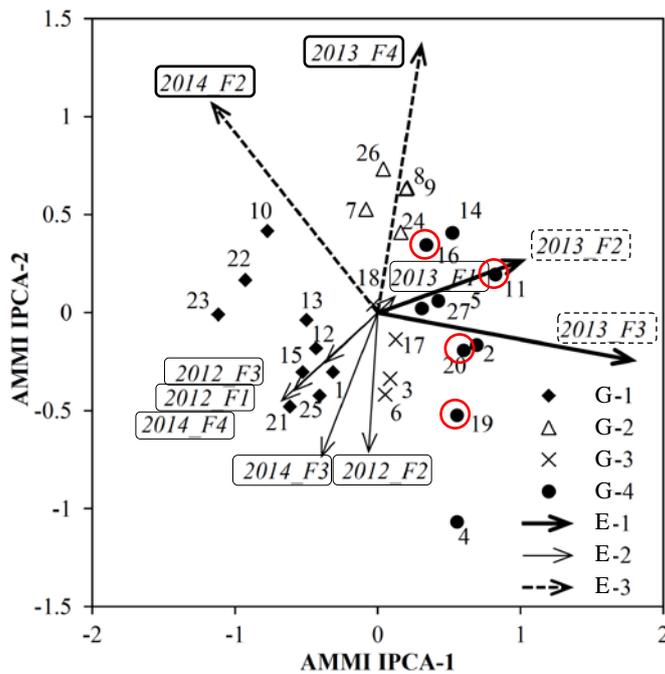


図 1 環境群に対する品種群の平均収量

(左) Gはクラスター分析による品種群を、Eは環境群を示す。(右) 試験地と河川との位置関係、及び標高を示す。F4 は約 4 年に 1 度の確率で冠水。



No.	Genotype	Species	Yield	Character
<b>G-1 (Very stable but low yield)</b>				
1	CK40	<i>O. sativa</i>	1.91	Lowland
10	IR73020-19-2-B-3-2B	<i>O. sativa</i>	1.74	Submergence
12	N22	<i>O. sativa</i>	0.78	Upland
13	Nylon	<i>O. sativa</i>	1.38	Deepwater
15	Vandana	<i>O. sativa</i>	0.90	Upland
21	CG14	<i>O. glaberrima</i>	1.42	Lowland
22	Mala Noir IV	<i>O. glaberrima</i>	1.19	Deepwater
23	Yélé 1A	<i>O. glaberrima</i>	1.08	Deepwater
25	Séidou Bayebeli	<i>O. glaberrima</i>	1.66	Upland
<b>G-2 (High yield in E-3)</b>				
7	IR71700-247-1-1-2	<i>O. sativa</i>	2.12	Lowland
8	IR72431-58-18-B-10-1	<i>O. sativa</i>	2.66	Elongation
9	IR73018-21-2-B-2-B	<i>O. sativa</i>	2.35	Submergence
24	Douboutou II	<i>O. glaberrima</i>	2.30	Lowland
26	Saligbéli	<i>O. glaberrima</i>	2.37	Deepwater
<b>G-3 (Standard)</b>				
3	IR07F323	<i>O. sativa</i>	2.01	AG + Sub1
6	IR67520-B-14-1-3-2-2	<i>O. sativa</i>	2.09	Submergence
17	Jasmin85	<i>O. sativa</i>	2.15	Lowland
18	Sikamo	<i>O. sativa</i>	2.25	Lowland
<b>G-4 (High yield especially in E-1)</b>				
2	IR07F297	<i>O. sativa</i>	2.39	AG + Sub1
4	IR42	<i>O. sativa</i>	2.76	Irrigated
5	IR11141-1-6-1-4	<i>O. sativa</i>	2.30	Elongation
11	IRBL9-W[RL]	<i>O. sativa</i>	2.61	Sub1
14	PSBRC80	<i>O. sativa</i>	2.18	Lowland
16	Amankwatia	<i>O. sativa</i>	2.75	Lowland
19	Bodia	<i>O. sativa</i>	2.60	Lowland
20	Sakai	<i>O. sativa</i>	2.59	Lowland
27	WAB1159-2-12-11-6-10	NERICA	2.44	Lowland

※赤字は上位 20%の高収量品種 (2.5t 以上)

図 2 AMMI 分析による各品種の環境適応特性

矢印で示される環境に対する各品種の適合度を示す。図の中心に近い品種は収量が特定環境に依存しない (安定)。○印の品種は中心近くでかつ収量も高い。

[その他]

研究課題：氾濫低湿地適正品種の選定

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 III]

研究期間：2015 年度 (2011-2015 年度)

研究担当者：小田正人・辻本泰弘、桂圭佑 (京都大)・松嶋賢一 (東農大)・Baba Inusah (サバンナ農業研究所)・Wilson Dogbe (サバンナ農業研究所)・坂上潤一 (鹿児島大)

発表論文等：Katsura et al. (2016) Eur. J. Agron., No73, 152-159

## 平成 27 年度 成果情報 B2

[成果情報名] **アグロバクテリウム遺伝子組換え技術によるブラジル産ダイズの乾燥耐性の改良**

[要約] 低いコピー数で遺伝子を植物に導入することができるアグロバクテリウム遺伝子組換え技術をブラジルのダイズ品種で確立し、シロイヌナズナにおいて乾燥ストレス耐性に重要な役割を担っている *AREB1* 転写因子の遺伝子をブラジルのダイズ品種に導入すると、温室条件下で乾燥耐性を示す。

[キーワード] 干ばつ、遺伝子組換えダイズ、*AREB1* 転写因子

[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]

世界各地で発生する大規模で深刻な干ばつにより、主要作物であるダイズは甚大な被害を受けている。特にブラジルにおけるダイズ生産量はアメリカに次いで世界第2位、輸出額は世界第1位であるが、過去10年間に4回(2004/05、2008/09、2011/12、2013/14 収穫年度)もの干ばつが発生しており、干ばつに強いダイズの開発は急務となっている。これまでダイズの遺伝子組換えに用いてきたパーティクルガン法では、導入される遺伝子のコピー数が多いことや、導入遺伝子のDNAの断片が挿入されることによる遺伝子の異常発現やサイレンシングなどにより、育種への利用が難しい。そのため、低コピーで遺伝子の導入ができ、断片化したDNAの挿入のリスクが少ないアグロバクテリウムを用いた遺伝子組換え技術を確認することが求められていた。本研究では、低いコピー数で遺伝子を導入することができるアグロバクテリウムを用いた遺伝子組換え技術をブラジルのダイズ品種で確立し、シロイヌナズナにおいて乾燥ストレス耐性に重要な役割を担っている *AREB1* 転写因子の遺伝子を用いて、乾燥ストレスに耐性を示すダイズの作出を試みる。

### [成果の内容・特徴]

1. ブラジルのダイズ栽培品種 BR-16 を用いて、アグロバクテリウムによる遺伝子組換え技術を確立し(図 1a)、1mM ジチオスレイトールおよび 1mM チオ硫酸ナトリウムをアグロバクテリウム感染培地に用いたところ、形質転換効率は 1.5%、導入遺伝子数は 1~2 コピーであり、実用レベルで組換えダイズを作出できる。
2. アグロバクテリウム法によって 35S プロモーター:*AREB1* 遺伝子を導入したダイズ品種 BR-16 のうち、1Ea15 系統、1Ea2939 系統における導入遺伝子数は 2 コピー、1 コピーである。
3. 導入した *AREB1* 遺伝子の発現レベルは、1Ea2939 系統では高いが、1Ea15 系統では低い。
4. 温室条件下において、1Ea2939 系統は強い乾燥ストレス(17 日間無給水)に対して最も耐性を示し、その生存率は 60% である(図 1b-d)。
5. 給水停止 7 日間のストレス条件下において、1Ea2939 系統は原品種と比べて光合成速度が有意に高い。このことは乾燥ストレスによるダメージが少ないことを示唆する(図 2)。

### [成果の活用面・留意点]

1. アグロバクテリウムを用いたブラジルダイズ品種の遺伝子組換え技術の確立により、様々な有用遺伝子を低いコピー数でブラジルのダイズ品種に導入することが可能となる。
2. 乾燥ストレス耐性を示した *AREB1* 遺伝子組換えダイズ 1Ea2939 系統について、圃場レベルでの評価試験が必要である。

## 平成 27 年度 成果情報 B2

[具体的データ]

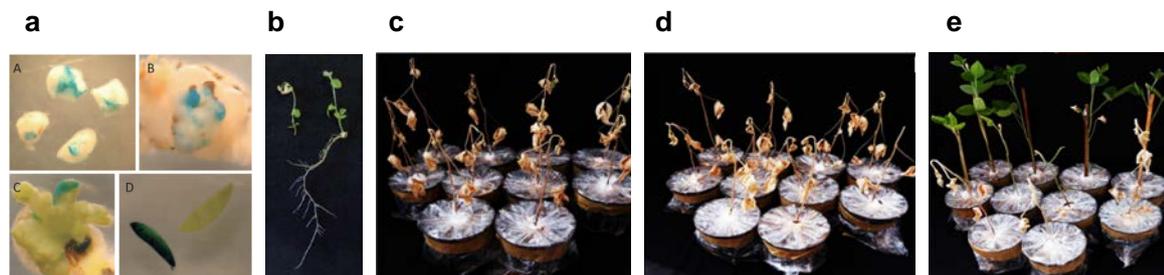


図1 遺伝子組換えダイズおよび温室条件下での *AREB1* 組換えダイズの乾燥耐性試験

a, アグロバクテリウム法により *GUS* ( $\beta$  グルクロニダーゼ) レポーター遺伝子を導入したブラジルのダイズ品種 BR-16 で観察された *GUS* 活性 (青色)。A, 導入 5 日目。B, 導入 1 週間。C, 導入 2 週間。D, 葉。b, 選択培地で発根した遺伝子組換えダイズ。左, 非組換えダイズ。右, 組換えダイズ。c-e, 17 日間の乾燥ストレス処理の後、再給水して 7 日を経たダイズ。c, 原品種(BR-16); d, アグロバクテリウム法により作出した *AREB1* 組換えダイズ(1Ea15); e, アグロバクテリウム法により作出した *AREB1* 組換えダイズ(1Ea2939)。BR-16、1Ea15 は枯死したが、1Ea2939 の生存率は 60% である。

a-b は Kanamori N, et al.<sup>1)</sup>、c-e は Marinho JP, Kanamori N, et al.<sup>2)</sup> を改変。

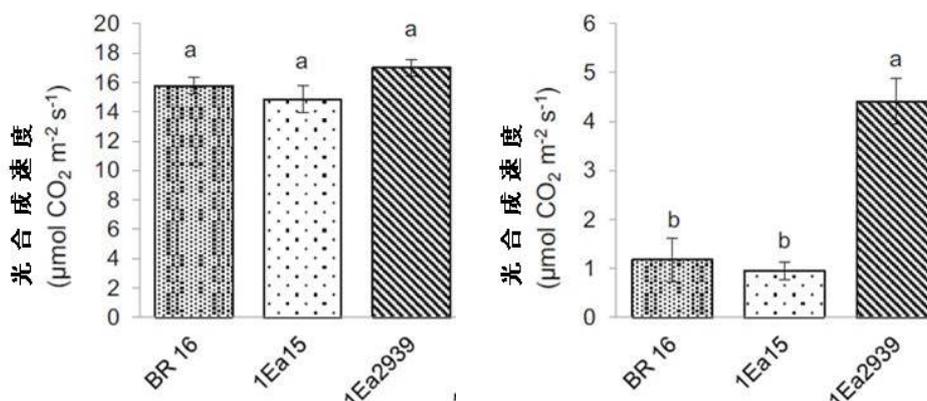


図2 温室条件下での *AREB1* 組換えダイズの光合成速度

(左) 非ストレス条件; (右) 乾燥ストレス条件 (給水停止 7 日後)

*AREB1* 組換えダイズ(1Ea2939)は、乾燥ストレス条件下において原品種(BR-16)と比べてより高い光合成活性を保持している。a と b は 5%水準で有意な差を示す。図は Marinho JP, Kanamori N, et al.<sup>2)</sup>を改変。

[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：運営費交付金 [環境ストレス耐性]、JST/JICA 地球規模 [SATREPS]

研究期間：2015 年度 (2010~2015 年度)

研究担当者：金森紀仁・藤田泰成・中島一雄・篠崎和子 (東京大学)・Juliane Marinho (Embrapa 大豆研究所)・Alexandre Nepomuceno (Embrapa 大豆研究所)

発表論文等：1) Kanamori N, et al. (2011) JIRCAS Working Report 71:75-79.

2) Marinho JP\*, Kanamori N\*, et al. (2015) Plant Mol. Biol. Rep. (印刷中, \* 同等貢献)

## 平成 27 年度 成果情報 B3

### [成果情報名] 長期の乾燥による葉の黄化防止に関わる遺伝子を発見

[要約] 植物ホルモンのアブシジン酸 (ABA) は、乾燥ストレスを受けると葉に蓄積するが、シロイヌナズナ環境ストレス応答に関わる 7 つの *SNAC-A* 遺伝子は、ABA によって誘導される黄化関連遺伝子の発現を調節しており、長期の乾燥による葉の黄化において重要な役割をもつ。

[キーワード] 干ばつ、乾燥、葉の黄化、遺伝子発現、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]

干ばつは世界各地で発生し、農業生産に大きな被害をもたらしている。干ばつによる食料不足のリスクが高い開発途上地域での被害を抑えるため、干ばつに強い作物を開発することが重要である。農作物では干ばつ時の乾燥ストレスにより、葉の黄化や落葉、収量の減少などが引き起こされる。葉の黄化では、葉緑素 (クロロフィル) が分解し、その結果、光合成能が低下して成長や収量が低下するため、乾燥による葉の黄化の機構を明らかにすることは、農作物の開発などを通じて干ばつ下でも安定な食料生産を可能にするために重要である。植物ホルモンのアブシジン酸 (ABA) は、乾燥ストレス時に葉に蓄積し、気孔を閉じて水分の蒸散を抑え、ストレス応答遺伝子の発現を促す。一方で、ABA の処理が長時間に及ぶと黄化が進行する。しかし、ABA による葉の黄化の分子メカニズムは、明らかになっていなかった。本研究では、理化学研究所、東京大学と共同で、ABA 応答に関わる遺伝子群の中から、葉の黄化に関わる遺伝子を明らかにする。

### [成果の内容・特徴]

1. 植物に特異的な転写因子である NAC の遺伝子ファミリーは、実験植物シロイヌナズナにおいて 100 以上の遺伝子で構成される。その中で *ANAC055*, *ANAC019*, *ANAC072/RD26*, *ANAC002/ATAF1*, *ANAC081/ATAF2*, *ANAC102*, *ANAC032* は、ストレス応答に関わる *SNAC-A* (A *subfamily of stress-responsive NAC*) 遺伝子で、長時間の ABA 処理によって発現が誘導される。
2. 野生型シロイヌナズナと上記 7 種の *SNAC-A* 遺伝子が働かないようにした 7 重変異体の葉を切断し、それぞれ ABA で長時間処理すると、野生型と比較して 7 重変異体では葉の黄化が抑制される (図 1a, b)。
3. *SNAC-A* 7 重変異体の ABA 応答性遺伝子発現を調べると、主要な ABA 応答を調節する転写因子である AREB/ABF ファミリーが調節する乾燥耐性に関わる遺伝子 (デハイドリン遺伝子 *RAB18*、親水性タンパク質遺伝子 *RD29B* 等) は正常に発現しているにもかかわらず、*SNAC-A* ファミリーが調節する葉の黄化に関わる遺伝子 (老化関連遺伝子 *SAG26*、チオレドキシシン遺伝子 *ATH8* 等) の発現は野生型よりも弱い (図 1c)。
4. 以上のように、*SNAC-A* ファミリーは、AREB/ABF ファミリーが調節する ABA 応答性遺伝子とは別に、葉の黄化に関わる ABA 応答性遺伝子の発現を調節しており、長期の乾燥による葉の黄化において重要な役割をもつ (図 2)。

### [成果の活用面・留意点]

1. この研究成果は、干ばつ耐性作物の開発において、干ばつ下での長期にわたる乾燥ストレスによる植物の黄化を調節し、作物の収量等の改良につながると期待できる。
2. *SNAC-A* 遺伝子ファミリーは、シロイヌナズナ以外にも、イネ、ダイズ、トウモロコシなどの作物にも保存されているため、多くの作物への応用が期待できる。

# 平成 27 年度 成果情報 B3

[具体的データ]

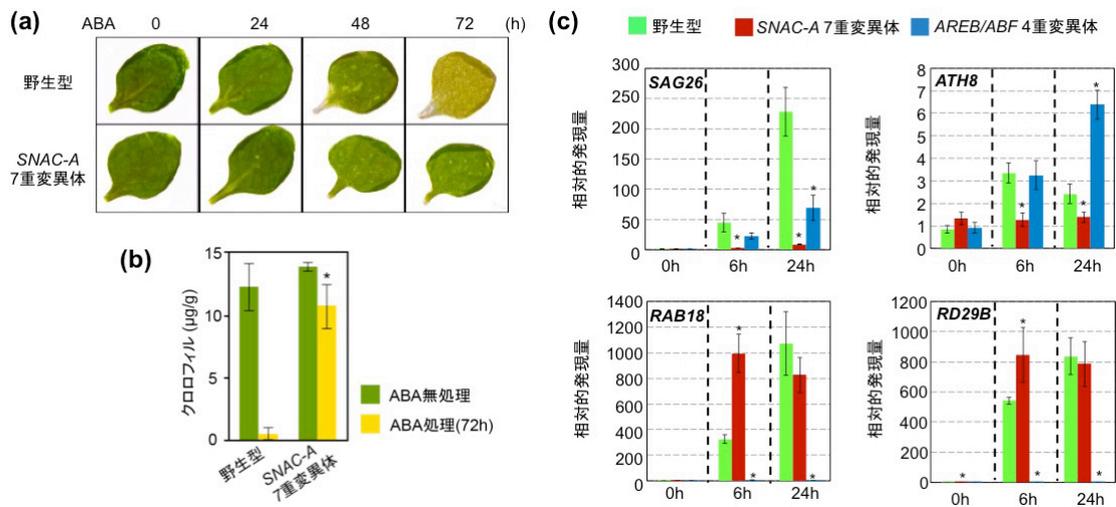


図 1 SNAC-A の 7 重変異体における ABA 誘導性黄化、黄化関連遺伝子発現の抑制

(a) ABA 処理した野生型および変異体の葉。(b) ABA 処理した野生型および変異体の葉のクロロフィル量。(c) ABA 処理した野生型および変異体の葉における遺伝子発現。\* 同条件の野生型の結果に対する変異体の結果の有意差検定 (Student's t-test;  $P < 0.05$ )。図は Takasaki et al. (2015)<sup>2)</sup>より転載 (Copyright © John Wiley & Sons, Inc.)。

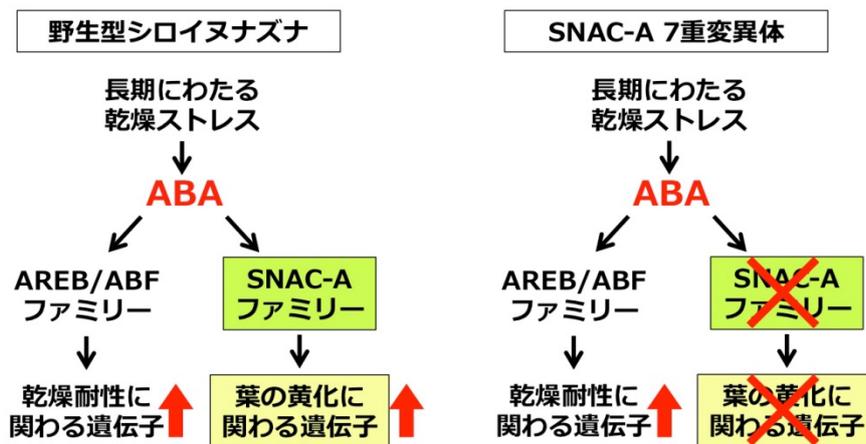


図 2 長期にわたる乾燥によって葉が黄化する仕組み

[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：運営費交付金 [環境ストレス耐性]、生研センター[ABA 応答]、JST/JICA 地球規模  
研究期間：2015 年度 (2010~2015 年度)

研究担当者：中島一雄・圓山恭之進、高崎寛則 (理化学研究所、東京大学)、吉田拓也・篠崎和子  
(東京大学)、高橋史憲・藤田美紀・明賀史純・豊岡公德・篠崎一雄 (理化学研究所)

