

[成果情報名] 家庭用バイオガス発生装置は温室効果ガス排出削減と農家の便益を実現する

[要約] 途上国の農村部に家畜の排せつ物等を原料とする家庭用バイオガス発生装置を導入することは、温室効果ガスの排出削減と農家の調理用燃料経費の節減、労働時間の短縮など農家の便益を実現する気候変動緩和策である。

[キーワード] バイオガス発生装置、温室効果ガス排出削減技術、農家の便益、MRV

[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

[背景・ねらい]

クリーン開発メカニズム(CDM)により途上国における温室効果ガス(GHG)排出を削減する取り組みは重要であるが、炭素クレジット価格の低迷などにより現状では十分機能していない。緩和策を広く普及させるためには、農家はその利用によりメリットを実感できるものとする必要がある。家畜の排せつ物等を原料としてバイオガスを発生させる家庭用バイオガス発生装置 (BD、図1) が、まず MRV (測定・報告・検証) 可能な気候変動緩和策となり得るか、更に、農家の便益も実現する気候変動緩和策となり得るかを明らかにする。

[成果の内容・特徴]

1. ベトナムのメコンデルタにおいて、BD を導入した農家 (435 戸) のバイオガスの使用状況を 1 年間 (2013 年 6 月 1 日～2014 年 5 月 31 日) モニタリングした結果、全体の 95.7% の日でバイオガスが使用され、従前の調理用燃料が代替されることで、446 tCO₂ の排出削減となる。この削減量が国連 CDM 理事会により公認され、相当する炭素クレジット(CER)が 2015 年 6 月 19 日付けで発行されたことから、BD 導入による GHG 排出削減は MRV 可能である。
2. BD 導入により、調理用の薪及び LP ガスの使用が抑制される (図 2)。BD 導入による調理用燃料使用量の削減結果から、1 戸あたりの GHG 排出量と調理用燃料への支出額の変化を求めると、それぞれ、1.87 tCO₂/年、95 米ドル/年の削減となり (表 1)、農家は BD の使用から便益を得られる。
3. BD を導入した農家に対するアンケート調査の結果によれば、99% の農家が BD 導入に満足している。その理由として農家は、燃料経費節減や薪収集に要してきた時間の節約、調理時間の短縮などに加えて、健康改善、環境改善の効果を挙げている (図 3)。
4. 以上から、BD は MRV 可能でかつ農家の便益も実現する気候変動緩和策と言える。

[成果の活用面・留意点]

1. ベトナム政府の排出削減目標に関する「自主的に決定する約束草案(INDC)」には、バイオガスを含む農業分野からの排出削減が明記されており、INDC の具体化に際して本成果の活用が期待される。
2. BD 導入による GHG 排出削減量及び農家の便益は、農家が従前使用していた調理用燃料の種類及び量により変化する。
3. BD 導入のための初期費用は約 180 米ドル (材料費 : 140 米ドル、労務費 : 20 米ドル、技術支援に係る経費 : 20 米ドル)、維持管理費は年間 20 米ドル程度と見込まれ、BD の使用を 7 年間継続した場合の便益は、農家の調理用燃料への支出額約 2 年分 (200 米ドル以上) に相当する。

[具体的データ]

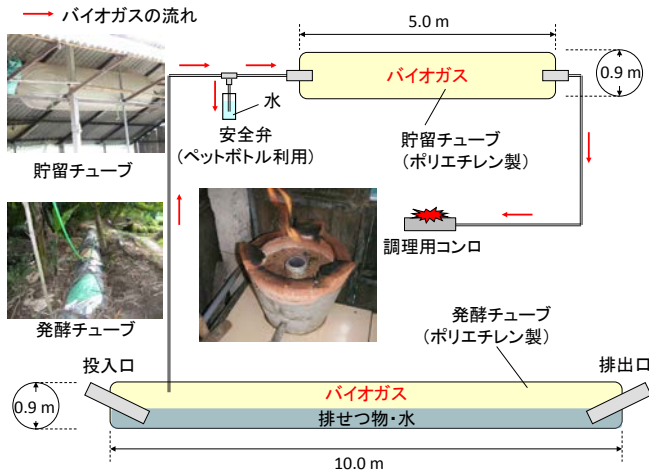


図1 標準的なプラスチック製バイオガス発生装置

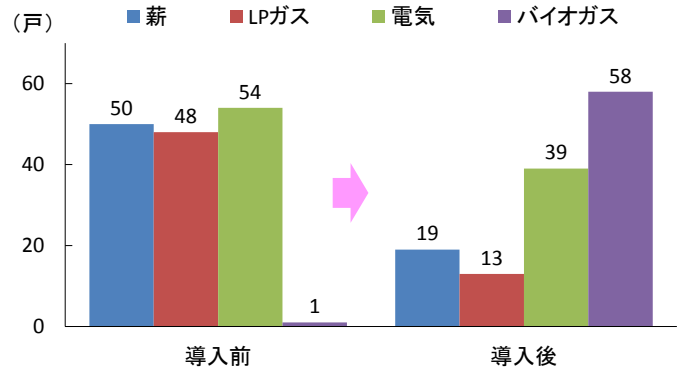


図2 BD 導入による調理用燃料種別使用農家数の変化

(注1) 調査農家戸数：66 戸

(注2) 調査時点で各燃料を調理に使用していた農家数

(注3) 導入前にバイオガスを利用していた農家（1 戸）は独自に BD を設置した農家

表1 BD 導入による調理用燃料に関する変化
(1 戸あたり、66 戸の平均値)

項目		導入前	導入後	変化
調理用燃料 使用量	薪 (t/年)			
	人の食事	1.59	0.32	-1.27
	豚の飼料	1.50	0.38	-1.12
	小計	3.09	0.70	-2.39
	LPガス (kg/年)	27.3	2.4	-24.9
温室効果 ガス排出量 (tCO ₂ /年)	薪			
	人の食事	1.20	0.24	-0.96
	豚の飼料	1.13	0.29	-0.84
	小計	2.33	0.53	-1.80
	LPガス	0.08	0.01	-0.07
	計	2.41	0.54	-1.87
調理用燃料 への支出 (米ドル/年)	薪(購入)	14	1	-13
	薪(収集)	53	12	-41
	LPガス	45	4	-41
	計	112	17	-95

(注) 支出の調査はベトナムの通貨ドンで行い、調査時点(2012 から 2014 年)の為替レートで米ドルに換算した

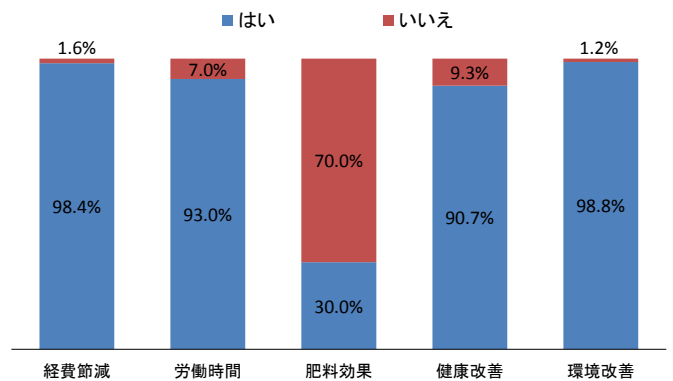


図3 BD 導入による効果を実感している農家の割合

(注1) 調査農家戸数：257 戸

(注2) 経費節減：調理用燃料経費の節減、労働時間：薪の収集・調理時間の短縮、肥料効果：消化液を肥料として利用（作物栽培・養魚）、健康改善：薪による調理の際の煙・煤による健康被害の改善、環境改善：家畜排せつ物に起因する悪臭・水質汚濁の減少

[その他]

研究課題：開発途上地域農業の温室効果ガス排出抑制とリスク回避技術の開発

プログラム名：開発途上地域における持続的な資源・環境管理技術の開発

予算区分：交付金 [気候変動対応]

研究期間：2016 年度（2011～2020 年度）

研究担当者：泉太郎

発表論文等：1) Taro I et al. (2015) Journal of Sustainable Development, 8(8):147-158

2) Taro I et al. (2016) Journal of Sustainable Development, 9(3):224-235

3) UNFCCC (2015) Monitoring report 'Farm household biogas project contributing to rural development in Can Tho City' (version 02), Reference number 6132

[成果情報名] 食糧政策は気候変動下の米価変動を緩和するが政策コストは上昇する

[要約] 気候変動に脆弱なバングラデシュを対象とし、米価変動を緩和するための食糧政策の効果とコストを、政策を含む米需給モデルで試算する。気候変動シナリオ RCP6.0 に基づくと、価格の変動係数を 1 ポイント低下させるには、年に 1.67 億ドルの追加的支出が必要である。

[キーワード] 温暖化、稲作、適応策、備蓄、MIROC5

[所属] 国際農林水産業研究センター 社会科学領域

[分類] 研究

[背景・ねらい]

バングラデシュは地理的特徴から、洪水やサイクロンなど災害の影響を受けやすく、農業生産は不安定である。今後は気候変動による極端な高温日の増加などで、一層の不安定化が予測されており、そのような状況へ適応するための技術開発や政策立案が重要な課題である。政府は以前から食糧市場の不安定さを緩和する目的で、コメ備蓄と共に農家支援のための調達と、消費者保護のための配給を実施してきた。このような政策が、気候変動によるコメ市場の不安定化をどれだけ軽減できるかについて、収量予測や食糧政策を組み込んだ米需給モデルにより検討する。

[成果の内容・特徴]

1. 気候変動に関する政府間パネルが設定した温室効果ガスの排出シナリオ RCP6.0（高位安定化シナリオ）の下、全球気候モデル Model for Interdisciplinary Research on Climate 5 (MIROC5)で予測された 2030 年までの気温、降水量、日射量をコメの収量関数に適用すると、2009 年以降コメ収量の変動が大きくなり、コメ生産の不安定化が予測される（図 1、表 1）。
2. 食糧政策による調達量や配給量は、施設面での備蓄可能量と実際の備蓄量による物理的制約の下で、市場価格と政府価格の差額を誘因とする農家と消費者の取引先選択行動で決まると仮定する。すると調達量と配給量の関数が、上限や下限のあるデータの回帰モデル（トービットモデル）として統計的に推計され、政策のシミュレーションが可能になる。
3. 新たな政策を仮定しないシミュレーション（ベースライン予測）のトレンドを基準とし、平均の 10%以上の価格高騰年には消費者への米の配給価格を最大 75%減額、10%以上の価格下落年には農家の支持価格を最大 60%増額する新たな基準の政策を仮定する（図 2 の赤丸は新たな政策基準で市場介入が必要になる年）。この新たな政策のシナリオでは市場の需給バランスが保たれ、ベースラインに比べて価格の上昇と下落が抑制される（図 2）。価格の変動幅は、約 2.34 ポイント減少し（表 2）、仮定した食糧政策が市場を安定化させることが示される。
4. このケースに必要な備蓄量は最大 300 万トンで、現状の 170 万トンより備蓄能力を向上させる必要がある。年平均の追加的政策コストは、備蓄施設建設・維持に 0.14 億ドル、備蓄米管理に 1.95 億ドル、調達・配給の取引のうち相殺できない分に 1.83 億ドルで、合計は 3.92 億ドルとなる。これを価格変動 1%ポイントの削減に換算すると 1.67 億ドル（約 180 億円）である。

[成果の活用面・留意点]

1. 本研究の結果は、気候変動下での食糧政策の立案や、気候変動への各種適応策の評価、そして適応コストの推計において、基礎データとして活用できる。
2. 本研究が前提とする将来シナリオや、気象変数の参照元とした気候モデルは、本研究が利用したもの以外にも存在する。したがって本研究は、唯一の未来像を描くものではなく、複数の仮定の下で不確実な将来の傾向を把握し、対策に生かそうとする試みの一部である。

[具体的データ]

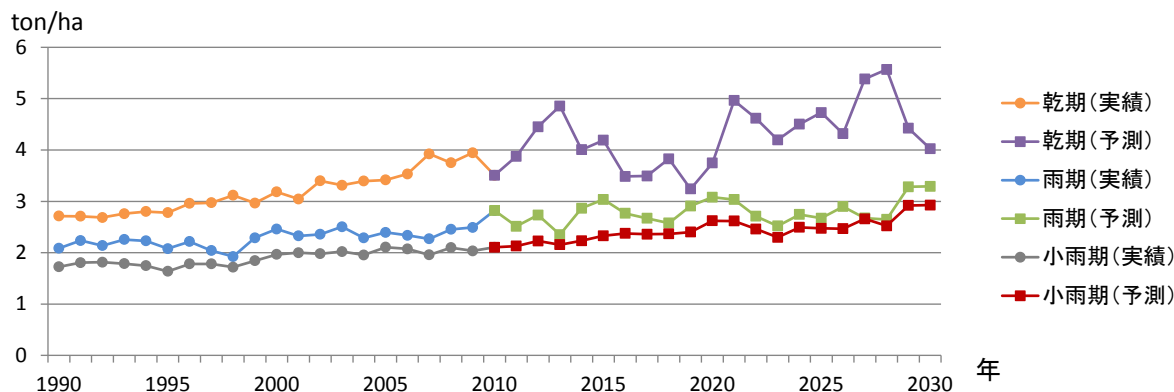


図1 コメ収量の実績と将来予測（改良品種の場合）

表1 コメ収量の変動と気候変動の影響

作期	収量の変動係数 (%)		気候変動の影響 (%ポイント)
	2009年まで	2010～2030年	
小雨期 (Aus)	8.32	9.30	0.98
雨期 (Aman)	7.76	8.72	0.96
乾期 (Boro)	12.28	14.6	2.32

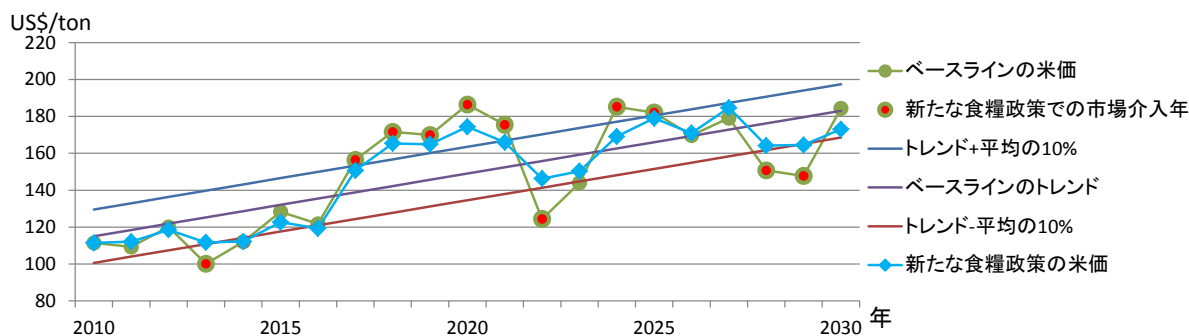


図2 食糧政策による価格の安定化（農家庭先価格の例）

表2 コメ価格の変動と食糧政策の効果

価格種別	価格の変動係数 (%)		食糧政策の効果 (%ポイント)
	ベースライン	食糧政策	
農家庭先価格	19.85	17.50	-2.35
小売価格	25.75	23.42	-2.33

