

[成果情報名] 稲わら堆肥連用はメコンデルタ水田に増収をもたらし、炭素隔離に貢献する

[要約] ベトナム・メコンデルタの水田における長期連用試験より、ヘクタールあたり 6t の稲わら堆肥の施用は、無施用に比べ、水稻収量を乾期作で 0.75～0.87 t、雨期作で 0.91～0.96 t 高め、土壌炭素量を年間 356～401 kg ha⁻¹ year⁻¹ 増加させる。

[キーワード] 長期連用試験、稲わら堆肥、水田肥沃度、土壌炭素隔離、可給態ケイ酸

[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]

ベトナム・メコンデルタは年間 2 千万 t 以上の米を産出する東南アジア最大の穀倉地帯である。農家は収穫後、稲わらを持ち出すか焼却しており、これは、ベトナム北部の紅河デルタと異なり、土壌有機物や養分供給能が高いため、水田への有機物施用の必要性が認識されなかったことによる。ところが、近年の堤防整備などで洪水がもたらす養分供給量が低下する一方、年間 2 作または 3 作という集約的な水稻作付により、水田の土壌肥沃度の低下が危惧されている。稲わらは現地の有機物資源として有用であるが、稲わらの農地還元が水稻生産及び土壌肥沃度に及ぼす長期的な影響は十分に解明されていない。そこで 2000 年から 2015 年まで、16 年間 31 作の連用試験を行い、水稻収量と土壌養分ならびに土壌炭素含有率への影響を定量的に解明する。

[成果の内容・特徴]

1. ベトナム・メコンデルタの試験圃場で、6 週間発酵させた稲わら堆肥 6 t ha⁻¹ 施用の有無と化成肥料の施肥量を変えた処理を組み合わせた連用試験を 2000 年から開始し、水稻を毎年 2 作（雨期作及び乾期作）栽培する。稲わらを農地還元しない慣行区に対する稲わら堆肥を連用した区の相対収量は、試験開始当初は差が無いが、2010 年まで 10 年間経年的に増加する（図 1）。
2. 稲わら堆肥を連用した区と無施用を続けた区の収量を、連用効果が頭打ちとなった 2011 年以降で比較すると、慣行に対して 40%～60%の化成肥料と稲わら堆肥を組み合わせで連用した区の収量は、化成肥料のみを施用した区より乾期作で各々 0.87、0.75 t ha⁻¹、雨期作で 0.91、0.96 t ha⁻¹ 高い（図 2）。
3. 表層土壌（0～10 cm）中の可給態ケイ酸量は、稲わら堆肥連用区で無施用区より平均で 10.4 mg kg⁻¹ 高い（図 3）。稲わら堆肥によるケイ酸量の増加が増収効果に寄与していると考えられる。
4. 慣行に対して 40%、60%の化成肥料と稲わら堆肥を組み合わせで連用した水田で表層 10 cm の土壌中の全炭素量が平均して各々 401 及び 356 kg ha⁻¹ year⁻¹ 増加しており、熱帯の水田土壌も有機物施用により炭素隔離に貢献できる（図 4）。

[成果の活用面・留意点]

1. メコンデルタ水田にて稲わら堆肥施用が水稻収量を向上させること、また熱帯水田土壌が炭素隔離を通じ気候変動を緩和できることを示しており、気候変動に関する国際連合枠組条約の COP21 で議長国により提案され日本も関与している「4%イニシアティブ」に貢献しうる。
2. ベトナム他、熱帯アジア諸国の政府機関の農業部局、環境政策部局での活用が期待される。
3. C/N 比の低い完熟稲わら堆肥を施用しているが、水田への有機物投入に際してはメタン排出について留意する必要がある。また、水田土壌を含めた熱帯耕地土壌の炭素隔離に関し、他の地域の有機物長期連用試験の結果も参照する必要がある。
4. 可給態ケイ酸量は、ケイ酸肥料の施用によっても改善できるが、費用の検討が必要である。

[具体的データ]

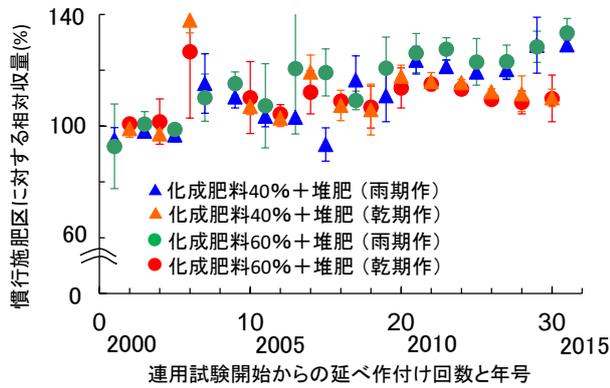


図 1 稲わらを還元しない慣行区に対する稲わら堆肥連用試験区の相対収量の推移

(注 1) バーは標準偏差 (3 反復) を示す。

(注 2) 慣行施肥区の化成肥料施用量は、N-P₂O₅-K₂O として雨期作で 80-30-30、乾期作で 100-30-30 (kg ha⁻¹)。慣行では稲わら堆肥を施用しない。