発表論文等：1) Nakashima K et al. (2012) Biochimica et Biophysica Acta 1819: 97-103、

2) Takasaki H et al. (2015) Plant J. 84: 1114-1123、

3) プレスリリース (理化学研究所 2015 年 11 月 27 日、JIRCAS 同年 12 月 14 日)

## 平成 27 年度 成果情報 B4

### [成果情報名] **ダイズ耐塩性遺伝子 *Ncl* の単離とその利用による耐塩性の向上**

[要約] ブラジルのダイズ品種 FT-Abyara から単離された耐塩性遺伝子(*Ncl*)は、植物体地上部の  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Cl}^-$  の濃度を同時に抑制する。DNA マーカー選抜や形質転換の育種手法によって *Ncl* を導入した既存のダイズ品種は耐塩性が向上する。塩害圃場において *Ncl* 保有系統は高い子実収量を維持できる。

[キーワード] ダイズ、耐塩性、遺伝子

[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]

ダイズ(*Glycine max*)は世界で最も重要なマメ科作物であり、主要な油脂原料およびタンパク質源として、その利用は多岐にわたる。しかし、ダイズの収量は、稲やトウモロコシなどイネ科作物に比べると低く、また、干ばつ、塩害、低温などさまざまな環境ストレスの影響により不安定である。塩害は、世界のダイズ生産地帯、特に、中国等の乾燥・半乾燥地域において報告されている。わが国においても、津波や高潮による海水の流入に起因する塩害が報告されている。これらの問題への対策として、ダイズ耐塩性の遺伝的改良が有力な手段である。そこで、耐塩性の高いダイズ品種から耐塩性遺伝子を単離し、その機能および導入効果を明らかにする。

### [成果の内容・特徴]

1. マップベースクローニング法を用いてブラジルのダイズ品種 FT-Abyara から単離した耐塩性遺伝子(*Ncl*) (図 1) は、第 3 染色体上に座乗し、この遺伝子は植物体地上部の  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Cl}^-$  濃度を同時に抑制する。
2. 戻し交雑と DNA マーカー選抜により *Ncl* を導入した塩感受性品種 Jackson や、形質転換法により *Ncl* を過剰に発現させた塩感受性品種カリユタカは耐塩性が向上する (図 2、3)。
3. *Ncl* 準同質遺伝子系統を用いて塩害圃場で評価すると、*Ncl* を持つダイズ系統は塩処理圃場でも高いダイズ収量を維持でき、耐塩性系統の子実重は平均して塩感受性系統の子実重の 4.6 倍である (図 4)。

### [成果の活用面・留意点]

1. *Ncl* は、旧名 *qNaCl3* として 2014 年 2 月 17 日に特許出願 (日本)、同年 11 月 28 日に特許登録済みである。
2. *Ncl* は、DNA マーカー選抜や遺伝子組換えなど分子育種の手法で既存ダイズ品種に導入することが可能である。

# 平成 27 年度 成果情報 B4

[具体的データ]

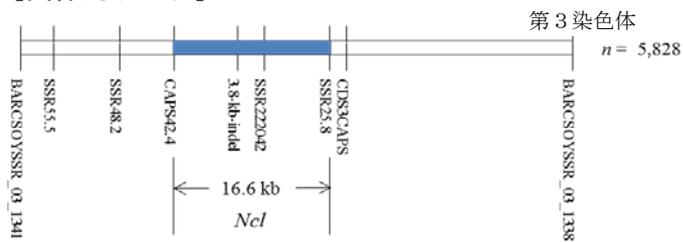


図 1 耐塩性遺伝子 (*Ncl*) の物理的地図  
*n*: マップベースクロニング解析に用いた分離集団の個体数



BC<sub>4</sub>F<sub>3</sub>-J1T (NaCl導入系統) BC<sub>4</sub>F<sub>3</sub>-J1S (NaCl未導入系統)

図 2 DNA マーカー選抜手法で *Ncl* 遺伝子を塩感受性ダイズ品種 Jackson に導入した系統 (BC<sub>4</sub>F<sub>3</sub>-J1T、左) と未導入系統 (BC<sub>4</sub>F<sub>3</sub>-J1S、右) の塩ストレス下における生長比較  
 塩処理は、100 mM の NaCl を含む水耕液で約 3 週間生育させた。

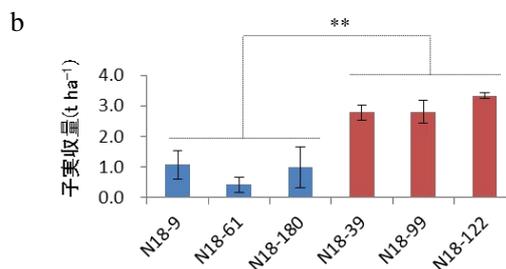


対照 (Null) *Ncl*形質転換ダイズ

図 3 塩感受性ダイズ品種カリユタカで *Ncl* を過剰に発現させた系統 (右) の塩ストレス下における生育の様子  
 塩処理は、100 mM の NaCl を含む水耕液で約 3 週間生育させた。



N18-61 (感受性) N18-99 (耐塩性)



N18-9、N18-61、N18-180 は感受性系統、N18-39、N18-99、N18-122 は耐塩性系統

図 4 塩害圃場における *Ncl* の耐塩性効果。

a: *Ncl* 準同質遺伝子系統 N18-61 (感受性) と N18-99 (耐塩性) の塩害圃場における生育の様子。b: *Ncl* 準同質遺伝子系統の塩害圃場における子実収量。塩処理は、海水の約 1/4 濃度の塩水を灌水した。\*\*は 1% 水準で有意、バーは標準誤差。

[その他]

研究課題：食料供給安定・生産向上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 [畑作安定供給]、日本学術振興会科学研究費補助金

研究期間：2015 年度 (2011~2015 年度)

研究担当者：許東河・庄野真理子・末永一博・Tuyen Duc Do・Huatao Chen・Hien Thi Thu Vu・Aladdin

Hamwih、山田哲也 (北大)、佐藤雅志 (東北大)、巖勇亮・叢花 (中国新疆農科院)

発表論文等：Do et al. (2016), Scientific Reports, DOI: 10.1038/srep19147

特許：特許第 5652799 号

## 平成 27 年度 成果情報 B5

### [成果情報名] ヤム遺伝資源多様性解析のための SSR マーカーの開発

[要約] ヤマノイモ (*Dioscorea*) 属作物の一種である *D. cayenensis* のゲノム DNA より探索した単純反復配列 (SSR) 領域を増幅する 90 個のマーカーを作成した。これらのマーカーはアフリカで栽培されている 6 種のヤム遺伝資源において高い汎用性を示し、ヤムの主要な種の系統関係や多様性の評価に適したマーカーである。

[キーワード] ヤム、遺伝資源、SSR マーカー、系統関係、多様性

[所属] 国際農林水産業研究センター 熱帯・島嶼研究拠点

[分類] 研究 B

---

### [背景・ねらい]

ヤム (Yam) は、ヤマノイモ (*Dioscorea*) 属の食用として栽培されている複数の種の総称で、アフリカ、アジア、オセアニア、南アメリカと世界中に広く分布している。とくに、西アフリカでは重要な主食作物として年間 5,000 万トンが生産されているが (図 1)、品種改良や育種に関する技術開発は遅れている。JIRCAS はヤムの生産性向上に向けた育種の基盤となる科学的情報の整備や研究技術の開発を目的に国際共同プロジェクトを実施している。本研究ではヤム遺伝資源の系統関係や多様性評価のための DNA マーカーを開発する。これらのマーカーは、ヤムの遺伝資源の管理や評価、さらには育種工程への利用が期待できる。

### [成果の内容・特徴]

1. *D. cayenensis* のゲノム DNA より探索した SSR (Simple Sequence Repeat、単純反復配列: 2~数塩基の繰り返しからなる配列) 領域を増幅する 90 マーカーを新規に開発した。マーカー数は既報の SSR マーカーの合計数 (7 報で計 67 個) を大きく上回る。作成した 90 マーカーは、全世界での生産量の多い主要な 2 種 *D. rotundata* 及び *D. alata* において、それぞれ 85 マーカー (94.4%) 及び 51 マーカー (56.7%) の増幅が確認され、複数種間における汎用性を示す。
2. アフリカで主要なヤム 6 種 (*D. alata*, *D. bulbifera*, *D. cayenensis*, *D. dumetorum*, *D. esculenta*, *D. rotundata*) における 90 マーカーの増幅および多型を調査し、種を横断的に調査するために有効な 30 マーカーをさらに選定した (表 1)。とくに、\*印を付した 6 マーカーは、6 種中 5 種以上での増幅が確認され、種間の系統関係を効率的に評価できるマーカーセットであると考えられる。
3. 選定した 6 マーカーを用い 5 種 131 系統のヤム遺伝資源 (サンプル数の少ない *D. esculenta* を除く) の系統解析の結果、1) *D. alata* および *D. bulbifera* についてはそれぞれの種ごとに明瞭にグループを形成する、2) *D. rotundata* と *D. cayenensis* が遺伝的に近縁なグループに属するなど既報の種の分類と矛盾することなく位置づけられ、選定したマーカーの有効性が実証された (図 2)。

### [成果の活用面・留意点]

1. 選定したマーカーは種間の関係の解析のみでなく、ヤム各種内の遺伝的多様性の評価にも有効である。
2. SSR マーカーは育種の現場においても利用しやすいことから、適切なマーカーを選ぶことによって交雑の成否確認や品種同定への利用が期待できる。

# 平成 27 年度 成果情報 B5

[具体的データ]



図 1 ヤム遺伝資源圃場におけるヤムの植物体 (左)、およびヤム市場に並ぶイモ (右)

表 1 種間の系統関係の調査に有効なマーカー

マーカー	<i>D. cayenensis</i>	<i>D. rotundata</i>	<i>D. alata</i>	<i>D. dumetorum</i>	<i>D. esculenta</i>	<i>D. bulbifera</i>
YM002	++	++	++	-	-	+
YM003	++	++	++	-	-	-
YM005	++	++	++	-	-	-
YM006	++	++	-	-	-	-
YM009	++	++	++	-	-	-
YM010	++	++	++	-	-	-
YM011	++	++	-	-	+	-
YM012	++	++	++	-	-	-
YM013*	++	++	++	++	+	++
YM021	++	++	++	-	-	+
YM023	++	++	++	-	-	-
YM024	++	++	++	++	-	-
YM032	++	++	++	-	-	+
YM033	++	++	++	-	-	-
YM036	++	++	++	-	-	-
YM037	++	++	++	-	-	-
YM044	++	++	++	-	-	-
YM045	++	++	++	-	+	-
YM053*	++	++	++	+	+	+
YM055*	++	++	++	++	+	-
YM065	++	++	++	+	-	-
YM066*	++	++	++	++	-	+
YM071	++	++	++	++	-	-
YM074*	++	++	++	+	+	+
YM075	++	++	++	-	-	-
YM078	++	++	++	-	+	-
YM080*	++	++	++	++	+	++
YM084	++	++	-	-	-	-
YM087	++	++	++	-	-	-
YM089	++	++	++	-	-	-

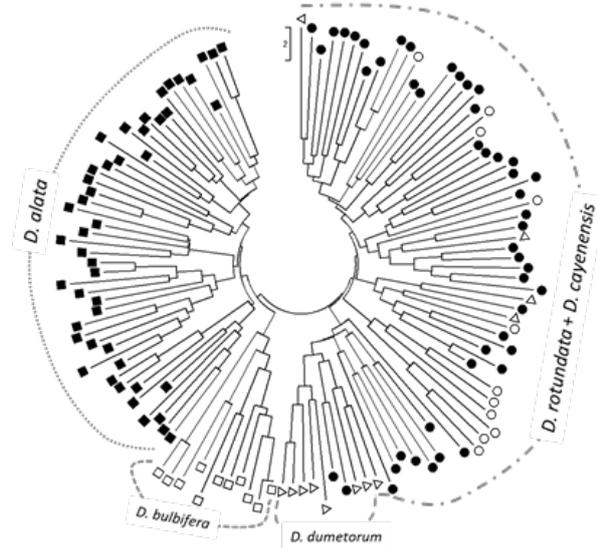


図 2 種を超えて安定して増幅する 6 マーカーを用いた遺伝的距離に基づくヤム遺伝資源の系統解析  
 ■: *D. alata*、□: *D. bulbifera*、●: *D. rotundata*、○: *D. cayenensis*、△: *D. dumetorum*

++: 増幅あり (多型)、+: 増幅あり (単型)、-: 増幅なし、黄色: 種特異的な多型有り  
 \*: 5 種以上での増幅が確認されたマーカー

[その他]

研究課題: 熱帯性畑作物遺伝資源の多様性評価および利用技術の開発

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 [熱帯作物開発]

研究期間: 2015 年度 (2011~2015 年度)

研究担当者: 山中慎介・高木洋子、M. Tamiru (岩手生工研)、寺内良平 (岩手生工研)

発表論文等: Tamiru & Yamanaka et al. (2015) Crop Sci. 55: 2191-2200.

## 平成 27 年度 成果情報 B6

### [成果情報名] ササゲ遺伝資源の子実品質関連形質の評価とデータベースの公開

[要約] ササゲ育種や研究への遺伝資源の利用の活性化のため、ササゲ遺伝資源の子実品質関連形質（計 27 形質）について、各形質の多様性の幅や特徴的な形質を有する遺伝資源を明らかにし、検索機能付きデータベースを公開した。

[キーワード] アフリカ、ササゲ、品質関連形質、多様性、データベース

[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]

西アフリカの伝統的なマメ科作物であるササゲ (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) は、農家の現金収入源であるとともに、タンパク質や微量元素の供給源として重要な役割を果たしている。このため近年、従来の育種目標である収量や耐病虫性の向上に加え、子実の品質向上、さらに将来的には消費者の嗜好性および市場のニーズに適した品種開発の重要性が指摘されている。本研究では、このような動きに対応し、ササゲ遺伝資源の子実の外観品質や栄養価に関連する諸形質を評価し、これら形質の多様性や各形質間の関係性を解析する。得られた情報は、検索機能付きデータベース（日・英）として、ササゲ育種家が育種素材を選定する際に利用可能な形で公開する。

#### [成果の内容・特徴]

1. 遺伝資源 240 系統の基礎的な農業形質（7 形質）および子実品質関連形質（15 形質）の評価し、形質間の相関関係を解析した結果（表 1）から次のことが示される：
  - 1) タンパク質、鉄、亜鉛の含有量には高い正の相関がある（表 1 ハイライト部分）、
  - 2) 基礎的な農業形質と子実品質関連形質には相関性が見られないことから、収量性や早晚性を維持したまま、品種改良によって子実品質を向上させる可能性が十分にある。
2. 上記の遺伝資源 240 系統から、基礎的な形質の多様性を網羅するように選定した 20 系統について子実品質関連形質（計 27 形質）を詳細に分析し、各形質の遺伝的変異を確認した。この結果から、ササゲ子実成分のプロファイルが明らかにでき（表 2）、特に次のことが示される：
  - 1) ササゲ独自の窒素-タンパク質換算係数 5.45 が利用できる（図 2）、
  - 2) 育種系統 IT93K-452-1、IT90K-277-2 および IT98K-205-8 は、膨満感を引き起こす遊離糖含有量が低い（スタキオース：24.1 - 28.8mg、ラフィノース：2.5 - 2.9mg）ことに加え、高い収量性や早生性を有する、
  - 3) 鉄・亜鉛等の含有量が高い一方でフィチン酸含有量が低い系統 TVu-12802 および TVu-467 は、微量元素の吸収効率向上のための育種素材として利用できる。
3. 公開データベース（2016 年 3 月末公開予定：<http://www.jircas.go.jp/database/edits-cowpea>）を通じて、農業形質および子実品質関連形質によるササゲ遺伝資源（計 240 系統）の複合条件検索が可能となる。

#### [成果の活用面・留意点]

1. 複合条件検索可能なデータベースの利用を通じて、西アフリカ各国のササゲ育種家ならびに研究者によって多様な遺伝資源が効果的に育種や研究活動に利用される。
2. 確認された子実品質関連形質の遺伝的多様性情報ならびに特徴的な遺伝資源が利用され、各国の消費者嗜好性やマーケットのニーズに対応した高付加価値品種の育成が活性化される。
3. 既存の育成系統や地域品種についての分析を進め、データベースの拡充を計る必要がある。

# 平成 27 年度 成果情報 B6

[具体的データ]

表 1 主な農業・子実品質関連形質間の表現型相関（上部対角面）と遺伝型相関（下部対角面）

	開花日	収穫日	バイオマス	子実収量	粗タンパク	鉄	亜鉛	マンガン	銅	100粒重
開花日		0.45 *	0.30 *	0.02	0.05	0.02	-0.01	0.08 *	-0.14 *	0.08
収穫日	0.44 *		0.10 *	0.09 *	-0.10 *	-0.13 *	-0.10 *	0.15 *	0.12 *	0.44 *
バイオマス	0.57 *	0.19 *		0.49 *	0.22 *	0.17 *	-0.01	-0.09 *	-0.15 *	0.04
子実収量	0.10	0.32 *	0.57 *		0.07	0.03	-0.23 *	-0.05	-0.01	0.17 *
粗タンパク	0.10	-0.15	0.25 *	-0.11		0.47 *	0.36 *	-0.02	0.07	-0.19 *
鉄	0.05	-0.22 *	0.16	-0.23 *	0.70 *		0.33 *	-0.03	0.04	-0.24 *
亜鉛	0.00	-0.25 *	-0.07	-0.38 *	0.70 *	0.68 *		0.05	0.13 *	-0.14 *
マンガン	0.24 *	0.42 *	0.32 *	0.53 *	0.13	0.04	0.18		0.19 *	0.15
銅	-0.30 *	0.17 *	-0.27 *	0.02	0.11	0.06	0.16	0.22		0.00
100粒重	0.13	0.53 *	0.06	0.35 *	-0.28 *	-0.39 *	-0.25 *	0.07	0.00	

\* P<0.05

表 2 ササゲの子実サイズおよび成分の詳細プロフィール

子実品質関連形質	平均	最大	最小	S. D.
子実の重さ・大きさ*				
100粒重 (g)	11.7	18.7	4.0	2.9
子実幅 (mm)	5.3	6.8	3.7	0.6
子実長 (mm)	7.2	9.7	4.8	0.9
粗タンパク質含有率 (%)*	20.4	24.1	17.0	1.3
微量元素含有量 (mg/kg)*				
鉄	53.1	66.3	41.4	5.0
亜鉛	39.6	47.3	32.1	2.9
マンガン	25.3	39.4	14.7	3.8
銅	4.8	7.3	3.4	0.7
食物繊維 (g/100g)**				
不溶性	15.7	20.6	9.0	2.7
水溶性	1.2	3.4	N. D.	0.9
遊離糖 (mg/g)**				
スタキオース	31.5	43.8	24.1	3.9
スクロース	15.4	39.3	9.2	7.8
ラフィノース	3.4	4.5	1.7	0.7
フィチン酸含有量 (mg/g)**	28.3	37.0	21.8	4.6
ポリフェノール含有量 (mg/g)**	4.4	48.8	0.1	10.7
DPPH IC <sub>50</sub> (mg/g)**	416.7	1403.9	28.8	376.8
調理時間 (分)**、§	97.0	160.0	60.0	23.9

\*240系統（2011, 2012年サンプル）についての分析値

\*\*20系統（2011年サンプル）についての分析値

§ 茹でマメとして適正な硬さ（2-4N）となるまでの加熱調理時間



図 1 多様なササゲ子実

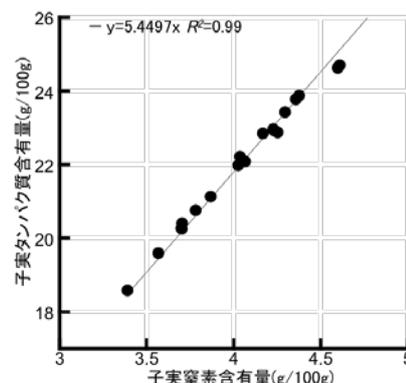


図 2 子実窒素含有量とタンパク質含有量の関係

[その他]

研究課題：西アフリカにおけるササゲの需要及び生産者・消費者嗜好性等に関する調査及び評価

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

予算区分：交付金 [熱帯作物開発]