[その他]

研究課題：ベンガル湾地域における極端現象による災害被害への適応策の開発と経済評価、極端現象がベンガル湾地域へ及ぼす影響と適応技術の評価

プログラム名：開発途上地域における持続的な資源・環境管理技術の開発

予算区分：交付金 [気候変動対応]

研究期間：2016年度（2011～2020年度）

研究担当者：小林慎太郎・古家淳、Salam Md. A.・Alamgir Md. S.（筑波大学）

発表論文等：Salam Md. A. et al. (2016) 環境情報科学学術研究論文集 30: E1-E7

[成果情報名] アフリカ産低品位リン鉱石は焼成処理で可溶化され高い肥効を示す

[要約] 未利用資源であるブルキナファソ産低品位リン鉱石に、炭酸ナトリウムを添加し、900～1000℃で焼成することでクエン酸可溶性リン割合が大幅に向上する。焼成物のトウモロコシおよび水稲に対する施用試験の結果、水稲では重過リン酸石灰と同程度の施用効果が認められる。

[キーワード] 焼成、ブルキナファソ、肥料、クエン酸可溶性リン酸

[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

[背景・ねらい]

国際的にリン資源の枯渇が叫ばれる中、アフリカには未利用の低品位リン鉱石が多く存在する。ブルキナファソでは、リン酸として約1億トンの埋蔵量が推定されており、その効果的な利用方法の開発が求められている。一般的にリン鉱石の可溶性向上は硫酸添加によるものが多いが、低品位のリン鉱石の場合、遊離の硫酸が残存するなどの問題が指摘されている。そこで、アルカリ金属を配合し高熱処理する焼成法を適用し、アフリカ産低品位リン鉱石を可溶化する方法を明らかにする。アフリカ産低品位リン鉱石の活用を通じて安価なリン肥料が現地農家に提供されることで、アフリカの農業生産性向上が期待される。

[成果の内容・特徴]

1. 212 μm に微粉碎したブルキナファソ、コジャリ鉱床産出の低品位リン鉱石に炭酸ナトリウムを Na₂O が 25~30 % となるよう配合し、900~1000 °C で焼成すると、全リン酸量中のクエン酸可溶性（ク溶性）リン酸割合が約 100 % に向上する（表 1）。
2. 炭酸ナトリウムの配合比ならびに焼成温度を調整することで、全リン酸量にしめる水溶性リン酸割合が最大 28 % まで向上する（表 1）。
3. 炭酸ナトリウムの配合比が高い程、ク溶性および水溶性リン酸量が高くなる傾向があるが、全リン酸量は低下する（表 1）。
4. 得られた焼成物(CBPR)の施用効果を検証するため、1/5000 a ワグネルポットに 2.4 kg の細粒質赤玉土を充填し、重過リン酸石灰(TSP)ならびに炭酸ナトリウムを Na₂O が 30 % となるように配合し 950 °C で焼成した CBPR を、リン酸施用量が 0、0.5、1.0、2.0 g P₂O₅/pot となるように施用した後、温室内でトウモロコシならびに水稲を 56 日間栽培する。
5. 水稲では、CBPR の施用により、2 g P₂O₅ /pot の水準まで、TSP の施用と同程度の収量を示す（図 1）。
6. トウモロコシの乾物収量は、CBPR を 1 g P₂O₅ /pot よりも多い水準で施用した場合、TSP のおよそ 40% 程度である（図 1）。

[成果の活用面・留意点]

1. 本成果は、焼成時の副資材に炭酸ナトリウムを使用しているが、同族アルカリ金属元素の炭酸塩である炭酸カリウムを使用した場合でも、焼成により可溶化できる可能性がある。
2. 本成果で示された焼成法は他の低品位リン鉱石においても有効と考えられる。
3. 畑作物に対する CBPR の施用効果を高める可溶化技術を検討する必要がある。
4. 多量に CBPR を施用した場合、副資材として添加したナトリウムの残存集積や土壌 pH の上昇に起因すると考えられる生育抑制が生じる。

[具体的データ]

表 1 焼成物における全リン酸量, 全リン酸あたりのクエン酸可溶性(ク溶性)リン酸割合ならびに水溶性リン酸割合

処理	焼成温度 °C	焼成物の 全リン酸量 g kg ⁻¹	全リン酸あたりのクエン酸可溶性 リン酸割合		全リン酸あたりの水溶性 リン酸割合	
			%		%	
Burkina PR (無処理)		297.1	31.1		0.2	
Na20	950	227.2	73.3	a	0.5	a
	1000	231.5	73.9	a	0.5	a
Na25	850	205.8	81.8	a	17.1	b
	900	207.5	93.5	ab	17.2	b
	950	211.8	99.8	b	16.0	b
	1000	212.7	100.0	b	8.3	a
Na30	850	189.5	92.6	a	27.1	a
	900	186.9	96.8	ab	28.0	a
	950*	197.2	97.5	b	28.1	a
	1000	198.1	98.7	b	26.7	a

Na20、Na25、Na30 はそれぞれ炭酸ナトリウムを Na₂O が 20%、25%、30% となるように配合したものを示す。表中のリン酸量はいずれも P₂O₅ として計算した。
アルファベットの異符号間には Tukey 法により 5%水準で焼成温度間に有意差があることを示す (n=3)。* Na30 950°C の焼成物をポット試験に供試した。

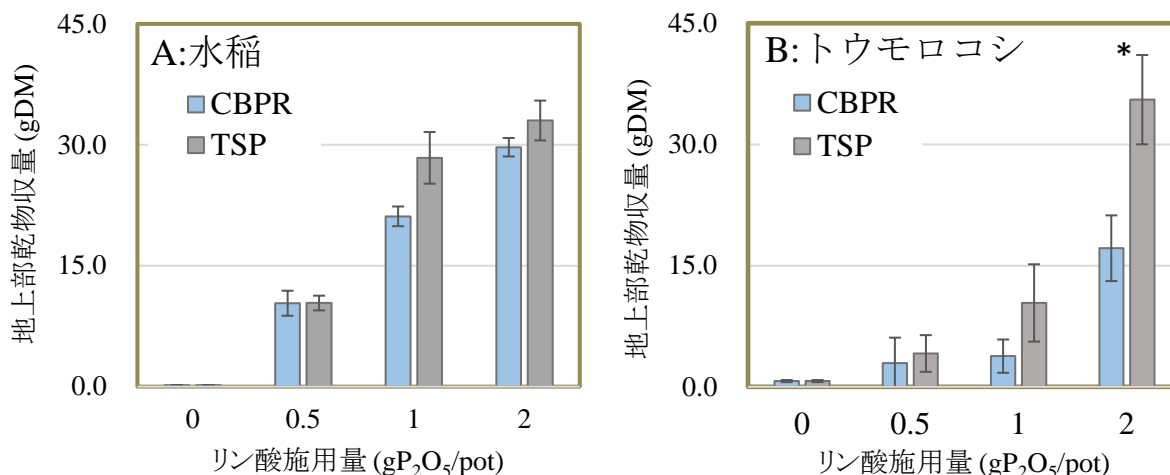


図 1 焼成物および重過リン酸石灰の施用量が水稲 (A) およびトウモロコシ (B) の地上部乾物重におよぼす影響

CBPR: ブルキナファソ産リン鉱石焼成物, TSP: 重過リン酸石灰。エラーバーは標準誤差 (n=3)。図中のアスタリスクは CBPR 区と TSP 区の間、Student の t 検定により 5%水準 (*) で有意差があることを示す。

[その他]

研究課題: SATREPS ブルキナ

プログラム名: 開発途上地域における持続的な資源・環境管理技術の開発

予算区分: 受託「SATREPS ブルキナ」

研究期間: 2016 年度 (2014~2015 年度)

研究担当者: 中村智史、南雲不二男、福田モンラウィー、鳥山和伸、今井敏夫 (太平洋セメント株式会社)

発表論文等: 1) 中村ら (2015) 土肥誌 86 (6):534-538

2) 中村ら (2016) 土肥誌 87 (5):338-347

[成果情報名] 赤外光を利用したササゲ子実タンパク質含有量の迅速評価技術

[要約] 赤外光を利用してササゲ子実の粉体サンプルの窒素含有量を推定し、これをタンパク質含有量に換算することにより、育種過程で利用可能な子実タンパク質含有量を迅速に評価できる。

[キーワード] アフリカ、ササゲ、タンパク質、赤外分光法、選抜、環境影響評価

[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

[背景・ねらい]

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、タンパク質や微量栄養素の供給源として重要な役割を果たしている。このため、近年では従来の育種目標である収量や病虫害抵抗性の向上に加え、子実の品質・栄養価向上を視野に入れた品種開発の重要性が指摘されている。特に、タンパク質は人々の成長に欠かせない要素であることから、ササゲの子実タンパク質含有量は地域に適切な品種の開発を考える上で重要な形質の一つである。本研究では、ササゲ子実の重要な品質関連形質であるタンパク質含有量に着目し、有望系統の選抜や栽培環境の影響の迅速な評価に利用可能な評価技術を開発する。

[成果の内容・特徴]

1. 子実窒素含有量の多様性を広範囲に網羅するササゲ遺伝資源 224 系統 919 点の粉体サンプル (図 1) について、燃焼法を用いて測定した窒素含有量実測値と、フーリエ変換赤外分光光度計(FT-IR)を用いて得た近赤外 (4000 - 4985 cm^{-1} 約 2500 - 2006 nm) および中赤外 (1400 - 2290 cm^{-1} 約 7143 - 4366 nm) スペクトルを用いて、赤外分光法によりササゲの子実窒素含有量を精度良く ($R^2 = 0.91$) 推定できるモデルを作成した。
2. 作成したモデルは、栽培地や年度、施肥量による影響を受けずに、西アフリカのササゲ栽培地に卓越する 3 つの農業生態系で栽培したササゲの子実窒素含有量を精度良く ($R^2 = 0.90 - 0.92$) 推定できる (図 2、表 1)。
3. ササゲ子実のアミノ酸組成を基に算出したタンパク質含有量と窒素含有量実測値の関係 (図 3) から得られたササゲ独自の窒素-タンパク質換算係数 5.45 を利用することで、精度良く窒素含有量をタンパク質含有量に変換することが可能となった。
4. 従来法 (燃焼法) を用いた場合の試料秤量を含む測定時間約 870 秒/サンプルに対し、赤外光を利用した評価技術では、約 100 秒/サンプルと迅速にササゲ子実タンパク質含有量を評価できる。

[成果の活用面・留意点]

1. 開発した子実タンパク質含有量の迅速評価技術により、アフリカ各国のササゲ育種プログラムでタンパク質含有量に留意した親系統の選定や育種過程での選抜を実施できる。
2. 栽培環境による子実タンパク質含有量の影響の評価が容易となり、これらの知見が育種や地域ごとに適切なササゲ栽培技術の開発に利用される。

[具体的データ]

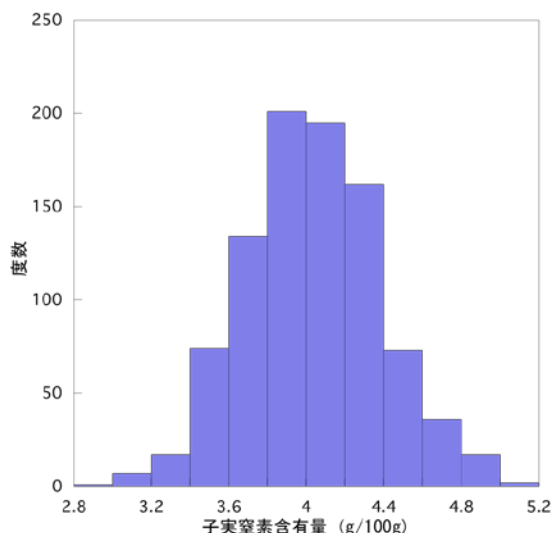


図1 モデル作製に用いたササゲ 224 系統の子実窒素含有量の分布

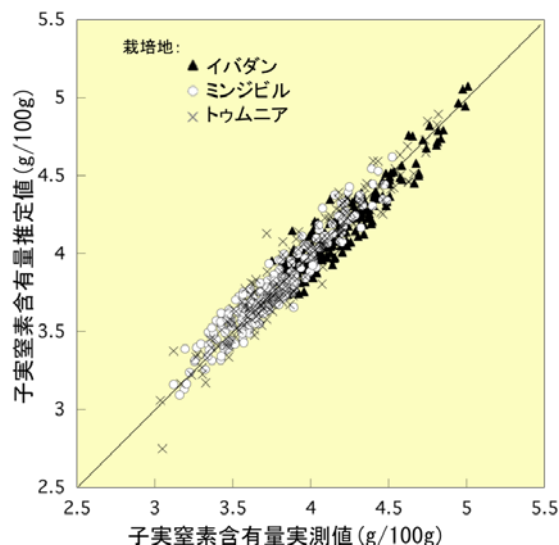


図2 子実窒素含有量の実測値と近—中赤外スペクトルを利用した推定値の関係

表1 子実窒素含有量推定モデルの検証結果

検証用セット	R^2	RMSEP	RPD
全サンプル (636点)	0.93	0.10	3.68
農業生態系毎 (各212点)			
イバダン (サバンナ-森林移行帯)	0.90	0.09	3.13
ミンジビル (スーダンサバンナ)	0.92	0.09	3.40
トウムニア (サヘル)	0.92	0.10	3.46

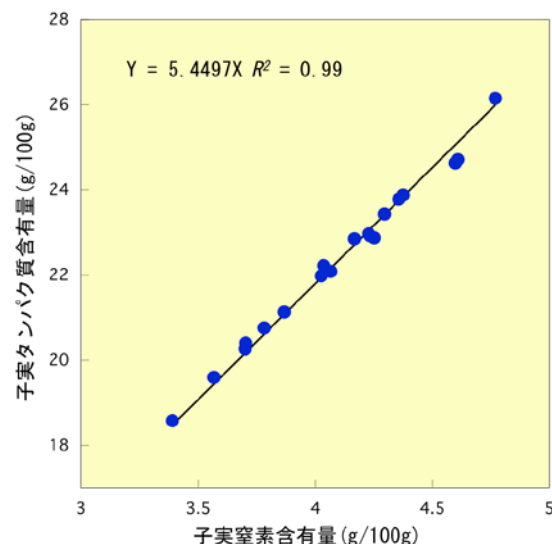


図3 子実タンパク質含有量と窒素含有量との関係

[その他]

研究課題：アフリカの食料問題解決のためのイネ、畑作物等の安定生産技術の開発

Ⅱ. 地域作物の遺伝的多様性の活用に向けた情報・技術基盤の開発

プログラム名：熱帯等の不良環境における農産物の安定生産技術の開発

予算区分：交付金 [アフリカ食料]

研究期間：2016 年度 (2012~2020 年度)

研究担当者：村中聡、庄野真理子、石川春樹 (国際熱帯農業研究所)

発表論文等：1) Muranaka S et al. (2015) Journal of Biological and Food Science Research, 4(2):16–24