研究期間：2015 年度（2011～2015 年度）

研究担当者：村中聡・庄野真理子・高木洋子、妙田貴男（東京農業大学）

発表論文等：Muranaka et al.(2016) Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization 14(1):67-76

doi:10.1017/S147926211500009X

## 平成 27 年度 成果情報 B7

### [成果情報名] 機械収穫効率が低いエリアンサスの栄養繁殖品種「JEC1」の育成

[要約] エリアンサスの栄養繁殖品種「JEC1」は、種子で増殖する既存品種「JES1」と同等の乾物収量を示し、1株あたりの茎数と乾物重では個体間の均一性が「JES1」より高い。そのため、「JEC1」の機械収穫効率は「JES1」より高く、バイオマス原料の効率的な生産が可能である。

[キーワード] バイオマス資源作物、エリアンサス、栄養繁殖品種、均一性、機械収穫

[所属] 国際農林水産業研究センター 熱帯・島嶼研究拠点

[分類] 技術 A

### [背景・ねらい]

二酸化炭素排出量の削減や地域活性化に向けて、草本系資源作物に由来するバイオマスの利活用が重要な役割を果たすと考えられる。エリアンサス (*Erianthus arundinaceus*、和名: ヨシススキ) は多年性のイネ科植物であり、我が国の暖地および温暖地での生産力が高いため、将来的なバイオマス事業における原料として期待できる。一方で、エリアンサスによる原料生産の実用化には、低コスト生産を可能にする品種開発が必要となる。これらの背景から、わが国初の品種として「JES1」が育成された。「JES1」は増殖効率を高めるために種子を利用して増殖する品種であるが、品種内個体間の茎数や乾物重のばらつきが比較的大きく、機械収穫での作業効率が低下するという問題点がある。そこで、品種内個体間のばらつきを抑え、機械収穫効率を改良することを目標に、栄養繁殖で増殖を行う品種を開発する。

### [成果の内容・特徴]

1. 「JEC1」は、立型晩生の「JW4」を母本とし、「JW630」、「KO1」、「KO2」、「KO2 立」との放任受粉で得られた集団から選抜した栄養繁殖品種である。
2. 農研機構 九州沖縄農業研究センター（以下九沖農研、熊本）における「JEC1」の出穂始日は、株が確立した2年目では晩生である「JES1」より10日早く、「KO2 立」より8日遅い。「JEC1」の早晩性は中生に属する（表1）。
3. 九沖農研（熊本）において「JEC1」から採取した小花からの発芽率は9.4%である（表1）。
4. 「JEC1」の草型は中間型であり、やや立型の「JES1」より開帳している（表1、図1）。
5. 「JEC1」の2年目乾物収量は3.16t/10aであり、「JES1」と同程度である（表1）。
6. 栄養繁殖で増殖する「JEC1」の1株あたりの茎数および乾物重の変動係数は、種子で増殖する「JES1」より有意に小さい（表2）。そのため、飼料作物収穫機（CHAMPION 3000）による「JEC1」の機械収穫効率（9.3t/hr）は、「JES1」（7.3t/hr）より有意に高い（図2）。

### [成果の活用面・留意点]

1. エリアンサスを主原料として用いるバイオマス事業で活用する。当面はペレットボイラー等の熱利用に向けた技術開発、実証研究およびパイロット試験等における利用が見込まれる。
2. 種苗は、茎部の植えつけや株分けにより苗を養成し増殖する。将来的に組織培養を利用した種苗増殖技術が実用化すれば、種苗の増殖効率の向上が可能になる。
3. エリアンサスは、「我が国の生態系等に被害を及ぼすおそれのある外来種リスト」（平成27年3月）の重点対策外来種に該当するため、栽培に当たっては栽培者の管理下に置くことで雑草化を防止することとし、危険性が高い小笠原・南西諸島では栽培しない。

# 平成 27 年度 成果情報 B7

## [具体的データ]

表 1 「JEC1」の主要特性（九沖農研、熊本）

特性 <sup>1)</sup>	JEC1 <sup>2)</sup>	JES1 <sup>3)</sup>	KO2立 <sup>3)</sup>	備考
草型(2012-13年の平均)	5.1	3.0	5.5	(1:立-9:開張)
葉鞘の毛茸の程度	5.3	3.9	5.9	(1:無-9:極多)
初期生育(2年目)	7.3	6.3	6.4	(1:不良-9:極良)
草丈(cm)	418 a	396 a	371 b	2年目(2013年)
稈径(mm)	14.8 a	14.2 a	14.3 a	2年目(2013年)
茎数(本/a)	4751 a	4777 a	4959 a	2年目(2013年)
乾物収量(t/10a)	3.16 a	3.22 a	2.71 a	2年目(2013年)
乾物率(%)	42.6 a	39.1 a	50.4 b	2年目(2013年)
灰分含量(%)	7.7 a	7.3 a	6.2 b	1年目(2012年)
出穂始日	10/8 a	10/18 b	9/30 c	2年目(2013年)
採取小花からの発芽率 <sup>4)</sup> (%)	9.4	0.1	11.9	2年目(2013年)

- 異なる文字間 (a,b および c) は Tukey's HSD において品種間に有意水準 5% で有意差があることを示す。
- 組織培養により栄養増殖した「JEC1」の種苗を供試した。
- 比較品種・系統。
- 稔・不稔を含む小花 (JEC1 は 1451 個、JES1 は 1352 個、KO2 立は 1264 個) からの発芽数から算出した。本州で収集したエريانサス遺伝資源「JW630」の発芽率は 47.3% である。



図 1 「JEC1」および「JES1」の草姿

表 2 「JEC1」の 1 株あたり茎数、乾物重の変動係数

年次 <sup>1)</sup>	系統 <sup>2)</sup>	茎数		乾物重		
		本/株	CV	g/株	CV	
1年目	JEC1	133	18	1630	27	
	JES1	86	38	1378	47	
2年目	JEC1	89	46	5923	50	
	JES1	90	67	6031	80	
二元分散分析 <sup>3)</sup>		df	F	P	F	P
系統(JEC1 vs JES1)		1	9.34	0.016 *	31.70	0.008 **
年次(1年目 vs 2年目)		1	16.46	0.004 **	27.98	0.006 **
系統×年次		1	0.03	0.875 ns	5.50	0.499 ns
誤差		8				

- 2012 年 6 月に植付けた生産力検定試験圃場の 1 年目、2 年目の結果
- 各形質の調査個体数は 15 (5 個体/反復) とした
- 変動係数 (CV) について行った 2 元分散分析の結果を示す\*は有意水準 5% で有意差あり、\*\*は有意水準 1% で有意差あり、ns は有意差無しを意味する
- 草丈の変動係数には、両品種間で有意差は認められなかった

## [その他]

研究課題：草本を利用したバイオエタノールの低コスト・安定供給技術の開発

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]、交付金 [熱帯作物開発]

研究期間：2015 年度 (2012~2015 年度)

研究担当者：寺島義文、我有満・上床修弘 (農研機構 九沖農研)、杉本明

発表論文等：我有、寺島ら 「JEC1」品種登録出願 (第 30535 号 2015 年 10 月 15 日)

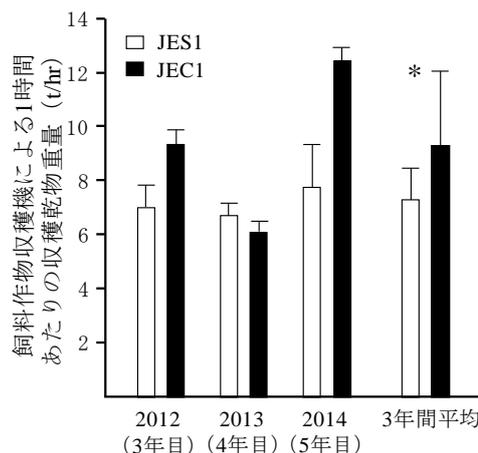


図 2 「JEC1」の機械収穫効率

- 飼料作物収穫機「CHAMPION 3000」による 1 時間あたりの収穫乾物重量を示す
- 2010 年 6 月に植付けた圃場の 3 年目、4 年目、5 年目の収穫試験結果である
- 飼料作物収穫機の運転は、2012 は操縦者 A、2013 および 2014 は操縦者 B が行った
- \*は、系統と年次を要因とした 2 元分散分析において有意水準 5% で品種間に有意差があること

## 平成 27 年度 成果情報 B8

### [成果情報名] イネのリン利用効率に関する新規遺伝子座の同定

[要約] 吸収リン量に対する乾物生産量を示す一つの重要な指標であるリン利用効率 (PUE) に関する量的形質遺伝子座 (QTL) は、イネゲノムの第 1 および 11 染色体上にある。

[キーワード] イネ、リン利用効率、ゲノムワイド連関解析、低リン耐性、量的形質遺伝子座

[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]

リンはすべての作物生産に重要な必須元素で、土壌中のリン欠乏はリン肥料の施用により補われている。しかし、リン肥料の原料である高品質のリン鉱石は、その資源が限られていることから、リン肥料の価格は高騰し開発途上国の貧困な農家による入手は、今後、さらに困難になることが予測されている。このことから低リン耐性育種の一つとして、リン利用効率を向上した栽培品種の開発が重要である。このため未だ明らかになっていないリン利用効率(PUE)に関わる量的形質遺伝子座(QTL)をゲノムワイド連関解析(GWAS)により同定し、集積した情報を用いてリン代謝メカニズムの解明と低リン耐性育種への利用を図る。

### [成果の内容・特徴]

1. 水耕栽培において、播種後 10 日に 0.8mg のリンを加え 50 日目に収穫し、イネ個体の総リン量とバイオマスを測定する。PUE は {バイオマス(g)/植物体リン総量(mg)} の計算により精度よく評価できる。
2. IRRI (国際稲研究所) の遺伝資源センターから譲渡された 292 品種・系統 (アクセッション) の中に、広い PUE の変異を認める (最高値:2.8, 最低値:1.4, 平均値:2.2)。
3. 供試したアクセッションの PUE 値と遺伝子型情報を用いたゲノムワイド連関解析 (GWAS) は、PUE に関与する新規の QTL が第 1 と第 11 染色体に存在することを示している (図 1A)。
4. 高い PUE を示す品種のなかで、Yodanya (PUE は 2.7) や Mudgo (同 2.5) などのインド型品種は第 1 染色体に QTL が、バングラデシュのインド型品種で栽培型のアウスに分類される Santhi Sufaid (同 2.6) や DJ123 (同 2.6) などは第 11 染色体に QTL がある (図 1A)。
5. 特に第 1 染色体の PUE の候補遺伝子 (*PUE1-7*) は、低リン条件でその遺伝子発現が増加するが、遺伝子発現レベルでの品種間差異はない (図 2)。しかし、*PUE1-7* のタンパク質のコード領域には、高 PUE 品種 (Yodanya, Mudgo) に特異的なアミノ酸配列の変異が存在することから、この変異がタンパク質の機能に影響していると考えられる。また *PUE1-7* は、リンが多く含まれている RNA の分解に影響する遺伝子と高い類似性があることから、候補遺伝子として有望である。

### [成果の活用面・留意点]

1. PUE に関連する遺伝子/QTL の利用により低リン耐性イネ育種が可能になり、アフリカなどの低土壌肥沃地域へ適応した品種や、リン酸肥料を節約した栽培技術の開発が可能となる。
2. IR64 やコシヒカリなどの普及品種の PUE 値は低い (前者の PUE は 1.91, 後者は 1.88)。これは高施肥量の下で品種選抜が行われてきたことにより、本来在来品種等が持っていた PUE などの低リン耐性に関わる有効な遺伝子が欠落したためと考えられる。本 QTL の利用により、これまでの育種で注目されてこなかった PUE に関わる形質を、普及品種に再導入する低リン耐性イネ育種が可能となる。
3. 今回明らかとなった新規の PUE 遺伝子座や候補遺伝子が、リン利用効率向上に実際に貢献するか、さらなる解析をおこなう必要がある。

[具体的データ]

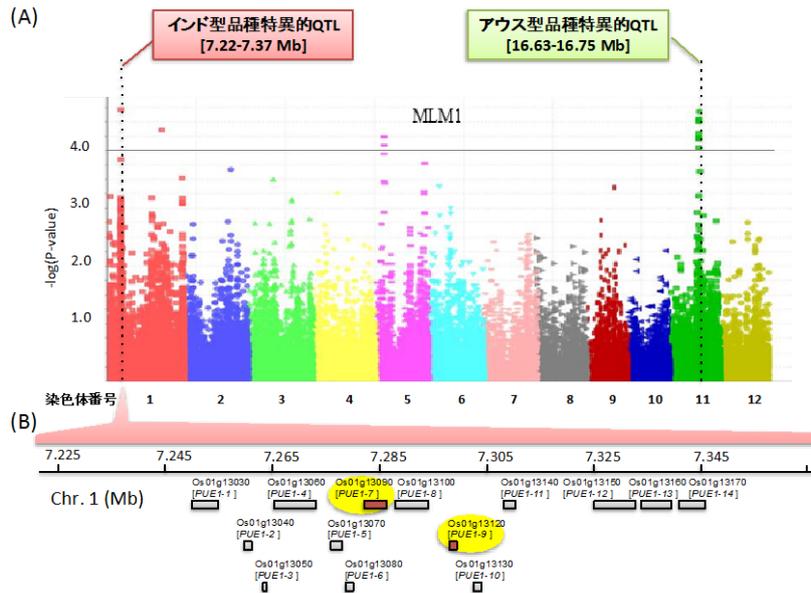


図 1 GWAS による PUE の解析結果

(A) Manhattan plots による解析結果。第 1 と第 11 染色体に全バイオマス（地上部+根）に対する PUE の効果の高い QTL が存在する。第 5 染色体のピークは、根のバイオマスに対する PUE の QTL を示す。(B) 第 1 染色体の PUE 遺伝子座内において 14 の候補遺伝子に絞り込まれる。PUE1-7 と PUE1-9 の 2 つの候補遺伝子が、リン欠乏条件下で遺伝子発現量に差異がある。

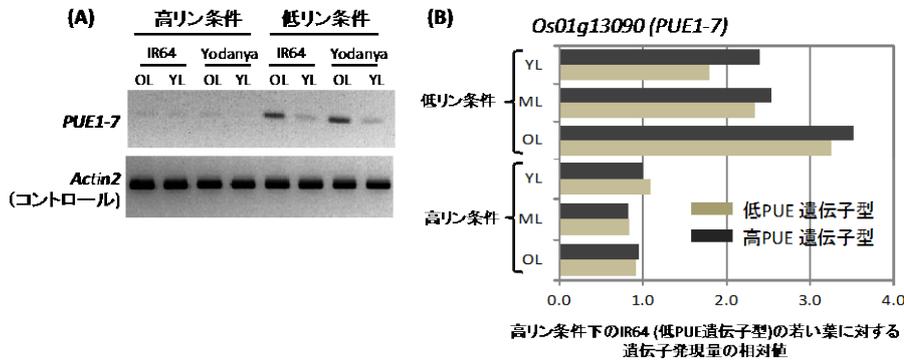


図 2 第 1 染色体候補遺伝子の遺伝子発現解析

(A) RT-PCR; (B)定量的 PCR 候補遺伝子 PUE1-7 は低リン条件下で遺伝子発現量が増加し、さらに古い葉(OL)で強く発現する。(OL): 3~4 葉,(ML): 5~6 葉,(YL): 7~8 葉 最上位展開葉を含む

[その他]

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

プログラム名：熱帯等の不安定環境下における農作物等の生産性向上・安定生産技術の開発  
 予算区分：交付金 [イネ創生]

研究期間：2015 年度（2011~2015 年度）

研究担当者：近藤勝彦・J. Pariasca-Tanaka・M. Wissuwa、TJ.Rose（サザンクロス大学）ほか

発表論文等：M.Wissuwa et al.(2015) PLOS ONE,DOI:10.1371/journal.pone.0124215

## 平成 27 年度 成果情報 B9

### 〔成果情報名〕日本のイネいもち病菌レースと品種の抵抗性変異との相互関係

〔要約〕日本のイネいもち病菌レースは地域により異なるタイプが分布している。これはその地域で栽培されてきたイネ品種の抵抗性遺伝子との関係で説明できる。

〔キーワード〕イネ、いもち病、菌レース、品種、抵抗性、相互分化

〔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〕

JIRCASの進める日本も含めたイネいもち病ネットワーク研究では、いもち病防除技術開発のため、アジア、アフリカにおけるいもち病菌レース（病原性の異なる菌系）の分布や分化、イネ遺伝資源（現地の実用品種を含む）における抵抗性変異、さらには菌レースと抵抗性遺伝子との相互関係を評価している。この一環として、日本の北海道から九州に至るいもち病菌菌系の病原性の多様性および栽培されているイネ品種の抵抗性の遺伝的変異を解明する。

### 〔成果の内容・特徴〕

1. 日本のイネいもち病菌菌系の病原性と品種の抵抗性の変異は、地域によって異なる（図 1）。
2. いもち病菌菌系は 25 の判別品種群（異なる抵抗性遺伝子を有するイネ品種群）と感受性品種 Lijiangxintuanheigu に対する反応パターンから、3 グループ（I、IIa、IIb）に分類できる。
3. 地域によって各グループの出現頻度が変化し、I のいもち病菌菌系の多くは抵抗性遺伝子 *Pik* の複対立遺伝子群 に対し病原性を示し、北海道、東北、関東、北陸に比較的多く分布し、特に北海道に多い。IIa は広く日本中に分布し *Pik* の遺伝子群には病原性を示さない。また IIb は、抵抗性遺伝子 *Pii*、*Pi3*、*Pi5(t)* への病原性がなく北陸、東海、中四国、九州に分布が限られている。
4. 品種は日本産及びフィリピン産いもち病菌菌系への反応パターンから、4 つのグループ（A1、A2、B1、B2）に分類できる。A1 は判別品種群と感受性標準品種のみで最も抵抗性弱で、続いて A2、B1、B2 の順で抵抗性が強くなる。
5. 抵抗性遺伝子 *Pik* の複対立遺伝子を持つと推定される B1 が北海道と東北地方の品種に特に多く、抵抗性の最も強い B2 が関東に多い。
6. 北海道や東北地方で認められたいもち病菌菌系グループ I と抵抗性品種グループ B1 との関係は、抵抗性遺伝子に対応して病原菌レースが発生していることを示している。

### 〔成果の活用面・留意点〕

1. 品種の抵抗性といもち病菌菌系の病原性との対応関係の確認は、防除技術開発のための基礎知見となる。
2. 他のネットワーク参加国に比べ、日本のイネ品種やいもち病菌菌系の遺伝的変異は小さいが、これは利用される抵抗性遺伝資源が限定されているためと考えられる。
3. 防除技術として抵抗性を利用する場合には、イネ品種の遺伝的多様性の確保が重要である。
4. 今後は、アジア、アフリカ地域のいもち病菌菌系やイネ遺伝資源の遺伝的な多様性について引き続き調査し、これらの世界的な分化・分布を解明していく必要がある。
5. ネットワーク研究の統一判定基準や材料が国際的な評価を得ており、本成果も今後世界での比較のため利用できる。

## 平成 27 年度 成果情報 B9

### [具体的データ]

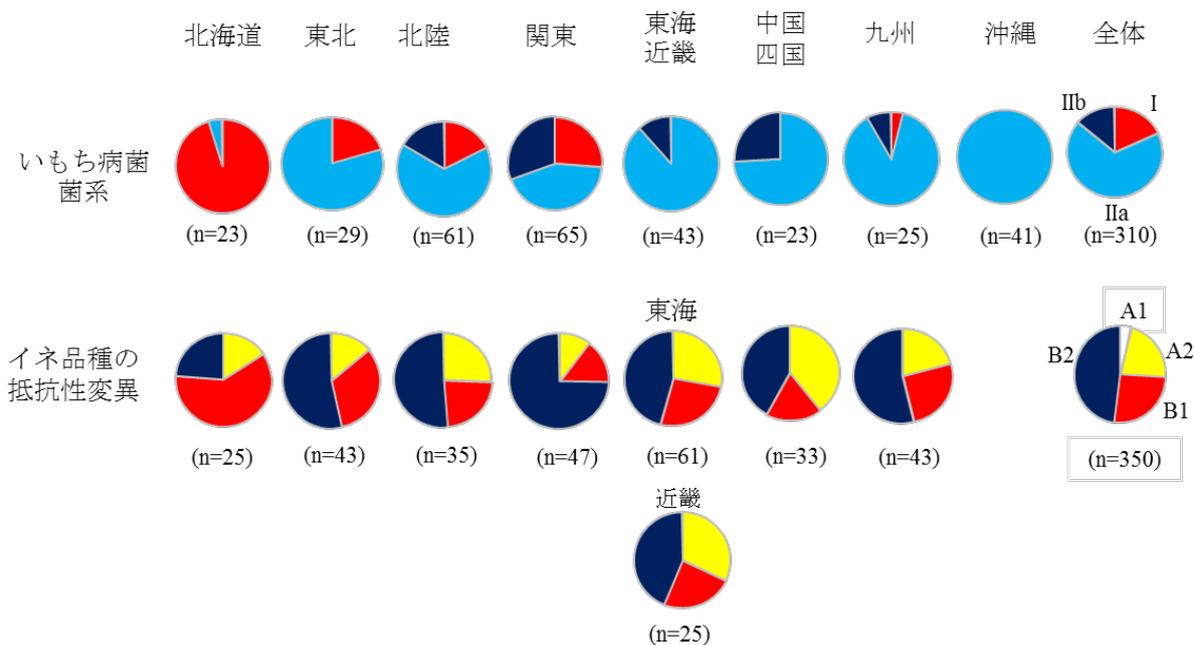


図 1 日本の各地における異なる病原性を示すいもち病菌菌系とイネ遺伝資源抵抗性の変異

北海道や東北地方には *Pik* の複対立遺伝子群に病原性を示す菌レース (I) が多く分布するが、この地域にはこれらの遺伝子を有する品種 (B1) が広く栽培されている。

菌レースの分布がイネ品種の抵抗性遺伝子に対応している。

### [その他]

研究課題：国際的いもち病菌レースおよび抵抗性の分化の解明と判別システムの確立

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]、外部資金 (農水省委託：国産飼料プロ)

研究期間：2015 年度 (2011~2015 年度)

研究担当者：福田善通・柳原誠司・林長生 (生物研)・田中-川崎顕子 (鳥取大学)

発表論文等：

- 1) Kawasaki-Tanaka et al. (2016) Diversity and Distribution of Rice Blast (*Pyricularia oryzae* Cavara) Races in Japan (Plant Disease. )
- 2) Kawasaki-Tanaka and Fukuta (2014) Genetic variation in resistance to blast disease (*Pyricularia oryzae* Cavara) in Japanese rice (*Oryza sativa* L.), as determined using a differential system. Breeding Science 64: 183–192.

## 平成 27 年度 成果情報 B10

### [成果情報名] サトウキビ野生種を利用しタイで共同育成したサトウキビ新品種

[要約] 新品種としてタイで登録されたサトウキビ 3 品種「TPJ03-452」、「TPJ04-713」、「TPJ04-768」を、サトウキビ野生種との種間交雑を利用して育成した。「TPJ03-452」と「TPJ04-768」は、砂糖収量は普及品種と同程度で繊維収量は多い。「TPJ04-768」は、厳しい乾季を持つ東北タイでも株出し栽培における収量減が少ないため、多回株出し栽培が期待される。

[キーワード] サトウキビ、種間交雑、砂糖収量、繊維収量、東北タイ

[所属] 国際農林水産業研究センター 熱帯・島嶼研究拠点

[分類] 技術 B

---

### [背景・ねらい]

世界人口の増加に伴い、食料・エネルギーの逼迫が問題となっている。その緩和には、農業生産力の低い土地での作物の生産性向上と、それによる食料・エネルギーの増産が必要であり、糖質や繊維から砂糖やエネルギーが生産できるサトウキビはその重要な候補作物である。そこで、肥沃度の低い土壌、厳しい乾季や白葉病等によってサトウキビの生産性が低い東北タイを対象として、省力的・低コストな作型である株出し栽培で多収となり、糖質や繊維質の生産性が高いサトウキビ品種を開発する。

### [成果の内容・特徴]

1. 「TPJ03-452」、「TPJ04-713」、「TPJ04-768」は、2015年2月25日にタイで品種登録され、製糖用品種・系統とタイ国内に分布する株出し性が優れるサトウキビ野生種(*Saccharum spontaneum*)との種間雑種F1を花粉親、製糖用品種・系統を種子親として再交配して育成した品種である(表1)。
2. 「TPJ03-452」と「TPJ04-768」は、製糖用普及品種「Khonkaen3」や「K88-92」と比べて、砂糖収量は同程度であるが、繊維収量は多い。「TPJ03-452」は3年間で「Khonkaen3」の約1.9倍、「TPJ04-768」は2年間で「Khonkaen3」の約1.6倍の繊維収量が得られる(表2)。
3. 「Khonkaen3」では、1回目株出し栽培の原料茎収量、砂糖収量、繊維収量は、新植栽培と比べると、いずれも大きく減少する。一方、「TPJ04-768」は、それらの減少が「Khonkaen3」と比べると少ない(表2)。
4. 「TPJ03-452」と「TPJ04-768」は製糖用普及品種「Khonkaen3」や「K88-92」と比べて、原料茎径は細く、繊維分が多い。「TPJ04-768」は「Khonkaen3」と比べて原料茎長が長い(表3、図1)。
5. 「TPJ04-768」は、製糖用普及品種と同程度の砂糖収量があり、厳しい乾季を持つ東北タイでも株出し栽培における収量減が少ないため、多回株出し栽培が期待される。

### [成果の活用面・留意点]

1. 株出し栽培の生産性が低い地域や砂糖とともにバイオエタノールや電力を生産する工場での利用が期待できる。東北タイでの実用栽培に向けて、奨励品種としての活用に必要な、農家や製糖工場が実施する現地試験等に提供する。
2. 茎が細く脱葉性が劣る等の農作業特性と、繊維分が多い等の加工特性が、従来の普及品種とは大きく異なるため、収穫機械の導入や製糖・エタノール生産における新たな技術開発が、普及上重要である。

# 平成 27 年度 成果情報 B10

[具体的データ]

表 1 新品種の来歴

品種名	母本	父本
TPJ03-452	Uthong1	種間雑種F1 (K84-200 x <i>S. spontaneum</i> )
TPJ04-713	CP72-5028	種間雑種F1 (88-2-401 x <i>S. spontaneum</i> )
TPJ04-768	94-2-128	種間雑種F1 (88-2-401 x <i>S. spontaneum</i> )

*S. spontaneum* 以外は全て、製糖用の品種名あるいは系統名を示す。

表 2 新品種の単位面積あたりの原料茎収量、砂糖収量および繊維収量

品種名	原料茎収量(t/ha)			砂糖収量(t/ha)			繊維収量(t/ha)		
	1年目	2年目	3年目	1年目	2年目	3年目	1年目	2年目	3年目
TPJ03-452	105.1	76.0 (72)	58.7 (56) a	10.7	10.4 (97)	4.6 (43) a	19.7	12.1 (62)	9.4 (48) a
Khonkaen3	91.4	64.9 (71)	36.5 (40) a	13.2	9.7 (73)	4.4 (33) a	10.8	7.8 (72)	3.4 (32) b
K88-92	92.9	58.9 (63)	39.0 (42) a	10.9	7.9 (73)	4.0 (37) a	9.7	5.5 (56)	3.6 (37) b
TPJ04-713	76.8	77.2 (101)	a	6.6	6.8 (103)	a	9.6	9.3 (97)	ab
TPJ04-768	77.1	79.5 (103)	a	8.9	10.1 (113)	a	13.3	11.9 (89)	a
Khonkaen3	84.0	61.9 (74)	a	12.2	8.6 (70)	a	8.8	7.0 (80)	b

表 2 上段は、コンケン畑作物研究センター・タブラ支場における試験結果。2008 年 3 月に植付け (2 反復)、2009 年 2 月に新植栽培 (1 年目) の、2010 年 1 月に 1 回目株出し栽培 (2 年目) の、2010 年 12 月に 2 回目株出し栽培 (3 年目) の収穫を行った。表 2 下段は、コンケン畑作物研究センター本所における登録品種の確認試験の結果。2013 年 5 月に植付け (4 反復)、2014 年 3 月に新植栽培 (1 年目) の、2015 年 3 月に 1 回目株出し栽培 (2 年目) の収穫を行った。砂糖収量 (可製糖収量) = 原料茎収量 x 可製糖率/100。繊維収量 = 原料茎収量 x 繊維分/100。2 年目と 3 年目の ( ) 内の数字は、1 年目との相対収量を示す。同列内の異なるアルファベットは、品種と年次の二元配置分散分析において Tukey 法により危険率 5% で品種間に有意差があることを示す。

表 3 新品種の諸形質

品種名	原料茎数 (本/ha)	原料茎長 (cm)	原料茎径 (cm)	ブリックス (%)	可製糖率 (%)	繊維分 (%)
TPJ03-452	66026 a	293 a	2.18 c	20.4 a	13.9 a	15.8 a
Khonkaen3	61058 a	172 a	2.62 b	23.2 a	14.4 a	12.2 ab
K88-92	49519 a	223 a	3.13 a	19.5 a	13.5 a	9.3 b
TPJ04-713	62179 a	269 b	2.63 a	17.5 b	9.0 b	12.1 b
TPJ04-768	51282 ab	342 a	2.22 b	22.4 a	12.7 a	15.0 a
Khonkaen3	42468 b	240 b	2.84 a	22.9 a	14.0 a	11.3 b

表 2 の圃場試験における 1 回目株出し栽培 (2 年目) の収穫時の値を示す。ブリックス: 可溶性固形分の重量%。可製糖率: 原料茎から計算上回収可能な砂糖の割合%。同列内の異なるアルファベットは、Tukey 法により危険率 5% で品種間に有意差があることを示す。



図 1 「TPJ03-452」(左) と「TPJ04-768」(右) の草姿 (新植栽培) 2013 年 10 月撮影

[その他]

研究課題: 開発途上地域における農畜産物安定生産のための総合的病害虫防除技術の開発

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 [天水農業]、交付金 [サトウキビ多用途化]、交付金 [総合防除]

研究期間: 2015 年度 (2003~2015 年度)

研究担当者: 安藤象太郎・寺島義文・田金秀一郎・佐藤光徳・伊敷弘俊・松岡誠・高木洋子・杉本明、W. Ponragdee・T. Sansayawichai・A. Tippayawat (タイ農業局コンケン畑作物研究センター)、伊禮信 (沖縄県農業研究センター)

発表論文等: 1) サトウキビ「TPJ03-452」(2015) タイ農業局新品種登録番号 0315/2558

2) サトウキビ「TPJ04-713」(2015) タイ農業局新品種登録番号 0316/2558

3) サトウキビ「TPJ04-768」(2015) タイ農業局新品種登録番号 0317/2558

**[成果情報名] サトウキビ白葉病を媒介するヨコバイ類の移動分散能**

**[要約]** サトウキビ白葉病の媒介虫であるタイワンマダラヨコバイ *Matsumuratettix hiroglyphicus* およびヤマトヨコバイ *Yamatotettix flavovittatus* の試験期間 (20 日間) を通した平均移動距離は、それぞれ 162.1m、387.5m であり、このデータは圃場での健全種茎生産技術開発に利用できる。

**[キーワード]** サトウキビ、ファイトプラズマ病、虫媒伝染性病害、媒介虫、色選好性

**[所属]** 国際農林水産業研究センター 熱帯・島嶼研究拠点

**[分類]** 研究 B

---

**[背景・ねらい]**

サトウキビ白葉病は、サトウキビの主要生産国であるタイにおける大きな生産阻害要因である。本病の拡散は、2 種の媒介虫 (図 1) による伝染および汚染種茎の定植による。媒介虫による拡散を抑制する技術を開発するためには、その移動分散の実態を知る必要がある。しかし、媒介虫の体長は数ミリで、昼間はサトウキビの下部等に潜んでいることが多いため、直接観察により移動分散能を評価することは困難である。そこで、着色した媒介虫を圃場に放飼し、試験用トラップに捕獲された個体数を一定時間ごとに計数する標識再捕獲法により、その移動分散能を評価する。

**[成果の内容・特徴]**

1. サトウキビ白葉病の媒介虫が選好する色のプラスチック板に粘着剤を塗布したトラップを、中心から 50m まで放射状に配置する (図 2)。その中央部から、死亡率などに有意な影響が無い蛍光顔料で着色された媒介虫を放飼し、2 日ごとに各トラップに捕獲された個体数を計数する。調査は、着色された個体が捕獲されなくなる放飼後 20 日目まで実施する。実験は、タイワンマダラヨコバイについて 3 回 (1,980、1,200、800 頭)、ヤマトヨコバイについて 2 回 (2,700、2,100 頭) 繰り返す。1 回目の試験では、いずれの媒介虫でも 5m 地点での捕獲数が最も多く、それぞれ 30.0% および 28.3% で、一方、50m 地点の捕獲はタイワンマダラヨコバイでは全体の 3.9% と極めて低い (図 3 (左))。
2. 調査期間中の放飼虫の捕獲率は、タイワンマダラヨコバイが約 10%、ヤマトヨコバイが約 13% であり、移動分散能推定に十分な捕獲率であり、Yamamura (2003) の方法により、捕獲およびトラップの設置範囲外まで移動した個体の存在による移動距離の過小評価を補正し、各試験期間 (20 日間) における到達距離の確率分布を図 3 (右) に示す。
3. これらの確率分布を基に推定する 20 日間の平均移動距離は、タイワンマダラヨコバイが 162.1m、ヤマトヨコバイが 387.5m である。

**[成果の活用面・留意点]**

1. 白葉病の汚染地域では、健全種茎生産圃場を設営しても、近隣圃場から保毒虫が侵入する可能性が高い。しかし、媒介虫の移動分散能が低いことから、大面積の圃場を設営し、殺虫剤を施用することで圃場に侵入した媒介虫の再移動および繁殖を抑制すると、圃場の内部は保毒虫の侵入リスクが低下し、健全種茎を大量生産できる可能性がある。
2. 本研究成果は、日本において本病が発生した際の防除対策立案にも利用できる。
3. 媒介虫は餌植物がない容器から放飼されているため、最低でも 1 度は移動する必要がある。そのため、移動距離の推定値は野外の実態と比較して過大評価になっている可能性がある。

[具体的データ]



図1 サトウキビ白葉病の媒介虫

左：タイワンマダラヨコバイ（体長4mm）  
右：ヤマトヨコバイ（体長5-6mm）



図2 試験用トラップとその配置

青色と黄色のプラスチック板（約40×50cm）に粘着剤を塗布したものの2枚を1セット（図2-a）とし、サトウキビの草丈と同程度の高さで圃場に放射状に配置する（図2-b）。

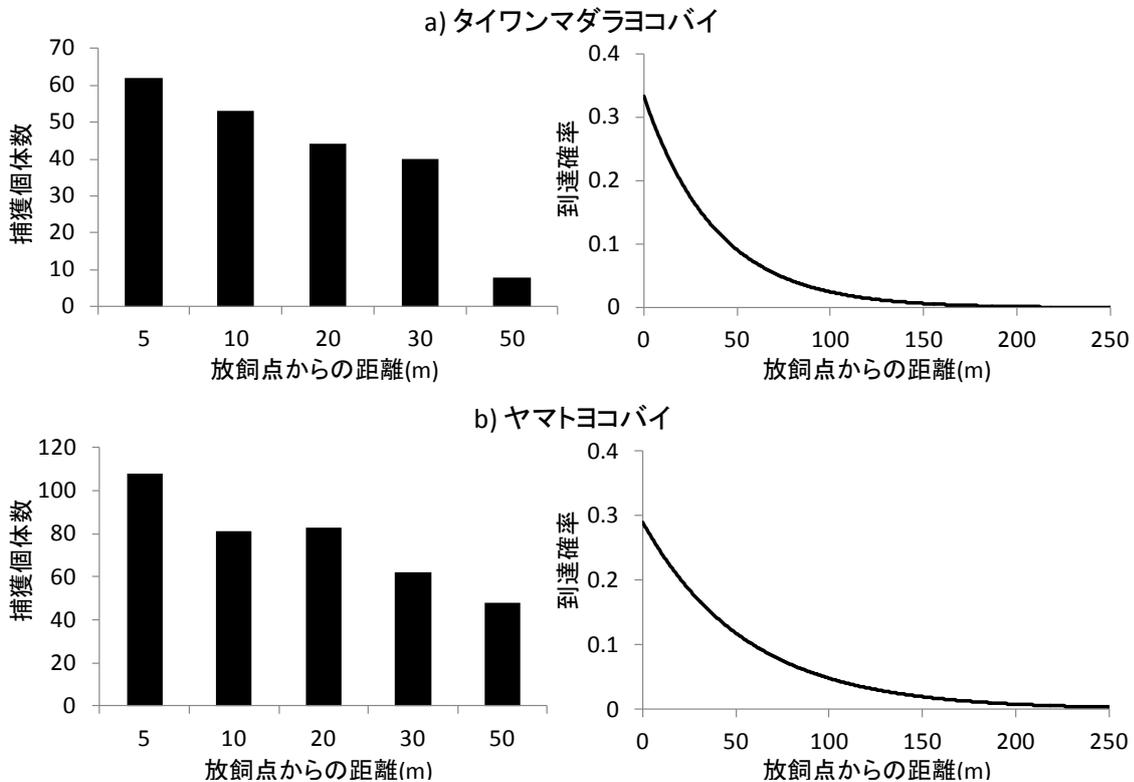
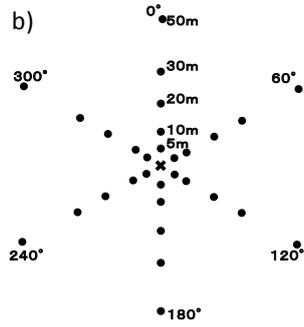


図3 トラップで捕獲された放飼虫の距離別頻度分布例（左）と任意の距離までの到達確率分布（右）

左：1回目の試験結果の累積値（20日間）。放飼頭数は、タイワンマダラヨコバイが1,980頭、ヤマトヨコバイが2,700頭。  
右：移動距離の過小評価を補正した値。全反復の結果を用いて、試験期間（20日間）での到達確率を計算。

[その他]

研究課題：開発途上地域における農畜産物安定生産のための総合的病害虫防除技術の開発  
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[総合防除]  
研究期間：2015年度（2011～2015年度）  
研究担当者：小堀陽一・安藤象太郎、M.M. Thein・Y. Hanboonsong（コンケン大学農学部）  
発表論文等：1) Thein et al. (2012), Appl Entomol Zool, No47:255-262

## 平成 27 年度 成果情報 C1

[成果情報名] **ラオス中部の田越し灌漑水田では水不足による移植の遅れが水稻減収をもたらす**

[要約] ラオス中部の中山間地農村において、田越し灌漑水田の雨季水稻の減収は、主に水不足による移植時期の遅れにより生じている。収量低下を回避するためには、早期の田面湛水を促し、7月中旬に移植することが望ましい。

[キーワード] 水不足、水稻減収、移植の遅れ、田越し灌漑

[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

---

### [背景・ねらい]

ラオス中部の中山間地農村では、人口増加に応じた水稻生産量の確保が求められているが、水田面積の拡大には限度があることから、単位収量の向上が必要である。しかしながら、中山間地域の水田は、天水と田越し灌漑による水供給が一般的であり、水利用自由度の低さ、上流優先の取水などの問題を抱える。田越し灌漑水田における低収量圃場の分布と減収要因、対策を明らかにすることにより、水稻生産性の改善が期待できる。

### [成果の内容・特徴]

1. ビエンチャン県北西部 N 村の雨季水稻の移植は、7月上旬に始まり、8月中旬に完了する。水源に近い上・中流域の圃場では7月中旬に移植が行われる。しかし、下流域の圃場では、7月中旬は湛水が不十分で耕起も行われず、8月上旬に田面湛水が生じてから移植が始まる(図 1)。
2. 移植後は上・中・下流域のいずれの圃場でも概ね田面湛水が維持されている。下流域水田では一時的に田面水が消失するものの、地下水位は地表面下約 10 cm であり、水稻の乾燥ストレスが生じる状況ではない。
3. 調査対象域の水稻の平均単位収量は  $3.5 \text{ t ha}^{-1}$  であるが、 $4.0 \text{ t ha}^{-1}$  を上回る圃場が上・中流域に多数見られるのに対し、 $2.0 \text{ t ha}^{-1}$  前後の収量が低い圃場は主に下流域に分布する。
4. 図 1 に示す低地水田域の 137 地点で調査した水稻収量を田面湛水開始時期別、移植時期別に区分し比較すると、収量は①7月20日以前 > 7月21日以降、②7月中の移植 > 8月の移植、となる(表 1)。
5. 土壌肥沃度と水稻収量との間には相関が見られない(全窒素:  $R^2 = 0.004$ 、有効態リン:  $R^2 = 0.08$ )。
6. 田越し灌漑水田の下流域圃場では、水不足による移植の遅れが水稻の減収をもたらす。上流側水田の灌漑の早期化または灌漑水量の増加によって上流から下流への送水時期を早め、下流側水田で7月中旬に移植を完了することが望ましい。