2) Muranaka S et al. (2016) Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization, 14(1):67–76 doi:10.1017/S147926211500009X

[成果情報名] 植物の高温特異的合成プロモーターによる遺伝子発現法

[要約] 植物ゲノムの網羅的な比較解析を行い、高温特異的に働くプロモーターを合成した。このプロモーターは、気候変動による温暖化に対応した農作物や、付加価値が高い農作物の開発への利用が期待できる。

[キーワード] 高温、遺伝子発現、プロモーター、熱ショックエレメント

[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

[背景・ねらい]

これまで様々な視点から高温応答の研究がモデル植物であるシロイヌナズナで行われてきたが、より大きなゲノム情報を持つ農作物の高温応答に関する研究例は少なく、高温応答の基礎研究を農作物の育種に活用することは難しかった。近年の技術開発によって、シロイヌナズナだけでなく、様々な農作物においてもゲノム情報やゲノム編集技術等の利用が容易になり、最新情報や技術を活用したゲノム育種が可能となってきた。本研究では、シロイヌナズナ、ダイズ、イネ、トウモロコシのゲノムを網羅的に比較解析して、高温環境下の遺伝子発現を調節する合成プロモーターを作製する。この研究によって作製される合成プロモーターは、高温障害が懸念される地域の作物開発や、温度管理された植物工場で栽培される付加価値が高い作物開発へ活用されることが期待される。

[成果の内容・特徴]

1. 4種（シロイヌナズナ、ダイズ、イネ、トウモロコシ）の転写調節領域における DNA 配列の網羅的な比較解析を基に設計された高温誘導性合成プロモーターには、それぞれの植物に特徴的な熱ショックエレメントが含まれる。
2. 合成プロモーターに含まれる熱ショックエレメントは、低温や乾燥などの環境ストレスに対する応答が報告されていたが、本研究で合成したプロモーターは高温特異的に機能する。合成したプロモーターの高温特異性は、 β -グルクロニダーゼ(GUS)遺伝子を合成プロモーターにつなぎ合わせた形質転換シロイヌナズナを用いて、高温、低温、乾燥、ABA 処理を行うことで検証できる（図 1）。
3. 本研究で合成したプロモーターは、赤外線レーザー照射による温度上昇に対しても機能する（図 2）。対象となる細胞だけにレーザー照射を行い、プロモーターに連結した目的遺伝子を発現させることで、個々の細胞で特異的に機能する遺伝子の解析や細胞間相互作用の解析も可能である。

[成果の活用面・留意点]

1. 本研究で設計した合成プロモーターは、ゲノム編集技術等を利用することで、高温耐性遺伝子を制御することが可能なため、気候変動による温暖化に対応した農作物の開発に活用されることが期待できる。
2. 本研究で設計した合成プロモーターは、植物工場の温度管理だけで、一過的に遺伝子発現を調節することが可能である。例えば、出荷前に温室の温度をあげることで、付加価値を高くできる遺伝子（高ビタミン含量に関連する遺伝子等）の発現を制御できるため、健康志向等のニーズに対応した農作物の開発に活用されることが期待できる。一過的な遺伝子発現調節は、恒常的に遺伝子が機能すると起こり得る成長抑制等の副作用を抑えることができる。

[具体的データ]

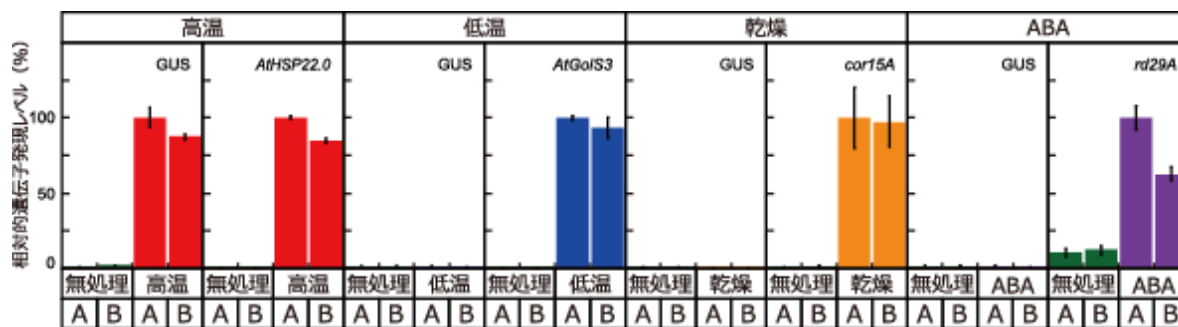


図1 高温、低温、乾燥、ABA 処理後における遺伝子発現のレベル

設計した合成プロモーターに β -グルクロニダーゼ (*GUS*) 遺伝子をつなぎ合わせ、形質転換シロイヌナズナを作成した。この植物を高温、低温、乾燥、ABA 処理した後、*GUS* 遺伝子の mRNA の蓄積量を定量 PCR 法で解析した。また、それぞれの処理におけるマーカー遺伝子 (高温: *AtHSP22.0*、低温: *AtGolS3*、乾燥: *cor15A*、ABA: *rd29A*) の発現解析も行い、合成プロモーターの高温特異性を検証した。A、B は実験に用いた異なる系統。

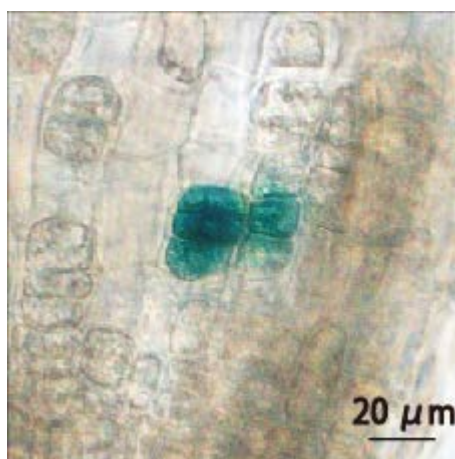


図2 赤外線レーザー照射による温度上昇によって遺伝子が発現した細胞

形質転換シロイヌナズナの根に赤外線レーザーを照射した後、*GUS* 活性を検出した。赤外線レーザーを照射した細胞でのみ、青色に染色された *GUS* 活性が検出された。

[その他]

研究課題：アフリカの食料問題解決のためのイネ、畑作物等の安定生産技術の開発、植物バイオマス生産高度化のための合成プロモーター作出

プログラム名：熱帯等の不安定環境における農作物等の安定生産技術の開発

予算区分：交付金 [アフリカ食料]、受託 [JST・ALCA]

研究期間：2016 年度 (2014~2016 年度)

研究担当者：圓山恭之進、小賀田拓也、金森紀仁、後藤新吾 (農研機構 果樹茶部門)、山本義治 (岐阜大学)、浦和博子 (岐阜聖徳学園大学)、井内聖・浦野薫・櫻井哲也・榊原均・篠崎一雄 (理化学研究所)、篠崎和子 (東京大学)

発表論文等：Maruyama K et al. (2016) Plant J, DOI: 10.1111/tpj.13420

[成果情報名] キヌアの標準自殖系統とゲノム配列

[要約] 分子レベルでの解析に適した遺伝的に均質なキヌアの標準自殖系統を開発し、キヌアのゲノム（生物の設計図）配列を世界に先駆けて解読した。これらの成果は、優れた環境適応性と栄養特性をもつ作物の開発に貢献するものと期待される。

[キーワード] キヌア、ゲノム配列、次世代シーケンス、自殖系統

[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

[背景・ねらい]

キヌアは南米アンデス地方原産の作物で、干ばつなどの不良環境に対する適応能力が高いだけでなく、きわめて高い栄養価と優れた栄養バランスを持つため、食料安全保障上の重要性や消費者層の拡大が注目されつつある。しかしながら、キヌアは、一つの株に両性花と雌花を持っているため雑種になりやすい上にゲノム構造が複雑であることから、遺伝子レベルの解析が進んでおらず、キヌアの環境ストレス耐性や多収性、栄養特性等を利用した作物改良は進展していない。本研究では、分子解析に好適な標準自殖系統（キヌアの標準的な特性を持つ純系の系統）を確立し、次世代シーケンス技術を適切に組み合わせることにより、キヌアのゲノム概要配列の解読を目指す。本成果により、キヌアの環境ストレス耐性や多収性、栄養特性等を利用した作物改良が加速することが期待される。

[成果の内容・特徴]

1. キヌアは交雑性が高いが、開発した標準自殖系統 **Kd** は、京都大学において 20 年以上他のキヌア品種と交雑できない環境下で維持された系統を **JIRCAS** において耐塩性やウイルス感染性を確認した上で、交雑を防ぎながら自殖させた系統である（図 1）。
2. キヌア自殖系統 **Kd** から全 DNA を抽出し、異なった性能をもつ 2 種類の次世代シーケンサーを組み合わせて解読された 1.1 Gb（11 億塩基対）の配列は、キヌアの推定ゲノムサイズ 1.5 Gb（15 億塩基対）の 73% に相当する。
3. 解読されたキヌアのゲノム配列を使い、ゲノム配列が既知の作物や植物種との比較ゲノム解析を行った結果、キヌア、ヒユ科近縁種（テンサイ、ホウレンソウ、アマランサス）、およびシロイヌナズナの 5 種類の植物すべてに共通する遺伝子グループは 3,342、キヌアのみに見られる遺伝子グループは 13,320 である（図 2）。
4. 得られたゲノム配列に基づいてキヌアのゲノム配列データベース **Quinoa Genome DataBase (QGDB)** を構築し、かずさ DNA 研究所より公開している (<http://quinoa.kazusa.or.jp/>)。
5. **QGDB** を用いて、干ばつや塩害時に重要な役割を果たすと考えられる遺伝子や、ウイルス感染防御に関わる遺伝子の存在を明らかにできる。

[成果の活用面・留意点]

1. キヌアのゲノム概要配列の解読とデータベースの公開により、有用な遺伝子の単離やその機能解析および品種改良のための DNA マーカーの開発等が迅速かつ効率的に行える。
2. キヌアの標準自殖系統の確立によって、異質四倍体のキヌアのもつ耐塩性などの優れた環境適応性や栄養特性を支える分子メカニズムの解明が促進され、キヌアのみならず、イネやコムギなどの作物品種の改良への貢献も期待される。

[具体的データ]

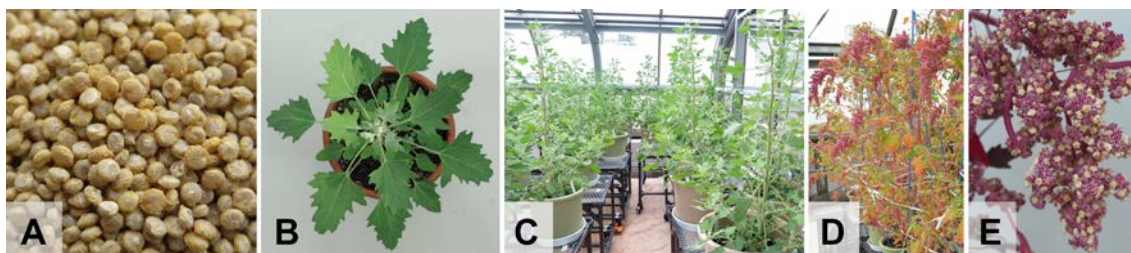


図 1 ゲノム解読を行ったキヌア標準自殖系統(Kd)のさまざまな生育段階の写真

(A) 直径 2mm 程度のキヌア種子。(B,C,D) 播種後 6 週間目、8 週間目および 16 週間目のキヌア植物体。(E) 収穫期 (播種後 17 週間目) のキヌアの穂

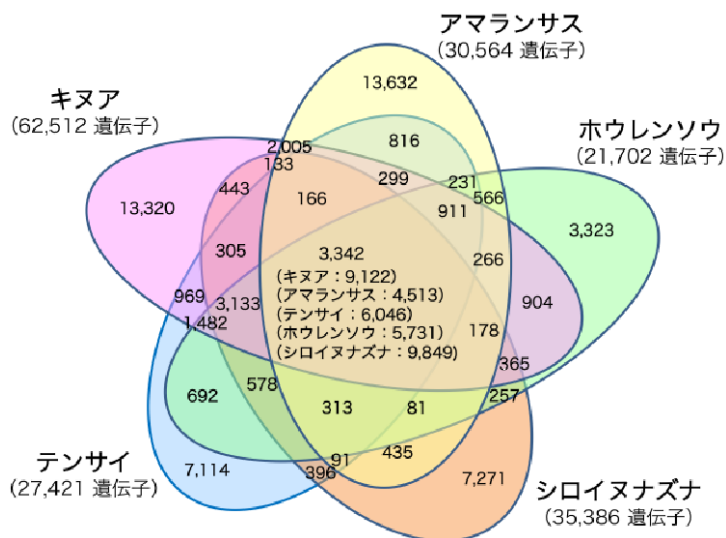


図 2 キヌアの遺伝子と近縁種等の遺伝子の比較

キヌアの遺伝子とヒユ科近縁種 (テンサイ、ハウレンソウおよびアマランサス) およびシロイヌナズナの遺伝子との比較。数字は類似の遺伝子をまとめたグループの数を示す。また括弧内の数字はそのグループに属する遺伝子の数を示す。

[その他]

研究課題：不良環境に適応可能な作物開発技術の開発

プログラム名：熱帯等の不良環境における農産物の安定生産技術の開発

予算区分：受託 [(株)アクトリー/石川県立大学・不良環境農業]、交付金 [不良環境耐性作物開発]

研究期間：2016 年度 (2015~2016 年度)

研究担当者：藤田泰成、安井康夫 (京都大)、平川英樹 (かずさ DNA 研究所)、森正之 (石川県立大)、田中努 ((株) アクトリー)

発表論文等：1) Yasui Y et al. (2016) DNA Research, 23(6): 535-546 [Editor's Choice]

2) Quinoa Genome DataBase (QGDB): <http://quinoa.kazusa.or.jp>

[成果情報名] 葉表面の気孔の閉じ具合を調整しオゾン耐性を強化する転写因子

[要約] 植物の葉緑体の発達を制御する転写因子(GLK1, GLK2)の機能を植物内で抑制すると、大気汚染物質であるオゾンに対する耐性が著しく向上する。GLK1, GLK2 転写因子は気孔の開閉に関わる遺伝子の発現に関与し、その機能抑制植物では気孔が閉じ気味になる。

[キーワード] 大気汚染物質耐性、気孔、転写因子、転写抑制技術

[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

[背景・ねらい]

地表近くのオゾンは大気汚染物質の一つであり、光化学スモッグの主な成分である。オゾンは、植物の中に取り込まれると、その強い酸化力により植物の組織を傷め、光合成能を低下させるため、農作物の品質や収量に甚大な被害を与える。その被害額は、米国のダイズとトウモロコシだけでも年間 90 億ドルに達しており、食料生産における深刻な問題である。先進国にとどまらず、開発途上国でも急速な経済発展に伴って大気汚染物質が増加し、オゾン濃度が上昇しており、農作物に及ぼす影響が懸念されている。そこで、農作物などのオゾン耐性を向上させる技術を確立し、不良環境に適応可能な作物を開発することを目指して、オゾンによる葉の障害に関わる転写因子遺伝子の探索を行い、同定した遺伝子がオゾン耐性に関与するメカニズムを明らかにする。

[成果の内容・特徴]

1. シロイヌナズナの転写因子約 1,500 個について、転写因子の機能を植物内で抑制する転写抑制技術 (CRES-T 法, Hiratsu K et al. 2003) を適用したシロイヌナズナ形質転換リソース約 30,000 個体を高濃度のオゾンに暴露し、オゾンに強い植物の選抜およびその原因遺伝子を同定する。
2. 葉緑体の発達を制御する転写因子 (GLK1, GLK2 転写因子) の機能を植物体全体で抑制した植物は、高濃度のオゾンに対する耐性が向上する (図 1)。この植物は、葉面温度が高く (蒸散量が少ない)、気孔の開度が小さいことから、植物内へのオゾン取込み量が減少し、オゾン耐性が向上したと考えられる (図 2)。
3. GLK1, GLK2 転写因子は、気孔が開く際に必要な因子の一つであるカリウムチャンネル遺伝子の発現を制御する活性を持つ。
4. 気孔の開閉を制御する孔辺細胞で特異的に機能する遺伝子のプロモーターを用いて GLK1 転写因子の機能を抑制することにより、葉肉細胞の葉緑体には影響せず、植物にオゾン耐性を付与することが出来る。

[成果の活用面・留意点]

1. 本研究により同定した GLK1, GLK2 転写因子を用いて適切に気孔の閉じ具合を調節することができれば、大気汚染耐性だけでなく干ばつ耐性などの環境ストレスに強い作物の開発に貢献することが期待できる。
2. 気孔は大気汚染物質の取込みや、体内の水分損失に関与する一方で、光合成の活性や成長においても重要である。大気汚染物質や干ばつ等のストレスを受けた時の孔辺細胞に限定して GLK1, GLK2 転写因子の機能を制御するなど、適切に気孔の閉じ具合を調節する技術の開発も必要である。

[具体的データ]

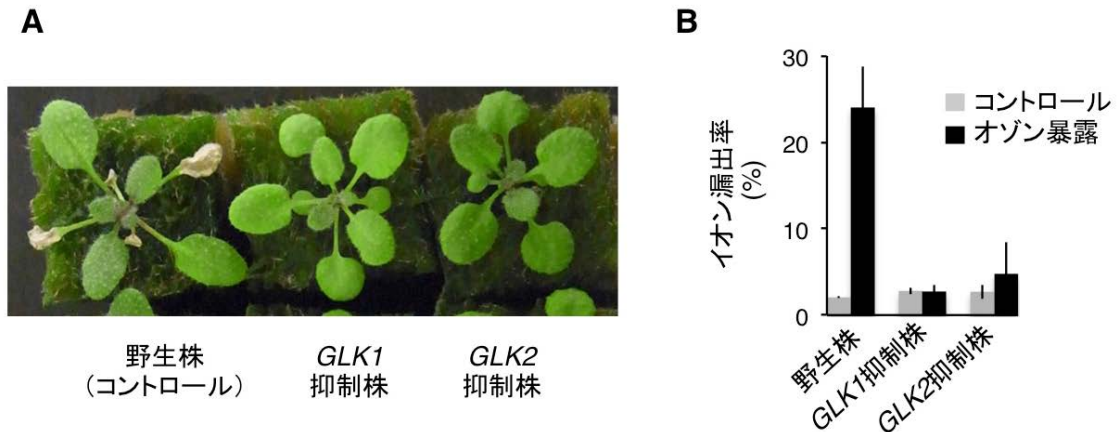


図 1. GLK1, GLK2 転写因子の機能を抑制した植物のオゾン耐性

A, 0.3 ppm のオゾンに 7 時間処理後一日目の植物の様子。

B, オゾン処理後植物 (第 2 葉) の障害の程度の評価。グラフは 3 反復の平均値 (1 反復 3 植物を使用)、エラーバーは SD 値を示す。

図は Nagatoshi Y et al. (2016) を改変 (Copyright: National Academy of Sciences, USA)。

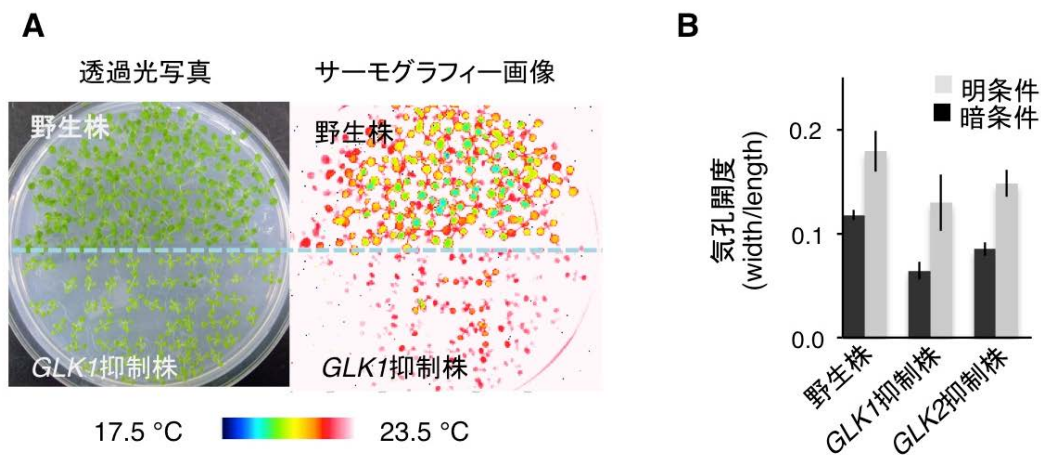


図 2. オゾン耐性を持つ GLK1, GLK2 抑制植物の気孔開度

A, 培地で 2 週間生育した植物 (左) のサーモグラフィー画像 (右)。

B, 培地で 2 週間生育した植物の気孔開度。グラフは 3 試験の平均値 (1 試験約 50 個の気孔を観察)、エラーバーは SD 値を示す。

図は Nagatoshi Y et al. (2016) を改変 (Copyright: National Academy of Sciences, USA)。

[その他]

研究課題：不良環境に適応可能な作物開発技術の開発

プログラム名：熱帯等の不良環境における農産物の安定生産技術の開発

予算区分：交付金 [不良環境耐性作物開発] 等

研究期間：2016 年度 (2015~2016 年度)

研究担当者：永利友佳理、光田展隆 (産総研)、久保明弘・佐治光 (環境研)、林真妃・井上晋一郎・木下俊則 (名古屋大)、大熊英治・村田芳行 (岡山大)、瀬尾光範 (理研)、高木優 (埼玉大学)。

発表論文等：Nagatoshi Y et al. (2016) Proc Natl Acad Sci USA, 113:4218-4223

[成果情報名] イネ複数品種におけるゲノム編集系および効率的な変異系統獲得手法

[要約] 未熟胚を用いたアグロバクテリウム法は、主要イネ品種への CRISPR/Cas9 システム導入によるゲノム編集に有効である。Cas9 遺伝子が除去された形質転換後代の個体を選抜することで、キメラ性および分離異常を示さない変異系統を効率的かつ確実に作出できる。

[キーワード] CRISPR/Cas9、イネ、ゲノム編集、キメラ、分離異常

[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

[背景・ねらい]

CRISPR/Cas9 (クリスパー・キャスナイン) は標的遺伝子に変異を誘起するゲノム編集技術の一つであり、変異導入による作物の農業形質改良への利用が期待されている。これまでのイネにおける CRISPR/Cas9 に関する報告で用いられた品種は、形質転換効率が高い日本晴などに限られており、CRISPR/Cas9 をイネの分子育種に応用するためには、各地の主要品種に適用可能な系を確立する必要がある。また、CRISPR/Cas9 により誘起したイネの変異遺伝子はメンデルの法則に従って分離するとされているが、変異遺伝子の分離および後代における CRISPR/Cas9 の機能についての検討は不十分であり、変異遺伝子をホモ接合型で保持する個体を効率的に作出するためには、これらを明らかにする必要がある。本研究では、各地の主要品種を含むイネ 5 品種における CRISPR/Cas9 によるゲノム編集系の確立を試みるとともに、後代における Cas9 遺伝子と標的遺伝子の分離との関係性を明らかにし、効率的かつ確実に変異型ホモ個体を獲得する方法を確立する。

[成果の内容・特徴]

1. 未熟胚を用いたアグロバクテリウム法は、日本型イネ品種日本晴、コシヒカリ、NERICA1 および Curinga、およびインド型イネ品種 IR 64 への CRISPR/Cas9 システムの導入に有効である。得られる形質転換体の大部分は標的遺伝子の変異体である (表 1)。
2. 単一对立遺伝子変異体の形質転換当代 (T_0) の自殖後代 (T_1) においては、変異体の出現頻度がメンデルの法則に基づく推定値よりも高くなる分離異常が多く見られる。また、両対立遺伝子変異の細胞および単一对立遺伝子変異の細胞両方を有するキメラ個体が出現する場合がある (図 1)。
3. 単一对立遺伝子変異体の T_1 が Cas9 遺伝子を保持する場合、その後代の T_2 においても分離異常およびキメラ個体の出現が認められる。一方、 T_1 が Cas9 遺伝子を保持しない場合、 T_2 における変異遺伝子の分離はメンデルの法則に従い、キメラ個体は出現しない。このことは、後代において Cas9 遺伝子は新規変異を誘起し、後代個体のキメラ性および分離異常の要因となることを示す (図 2)。
4. Cas9 遺伝子を保持しない T_1 個体を選抜することにより、分離異常およびキメラ個体出現の可能性が排除されるため、効率的かつ確実に変異型ホモ個体を獲得することができる。

[成果の活用面・留意点]

1. 特定の遺伝子変異による形質が育種上有用である場合、本成果を用いることで各地の主要品種に有用形質を付与することができる。
2. 一般的に CRISPR/Cas9 によるゲノム編集において生じる可能性がある T_0 の体細胞変異に伴う分離異常、標的遺伝子以外の変異、および培養変異等にも留意する必要がある。
3. 変異体の実用化に際しては、知的財産権の取扱いに留意する必要がある。

[具体的データ]

表 1 未熟胚を用いたアグロバクテリウム法を用いてイネ品種に導入した CRISPR/Cas9 システムによる効率的な標的遺伝子の変異誘起

品種	形質転換体の数	単一对立遺伝子変異体の数	両対立遺伝子変異体の数	変異体の数の合計
日本晴	106	26	64	90
コシヒカリ	17	1	10	11
NERICA1	54	16	33	49
Curinga	272	137	80	217
IR64	5	4	1	5
計	454	184	188	372

標的遺伝子はカロテノイド合成のキー酵素である phytoene desaturase (*PDS*) 遺伝子であり、両対立遺伝子変異体はアルビノとなる。

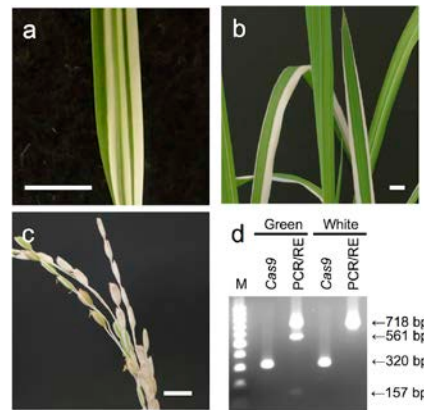


図 1 T₁におけるキメラ個体の出現

(a) キメラ個体の幼苗の葉。(b) 温室で育成したキメラ個体の葉。(c) キメラ個体の穂。バーは 1 cm。(d) キメラ個体の緑および白の部分に別々に *PDS* 遺伝子の PCR/RE 検定および *Cas9* 遺伝子の PCR 検定に供試した。PCR/RE の結果、バンドが 3 本の場合は単一对立遺伝子変異体であり、1 本の場合は両対立遺伝子変異体である。

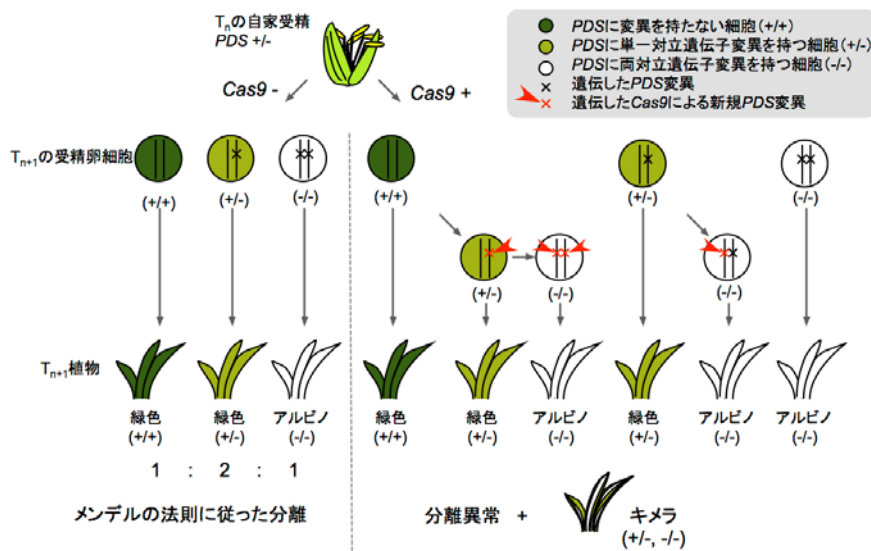


図 2 CRISPR/Cas9 により導入した変異遺伝子の分離異常発生の模式図

植物が *Cas9* 遺伝子を保持しない場合、変異遺伝子はメンデルの法則に従って分離する。植物が *Cas9* 遺伝子を保持する場合、*Cas9* は新規変異を誘起し、分離異常およびキメラ個体発生の要因となる。

[その他]

研究課題：不良環境に適応可能な作物開発技術の開発

プログラム名：熱帯等の不良環境における農産物の安定生産技術の開発

予算区分：交付金 [不良環境耐性作物開発]

研究期間：2016 年度 (2014~2016 年度)

研究担当者：石崎琢磨

発表論文等：Ishizaki T (2016) Molecular Breeding, 36: DOI: 10.1007/s11032-016-0591-7

[成果情報名] **ダイズさび病に高度の抵抗性を示す 3 種の判別品種は抵抗性遺伝子 *Rpp1-b* をもつ**

[要約]ダイズさび病に抵抗性を示す 4 種の判別品種を含む 7 品種は、さび病抵抗性遺伝子 *Rpp1*、*Rpp1-b*、*Rpp2*、*Rpp3* の 1 つを保有する。高度の抵抗性を示す 3 種の判別品種は抵抗性遺伝子 *Rpp1-b* をもつ。DNA マーカーを利用して *Rpp1-b* などの抵抗性遺伝子を受感性品種に導入できる。

[キーワード] ダイズさび病、抵抗性遺伝子、DNA マーカー

[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

[背景・ねらい]