### [成果の活用面・留意点]

1. 試験圃場における栽培試験でも、8月に移植した水稻は7月に移植したものよりも低い収量を示す結果を得ている(未公表データ)。
2. 新たな需要に対する水資源の配分、上流側圃場の耕作者との関係など、水利用に関する村としての合意形成が前提となり、調整役となる村の代表者や地方行政職員の協力も必要となる。
3. 移植が一時期に集中して労働競合が生じないように、作業計画を調整する必要がある。
4. 乾季明けの6月中旬~7月初めの水利用を拡大するために、水資源の確保、既存ため池の貯留性・取水構造の改善などが必要となる。
5. インドシナ半島 5 カ国の農地面積の約 73 %は灌漑施設が未整備であり(FAOSTAT、2016)、田越し灌漑がその多くを占める。本成果はそれらの田越し灌漑水田への活用が期待できる。

# 平成 27 年度 成果情報 C1

[具体的データ]

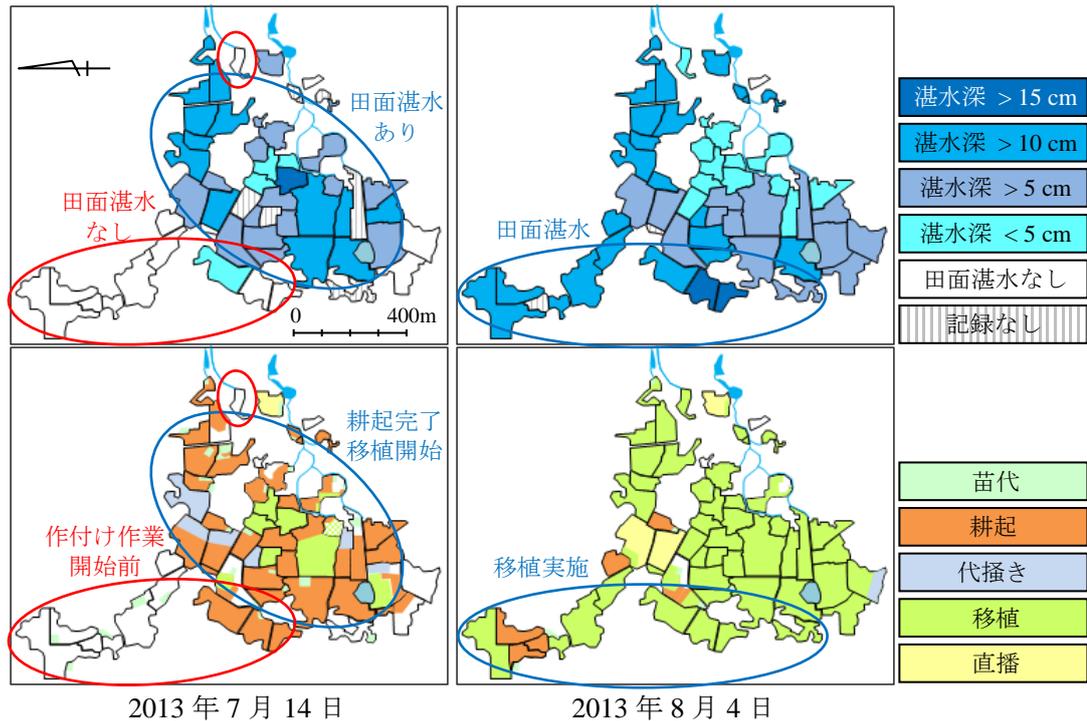


図 1 N 村の田面湛水の分布（上）と水稲関連作業の実施状況（下）

表 1 田面湛水開始時期および移植時期と水稲収量の関係

区分		N*	平均粗収量 t ha <sup>-1</sup>	備考
田面湛水 開始時期	7/20 以前	108	3.87 <sup>a</sup>	a, b 間に $p < 0.05$ の有意差あり (t 検定)
	7/21 以降	29	2.22 <sup>b</sup>	
移植時期	7/14 以前	28	4.20 <sup>a</sup>	a, b 間に $p < 0.05$ の有意差あり (Tukey-HSD 検定)
	7/15 - 28	64	3.68 <sup>a</sup>	
	7/29 - 8/11	45	2.88 <sup>b</sup>	

\* 図 1 に示す圃場のうち 47 圃場（面積が大きい 3 圃場については上下流に 2 分割し、合計 50 圃場とした）に各 3 区画の収量調査区（1 m×1 m）を設けた。合計 150 区画のうち、直播が行われた 9 区画と収量調査前に農家が収穫を行ったためサンプリングできなかった 4 区画を除外した 137 区画について、田面湛水開始時期、移植時期との関係性を分析した。

[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・生計向上と農山漁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： 2013 年度（2011～2015 年度）

研究担当者： 池浦 弘・S. Phongchanmixay（ラオス国立農林研究所・農業研究センター）・

S. Phonsagon（バンドン工科大学）・S. Inkhamseng（ラオス大学水資源学部）ほか

発表論文等： Ikeura et. al. (2014) *Paddy and Water Environment*, DOI 10.1007/s10333 -015-0504-0

## 平成 27 年度 成果情報 C2

### [成果情報名] ラオスの養魚餌料として有望なアメリカミズアブの周年採卵技術

[要約] インドシナー帯に広く分布するアメリカミズアブ *Hermetia illucens* は、高栄養な養魚餌料として有望なことから、周年採卵が可能な成虫飼育および採卵法を明らかにした。これにより効率的な幼虫生産が可能となり、ラオス農村部の小規模農家が養魚に利用できる。

[キーワード] ラオス土着昆虫、未利用タンパク資源、養魚餌料適用

[所属] 国際農林水産業研究センター 生産環境・畜産領域、水産領域

[分類] 技術 B

[背景・ねらい] ラオスの開発途上地域の農村部では、食料自給および動物性タンパク質摂取量の増大のために、魚類養殖の振興が強く求められている。しかし、農家への養殖技術普及を促すためには、養殖コストの中で大きな割合を占める餌料費を低減する必要がある。ラオス土着のアメリカミズアブの幼虫は（図 1）、食料残渣や家畜の糞などで飼育でき、また高タンパクで良質な魚の餌となることから、餌料化による養殖コストの低減が期待できる。また、ラオス農村域では、昆虫類が農民の重要な食料源となっているものの、アメリカミズアブは食用とはなっておらず未利用な資源である。そこで、餌料化における問題点を整理するとともに、小規模農家でも実施可能な成虫飼育および採卵システムを開発する。

### [成果の内容・特徴]

1. アメリカミズアブは高水準の粗タンパク質をはじめとする栄養分を含んでおり（表 1）、養魚餌料としての価値が高い。
2. ラオスでは、年間を通じて野外での産卵トラップへの成虫飛来が見られるが、産卵には季節性があり、産卵数が激減する時期がある（図 2）。
3. アメリカミズアブの受精卵を得るためには、従来は 2 m 四方程度の大型網室に 1,000 頭あまりの羽化後間もない成虫を入れる必要があるとされてきたが、小型の網室（27×27×27 cm）に成虫 100 頭弱を入れることで受精卵を得ることができる（図 1）。
4. 受精卵を得るためには、広い空間以外に太陽光や電力消費量の大きい白熱灯が必須といわれてきたが、人工照明（40W 蛍光灯と 20W LED ランプ）でも受精卵が得られる（表 2）。このときの産卵前期間は約 4–5 日、産卵期間は、人工照明下で平均 7 日、人工照明＋太陽光下で平均 9 日であり、太陽光にあてた方が、人工照明のみよりも卵の受精率・孵化率が高い。
5. 上記の小型網箱と人工照明を組合わせた方法を用いることで、低コスト・省スペースでの安定した幼虫生産が可能となる。

### [成果の活用面・留意点]

1. 産卵トラップにはスイカやメロンなどの果皮を用いることで、安価で効率的な採卵が可能となる。
2. 受精卵の効率的生産のためには、成虫の交尾・産卵回数の把握、卵の受精率向上要因を明らかにする必要がある。
3. 太陽光による受精率、孵化率向上のメカニズムを明らかにする必要がある。
4. 日本を含めた他の地域でも気候や魚種を考慮した上で利用できる可能性が高い。
5. 本種は人畜に害を及ぼすことはなく、また大量飼育しても、幼虫を餌として消費することで、成虫の増殖を防ぐことができる。

## 平成 27 年度 成果情報 C2

[具体的データ]



図 1 アメリカミズアブ成虫(上左)と幼虫(上右)、および産卵用容器(下、塩化ビニル製)

表 1 アメリカミズアブ幼虫及びラオスで一般的に用いられている養魚餌料の粗タンパク質・粗脂肪・灰分含有率(%乾重量)

体成分	含有率(%)	
	本研究	一般餌料*
粗タンパク質	67.1	32.0
粗脂肪	6.9	4.0
灰分	6.5	-
その他	19.5	74.0

\*タイ国 Centago 社製養魚餌料

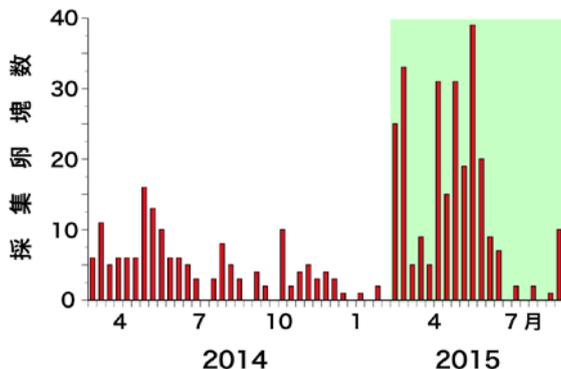


図 2 ラオスにおける屋外トラップでの産卵数推移(2015年の緑色部分はトラップ改良後の試験期間)

表 2. 人工照明のみと人工照明+太陽光(2時間/日)にさらした場合のアメリカミズアブ成虫の産卵前・産卵期間、産卵数と寿命(平均±標準誤差)

要因	光条件		
	人工照明のみ	人工照明+太陽光 <sup>1)</sup>	
産卵前期間(日)	4.6 ± 0.3	4.4 ± 0.3	
産卵期間(日)	7.6 ± 0.8	9.4 ± 0.8	
雌あたり産卵塊数	0.43 ± 0.04	0.39 ± 0.04	
雌あたり受精卵塊数	0.05 ± 0.03	0.15 ± 0.03	*
孵化率(%) <sup>2)</sup>	11.2 ± 9.1	39.5 ± 6.3	*
雌あたり産卵数	289.0 ± 27.0	240.2 ± 31.6	
雌あたり孵化卵数	43.7 ± 35.8	84.4 ± 19.0	
雄成虫寿命(日)	12.8 ± 0.2	14.1 ± 0.3	*
雌成虫寿命(日)	12.3 ± 0.2	12.7 ± 0.2	

\*人工照明のみと人工照明+太陽光の間で有意差有り(ANOVA,  $p < 0.05$ )

<sup>1)</sup> 羽化から 15 日間、毎日 10-12 時に太陽光に暴露(このうち 14 日が晴天)

<sup>2)</sup> 孵化卵塊数/総卵塊数

[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・生計向上と農山漁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：2015 年度 (2011~2015 年度)

研究担当者：中村 達、森岡伸介

発表論文等：Nakamura, S. et al. (2015) Appl. Entomol. Zool. DOI: 10.1007/s13355-015-0376-1

## 平成 27 年度 成果情報 C3

[成果情報名] ラオス中部の薪利用は、特定の樹種の資源の減少に影響している。

[要約] ラオス中部の調査対象村の主要な燃料は薪であり、消費量は一世帯当たり年間約 1.94 トンに達する。また、消費量を村全体で見ると約 272 トン/年に上り、森林面積に換算すると約 16ha に相当する。農家は薪として 2 種類の樹種を好んで採取しており、これらの樹種の減少の原因となっている。

[キーワード] 薪消費量、森林資源量、森林管理、休閑林、REDD+

[所属] 国際農林水産業研究センター 農村開発領域、林業領域

[分類] 行政 A

---

### [背景・ねらい]

ラオスの農家は森林から非木材林産物（以下、NTFPs：Non-timber forest products）を採取して生活しているが、主な燃料である薪も森林から採取している。ラオスの全エネルギー消費量の約 7 割が薪・炭であり、その 5 割以上が家庭で消費されている。そのため薪の利用は、森林減少の原因の一つとしてしばしば議論の対象となる。そこで農家の薪利用について採取場所、採取地の植生、利用樹種、利用方法及び消費量を調査し、森林資源量に換算することで、森林への影響を明らかにする。

### [成果の内容・特徴]

1. ビエンチャン県の調査対象村における薪の採取地は村中心部から 30 分～1 時間の距離にある。農家は木材伐採が許可されている丘陵地を中心に採取し、一回の採取に 3～4 時間の時間を要する。薪は焼畑後の焼け残りの樹木の他、生木が伐採されている（図 1）。インタビューの結果、近年、薪採取地が遠くなっていることを農家は認識している。
2. 薪は主に調理用と家畜（ブタ、鶏）の飼料調整用の燃料として用いられている。世帯ごとの薪使用量の差は小さく、平均すると一世帯当たり年間約 1.94 トン（絶乾重量）である。村全体（140 世帯）の薪の消費量は年間約 272 トンに達する。この量は、薪採取地（休閑 5 年目）の植生調査結果と焼畑休閑林のバイオマス推定式から約 16 ha の森林のバイオマス量に相当する。同村における薪採取可能な面積は約 800ha あり、樹種を問わなければ薪量は十分に余裕がある。
3. タケを含む約 50 種類の樹木が薪として利用され、その内、*Cratoxylum sp.*（オトギリソウ科、現地名 マイテューナム）及び *Peltophorum dasyrachis*（マメ科、現地名 マイサファン）と、これら 2 種類が多く占めている（図 2）。農家は火力の強さと火持ちの良さから、これらの樹種を好んで利用している。*Cratoxylum sp.* と *P. dasyrachis* の賦存量は、薪採取地の植生調査結果、それぞれ約 0.12 t/ha 及び 0.28t/ha（共に 25 本/ha）程度である。*Cratoxylum sp.* と *P. dasyrachis* の選択的な採取は、賦存量と消費量の関係から、持続性が失われていると考えられ、これらの樹種の減少と伐採禁止地域への利用拡大が懸念される。

### [成果の活用面・留意点]

1. REDD+をはじめとする森林分野のプロジェクトで、森林からの薪の利用量を検討する上での基礎的な資料となる。本情報の薪消費量から森林面積を推定する場合は、森林植生は地域や休閑年数で変わるため、適用する地域の植生調査が必要となる。
2. 薪の採取労働時間の軽減、特定樹種の資源減少の抑制を解決する方法として、村の近傍に薪炭として需要が高い 2 樹種を植栽した公共林（コミュニティフォレスト）の設置が提案できる。特に *Cratoxylum* 属の一部は黒炭より価値の高い白炭化できるなど、高付加価値化が期待でき、労働時間だけでなく農家の生活改善につながると考えられる。

[具体的データ]

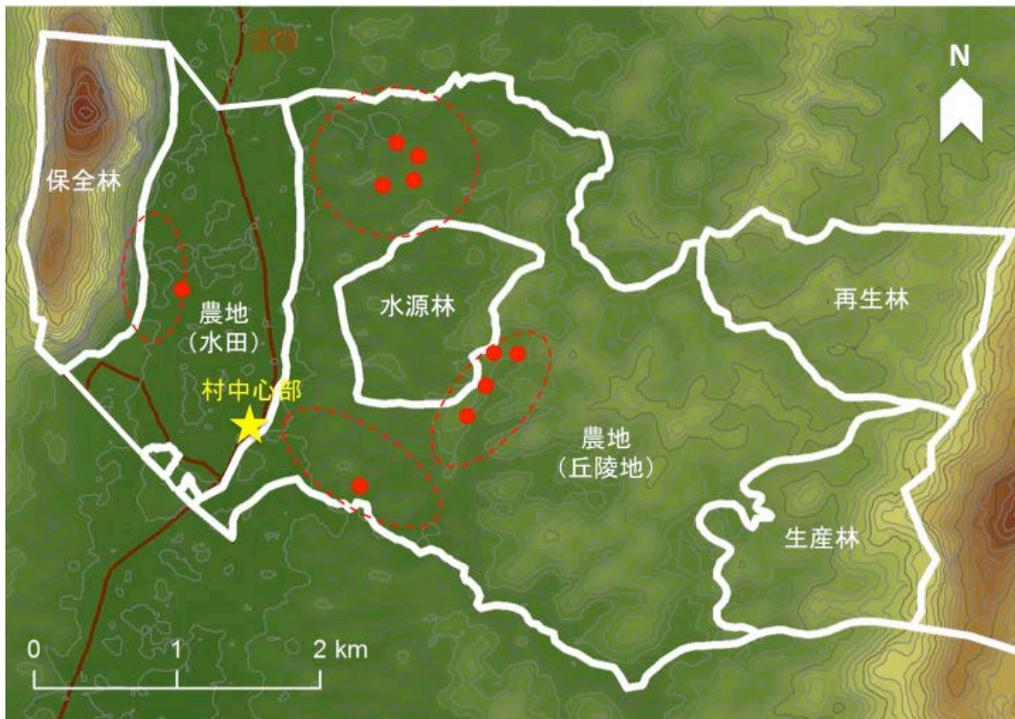


図 1 ビエンチャン県調査対象村の薪採取位置

赤破線は調査対象農家により示された採取地。赤点は実際の 2013 年の採取地  
等高線は標高 20m 毎に主曲線、かつ 100m 毎に計曲線を示した。



図 2 村人に好まれる薪炭材 (左 : *Cratoxylum* sp.、右 : *P. dasyrachis*)

[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・生計向上と農山漁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：2015 年度 (2011～2015 年度)

研究担当者： 木村健一郎・米田令仁、Bounpasakxay Khamphumi, Singkone Xayalath(ラオス森林研究センター)

発表論文等：木村健一郎ら (2015) 環境情報科学論文集 29:263-266

## 平成 27 年度 成果情報 C4

### [成果情報名] ラオスの焼畑二次林の有用樹種を含む樹木データベース

[要約] 樹木図鑑の整備が遅れているラオスにおいて、焼畑二次林に出現する樹木のさく葉標本を閲覧できるよう整備し、各樹木の特徴、用途、高解像度のさく葉標本画像などを収録したラオス語で検索が可能な樹木データベースを基盤情報として構築する。

[キーワード] 焼畑休閑林、二次林、有用樹種、樹木データベース、REDD+

[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

---

### [背景・ねらい]

ラオスの農村住民は森林から様々な非木材林産物（以下、NTFPs : Non-timber forest products）を採取している。森林の保全・管理、樹木や NTFPs の研究を行うに当たり、植物の基礎的な資料が必要となるが、後発開発途上国であるラオスでは植物の図鑑等の整備は進んでいない。Forests and Trees of the Central Highlands of Xiang Khouang, Lao PDR (Lehmann, L., Greijmans, M. & Shenman, D., 2003) は、掲載情報は一部地域の樹種に限られているものの、ラオスでは数少ない貴重な樹木図鑑であったが、絶版となり再版予定もないことから、2015 年現在、書店などで購入できる図鑑はない。

そこで研究者や森林保全を実施する行政職員、非政府組織職員などが実施する森林調査の一助となるように、さく葉標本の整備と基盤情報としての樹木データベースを構築する。

### [成果の内容・特徴]

1. ラオス中部の調査対象村の焼畑後の二次林（休閑林）で収集された 300 種を越える樹木試料からさく葉標本を作成し、現在 120 種(41 科 78 属)の同定が完了している（表 1）。同定された標本には検索用のコード番号を付与し、ラオス森林研究センター内の植物標本庫に収蔵し、閲覧できるよう整備している。
2. CMOS センサーで取り込まれた標本では、その画像精度から産毛の付き方などの同定に必要な情報が失われてしまうため、コンピュータの画面上でさく葉標本の詳細な観察できるよう、CCD センサーにより高解像度画像化している。現在約 70 種の高解像度画像を作成している。
3. 標本の画像は新たにインターネット上に開設したデータベース” Specimen Trees of Secondly forest in Lao PDR” で閲覧できる。本データベースには、現地名、学名（種名、属名）、ラオスにおける用途、写真、標本画像、標本採取地、標本コード、既存の JIRCAS 外のデータベースとのリンクが組み込まれている。本データベースは種名、属名、用途から検索できるほか、ラオス語による現地名で検索できる（図 1）。さらに、GBIF(Global Biodiversity Information Facility) や EoL(Encyclopedia of Life)といった他のデータベースへリンクしている。