ダイズさび病は南米をはじめとする熱帯・亜熱帯地域の大豆生産地域の主要病害となっている。これらの地域における殺菌剤による防除コストと環境負荷低減のため、さび病抵抗性品種を開発し、広く普及していく必要がある。ダイズさび病に対する抵抗性遺伝子(*Rpp*)はこれまで 7 つ同定されているが、保有する抵抗性遺伝子が不明のため活用されていない抵抗性大豆遺伝資源もある。これまでの研究から、中国原産の大豆品種 PI 594767A (Zhao Ping Hei Dou)、PI 587905 (Xiao Huang Dou)、PI 587855 (Jia Bai Jia)、Xiao Jin Huang、日本原産の大豆品種 Himeshirazu、Iyodaizu B、PI 416764 (Akasaya)は南米及び日本のさび病菌に抵抗性を示すことが明らかになっていた。特に、PI 594767A、PI 587905、PI 587855、および PI 416764 は国際的なさび病菌の判別品種セットに含まれていたにも関わらず、抵抗性遺伝子が不明であったため育種に活用されていなかった。そこで、これらの品種のさび病抵抗性遺伝子を明らかにし、選抜マーカーを同定することにより育種への利用を目指す。

[成果の内容・特徴]

1. ダイズさび病に抵抗性を示す大豆品種 Xiao Jin Huang と Himeshirazu は 18 番染色体上のさび病抵抗性遺伝子である *Rpp1* を、大豆品種 PI 594767A、PI 587905、PI 587855 は同染色体上で *Rpp1* からマーカー Sat_064 を挟んで約 1.8cM 離れた *Rpp1-b* を保有する (図 1A、表 1)。一方、Iyodaizu B は 16 番染色体上のさび病抵抗性遺伝子である *Rpp2* を保有し (図 1B、表 1)、PI 416764 は 6 番染色体上のさび病抵抗性遺伝子である *Rpp3* を保有する (図 1C、表 1)。
2. 7 品種とも、保有するさび病抵抗性遺伝子が分子連鎖地図上に位置づけられているため、抵抗性遺伝子座に隣接する DNA マーカー (図 1) を利用して、これら抵抗性遺伝子を受感性品種に導入することが出来る。
3. 3 品種が持つ *Rpp1-b* はブラジルの強病原性のさび病菌、その他の日本や南米の多くの菌系に抵抗性となるため育種上の利用価値が高い (表 1)。

[成果の活用面・留意点]

1. これら抵抗性遺伝子を隣接する DNA マーカーを利用して受感性品種に導入する際、リンケージドラッグ (連鎖による非選抜対象の形質持ち込み) により、抵抗性品種の持つ望ましくない形質の導入に注意する必要がある。
2. これらの抵抗性遺伝子は単独で大豆に導入した場合は効果を発揮できないことがあるが、複数導入することで、より多様なさび病菌に対して抵抗性を付与することが期待される。

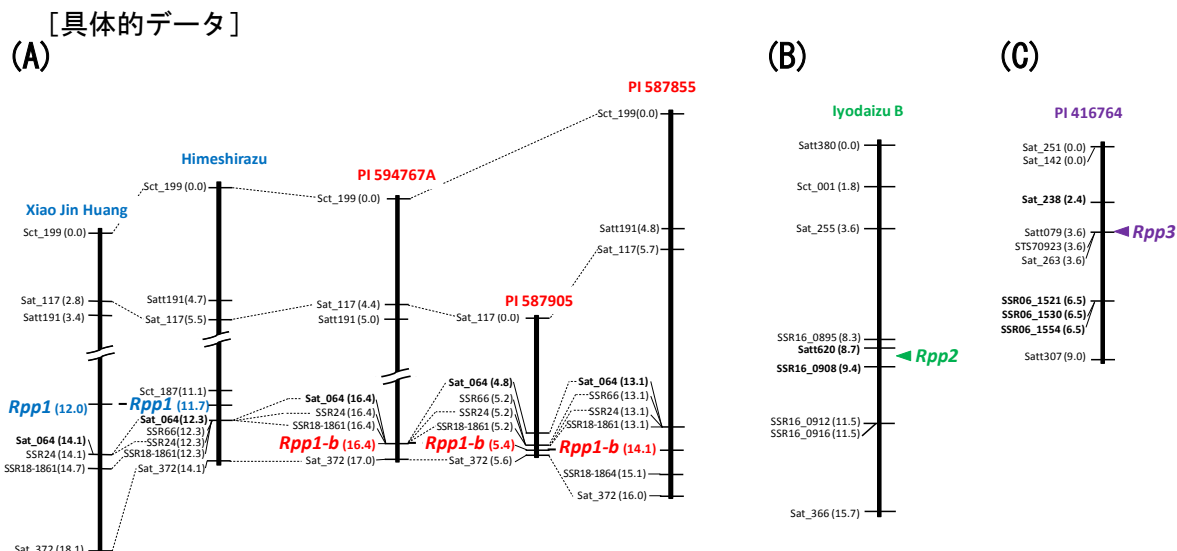


図1 大豆7品種のさび病抵抗性遺伝子座 (A) *Rpp1* と *Rpp1-b* がある 18 番染色体、(B) *Rpp2* の 16 番染色体と (C) *Rpp3* がある 6 番染色体を示す。*Rpp2* と *Rpp3* の位置は夏孢子生産量 (SL) の QTL 解析による。各連鎖群の左に DNA マーカー名と各連鎖群の先頭からの遺伝的距離 (cM) を示す。

表1 大豆7品種の持つ抵抗性遺伝子の南米及び日本のさび病菌に対する反応

大豆品種	遺伝子	強病原性ブラジル産さび病菌系				日本産さび病菌系		日本と南米の 64 菌系に対する 抵抗性頻度
		BRP-2.49	BRP-2.1	BRP-2.6	BRP-2.5	T1-2	E1-4-12	
Xiao Jin Huang	<i>Rpp1</i>	S	S	S	S	R	SR	9.7 - 16.1%*
Himeshirazu	<i>Rpp1</i>	S	S	S	S	S	HR	9.7 - 16.1%*
PI 594767A	<i>Rpp1-b</i>	HR	HR	HR	S	HR	HR	96.5%
PI 587905	<i>Rpp1-b</i>	HR	HR	R	S	R	HR	84.1%
PI 587855	<i>Rpp1-b</i>	HR	R	HR	S	-	HR	78.6%
Iyodaizu B	<i>Rpp2</i>	R	SR	S	S	S	HR	25.8 - 31.8%*
PI 416764	<i>Rpp3</i>	S	S	S	S	R	HR	34.4%

HR: 強抵抗性型; R: 抵抗性型; SR: 弱抵抗性型; S: 感受性型; -: データ無し

**Rpp1* と *Rpp2* については、これらの遺伝子を保有する他の抵抗性品種における抵抗性頻度のレンジを記載。

[その他]

研究課題: 国境を越えて発生する病害虫に対する防除技術の開発、さび病を中心とする大豆病害の抵抗性育種素材・品種の開発

プログラム名: 熱帯等の不良環境における農産物の安定生産技術の開発

予算区分: 交付金 [病害虫防除]

研究期間: 2016 年度 (2011~2020 年度)

研究担当者: 山中直樹、Md. M. Hossain (バンガバンドゥ シェイク ムジブル ラーマン農業大学)

発表論文等: 1) Hossain MM et al. (2015) Plant Pathology, 64:147-156

2) Yamanaka N et al. (2015) Euphytica, 205:311-324

3) Yamanaka N et al. (2016) Plant Breeding, 135:621-626

4) 「ダイズさび病抵抗性に関する研究のための実験マニュアル」

http://www.jircas.affrc.go.jp/english/manual/soybean_rust/soybean_rust_ja.html

[成果情報名] インドシナ半島の発酵型米麺のタンパク質分解と特徴的なテクスチャの関連性

[要約] インドシナ半島で生産、消費される発酵型米麺では、原料米のコメ貯蔵タンパク質の一部が選択的に分解を受けることで、伸展性に優れたテクスチャとなる。発酵させない場合、麺のゲルの破断点となる構造がタンパク質により形成されるため、伸展性に乏しい。

[キーワード] インドシナ半島、発酵型米麺、タンパク質分解

[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

[背景・ねらい]

インドシナ半島では、カノムチーン（タイ）、カオブン（ラオス）、ブン（ベトナム）等の押出式の発酵型米麺が伝統的に生産、消費されている。発酵型米麺は通常の米麺とは異なり、発酵による特徴的な風味に加え、伸展性に優れた特徴的なテクスチャを有している。伝統食品である発酵型米麺が伸展性に優れる原因を解明するため、発酵過程におけるタンパク質の変化と、麺における局在がテクスチャに与える影響を明らかにする。

[成果の内容・特徴]

1. 製造工程（図 1）中のタンパク質含量は、好氣的条件で発酵させる初期の 3 日間にタンパク質の多くが分解され、以降は減少しない（図 2）。
2. 発酵米粉及び発酵していない水挽米粉で米麺を調整し、米麺内のタンパク質の局在を観察すると、発酵型米麺ではタンパク質の小顆粒が均一に存在するが、水挽米粉のみで調整した米麺では、均一な小顆粒に加え、別のタンパク質顆粒が構造を形成し、不均一となる。（図 3）
3. 発酵により分解されるタンパク質は、易消化性タンパク質（プロテインボディ II）である。一方、難消化性タンパク質（プロテインボディ I）は分解されず、均一なタンパク質の小顆粒として、米麺に残る。発酵していない水挽米粉から調製した米麺では、タンパク質による不均一な構造が形成され、破断点となるため、伸展性が低い。発酵し、破断点となり得るタンパク質を除くことで、米麺の伸展性は 40% 向上し、麺が切れにくくなる。
4. 発酵型米麺における発酵工程は易消化性タンパク質を分解、除去することで、米麺の均一な構造を確保し、伸展性を向上させる。

[成果の活用面・留意点]

1. 発酵米粉は、発酵型米麺への加工用途としてのみ生産されているが、食品中間素材として米粉の代替としての使用が可能である。また、発酵により、易消化性タンパク質が分解されることから、低タンパク素材としても活用できる。
2. 発酵により、コメアレルギーに関わるタンパク質も分解されるため、アレルギー対応食品への利用も想定できるが、適用前にアレルギー性の試験を実施することが必要である。

[具体的データ]

発酵型米麺の製造工程

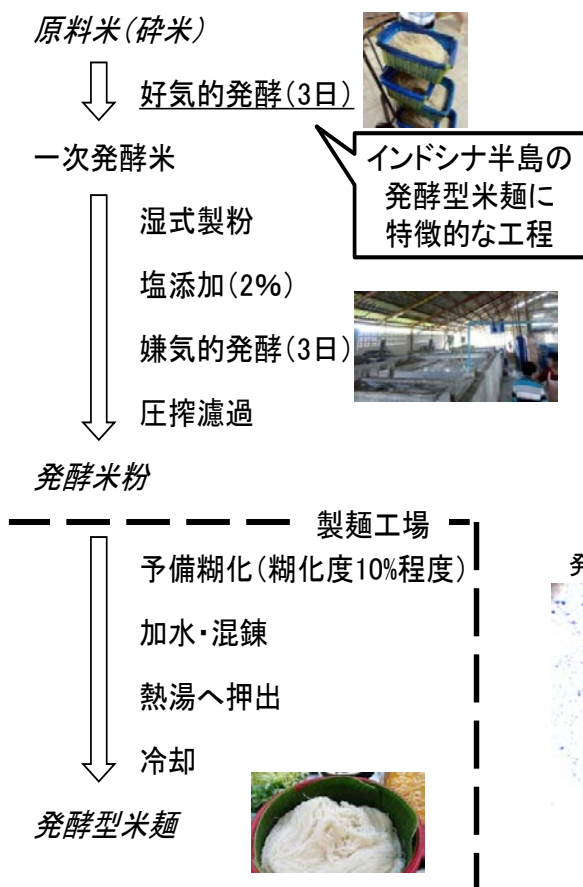


図1 タイの発酵型米麺 カノムチーンの製造工程

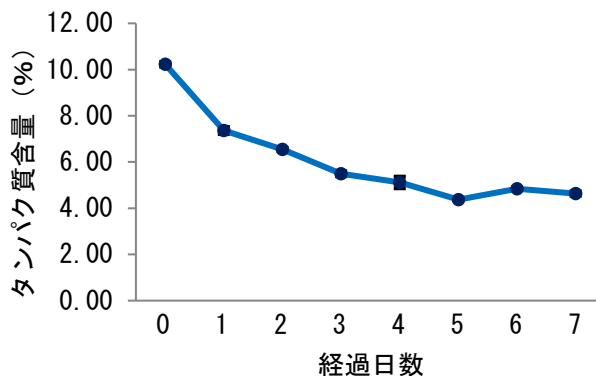


図2 発酵過程とタンパク質含量

発酵初期 (1次発酵中; 最初の3日間) にタンパク質含量の大幅な低下が見られる。

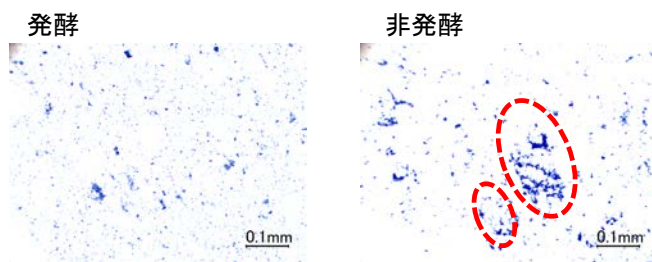


図3 米麺中のタンパク質の局在

発酵させない場合、赤破線で示したタンパク質の構造が見られるが、発酵麺では見られない。

[その他]

研究課題：持続的農村開発のための食料資源の高付加価値化を通じたフードバリューチェーン形成、穀物資源の流通保全・利用加工技術の開発

プログラム名：開発途上地域の地域資源等の活用と高付加価値化技術の開発

予算区分：交付金 [フードバリューチェーン]

研究期間：2016年度 (2016～2020年度)

研究担当者：吉橋 忠、S. Prajongwate・V. Surojanametakul・N. Phomkaivon・W. Panthavee (カセサート大学食品研究所)

発表論文等： Prajongwate S et al. (2017) Japan Agricultural Research Quarterly, (accepted)

[成果情報名] キャッサバパルプは *C. butyricum* の 1,3-プロパンジオール生産能を高める

[要約] 嫌気性細菌 *Clostridium butyricum* を用いたグリセロールからの 1,3-プロパンジオール(1,3-PD)生産において、培養時にキャッサバパルプを少量添加すると、1,3-PD 生産能を飛躍的に高めることができる。1,3-PD 生産能を高めると共にキャッサバパルプの新たな活用方法となる。

[キーワード] 1,3-プロパンジオール、*Clostridium butyricum*、キャッサバパルプ

[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

[背景・ねらい]

1,3-プロパンジオール（以下 1,3-PD）（図 1）は、溶媒、不凍液、接着剤、化粧品、ポリエステル樹脂原料など幅広い分野に用いられる化学物質である。これまでアルデヒド等から薬品、金属触媒を用いて化学合成により工業生産されてきたが、原料の毒性、腐食性、設備コストの面からバイオ技術による生産に期待がもたれている。中でも低環境負荷な製造方法として、グリセロールから直接、微生物に還元させる方法が提案されているが、変換効率が悪く、新たな生産菌の探索や遺伝子組換え等による改良が必要となっている。そこで、嫌気性細菌 *Clostridium butyricum* 及びキャッサバパルプを用いた 1,3-PD の効率的な生産方法を提案する。