### [成果の活用面・留意点]

1. ラオスでは森林関係の多くのプロジェクトが実施中であり、これらのプロジェクト関係者、ラオス政府、ラオス大学などの利用が期待できる。特に複数の REDD+プロジェクトがラオス国内で準備中であり、本データベースの活用が期待される。
2. 今後、未同定種の同定を進めてデータベースの掲載情報を追加する。ただし、ラオス中部の焼畑休閑林で収集した標本が中心となっていることから、今後、他地域の標本やラオスの別名称を収録する必要がある。

# 平成 27 年度 成果情報 C4

[具体的データ]

表 1 データベースに収録されている焼畑休閑後に出現する樹木の一例

ラオス語標記	樹木名	学名	科名
ຄັບ	khup	<i>Maesa ramentacea</i> Wallich	Myrsinaceae
ຕອງແຈ້ນ	Tong jean	<i>Mallotus paniculatus</i> Mull.	Euphorbiaceae
ສົ້ມພິດ	Som phot	<i>Rhus chinensis</i> Mill.	Anacardiaceae
ເໝືອດ	Muat	<i>Aporosa villosa</i> (Lindl.) Baillon	Euphorbiaceae
ຕົ້ວຂົນ (ໝາມ)	Tiew khon (Nam)	<i>Cratoxylum maingayi</i> Dyer	Hypericaceae
ນ້ຳກ້ຽງ	Nam kieng	<i>Gluta usitata</i> (Wall.) Ding Hou	Anacardiaceae
ກະເບົາ	Ka bao	<i>Hydnocarpus ilicifolia</i> King	Achariaceae
ນົມຍານ	Nom nhan	<i>Barringtonia annamica</i> Gagnep.	Lecythidaceae
ໝາກກໍ່	Mark Kor	<i>Castanopsis</i> sp.	Fagaceae
ສະຄາມ	Sa kham	<i>Peltophorum dasyrrhachis</i> (Miq.) Fabaceae	Fabaceae

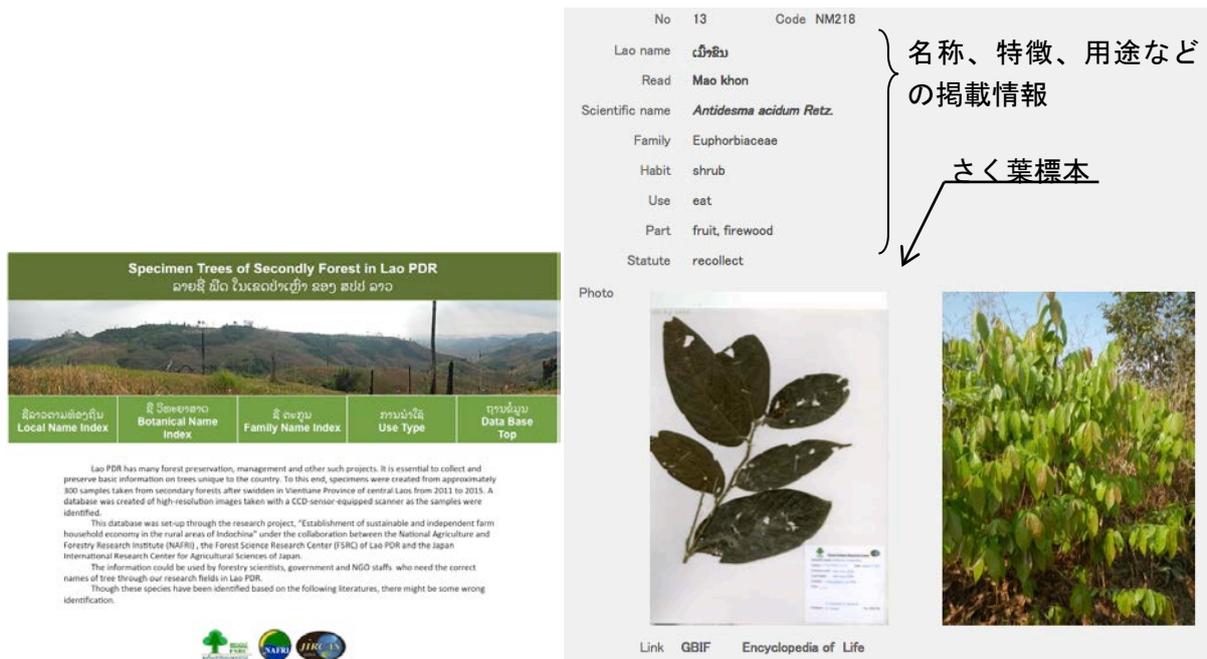


図 1 焼畑二次林に出現する樹木データベース(左：検索画面、樹種別情報画面)

[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・生計向上と農山漁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：2015 年度 (2011～2015 年度)

研究担当者：木村健一郎、Singkone Xayalath、Bounpasakxay Khamphumi(ラオス森林研究センター)

発表論文等：1) 木村健一郎ら (2015) 環境情報科学論文集 29:263-266

2) URL:<http://www.jircas.go.jp/database/secondarytreelaos/> (3 月末公開)

## 平成 27 年度 成果情報 C5

### [成果情報名] 微酸性電解水を用いた豆類スプラウトの生産性向上

[要約] 豆類の種子を微酸性電解水で処理すると、殺菌効果があるだけでなく、種子の発芽率が向上し生長も促進されるため、スプラウトの生産性が向上する。

[キーワード] 微酸性電解水、スプラウト、豆類、発芽、生長

[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]

スプラウトとは、もやしに代表される発芽野菜または新芽野菜の総称であり、近年その需要が世界的に伸びている。スプラウトは栄養豊富で容易に生産できる一方、発芽過程において温暖かつ湿潤状態に保つ必要があることから、食中毒の原因微生物等による汚染の危険性が高い。そのため、スプラウト生産における衛生管理は重要であり、原料種子の洗浄・殺菌は特に重要な工程の一つである。そこで、強力な殺菌活性を有するが残留性や毒性がない酸性電解水に着目した。酸性電解水は、我が国において平成 26 年 3 月に次亜塩素酸水（塩酸又は塩化カリウム水溶液を電解して得られるものに限る）の名称で特定農薬に指定されている。近年、酸性電解水は病害予防に効果があるだけでなく、植物の発芽や生長に影響を与えることが報告されている。そこで、電解水処理が豆類種子の発芽や生長に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

### [成果の内容・特徴]

1. pH 5.0～6.5、有効塩素濃度 (ACC) 10～30ppm の微酸性電解水は、規定に従い、希釈した塩酸を無隔膜電解槽で電解して調製した。水道水で洗浄した原料種子を微酸性電解水に 10 時間浸漬し、微酸性電解水を散布しながら発芽させると、大豆種子の発芽率が向上する (図 1)。
2. 微酸性電解水で浸漬処理することによって、大豆スプラウトの生長も促進される。原料種子を水道水で浸漬処理し、発芽後の栽培水で微酸性電解水を用いても成長促進効果がある。浸漬水あるいは栽培水単独で微酸性電解水を用いても効果があるが、併用することが望ましい (図 2)。
3. 大豆種子の発芽率向上と大豆スプラウトの成長促進は、使用する微酸性電解水の pH や有効塩素濃度で異なる効果がある。大豆の場合、pH 6.5、有効塩素濃度 15ppm の微酸性電解水を用いると効果が大きい (図 3)。
4. 緑豆についても同様の効果があり、有効塩素濃度 10ppm 以上の微酸性電解水で 8 時間浸漬し、同じ微酸性電解水で栽培することにより、発芽率が向上し、スプラウトの成長も促進される (図 4)。

### [成果の活用面・留意点]

1. 酸性電解水は、各種の病原細菌、食中毒菌、ウイルスに幅広く強い殺菌活性を有するため、医療、歯科、食品、農業など多様な分野で利用されている。
2. 微酸性電解水処理によって、抗酸化酵素活性が変化して過酸化水素含有量も減少することから、種子の発芽率向上と成長促進効果は酸化ストレスが一因であると推察できる。
3. 豆類以外のスプラウトに対しても同様の効果が期待できる。

# 平成 27 年度 成果情報 C5

[具体的データ]

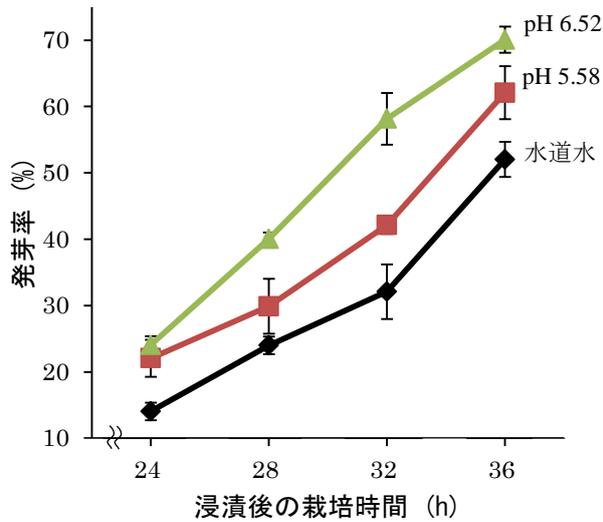


図1 微酸性電解水 (ACC 10ppm) に浸漬した大豆の発芽率

注) 水道水: pH7.35、有効塩素: 検出されず

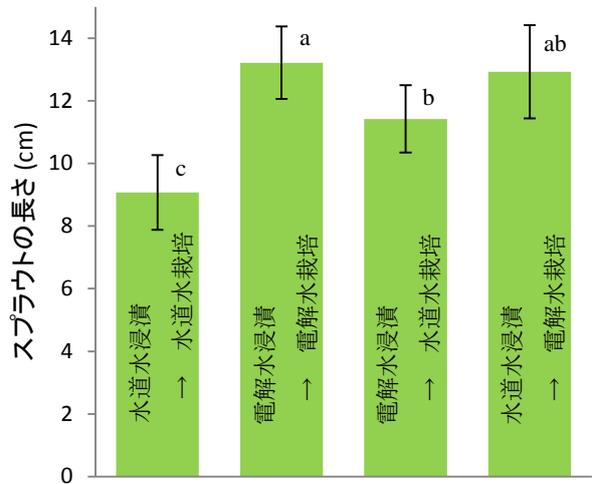


図2 微酸性電解水 (ACC 10ppm) 処理による大豆スプラウトの生長促進

(異なるアルファベットは5%水準で有意差がある)

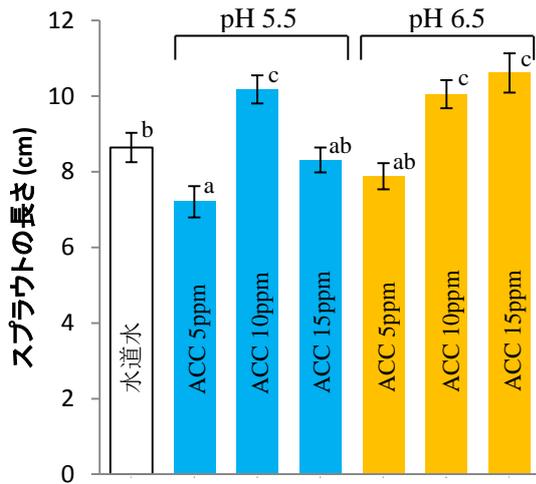


図3 異なる pH、ACC で微酸性電解水処理した大豆スプラウトの長さ

(異なるアルファベットは5%水準で有意差がある)

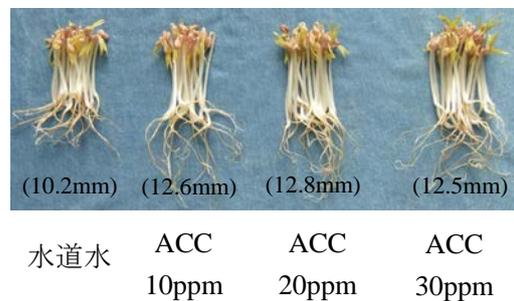


図4 微酸性電解水処理した緑豆スプラウト

注) 括弧内は浸漬から108時間後の長さ

[その他]

研究課題: 「食料資源利用」 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・生計向上と農村漁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: 2015 年度 (2011~2015 年度)

研究担当者: 辰巳英三・葦澤悟、海傑・劉瑞 (中国農業大学)

発表論文等: 1) Liu et al. (2014) Plant Growth Regulation, 74: 83-91

2) Liu et al. (2014) International Agriculture Engineering Journal, 23: 50-56

## 平成 27 年度 成果情報 C6

### [成果情報名] タイ伝統発酵食品データベースの構築

[要約] タイの伝統発酵食品を原材料に基づき分類し、特徴、製造方法、栄養情報および画像を整理し、データベースを構築してインターネット上に公開した。

[キーワード] タイ、発酵食品、データベース

[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 A

---

### [背景・ねらい]

タイでは伝統的に近隣諸国の影響を受けた多様な発酵食品が製造・利用されており、それらの製造技術、発酵微生物および特徴的成分を利活用することにより、地域食料資源の高付加価値化が可能になると考えられる。東南アジアの伝統発酵食品に関する情報を網羅的に収集整理したものは数少なく、また、かつてタイのカセサート大学がまとめた書籍 *The traditional fermented foods of Thailand (Bhithakpol et al., 1995)* も絶版となり入手困難である。近年、微生物分類技術や成分分析技術の進歩により新たな情報が蓄積してきたことから、JIRCAS における微生物研究の成果も反映させ、それらを取りまとめて、インターネット上のデータベースとして、研究者・行政関係者のみならず広く一般に、使いやすい形で情報提供することを目指す。

### [成果の内容・特徴]

1. タイの伝統発酵食品 86 種類を原材料に基づき、水産物 (26 種類)、畜産物 (8 種類)、果物 (17 種類)、野菜 (23 種類)、米 (6 種類)、大豆 (4 種類)、その他 (2 種類) に分類し、タイ各地における呼称、材料の詳細、発酵条件、微生物、製造方法、食べ方、一般栄養成分情報および画像を整理した (図 1～3)。
2. 発酵食品から同定された乳酸菌等の新規の情報を記載している。(図 2)
3. とりまとめた情報について、原材料ごとに検索しやすいように構成し、「タイの伝統発酵食品データベース」として、JIRCAS ホームページで公開している (図 4)。

<https://www.jircas.affrc.go.jp/DB/DB11/>

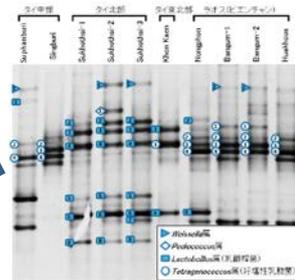
### [成果の活用面・留意点]

1. 東・東南アジアには発酵微生物や製造技術が共通する伝統発酵食品が多く、情報共有により、タイ以外の国においても製造法の改善、品質向上および新たな加工食品開発等への発展が期待される。
2. 今後さらに、未同定の微生物や生理機能性成分などについて研究を進め、データベースに新たな情報を追加する。
3. 本データベースは、JIRCAS が主導して立ち上げた「アジア食料資源ネットワーク」の活動の一環であり、今後もアジアの多様な食料資源の情報を発信する予定である。

[具体的データ]



DNA 分析



**Microorganisms**  
 Bacillus subtilis, Bacillus licheniformis, Micrococcus sp.,  
 Pediococcus sp., Staphylococcus epidermidis,  
 Staphylococcus sp., Tetragenococcus halophilus,  
Tetragenococcus muriaticus, Lactobacillus acidipiscis

図1 食品の写真の一例(発酵米麺)

図2 淡水魚の塩辛様発酵食品(Pua-ree)から同定された耐塩性乳酸菌(下線部)について新規の情報を追加

Chemical composition

Moisture (%)	Protein (%)	Fat (%)	Fibre (%)	Ash (%)	NaCl (%)	Total invert sugar (%)	Acidity as lactic acid (%)	pH	aw
69.3	5.6	1.1	0.9	0.7	0	0.1	0.2	4.0	0.92

図3 成分分析データの一例(発酵米麺)



図4 タイの伝統発酵食品データベースホームページ画面

[その他]

研究課題：東アジア・東南アジアの地域食料資源に関する研究ネットワーク構築

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

予算区分：運営費交付金 [食料資源利用]

研究期間：2011～2015 年度

研究担当者：中原和彦・丸井淳一郎、Wanchai Panthavee・Gassinee Trakoontinakorn・Plernchai Tangkanakul (カセサート大学)、

発表論文等：

1) Bhithakpol et al. (1995) The traditional fermented foods of Thailand. ASEAN Food Handling Bureau.

2) Marui et al. (2015) Biosci. Microbiota Food Health. 34: 45-52

3) データベース「The traditional fermented food of Thailand」 <https://www.jircas.affrc.go.jp/DB/DB11/>

## 平成 27 年度 成果情報 C7

### [成果情報名] 貯蔵中に糖濃度が上昇するオイルパーム伐採木の簡易選別法

[要約] 貯蔵により樹液の糖濃度が上昇するオイルパーム伐採木を簡便に特定するため、伐採幹の切断面にヨウ素溶液を噴霧する。噴霧した箇所の色の変化で貯蔵により糖濃度が上昇するパーム幹を迅速に識別することが出来る。

[キーワード] オイルパーム幹、伐採、樹液

[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]

パーム幹伐採後、貯蔵により樹液中の糖濃度が大きく増加するという現象を発見した（平成 20 年国際農林水産業研究成果情報第 16 号、特開 2009-254311）。この発見は、バイオエタノール製造の際、高コスト化の最大要因である低糖濃度による濃縮エネルギー投入と収支を大きく改善できる。すなわち貯蔵により、低糖度では資源価値の低い樹液を、貯蔵によりサトウキビジュースのような高糖度の樹液へ変換出来る。この糖濃度上昇の現象は、パーム幹中の澱粉濃度に依存している。高澱粉濃度のパーム幹は、必ず貯蔵により糖濃度の上昇が認められるが、反対に低澱粉濃度では糖度上昇は生じないことを明らかにしている。一方、パーム幹の外観からでは澱粉濃度は識別不可能であり、貯蔵工程をすべきか否か、伐採現場又は貯蔵現場において作業員が簡易にかつ迅速に判断を行えるような選別方法が必要となる。

### [成果の内容・特徴]

1. 伐採パーム幹の澱粉濃度の判定に調べるため、ヨウ素 0.1N 標準溶液を蒸留水で 4 倍希釈し、パーム伐採木の切断面にスプレーにより噴霧した。2 本の伐採パーム幹のうち高澱粉濃度 (46.8 %) のパーム幹の切断面は、ヨウ素液噴霧によりヨウ素デンプン反応を示し瞬時に紫色に染色された (図 1 A)。一方、低澱粉含有パーム幹 (7.1 %) の切断面は噴霧したヨウ素の原色 (オレンジ) のままであった (図 1 B)。
2. これらパーム幹を使った貯蔵試験では、伐採直後の高澱粉含有パーム幹の樹液中の糖濃度 (グルコース、スクロース、フルクトース量の総量) は平均 5.0%(w/v)であったが、25 日間の貯蔵により樹液中の糖濃度は平均 16.0%(w/v)まで上昇した (図 2)。一方、低澱粉含有パーム幹の伐採直後の樹液中の初発糖濃度は平均 5.1%(w/v)であったが、貯蔵による樹液中の糖濃度上昇は認められなかった。
3. これらの結果から伐採パーム幹へのヨウ素溶液の噴霧は、現場作業員が貯蔵工程をすべきか否か瞬時に判断できる簡便な方法である (図 3)。

### [成果の活用面・留意点]

1. 通常、オイルパーム幹中の澱粉濃度は、地上から最も離れた上部で高く、下部に行くに従って低くなる傾向を持つ。従って伐採後のパーム幹は、上部、下部の切断面両方にヨウ素液を噴霧し澱粉濃度を確認することが好ましい。
2. 本成果は、貯蔵により伐採後のパーム幹中の糖濃度を上昇させる樹液採取方法 (特開 2009-254311) と一緒に活用する。
3. これまでの貯蔵試験の結果から、搾汁するまでの貯蔵日数は 15 日~30 日間が適当である。
4. 噴霧後の紫色は時間と共に退色するが、再度ヨウ素溶液を噴霧することで迅速に識別できる。