[成果の内容・特徴]

1. 嫌気性細菌 *Clostridium butyricum* を用いてグリセロールからグリセロール脱水酵素 (*dhaB2*)、及び 1,3-PD 脱水素酵素 (*dhaT*)により 1,3-PD を生合成する（図 1）。
2. *C. butyricum* を用いた時間あたりの 1,3-PD 生産量は、グリセロールのみでは培養 24 時間以降において 0.011 ± 0.003 g/L/h であるのに対して、グリセロール 60 g/L にキャッサバパルプを 2 g/L 添加した場合、培養 24 時間において無添加の場合の約 40 倍の 0.47 ± 0.01 g/L/h となる。生産される 1,3-PD の量 (g/L) も、大きく向上する（図 2）。
3. 1,3-PD 生合成経路の律速酵素である *dhaB2* や *dhaT* の mRNA 発現レベルは、グリセロールのみの培養に比較し、キャッサバパルプでは約 15 倍も高発現することから（図 3）、キャッサバパルプ添加により、これらの律速酵素が高発現し 1,3-PD の生産能が向上すると考えられる。
4. キャッサバパルプ中の主成分として、スターチ、セルロース、キシランが考えられるが、それぞれの添加効果を検討した結果、キシランにのみ高い 1,3-PD 生産向上効果が認められている。キャッサバパルプ中のキシラン成分が生産効率の上昇に寄与していることが示唆される。

[成果の活用面・留意点]

1. グリセロールから 1,3-PD を生産する際に、スターチ工場から排出される未利用残渣のキャッサバパルプを少量添加すると、1,3-PD の生産効率が飛躍的に高まることから、キャッサバパルプの新しい活用方法になると共に、既存の発酵法へ本方法を用いることで 1,3-PD 生産効率を向上できる。
2. 本試験ではキャッサバパルプ濃度を 0.2 g/L としたが、より少量の 0.05 g/L でも効果が認められる。逆に高濃度添加は、繊維が残り沈殿することから好ましくない。

[具体的データ]

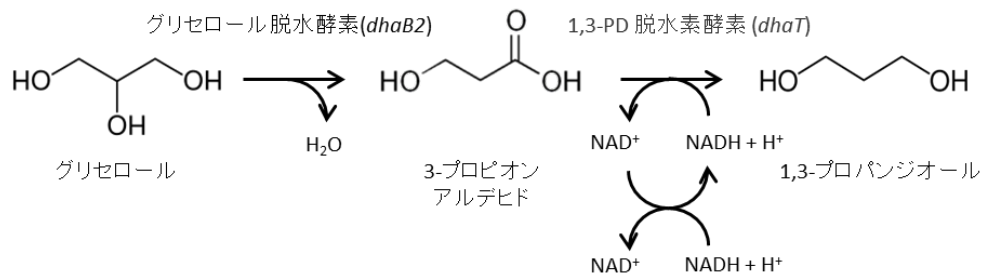


図1 嫌気性細菌におけるグリセリンからの1,3-PD 生合成経路

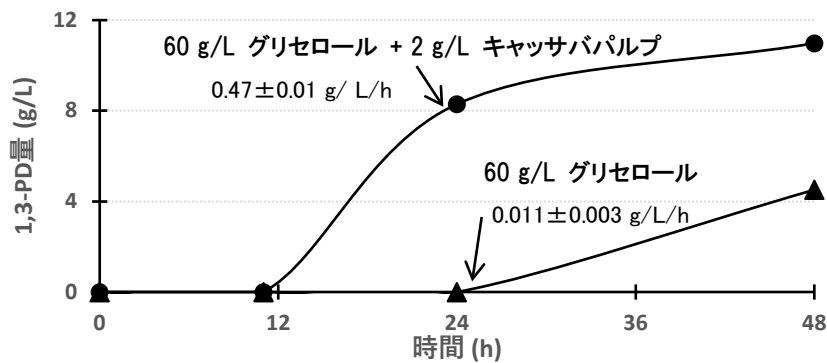


図2 キャッサバパルプ添加による1,3-PD 生産能の向上
 数字は24時間培養後の時間当たりの生産効率を示す。

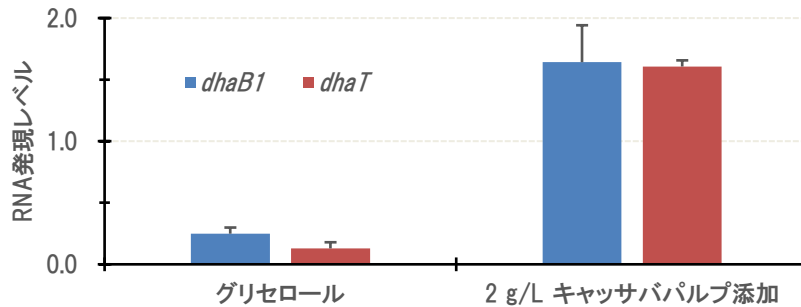


図3 リアルタイムPCRで確認したキャッサバパルプ添加(10時間後)による
 律速酵素グリセロール脱水酵素(*dhaB2*)と1,3-PD脱水素酵素(*dhaT*)のmRNA
 発現レベル。16SrRNAを内在性コントロールとして使用した

[その他]

研究課題：東南アジア未利用バイオマス資源からの糖質生産技術とその高度利用技術の開発

プログラム名：開発途上地域の地域資源等の活用と高付加価値化技術の開発

予算区分：交付金 [アジアバイオマス]

研究期間：2016年度(2016年度)

研究担当者：小杉昭彦、W. Apiwatanapiwat・P. Vaithanomsat (カセサート大学)

発表論文等：1) Apiwatanapiwat W et al. (2016) J Biotechnol, 230:44-46

[成果情報名] ラオスの重要な食用魚パ・コーの生態的情報に基づく資源保全管理

[要約] 西アジアから東南アジア一帯に広く分布し、ラオスにおける重要な食用魚であるタイワンドジョウ科 *Channa striata* (現地名パ・コー) は、近年小型化や資源の減少が危惧されており、資源管理が必要である。本種は体長 20 cm 以上で性成熟し、4 月前後に卵巣が成熟することから、この時期に体長 20 cm (2 歳) 以上の個体を漁獲規制することが資源保全に効果的である。

[キーワード] ラオス在来魚、重要魚種、資源保全管理

[所属] 国際農林水産業研究センター 水産領域

[分類] 研究

[背景・ねらい]

ラオスでは、近年の人口増加に伴い食用魚需要が急速に高まっているとともに、市街区の拡大が原因で、漁業資源の減少や小型化が懸念されている。中でもパ・コー (図 1 上) は美味であり高価であることから盛んに漁獲されるが、強度の肉食魚で域内の魚類の食物連鎖の中で最上位の種であり、他魚種と比較すると個体数は限定的であることから、資源管理が必要である。魚類の資源管理には親魚 (産卵個体群) 保護のための漁獲規制が有効であり、そのためには繁殖年齢・繁殖サイズおよび繁殖期の解明が求められる。そこで、ラオス中部のビエンチャン県北部において採集したパ・コー 530 個体の成魚・未成魚について行った年齢・成長・繁殖の生態特性を分析し、本種の資源管理手法を提言する。

[成果の内容・特徴]

1. パ・コーの耳石では透明帯が 1 年に 1 回出現し、輪紋が形成される (図 1 下)。すなわちこの輪紋は年輪であり、個体ごとの年齢を推定できる。
2. 年輪を判読することにより、成長モデル (年齢-体長関係) の構築も可能となり、繁殖年齢・寿命等を推定できる。スリランカ等の他の熱帯域では本種は最大で体長 90 cm 以上に成長するとされるが、ラオス個体群では雌雄とも最大で体長 50 cm 程度であり、6-7 歳でこの体長に達する (図 2)。
3. 成長モデル (von Bertalanffy 成長曲線) では雌雄に有意な成長差は見られず (図 2)、またスリランカ等、他の熱帯域の個体群と比較すると成長が遅い傾向がある。
4. 成長モデル、メスの生殖腺重量指数 (生殖腺重量/体重×100%) の季節変化、および体長と生殖腺重量関係 (図略) から、本種は平均体長約 20 cm (2 歳) で性成熟し、乾季後半 (3 月以降) の水温上昇期に卵巣の成熟が進み、繁殖盛期は 4 月と推定できる (図 3)。
5. パ・コー資源の保全管理のためには、体長 20 cm (2 歳) 以上の個体 (性成熟個体) の繁殖期中 (4 月前後) の漁獲規制の施行、具体的には産卵水域 (湖沼の沿岸浅場域) における禁漁期や禁漁区の設定が効果的である (図 4)。

[成果の活用面・留意点]

1. パ・コーはラオス国内に複数の個体群が存在することから、本手法を用いて他の個体群 (地域) の生態特性を明らかにすることにより、広域的な資源管理が可能となる。
2. 7-8 月頃に産卵水域周辺の湖沼の浅場に大量に出現する本種稚魚 (体長 4-5cm) は、食用として漁獲されるが、本種の資源保全のためには、こうした稚魚の漁獲規制についても今後検討を要する。

[具体的データ]

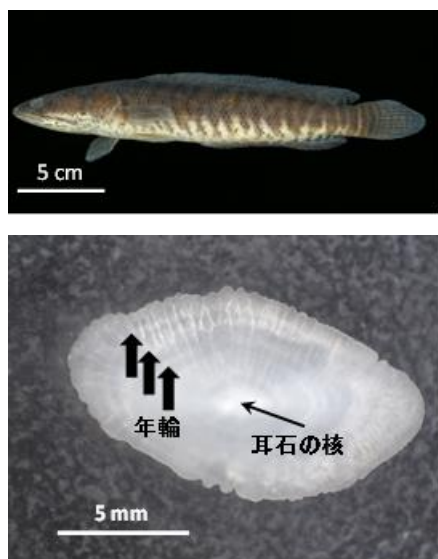


図 1. 上：パ・コー成魚（体長 24 cm）、下：耳石と年輪（3 歳と推定）

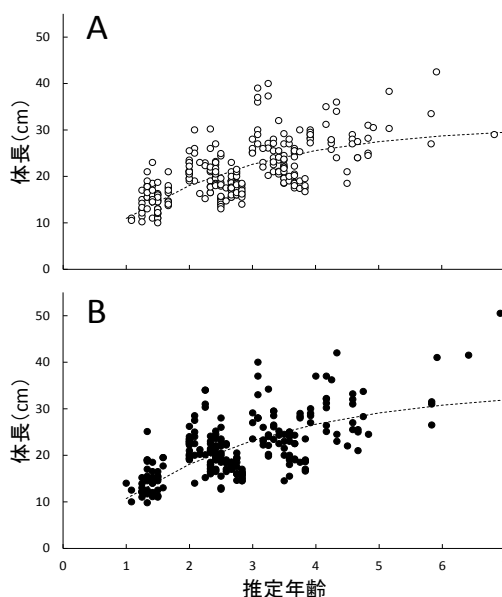


図 2. パ・コーの成長モデル (A: メス、B: オス)

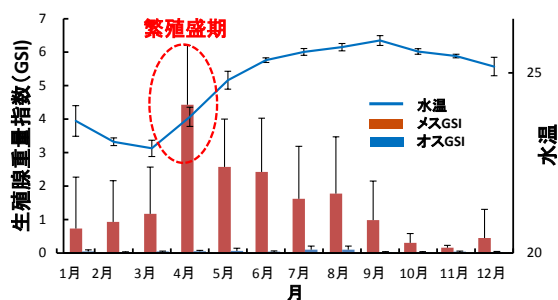


図 3. パ・コー雌雄の生殖腺重量指数 (GSI) と水温の季節変化

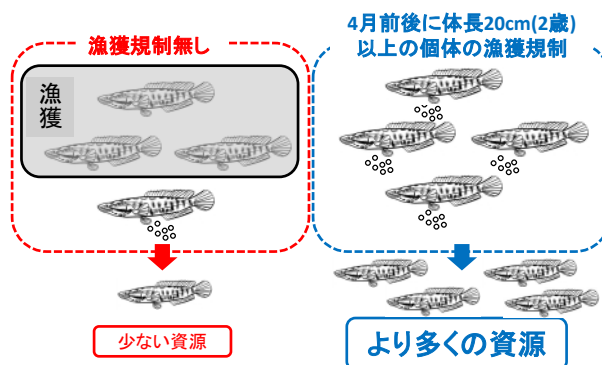


図 4. 漁獲規制効果のイメージ

[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：開発途上地域の地域資源等の活用と高付加価値化技術の開発

予算区分：交付金 [インドシナ農山村]

研究期間：2016 年度 (2011～2015 年度)

研究担当者：森岡伸介・B. Vongvichith (ラオス水生生物資源研究センター)

発表論文等：Morioka S et al. (2016) 水産増殖誌 64(2): 183-191.

[成果情報名] 健全な種子生産を維持するためのフタバガキ科林業樹種の択伐基準の改善

[要約] フタバガキ科 4 林業樹種について、種子の父性解析から得られた花粉散布・開花量のパラメータを用い、択伐後の他家受粉の減少量をシミュレーションにより推定した。その結果によれば、材密度が高い非早生樹種では他家受粉が大きく減少し健全な交配が維持できないため、択伐の伐採基準を現行よりも厳しくすることが望ましい。

[キーワード] フタバガキ科林業樹種、択伐基準、花粉散布、他家受粉、森林更新

[所属] 国際農林水産業研究センター 林業領域

[分類] 技術

[背景・ねらい]

熱帯雨林から得られる資源、生態系サービスを維持し、持続的な森林経営を実現するためには、伐採後の二次林においても残存木による健全な種子生産と森林更新を持続させる必要がある。熱帯雨林では、ある程度の大きさ以上の有用樹種を抜き切りする択伐と呼ばれる収穫法が採用されている。マレーシア半島地区では、立木の蓄積を回復させて 30 年周期で択伐を繰り返せるように、フタバガキ科林業樹種の最低伐採サイズは直径 50cm と定められている。しかし、この基準で伐採された後の二次林においてフタバガキ科の様々な林業樹種がそれぞれ健全に種子生産を行えるかどうかは未知である。ところで、それらの樹種のうち非早生樹種では直径 50cm 以下の小径木は繁殖に参加しておらず（国際農林水産業研究成果情報 19: 15）、飛翔力の強い昆虫に送粉を依存する樹種では花粉散布パターンが開花個体の減少に比較的影響を受けにくいことが明らかになっている（同 21: C-09）。そこで、生態的特徴の異なるフタバガキ 4 樹種について択伐後の母樹に到達する他家花粉の割合をシミュレーションすることにより、他家受粉によって健全な種子生産が行える択伐の条件を明らかにする。

[成果の内容・特徴]

1. 母樹に到達する他家花粉の択伐後の減少率を異なる択伐基準（最低伐採サイズ）毎に推定すると、早生樹種では現行択伐基準（直径 50cm）で伐採しても約 3 割から 8 割の他殖花粉の散布が維持されるのに対し、非早生樹種では他殖花粉は 2 割以下に減少する（図 1）。
2. 樹種間に見られる材密度や繁殖開始齢、成長、寿命などの生態的特徴の違いが他家花粉による交配の成否に影響しているため、樹種を早生樹種・非早生樹種に分類し、分類群毎に択伐基準を定めることが望ましい。非早生樹種に対しては直径 50cm より大きい木も残す厳しい択伐基準を定める必要がある（表 1）。

[成果の活用面・留意点]

1. 得られた知見はインドネシア等のフタバガキ科が優占する熱帯雨林を有する地域にも活用できる。また、フタバガキ科以外の樹種や同様に択伐が行われるアメリカやアフリカ大陸の熱帯雨林に対しても本手法を用いて樹種ごとにきめ細やかな択伐手法に改善することができる。
2. シミュレーションでは伐採時に花粉散布パターンを伐採前と同じであると仮定しているが、実際には花粉散布パターンに変化が生じるので、シミュレーションの結果は目安と考える必要がある。

[具体的データ]

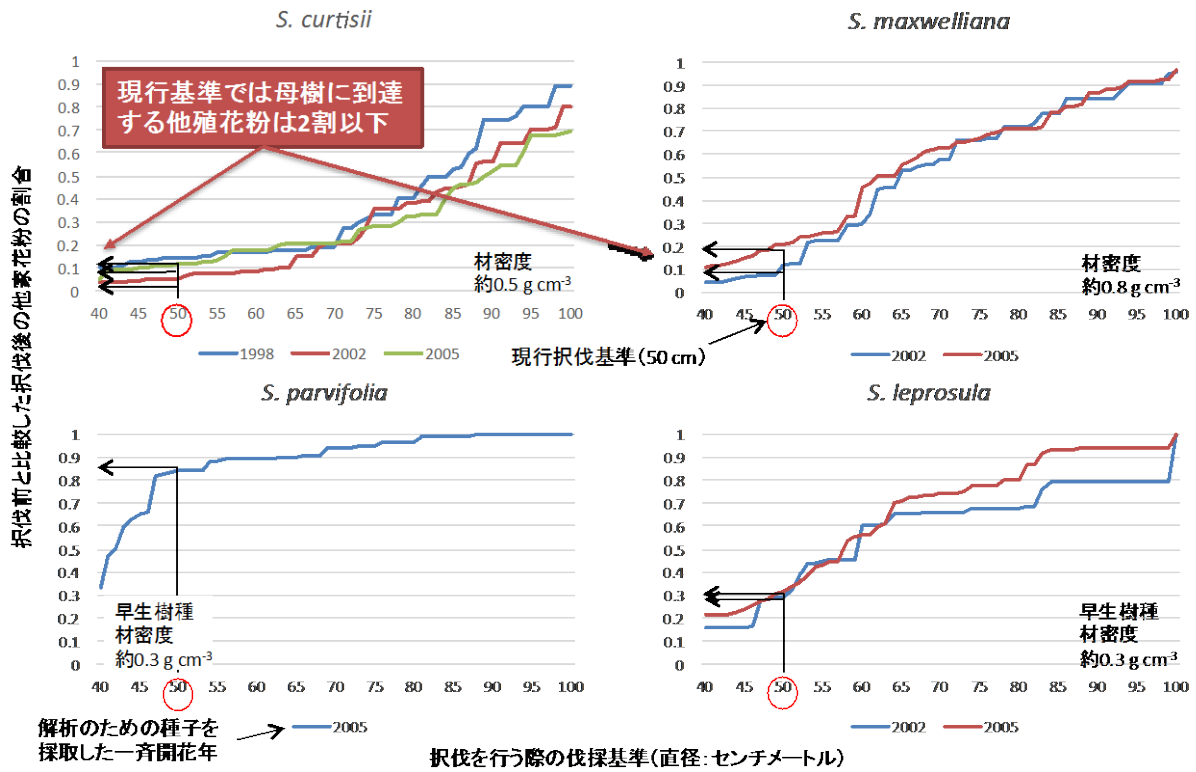


図1. フタバガキ科林業樹種 (*Shorea* 属) 4 樹種について択伐後の母樹に到達する他家花粉の割合を推定したシミュレーションの結果. 40cm から 1cm 毎に伐採基準をスライドさせ、伐採基準以上の成木から花粉供給がない場合の他家花粉の減少率をシミュレーション

表1. 樹種間に見られる生態的特徴の違いとそれに応じた択抜施業の改善策

樹種		特徴				択伐施業と種子生産	
分類	例	材密度	成長	繁殖開始年齢	寿命	現行の択伐基準	改善策
早生樹種	<i>S. leprosula</i> <i>S. parvifolia</i>	低い	早い	早い	短い	健全な交配を維持できる	→ 現行の択伐基準でよい
非早生樹種	<i>S. curtisii</i> <i>S. maxwelliana</i>	高い	遅い	遅い	長い	健全な交配が減少する	→ より厳しい択伐基準が必要

[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：開発途上地域の地域資源等の活用と高付加価値化技術の開発

予算区分：交付金 [持続的林業]

研究期間：2016 年度 (2011~2015 年度)

研究担当者： 谷尚樹、Lee S. L.・Lee C. T.・Kevin N. K. S.・Norwati M.・Abd R. K.・Samsudin M. (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. (2016) Journal of Tropical Forest Science, 28: 369-381, 2) Masuda S et al. (2013) PLOS ONE, 8: e82039, 3) Tani N et al. (2012) JIRCAS working report, 76: 61-66, 4) Tani N et al. (2012) Journal of Ecology, 100: 405-415, 5) Tani N et al. (2009) Annals of Botany, 104: 1421-1434

[成果情報名] タイ東北部の砂質土壌における炭の添加は、チークの成長を向上させる

[要約] タイ東北部の砂質土壌に炭を添加することにより、保水性が改良されるばかりでなくリンの吸収が促進され、チーク苗の根の成長が促進される。

[キーワード] 保水性、土壌改良、チーク、炭、ベントナイト

[所属] 国際農林水産業研究センター 林業領域

[分類] 技術

[背景・ねらい]

チークはタイにおける有用郷土樹種であり、タイ全土で造林が行われている。しかし、タイ東北部に広く分布する砂質土壌では成長の悪い造林地も多い。成長が悪い原因として、砂質土壌はpHが低く、養分に乏しく、保水性が低いことが挙げられる。これまで、保水性を改善するために、土壌改良資材を添加した土壌に樹木を植栽して自然環境下で生育し、保水性の改良効果や水分ストレスの軽減効果を実証的に検証した研究は行われていない。そこで、保水性の改善効果が認められているベントナイト（モンモリロナイトを主成分とする粘土）、炭、トウモロコシの芯を土壌改良資材として添加した植栽実験により、砂質土壌における保水性とチークの成長の改善効果を検証する。資材の添加量は、過去の文献から効果が確認された4%とし、ポットにチークの苗を1年間植栽して、土壌含水率やチークの成長、生理特性を比較する。

[成果の内容・特徴]

1. 砂質土壌に、ベントナイト、炭、トウモロコシの芯を添加したポットにチークの苗を1年間植栽した場合、ベントナイトと炭の添加区はトウモロコシ芯の添加区ならびに無処理区よりも土壌の体積含水率が高く推移する（図1）。
2. ベントナイトと炭の処理区では明け方の水ポテンシャルの値が乾季（2014年2月～4月）においてもあまり低下しない（図2）。葉は夜間に蒸散しないため、一般に明け方の水ポテンシャルの値は吸収可能な土壌水分を示す。この結果は、ベントナイトと炭の処理区のチーク苗は乾季においても水分ストレスを受けないことを示唆する。
3. 実験終了時におけるチークの苗木の樹高と根元直径には処理区による差はないが、根の乾重量は、肥料を添加していないにもかかわらず、炭の処理区において有意に重い（図3）。
4. ベントナイトの処理区は無添加の処理区と比較して高い養分濃度は示さないが、炭の処理区では、実験終了時におけるチーク葉のリンとカリウム濃度が高い（図4）。

[成果の活用面・留意点]

1. 炭はごく一般的に生産されている素材であり、保水性を向上させかつリンの吸収を促進する安価な土壌改良資材として活用できる。
2. チークは水平方向に根を発達させるため、圃場に植栽する場合、炭の添加は広い範囲に実施するのが望ましい。

[具体的データ]

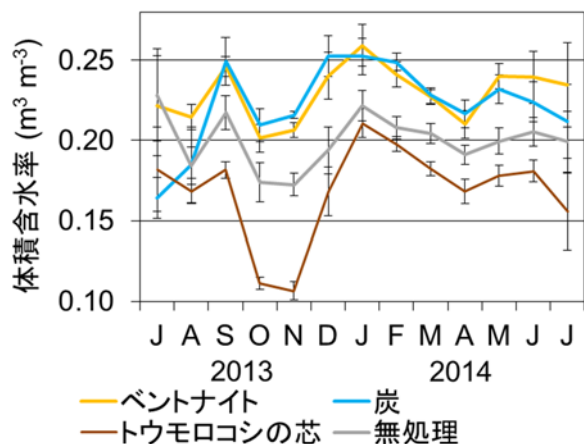


図1 降水または灌水前の土壌の体積含水率
季節変化 (2013年7月~2014年7月)

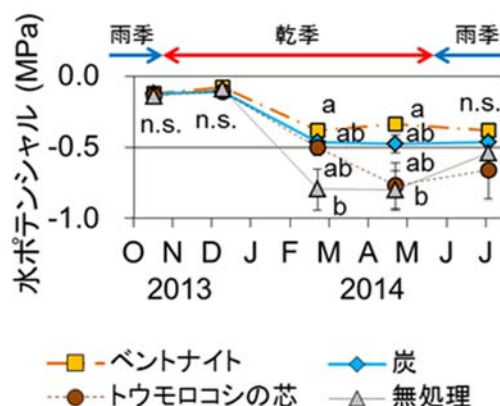


図2 チーク葉の明け方の水ポテンシャルの
季節変化 (2013年10月~2014年7月)

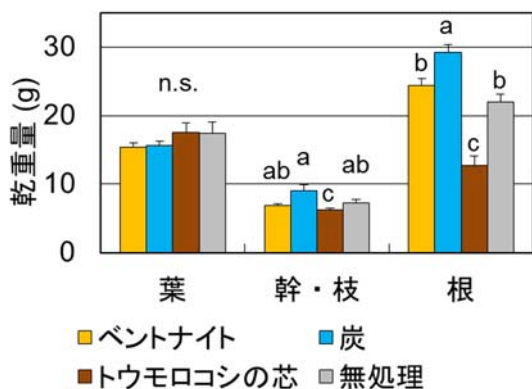


図3 実験終了時におけるチーク苗の
器官別乾重量 (2014年7月)

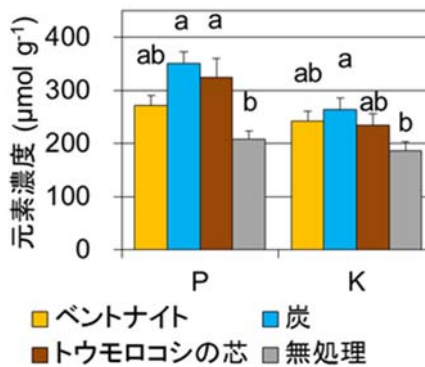


図4 実験終了時におけるチーク苗の
葉内リン・カリウム濃度 (2014年7月)

図2~4の異なるアルファベットの値間には有意差があることを示している (Tukey test, $P < 0.05$)

[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、チーク苗木の形質向上と植栽技術の高度化

プログラム名： 開発途上地域の地域資源等の活用と高付加価値化技術の開発

予算区分： 交付金 [持続的林業]

研究期間： 2016年度 (2011~2015年度)

研究担当者： 香山雅純、S. Nimpila・S. Hongthong・W. Wichienopparat・W. Himmapan・T. Vacharangkura (タイ王室森林局)、米田令仁・野田巖 (森林総合研究所)

発表論文等： Kayama M et al. (2016) Forests, 7 (2): 36

[成果情報名] ウシエビのイエローヘッドウイルス (YHV) は共食いにより感染拡大する

[要約] 室内実験により、イエローヘッドウイルス (YHV) に感染した個体を共食いしたウシエビが同ウイルスに感染し、被害が拡大することを明らかにした。共食いによる感染リスクは水を介してのそれよりも大きいことから、養殖現場においては、共食いの機会を減らす対策が重要である。

[キーワード] ウシエビ、イエローヘッドウイルス (YHV)、共食い、感染拡大

[所属] 国際農林水産業研究センター 水産領域

[分類] 研究

[背景・ねらい]

熱帯域におけるクルマエビ類の集約的養殖は、地域の経済を支える重要な産業である。しかし近年、疾病の頻発 (図 1) によって養殖生産が不安定化しており、早急な解決が求められている。イエローヘッドウイルス (YHV) は東南アジア諸国に多く発生するエビ病原ウイルスのひとつで、1990 年に世界で初めてタイで報告されて以来、各地で深刻な被害をもたらしている。YHV の感染機構は明らかになっておらず、養殖現場では水を介した水平感染を防ぐために可能な限り水の交換を行わない。このことが水質悪化、ひいては生産性の低下につながっている。そこで、飼育実験により、ウシエビの YHV 感染機構を解明し、疾病防除及び被害軽減策を提言する。

[成果の内容・特徴]

1. YHV 感染個体を共食いさせた実験区 (共食い区) では、10 日以内にウシエビの 9 割以上が重度感染し死亡する (図 2、表 1)。一方、フィルターを挟んで共食い区と連結した水槽 (YHV 汚染水区) では、共食い区に比べて感染強度や感染率、死亡率が有意に低い (図 2、表 1)。また、YHV 汚染水区において軽度に感染しながら生き残ったウシエビの YHV 感染強度は、30 日後から 60 日後にかけて低下する (表 1)。ウシエビの YHV 感染は、水からよりも感染した個体を共食いすることによる方が深刻である。
2. YHV に感染して死亡した個体の鰓を 12 及び 24 時間後に採取しその磨砕液を健康なウシエビに筋肉注射すると、死亡 12 時間後に採取した鰓の磨砕液を注射した区では 4 日後にすべてが死亡するが、死亡 24 時間後のものを注射した区では 7 日後に 1 個体が死亡するに止まる (表 2)。YHV 活性は、感染個体の死亡 12 時間後には高いが、24 時間後には大きく低下する。
3. 以上より、ウシエビ養殖現場においては、水中の YHV に感染する可能性は低いため、水を介した感染を恐れて水交換を避ける必要はない。また、健康な個体が感染死亡後 24 時間以内の個体と遭遇して共食いにいたる確率を低減する方策、例えば潜水による死亡個体の回収や低密度での生産等が、YHV の感染防除に有効である。

[成果の活用面・留意点]