[具体的データ]

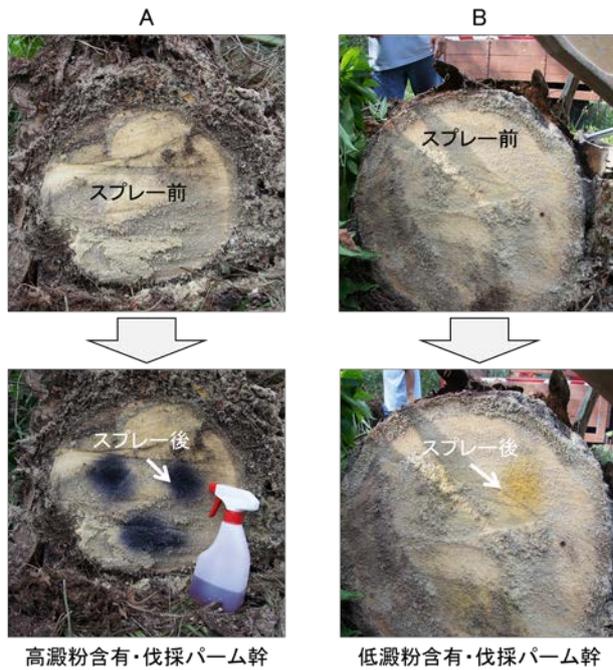


図 1 ヨウ素溶液噴霧によるパーム幹中の澱粉濃度の迅速判別法

マレーシア国セランゴール州のパームプランテーションよりパーム幹上部の澱粉濃度が乾燥重量で 46.8 % 及び 7.1 % の 2 本のパーム幹を伐採し貯蔵試験を行った。

[その他]

研究課題：東南アジアバイオマス資源からのバイオ燃料及び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：2015 年度 (2011~2015 年度)

研究担当者：小杉昭彦・荒井隆益・蕪澤悟、Zubaidah Aimi Abdul Hamid・Othman Sulaiman・Rokiah Hashim (マレーシア理科大)

発表論文等：1) Abdul Hamid et al. (2015) Int. J. Green Energy, doi.org/10.1080/15435075.2014.910786

2) 小杉ら (2014) 国際特許出願番号 PCT/JP2015/078124 (パーム幹の利用方法)

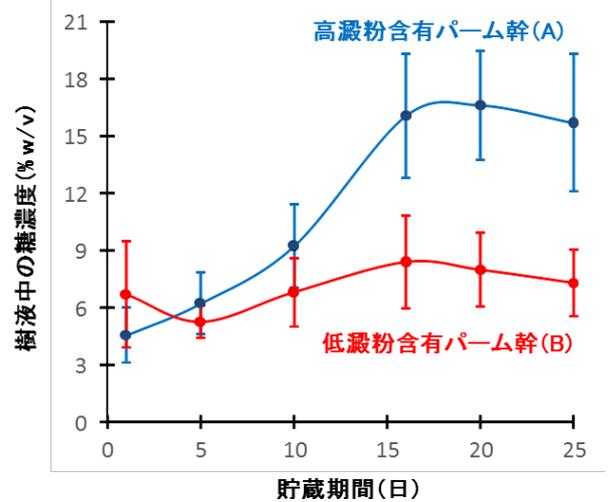


図 2 高澱粉含有

(A) 及び低澱粉含有 (B) パーム幹を用いた貯蔵試験 Error bar は高澱粉含有、低澱粉含有の幹各 5 本の樹液中の糖濃度の振れ幅を示している。

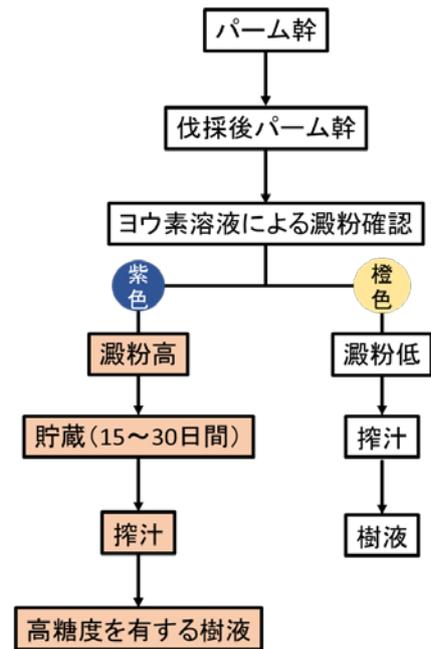


図 3 貯蔵工程を考慮した伐採パーム幹からの樹液搾汁工程

## 平成 27 年度 成果情報 C8

### [成果情報名] 低い糖濃度の搾汁液からのエタノール生産におけるエネルギー収支の評価

[要約] 糖濃度が低いオイルパーム廃棄木由来の濃縮搾汁液を発酵してエタノールを生産する際のエネルギー収支を評価すると、投入エネルギーよりも出力エネルギーが上回るのは、糖濃度が 6.1%以上の時である。

[キーワード] オイルパーム、搾汁液、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・利用領域

[分類] 研究 B

---

### [背景・ねらい]

搾汁液を発酵してエタノールを生産する場合、搾汁液の糖濃度が低いとエネルギー収支がマイナスになる。搾汁液の濃縮は、エタノール生産率を向上させる有効な方法であるが、濃縮のためにエネルギーを必要とする。そのため、何%の糖濃度の搾汁液を濃縮すれば投入したエネルギーよりも出力エネルギーが上回るのかを見極める必要がある。そこで、各種の糖濃度の搾汁液からエタノールを生産する時のエネルギー収支の評価を試みる。

### [成果の内容・特徴]

1. 含水量 80%、30kg のオイルパーム幹から調整した低い糖濃度(3.1%)を含む搾汁液を平膜フィルターを用いて 9.6%まで濃縮するために必要な投入エネルギーは、10.9MJ である (図 1)。
2. オイルパーム幹から搾汁及び発酵に要する投入エネルギーは、それぞれ 5.8MJ と 0.85MJ である (平成 25 年度国際農林水産業研究成果情報第 21 号)。これに濃縮に要する投入エネルギー(10.9MJ)を加えると全投入エネルギーは 17.6MJ である (図 1)。
3. 耐熱酵母を用いて発酵すると、濃縮した搾汁液 (糖濃度 9.6%) から濃度 0.0454kg/L のエタノールが 0.32L 生産される。このエタノールを出力エネルギーとすると 6.7MJ である (図 2)。
4. 以上の結果に基づき、各種の糖濃度の搾汁液を 9.6%まで濃縮した時のエネルギー収支を計算し、投入エネルギーと出力エネルギーをプロットする。投入及び出力エネルギーの直線が重なる糖濃度 6.1%以上の時に出力エネルギーがプラスに転じる (図 3)。糖濃度 3.1%から 9.6%まで濃縮したときの投入及び出力エネルギーは糖濃度に比例して変化するため、この間のエネルギー変化を直線として示す。

### [成果の活用面・留意点]

1. オイルパーム伐採木を貯蔵した際に樹液の糖濃度が上昇するものを簡易に選別する手法を、本年度国際農林水産業研究成果情報に報告している。本成果は、樹液を用いてエタノールを生産する際に有効な糖濃度の情報を提供するものである。
2. 搾汁液の糖濃度が 6.1%以下であっても、搾汁残渣の熱量 (平成 25 年度国際農林水産業研究成果情報第 21 号) を利用すればエネルギー収支をプラスにすることができる。
3. 酵母の発酵効率が 90%以下の場合、出力エネルギーが低下することがある。

# 平成 27 年度 成果情報 C8

[具体的データ]

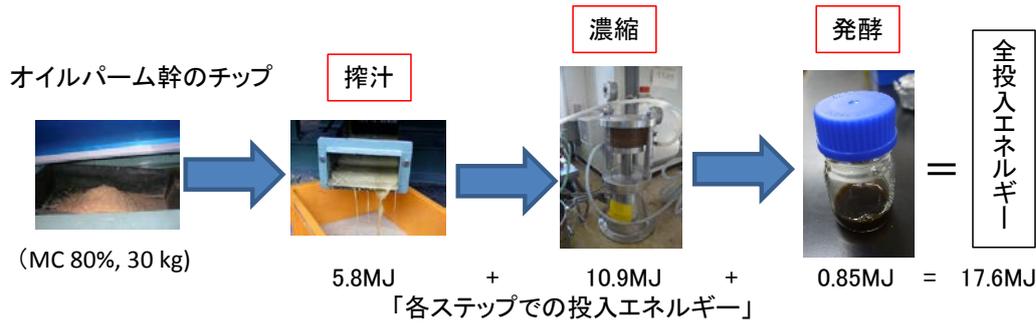


図 1 オイルパーム廃棄木からのエタノールを生産する際の搾汁、濃縮、発酵の各プロセスに要する投入エネルギー

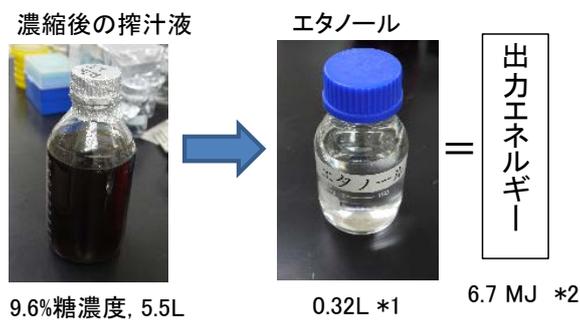


図 2 発酵により生産したエタノールの熱量 (出力エネルギー)

\*1. 図 1 の搾汁濃縮液 (5.5L) から生産できるエタノール量 (L) は、以下の式により算出：  
 $(0.0454\text{kg/L} \times 5.5\text{L}) / 0.789\text{kg/L}$ 、\*2. 生産されたエタノールの熱量 =  $21.2\text{MJ} \times 0.32\text{L}$

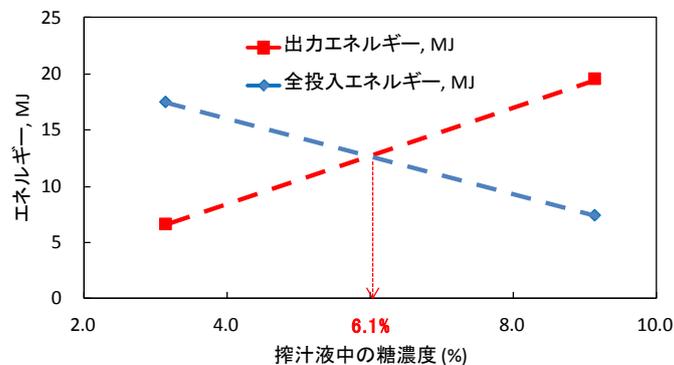


図 3 エネルギー収支がプラスに転じる搾汁液中の糖濃度

[その他]

研究課題：東南アジアバイオマス資源からのバイオ燃料及び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・生計向上と農山漁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：2015 年度 (2011～2015 年度)  
 研究担当者：村田善則・荒井隆益・小杉昭彦  
 発表論文等：Y. Murata, et al. (2015) AIMS Journal 3(2): 201-213

## 平成 27 年度 成果情報 C9

### [成果情報名] オイルパーム廃棄木の搾汁残渣を効率的に分解する酵素の利用

[要約] 糸状菌 *Penicillium rolfsii* から調製した糖化酵素液は、市販糖化酵素と比較して、オイルパーム廃棄木搾汁残渣の糖化反応時に高い温度安定性及び残渣に対して低い吸着性を示し、高い分解活性を有することから廃棄木搾汁残渣糖化用酵素として優れている。

[キーワード] オイルパーム廃棄木、糖化酵素、農業廃棄物

[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]

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約 25 年間隔で伐採、再植される。この時に大量のパーム廃棄木が発生している。パーム廃棄木は、リグノセルロース資源であり、糖化酵素を用いグルコースやキシロースなどの発酵可能な糖に変換することができるため、バイオエタノールやバイオプラスチックなどの有用物質の原料となる。糖化酵素は、糖化反応中に熱変性やリグノセルロース中のリグニンに吸着するため、糖化反応が阻害されることが問題になっている。本研究は、熱安定性に優れ、リグニンに対して低吸着なパーム残渣用糖化酵素の利用法の開発を目的とする。

#### [成果の内容・特徴]

1. 新たに調製した糖化酵素 *P. rolfsii* は、パーム廃棄木搾汁残渣の分解反応時 (50°C) において、2 種の市販酵素 (Celluclast 1.5L, Accellerase 1500) と比べて高い温度安定性を有し、産業利用上に優れた特徴を持つ (図 1)。
2. パーム廃棄木搾汁残渣の主要な構成成分の一つであるリグニンに対する吸着性を分析した結果、*P. rolfsii* は、パーム廃棄木残渣中のリグニンに対して低い吸着特性を示す (図 2)。本酵素のリグニンに対する低吸着特性は、産業利用上優れた特徴であると考えられる。
3. *P. rolfsii* は、市販糖化酵素と比較して、パーム廃棄木搾汁残渣を高い効率で糖に変換することができる (図 3)。また糖化酵素 *P. rolfsii* の様々な基質に対する分解酵素活性を測定した結果、*P. rolfsii* は市販糖化酵素と比較して、キシランに対して高い活性を示す。キシランは、パーム廃棄木搾汁残渣の主要な構成成分の一つである。*P. rolfsii* のパーム廃棄木搾汁残渣に対する高い分解活性は、残渣中のキシランを効率的に分解しているためであると考えられる。
4. 以上のように、本酵素はパーム廃棄木残渣分解に優れた特徴を有することから、産業上の利用が期待できる。

#### [成果の活用面・留意点]

1. *P. rolfsii* を単独で使用する場合は、糸状菌 *P. rolfsii* を改良し、酵素の生産量の向上や培養量のスケールアップが必要である。
2. *P. rolfsii* を市販酵素に混合する方法は、市販酵素のパーム廃棄木搾汁残渣中のリグニンへの吸着を抑えることができ、また分解活性も向上することから、市販酵素の使用料を抑えるメリットがある。

# 平成 27 年度 成果情報 C9

[具体的データ]

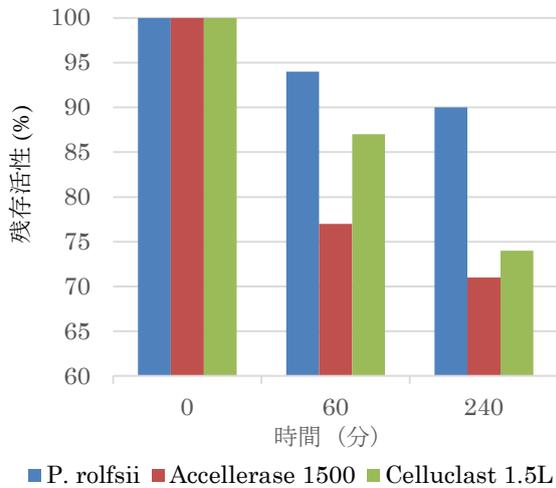


図 1 パーム廃棄木搾汁残渣分解反応中の安定性 (残存活性)

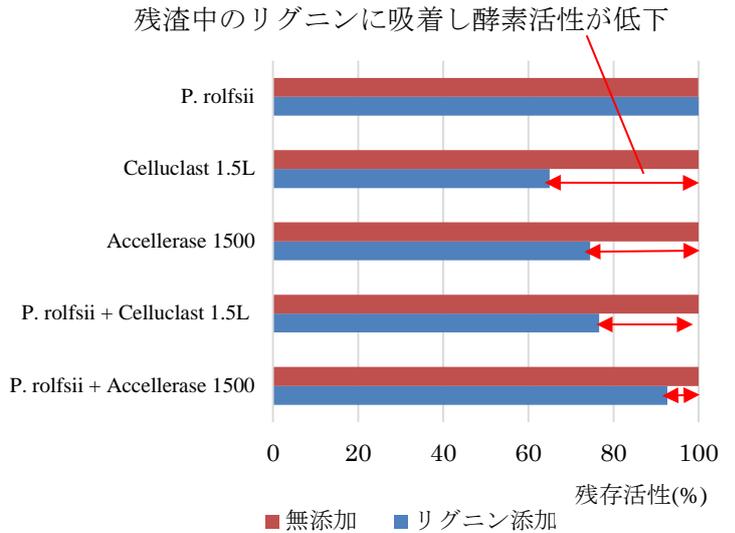


図 2 リグニン添加による P. rolfsii 及び市販糖化酵素の反応液上清の残存活性

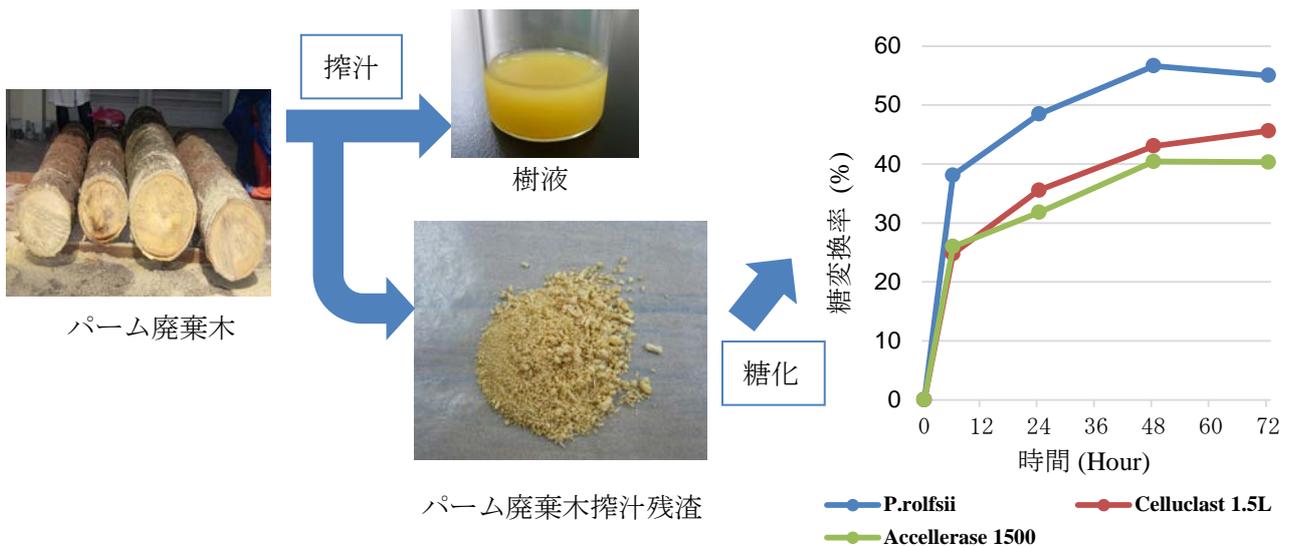


図 3 P. rolfsii 及び市販糖化酵素のパーム廃棄木搾汁残渣の糖化

[その他]

研究課題：東南アジアバイオマス資源からのバイオ燃料及び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・生計向上と農山漁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：2015 年度 (2011~2015 年度)

研究担当者： 荒井隆益・村田善則・小杉昭彦、

Kok Chang Lee・Darah Ibrahim (マレーシア理科大学)

発表論文: Chang LK et al. (2015) Environmental Technology, DOI:10.1080/09593330.2015.1120786

## 平成 27 年度 成果情報 C10

### [成果情報名] インドネシアのパーム油企業が実施する CSR 活動を促進する要因

[要約] インドネシアのパーム油企業が実施する企業の社会的責任(CSR)活動は、小規模農家に対する農地配分プログラムである NES の実施により促進される。NES に対する政府支援の強化は、CSR 活動の促進にも有効である。

[キーワード] オイルパーム CSR NES 小規模農家 インドネシア

[所属] 国際農林水産業研究センター 研究戦略室

[分類] 行政 B

---

### [背景・ねらい]

インドネシア政府は、1977 年から、Nucleus Estate Smallholders（以下「NES」）システムと呼ばれるオイルパームプランテーション開発プログラムを実施している。本プログラムは、企業がプランテーション開発を行う際、開発された農地の一部を小規模農家（以下現地での呼称に従い「プラズマ農家」）に分配することにより、企業が地域社会と開発の利益を共有することを目的としている。近年、パーム企業では、地域コミュニティとの一層円滑な関係構築のため、NES に加え、企業の社会的責任(CSR)活動に対する関心を高めている。NES の実施は、一義的には企業の利益追求活動であるが、プラズマ農家との協力は企業の地域社会に関する理解を深め、CSR 活動を促進することが予測される。このため、インドネシアにおけるパーム油企業の連合会である Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit (GAPKI)の会員企業を対象としたアンケート調査を実施し、調査結果を分析することにより、企業の CSR 活動を促進する要因を明らかにする。