1. 適切に養殖池の水を交換して良好な水質を維持することにより、YHV に軽度に感染した個体の快復も期待できる。
2. 本成果は、SPF 稚エビの導入と組み合わせることにより、一層の効果が期待できる。
3. 養殖池内における最初の YHV 感染要因が不明であり、さらに詳細な検討が必要である。

[具体的データ]



図1 養殖池で YHV に感染して死亡したウシエビ

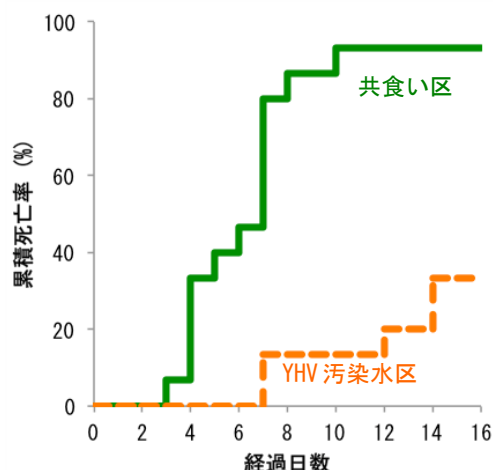


図2 共食い区及び YHV 汚染水区における実験開始後 16 日間の累積死亡率

表1 共食い区及び YHV 汚染水区における死亡・生残個体数及びその感染強度

	共食い区				YHV汚染水区			
	重度感染	軽度感染	検出限界以下	合計	重度感染	軽度感染	検出限界以下	合計
死亡個体	14	0	0	14	0	3	2	5
生残個体(30日後)	0	0	1	1	0	5	5	10
(60日後)	0	0	1	1	0	2	8	10

死亡個体については死亡直後に分析。生残個体については継続飼育し、30 及び 60 日後に感染強度を再分析した。重度感染は低感度検出法 (1st PCR) によって陽性が確認された個体数。軽度感染は高感度検出法 (nested-PCR) による分析のみで陽性が確認された個体数。実験は、ひとつの水槽にウシエビを 3 個体収容し、各区 5 反復 (合計 15 個体) で行った。

表2 YHV 感染死亡個体の鰓を 12 及び 24 時間後に採取し、磨砕液を健康なエビ 8 個体に筋肉注射した際の、16 日後における死亡・生残個体数及びその感染強度

	12時間区				24時間区			
	重度感染	軽度感染	検出限界以下	合計	重度感染	軽度感染	検出限界以下	合計
死亡個体	8	0	0	8	1	0	0	1
生残個体	0	0	0	0	0	2	5	7

死亡個体については死亡直後に、生残個体については 16 日後に分析。

[その他]

研究課題：熱帯沿岸域における持続的水産資源利用のための増養殖技術の開発

プログラム名：開発途上地域の地域資源等の活用と高付加価値化技術の開発

予算区分：交付金[熱帯沿岸域養殖]・科研費[文科省・基盤研究A]

研究期間：2016 年度 (2011~2015 年度)

研究担当者：筒井功、浜野かおる (水産研究・教育機構)、D. Aue-umneoy (キングモンクット工科大学ラカバン)

発表論文等：Hamano K et al. (2015) Aquaculture, 437:161-166

[成果情報名] アセアン国別食料需給モデル作成・運用マニュアルによる成果の普及

[要約] アセアン加盟各国を対象として食料生産・消費の中期予測を行うための非均衡モデルを作成・運用するためのマニュアルを作成し広く公表する。マニュアルは、モデルの作成法を基礎的な計量経済学の概念と共に示し、モデルの理解・作成・運用に寄与する。

[キーワード] アセアン、食料需給モデル

[所属] 国際農林水産業研究センター 社会科学領域

[分類] 行政

[背景・ねらい]

2015 年末に、アセアンは経済共同体を発足させ、加盟各国では農産物の貿易自由化進展への期待感から、食料需給の中期的見通しへの関心が高まっている。こうした情勢を踏まえ、2013～2015 年に、アセアン食料安全保障情報システム(AFSIS)と協力して、アセアン加盟各国の政府職員を対象に実施した研修成果である非均衡中期食料需給モデルの作成・運用のためのノウハウを整理したマニュアルを作成・公開する。アセアン各国の政府職員や関心を持つ研究者による、食料需給モデルの理解・作成・運用に寄与することを目指す。

[成果の内容・特徴]

1. AFSIS の食料需給予測プロジェクトを通して、加盟各国の政府職員に移転した非均衡中期モデルの概念（図 1）や、具体的な構造（図 2）、ベースライン予測結果（図 3）やシナリオ分析の手法などが示されている。
2. 政府職員・研究者・学生等が、モデルを作成・運用するための食料需給モデルの概要が示されている。また、農産物の国内需給の均衡を前提とせず、モデル構造を理解しやすくすることで、OECD-FAO などの国際機関が用いる需給均衡モデルの理解の基礎となる情報を提供している。
3. 加盟各国における農産物の貿易・生産に関する基本的な政策・制度の情報を整理し、シナリオ分析のためにモデルの構造を変更する方法が示されている。また、モデルを比較静学分析（余剰分析）に利用する方法が示されている。
4. モデルを構築するために必要な回帰分析を中心とした自由度調整済み決定係数や標準誤差など、統計学の基礎的な概念が説明されている。
5. AFSIS の食料需給プロジェクトにおいて配布したモデル、及び回帰分析のためのプログラムを含むエクセルファイルの使用法が示されている。

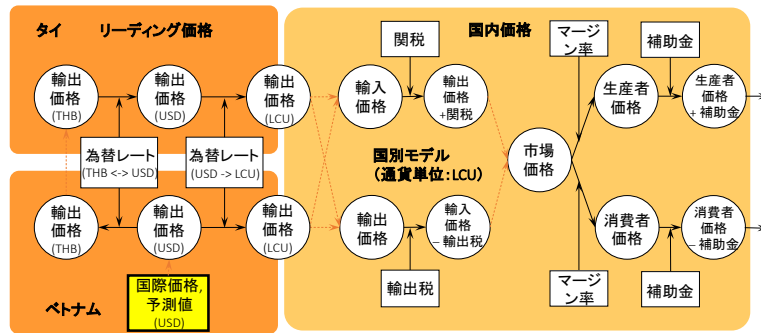
[成果の活用面・留意点]

1. 成果は印刷物として、AFSIS の食料需給予測プロジェクトに参加した加盟各国の政府職員や、関心がある研究者・学生に配布される。また、下記の AFSIS のウェブページ上からアクセスできる。

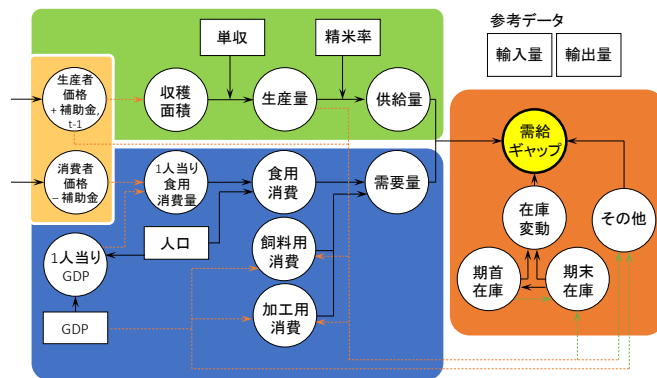
AFSIS ウェブページ <http://www.apftsis.org/>

2. マニュアルに示されているデータとパラメータは、プロジェクト参加者によって収集・推計されたものであり、モデルを運用するには、これらの値を十分に吟味する必要がある。
3. マニュアルで説明されているモデルは、国レベルのデータを用いており、また、需給量が価格に影響しない構造となっている。政策的な関心に応じて、より詳細な地域レベルのデータの使用や、需給量が価格に影響する構造への、モデルの拡張が必要である。

[具体的データ]



(a) 価格伝達



(b) 食料需給表

図1 モデルの概念図(USD : 米ドル、THB : タイバーツ、LCU : 各国の通貨単位)

	No.	Abbr.	Unit	Equation	2018	2019
FBS Supply	38	QSS	1000t	Projection	45,261	46,641
Production	39	QPM	1000t	do.	45,789	46,168
Milling rate	40	RML	—	do.	0.63	0.63
Paddy	41	QPP	1000t	do.	72,439	73,039
Yield	42	YLD	t/ha	1] YLD=YLD(t-1)+Change	5.26	5.30
Area	43	ARA	1000ha	3] ARA=ARA(t-1) * [PPP/LCU,Re	13,777	13,776
Imports	44	IMP	1000t	2] IMP=IMP(t-1)	473	473
Demand	45	QDD	1000t	do.	24,523	24,474
Domestic use	46	QDU	1000t	do.	24,520	24,471
Food	47	QFO	1000t	do.	23,944	24,071
Food, pct.	48	QFP	kg/psn/y	6] QFP=QFP(t-1)* [PCS/LCU,Re	93.61	93.14
Feed	49	QFE	1000t	7] QFE=QFE(t-1) * [QPP/QPP(t-	290.14	306.50
Processing	50	QPC	1000t	4] QPC=QPC(t-1) * [QPP/QPP(t-	285.85	289.37
Exports	51	EXP	1000t	5] EXP=EXP(t-1)	2.94	2.94
Stock change	52	SKC	1000t	do.	51	73
Beginning stock	53	SKB	1000t	9] SKB=SKE(t-1)	5,728	5,779
Ending stock	54	SKE	1000t	8] SKE=SKE(t-1) * [QPP/QPP(t-	5,779	5,851

図2 エクセルを用いたモデル構造の例

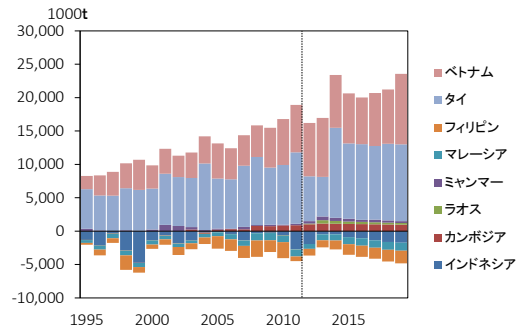


図3 コメ需給ギャップの予測値
 コメの国内供給量－国内需要量の、観測値(1995～2011年)と予測値(2012～2019年)

[その他]

研究課題：不確実性下の食料需給と栄養格差の評価、途上国の作物生産および栄養供給と技術開発の評価

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

予算区分：交付金 [食料栄養バランス]

研究期間：2016年度 (2016～2020年度)

研究担当者：草野栄一、白鳥佐紀子、古家淳

発表論文等：Kusano E (2016) Medium-long-term non-equilibrium projection model for the AFSIS project, ASEAN Food Security Information System, Bangkok, p.63.

[成果情報名] 酸味が少なく外観良好なパッションフルーツ新品種「サニーシャイン」

[要約] パッションフルーツの新品種「サニーシャイン」は、果皮につやがあり外観が良好な上、高温期でも着色不良果の発生が少ない。また、収穫直後でも果実酸度が低く、食べやすい生食用品種として普及が期待できる。

[キーワード] パッションフルーツ、クダモノトケイ、酸度、追熟、着色良好

[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

[背景・ねらい]

我が国のパッションフルーツは収穫時（落果時）の果実酸度が2%以上と高いため、生食用としては追熟して減酸させるなどの対応が行われているが、その間に果皮が劣化することや香りが減少することが大きな問題である。また、高温期に着色不良果が多発することも問題である。収穫時に着色が良好で酸度が十分低くなるパッションフルーツ品種が育成されれば、外観が良好な状態で生食が可能な果実となり、付加価値が高くなる。また、温暖化対策としての新作目導入や新品種普及への寄与が期待できる。

[成果の内容・特徴]

1. 「サニーシャイン」は、非落果性の特性をもつ「JTPF-009」を種子親、果実品質良好な普及品種「サマークイーン」を花粉親とした交配実生から選抜された品種である。平成28年3月28日に品種登録出願し、平成28年6月28日に出願公表された。
2. 最盛期の果実重は平均110g程度とやや大果である（表1）。果皮色は赤紫色で、「サマークイーン」と比べてつやがあり、外観良好である（図1）。
3. 果肉歩合は「サマークイーン」よりもやや高い（表1、図2）。
4. 糖度(Brix)は17~18であり、「サマークイーン」とほぼ同等で高く、甘みが強い（表1）。
5. 収穫直後の酸度は、収穫最盛期となる高温期（育成地で6月中旬以降）は1.5~2.0%程度と「サマークイーン」よりも0.5%以上低くなり、生食用として適する（表1）。
6. 既存普及品種の「サマークイーン」や「台農1号」等は高温期に着色不十分な状態で落果する着色不良果が多く発生するが、本品種は高温期でも着色不良果はほとんど発生しない（図3）。

[成果の活用面・留意点]

1. 栽培適地は気温的には従来のパッションフルーツと同等であるが、pH6以上の土壌では成績不良の傾向があるので、適正土壌条件について確認が必要である。
2. 開花時間は午後であるため、受粉作業は午後に行う。なお、自家和合性なので、受粉樹は不要である。
3. 開花後100日以上経過しても落果しないような一部の果実は、香りや食味が劣るため注意が必要である。
4. 従来品種と同様に収穫直後は青臭さがあるので、2~3日の追熟は必要である。
5. 苗木販売は2017年夏季から開始できる見込みである。

[具体的データ]

表1 育成地における「サニーシャイン」および「サマークイーン」の特性（平成25～27年）

収穫月	品種	開花から収穫までの日数	収穫量 (kg/樹)	果実重 (g)	果肉歩合 (%)	糖度 (Brix)	酸度 (%)	糖酸比
5	サニーシャイン	62	0.27	131	43.1	17.3	3.4	5.2
	サマークイーン	64	1.38	117	46.6	18.0	2.9	6.7
6	サニーシャイン	65	2.00	113	48.3a	18.2	2.2a	8.7a
	サマークイーン	62	2.62	110	46.8b	18.4	2.8b	6.8b
7	サニーシャイン	76a	2.04a	109a	55.1a	16.9a	1.5a	11.8a
	サマークイーン	55b	1.11b	98b	46.8b	17.9b	2.3b	8.1b
8	サニーシャイン	98	0.38	110	54.4	15.5	1.5	10.8
	サマークイーン ¹⁾	-	-	-	-	-	-	-

a, b: 異なる文字間には5%水準で有意差あり (p<0.05)

1) サマークイーンは7月までに収穫終了



図1 果実外観

上:「サニーシャイン」

下:「サマークイーン」



図2 果実横断面

左:「サニーシャイン」

右:「サマークイーン」



図3 高温期（育成地で6月中旬以降）の果実着色例

上:「サニーシャイン」

下:「サマークイーン」

[その他]

研究課題：国内外への展開を目指した熱帯・島嶼研究拠点の戦略的熱帯果樹研究

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

予算区分：交付金 [目的基礎「戦略的熱帯果樹研究」]、交付金 [熱帯作物開発]

研究期間：2016年（2007年～2015年）

研究担当者：緒方達志、山中慎介、高木洋子、香西直子（農研機構 果樹茶部門）、米本仁巳（元国際農研）

発表論文等：緒方ら 「サニーシャイン」品種登録出願第30972号（2016年6月28日出願公表）