### [成果の内容・特徴]

1. アンケートに回答した GAPKI 会員企業 132 社のうち、ほぼ全社（130 社）が何らかの CSR 活動を行っている。調査対象とした 16 種の CSR 活動のうち、「インフラ整備」が最も実施企業数が多く（113 社）、「教育支援」（89 社）、「CSR 担当者の配置」（86 社）、「環境保全」（76 社）がそれに次いでいる（図 1）。
2. インドネシア農業省の NES 実施ガイドラインでは、プラズマ農家に対する「技術指導」、「生産物の買い取り」、「インフラ整備」の実施を企業に求めているが、アンケートに回答した GAPKI 会員企業のうち、これらの活動を実施しているのは NES を実施している企業の約 7 割にとどまっている（図 2）。
3. アンケート調査結果に基づき、CSR 活動実施件数を目的変数とする回帰分析を実施すると、「企業の規模」、「地域コミュニティとの関係に対する企業の考え方」に加え、「NES システムの実施状況」が、CSR 活動を推進する要因であることがわかる（表 1）。
4. NES システムは、施肥の改善と優良種苗の提供を通じて、プラズマ農家のオイルパーム果房収量を改善する（平成 26 年度国際農林水産業研究成果情報第 22 号）が、NES システムの適切な実施は、パーム油企業の CSR 活動も促進できる。

### [成果の活用面・留意点]

1. NES システムが発足した当初、政府は補助金によって NES システムを強く支援していたが、近年は政府の支援が縮小している。NES システムへの政府の支援を強化する根拠として行政機関が利用できる。
2. アンケートに回答した企業が保有するオイルパーム農園面積は全企業の平均に比べ大きく、回答者が大企業に片寄っていることに留意する必要がある。

# 平成 27 年度 成果情報 C10

[具体的データ]

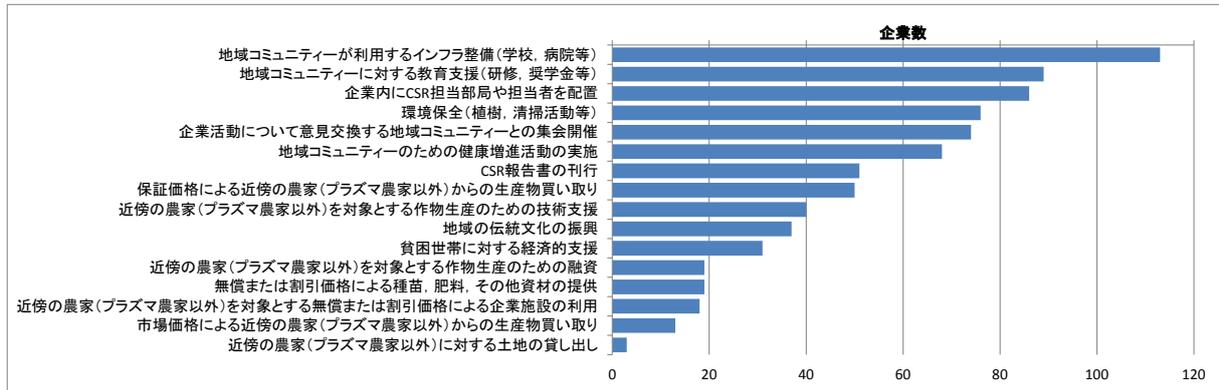


図 1 パーム油企業の CSR 活動実施状況 (全 132 社、複数回答)

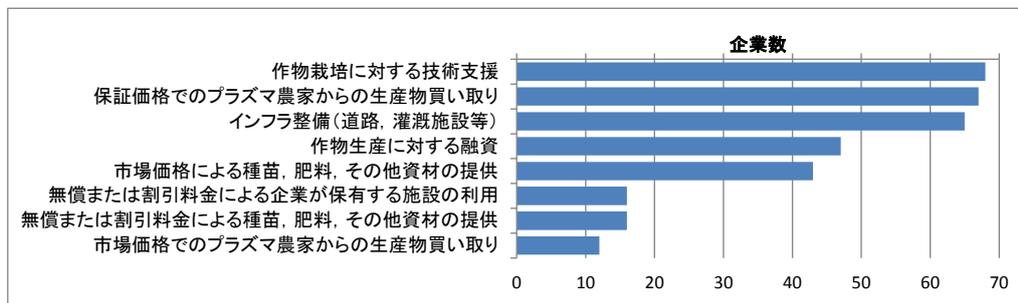


図 2 NES 実施企業のプラズマ農家に対する支援活動実施状況 (全 91 社、複数回答)

表 1 パーム油企業の CSR 活動を規定する要因 (回帰分析結果)

	標準偏回帰係数 (P 値)
X <sub>1</sub> : 企業規模 (果房生産量) (トン)	0.2973 *** (0.0001)
X <sub>2</sub> : NES システムの実施状況 (合成変数)	0.4653 *** (0.0000)
X <sub>3</sub> : 地域コミュニティとの関係 (合成変数)	0.2896 *** (0.0001)
PS: プラズマ農家の農園比率	0.0744 (0.3113)
RF: 年降水量 (mm)	-0.0615 (0.4551)
PD: 人口密度 (人/km <sup>2</sup> )	-0.1235 (0.1363)
RG: 1人当たり GDP (百万ルピア)	-0.0906 (0.2494)
定数	6.9594
調整済み R 二乗	0.4341
P 値	(0.0000) ***

\*\*\*: (P<0.01)

[その他]

研究課題：ランドラッシュがもたらすリスクと機会：インドネシアの経験

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

予算区分：科研費 [基盤研究 B] No.23405035

研究期間：2013 年度 (2011~2013 年度)

研究担当者：杉野智英、Henny Mayrowani (インドネシア農業社会経済政策研究所)、小林弘明 (千葉大学)

発表論文等：Sugino, T. et al. (2015) Japanese Journal of Rural Economics 17: 18-34

$Y = f(X_1, X_2, X_3, PS, RF, PD, RG)$

ただし、

Y: CSR 活動件数

X<sub>1</sub>: 果房生産量 (トン) で評価した企業の規模

X<sub>2</sub>: 企業の NES システムへの取り組みを示す合成変数<sup>a)</sup>

X<sub>3</sub>: 地域コミュニティと良好な関係を築くことに有効な活動・概念に対する企業の意識を示す合成変数<sup>b)</sup>

PS: 企業におけるプラズマ農家の農園面積比率

RF: 農園が位置する州における年降水量(mm)

PD: 州人口密度

RG: 州の 1 人当たり GDP

a) プラズマ農家に対する支援活動実施状況に関する調査結果を主成分分析して得られた第一主成分スコア

b) 企業が地域コミュニティと良好な関係を構築するのに資する 10 の要素 (例：コミュニティとのコミュニケーション) に対する評価結果を主成分分析して得られた第一主成分スコア

## 平成 27 年度 成果情報 C11

[成果情報名] セラヤ天然林では自殖種子の選択的排除が健全な他殖種子生産を維持している

[要約] 飛翔力の弱い昆虫によって花粉が散布されるフタバガキ樹種セラヤは、密度低下した択伐林では花粉が有効に散布されず自らの花粉で受精した不健全な種子が多産される。天然林ではこれらの種子を選択的に排除して、他個体の花粉を受精した健全な種子が生産されている。

[キーワード] 熱帯雨林、フタバガキ、虫媒、花粉散布、受精、自殖種子、選択的排除

[所属] 国際農林水産業研究センター 林業領域

[分類] 研究 B

---

### [背景・ねらい]

一定の大きさに成長した有用樹種のみを伐採する択伐と呼ばれる手法によって木材が生産される熱帯雨林では、森林更新によって択伐林の蓄積が回復し、択伐後約 30 年で二回目の択伐を行うことが期待されている。しかし、花粉が動物によって媒介される熱帯樹木では、特に飛翔力の弱い昆虫に花粉散布を依存する樹種において、択伐による密度低下によって花粉が十分に散布されず、自らの花粉による受精によってできた種子（自殖種子）が多く、その健全性に問題が生じている。一方で、密度低下を生じていない天然林でもかなりの高頻度で自らの花粉が散布されているが自殖種子はほとんど見当たらず、その排除の機構は明らかになっていない。そこで、自らの花粉や自らの花粉と受精した胚珠が種子形成までに排除される条件を明らかにする。

### [成果の内容・特徴]

1. 天然林試験地と択伐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遺伝マーカーにより決定し、各種子の花粉親を同定した（父性解析）（図 1）。
2. 父性解析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た花粉散布モデル（平成 23 年度国際農林水産業研究成果情報第 19 号）を用いて花粉散布確率は求められ、天然林では散布距離がほぼ数 m 以内の自家受粉が高頻度で生じていることを確認できる（図 1）。
3. 父性解析結果から花粉散布確率と開花量を推定する花粉散布モデルを発展させ、自らの花粉や自家受精した胚珠が排除される度合い（図 2 縦軸）の同時推定を階層ベイズ法によって可能にした。
4. 同一樹種の立木密度が低い択伐林では、自らの花粉および自家受精した胚珠は排除されておらず大量の自殖種子が生産されている。一方、立木密度が高い天然林でも自家受粉は生じているが、受粉後、種子が形成される過程で自らの花粉と自家受精した胚珠の両方またはいずれかが排除されている（図 2）。
5. 母樹に届く花粉総量が多いと自らの花粉や自家受精した胚珠の排除が発生し、花粉総量が少ないと選択的な排除は発生せず自殖種子も生産される（図 2）。

### [成果の活用面・留意点]

1. 自らの花粉による受精の回避に必要な許容伐採量を推定することができる。
2. 健全な種子生産を目指す択伐指針の作成を通して熱帯雨林の持続的利用に貢献できる。
3. 種子の花粉親を特定し、そこから花粉散布モデルを用いて自らの花粉の排除割合を統計学的に推定したもので、選択的排除の機構を発生学的に解明したものではない。
4. 択伐林では密度低下による花粉散布の阻害によって自殖種子が生産され繁殖を補完している。他のフタバガキ科樹種では自殖由来の実生の不健全性が報告されているが、セラヤ(*Shorea curtisii*)においてもこれらの実生の不健全性を検証する必要がある。

# 平成 27 年度 成果情報 C11

## [具体的データ]

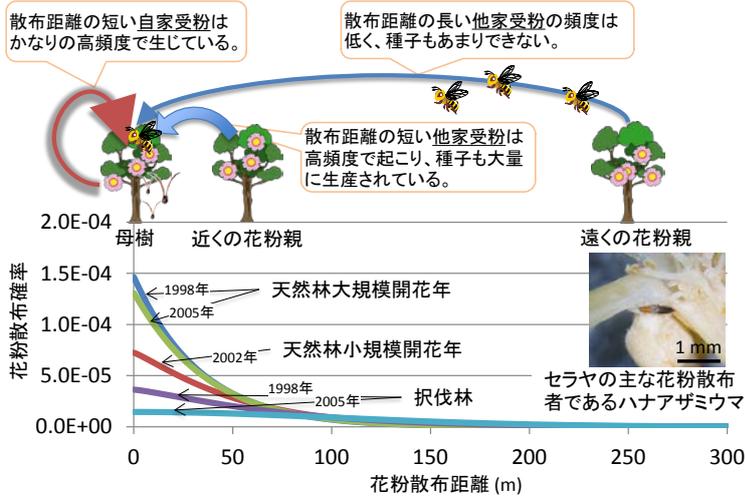


図1 一斉開花における花粉の散布距離と散布確率の関係

天然林由来 1492 個(一斉開花 3ヶ年分)、択伐林由来 728 個(一斉開花 2ヶ年分)の種子を遺伝マーカーによる父性解析で花粉親を決定し、母樹までの距離と花粉散布確率を求めたもの。上部の模式図は、母樹と花粉親との距離の違いでみられる受粉のタイプを示す。

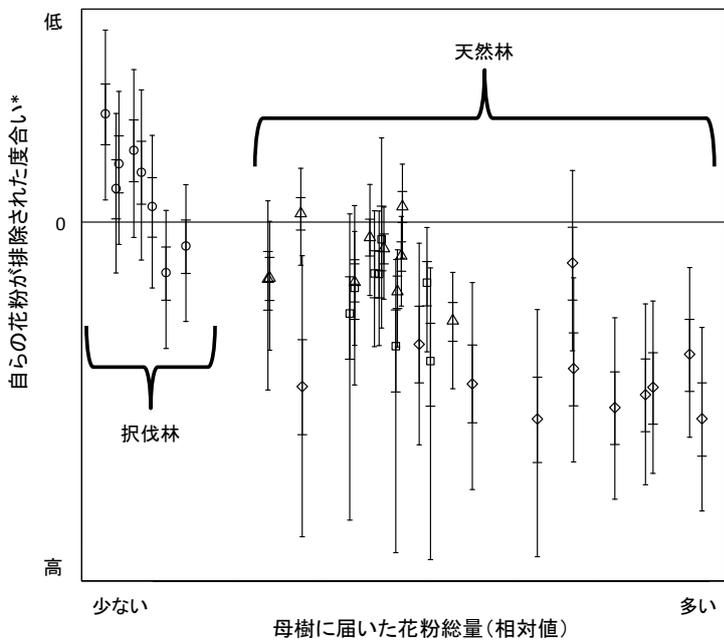


図2 母樹に届いた花粉総量に対する自らの花粉が排除された度合い

バーは、自らの花粉が排除される度合いを示すパラメータ推定値の 50%と 95%ベイズ信頼区間を表し、0 より小さいと有意に自からの花粉および自家受粉した胚珠が排除されていることを示している。

\*: 自らの花粉のほかに自家受粉した胚芽の排除も含む。

## [その他]

研究課題：マレーシア・フタバガキ択伐林業の持続性評価及び向上技術の開発

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

予算区分：交付金 [持続的林業]

研究期間：2015 年度 (2011 年度～2015 年度)

研究担当者：谷 尚樹、Norwati Muhammad・Lee Soon Leong・Lee Chai Ting (マレーシア森林研究所)、津村義彦 (筑波大学)

発表論文等：1) Tani N et al. (2015) PLoS ONE 10(5): e0123445

2) Tani N et al. (2012) Journal of Ecology 100(2): 405-415

## 平成 27 年度 成果情報 C12

[成果情報名] **タイ産の高い塩分耐性を持つ新規ジュズモ属緑藻によるウシエビの生産性向上**

[要約] 東南アジアで重要な養殖対象種であるウシエビとジュズモ属緑藻（未記載種）を混合養殖する技術を開発した。ジュズモ属緑藻はウシエビの排泄物や残餌から生じる栄養塩類を摂取し成長するとともにエビの餌となることから、混合養殖により生産性を向上させることができる。

[キーワード] ジュズモ属緑藻、高塩分耐性、混合養殖、ウシエビ生産性向上

[所属] 国際農林水産業研究センター・水産領域

[分類] 研究 B

### [背景・ねらい]

東南アジア諸国における主要輸出水産物のひとつである熱帯産クルマエビ類は、当該地域の零細・中小養殖業者の収入を支えている。しかしながら近年では、高密度養殖並びに大量給餌等による集約的養殖池の自家汚染により生産性が低下し、大きな問題となっている。

熱帯沿岸域養殖プロジェクトでは、未利用資源を活用したウシエビとの混合養殖技術の開発を行っている。ジュズモ属緑藻は高い塩分耐性を持ち、栄養塩類の摂取能も高いと考えられることから、ウシエビとの混合養殖により養殖池の環境を保ちながら生産性を向上させることが期待できる。

### [成果の内容・特徴]

1. タイ中部沿岸において発見したジュズモ属緑藻（図 1）は、形態並びに生態観察、遺伝子解析の結果未記載種であると推察される。
2. 野外調査の結果、本ジュズモ属緑藻は塩分 3.4–90 psu の止水池や用水路などに生育する。このような高い塩分耐性のため、幅広い塩分環境で養殖されている熱帯産クルマエビ類との混合養殖に適すると期待される。
3. 室内実験の結果、好適塩分及び水温（20–30 psu 及び 30℃）条件下では約 60% day<sup>-1</sup> の高い日間成長率を示し、2 mm の藻体が 1 週間で約 20 cm に成長する（図 2）。
4. 本ジュズモ属緑藻は、20.4%のタンパク質並びに 64.8%の炭水化物（うち繊維質 21.8%）を含有する。またウシエビは本種を好んで摂餌する。
5. 室内実験の結果、混合養殖ではエビ単一養殖に対し、57%の成長促進並びに 39%の増肉係数\*改善が認められる（表 1）。

\* 一定量の体重を増加させるのに必要な餌料量を示す指数。値が低い方が効率が良い。

$$\text{増肉係数} = \frac{\text{与えた人工餌料の量（乾重）}}{\text{増えた体重（湿重）}}$$

### [成果の活用面・留意点]

1. ウシエビと同様に広い塩分範囲で養殖されているバナメイエビやクルマエビなど、世界中のクルマエビ類養殖池にも活用できる可能性がある。
2. 実用化のためには、より養殖環境に近い素掘り池などでの実証試験が必要である。
3. 技術普及のためには、生産されたエビの色や味など、消費者視点の分析が必要である。
4. 本研究に用いた種は、2009 年度成果情報「海藻ジュズモ属の一種との混合飼育下でのウシエビの成長促進」で用いたジュズモ属緑藻とは別種であり、本種の方が塩分耐性もウシエビの嗜好性もより高い。

[具体的データ]



図 1 ジュズモ属緑藻とウシエビ. 左上は藻体の顕微鏡写真

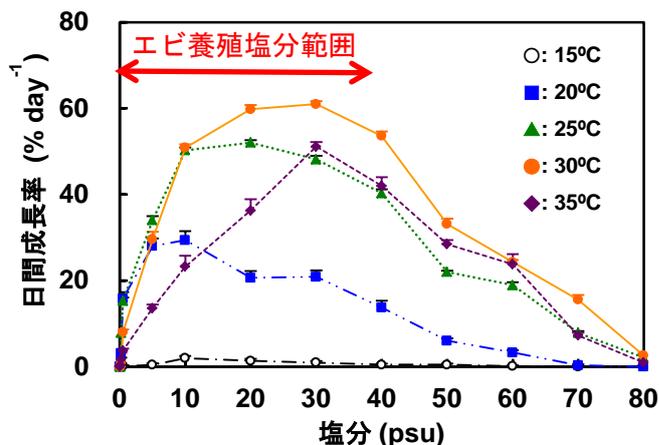


図 2 様々な塩分・水温におけるジュズモ属緑藻の平均日間成長率. Tsutsui et al. (2015) Int Aquat Res 7:47-62 を改変

表 1 単一養殖と混合養殖におけるウシエビの成長率、増肉係数の比較

	単一養殖	混合養殖
実験開始時ウシエビ平均重量 (g)	0.39 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.39 ± 0.03 <sup>a</sup>
実験終了時ウシエビ平均重量 (g)	7.15 ± 1.28 <sup>a</sup>	11.20 ± 0.65 <sup>b</sup>
単一養殖に対する成長の割合 (%)	100	157
ウシエビ成長率 (% day <sup>-1</sup> )	4.14 ± 0.27 <sup>a</sup>	4.79 ± 0.08 <sup>b</sup>
ウシエビ増肉係数	2.39 ± 0.28 <sup>a</sup>	1.46 ± 0.62 <sup>b</sup>
単一養殖に対する増肉係数の割合 (%)	100	61

同一行内の異なる上付きラベルアルファベットは有意な差異があることを示す (Tukey-Kramer HSD test, P < 0.05). Tsutsui et al. (2015) Int Aquat Res 7: 193-199. を改変

[その他]

研究課題：「熱帯沿岸域養殖」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・生計向上と農山漁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：2011～2015 年度

研究担当者：筒井功、Dusit Aue-umneoy (タイ・キングモンクット工科大学ラカバン)

発表論文等：

1. Tsutsui et al. (2015) Int Aquat Res 7:47-62
2. Tsutsui et al. (2015) Int Aquat Res 7:193-199
3. 「塩基配列データベース」 <http://getentry.ddbj.nig.ac.jp/getentry/na/AB759541/?filetype=html>
4. 「塩基配列データベース」 <http://getentry.ddbj.nig.ac.jp/getentry/na/AB819998/?filetype=html>