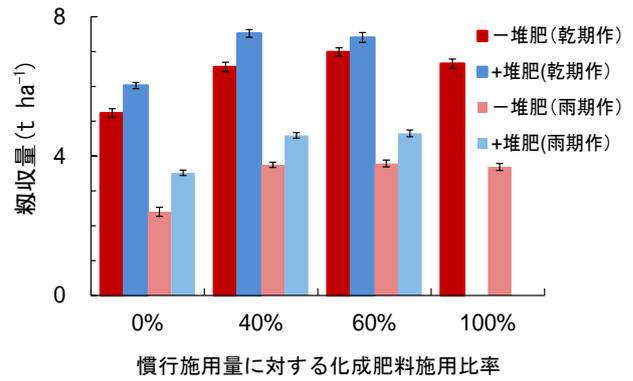


図 2 試験圃場の 1 作当たり水稲収量 (2011～2015 年雨期と乾期各々 5 作分の平均)

(注 1) 慣行の化成肥料施用量は、N-P₂O₅-K₂O として雨期作で 80-30-30、乾期作で 100-30-30 (kg ha⁻¹)。慣行では稲わら堆肥を施用しない。

(注 2) バーは標準誤差を示す。

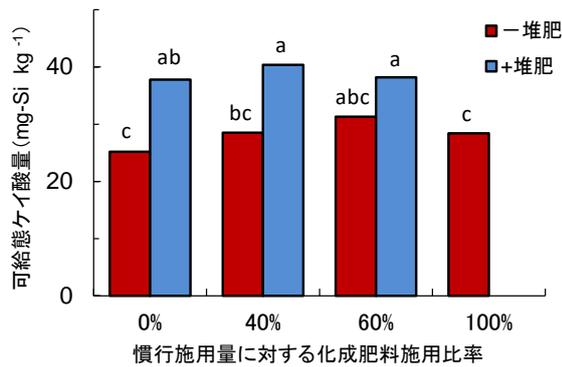


図 3 試験開始から 25 作後の土壌 (表層 0-10cm) 中の可給態ケイ酸

(注 1) 同じアルファベットが記載されていない収量は有意差有り (Tukey 法 $p < 0.05$)

(注 2) 稲わら堆肥連用 (3 処理区) と無施用 (4 処理区) の平均の差は 10.4 mg kg⁻¹。

[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：2017 年度 (2011～2020 年度)

研究担当者：渡辺武、Luu H M (クーロンデルタ稲研究所)

発表論文等： 1) Watanabe T et al. (2017) JARQ, 51(3): 233-239

2) Watanabe T et al. (2013) JARQ, 47(4): 397-404

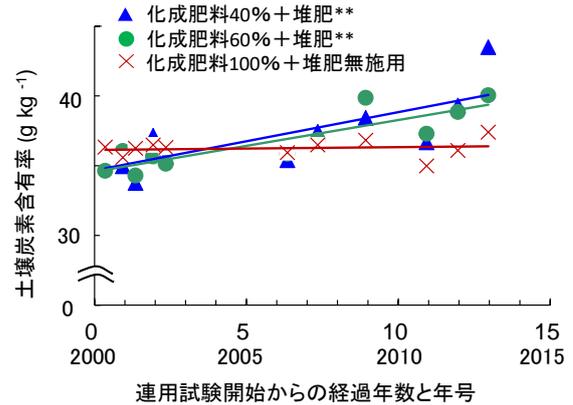


図 4 土壌 (表層 0-10cm) 中全炭素の経年変化

(注 1) 化成肥料を慣行に対して 40%、60% と堆肥を連用した処理区の回帰直線の傾きは有意に 0 より大きい ($p < 0.01$)。これらの傾きと土壌の仮比重より計算した変化量はそれぞれ 401、356 kg ha⁻¹ year⁻¹ である。

[成果情報名] フィリピンのサトウキビ単作地域における地下水への窒素負荷量の推定

[要約] 地下水の窒素汚染が懸念されるフィリピンの代表的なサトウキビ栽培地域での窒素負荷量を推定した。地表面への窒素の負荷源として、肥料・家畜排泄物・人排泄物・降雨があるが、地下への潜在的な窒素負荷の多くは、肥料由来の窒素である。

[キーワード] サトウキビ単作、地下水、窒素負荷、窒素収支、島嶼環境

[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]

フィリピンは主要なサトウキビ生産国の一つで、なかでもネグロス島は、全国の栽培面積の約 6 割を占める代表的なサトウキビ単作栽培地域である。地下水が重要な水資源となっているが、土壌が透水性の高い石灰岩層から成っているため、地表に投入された窒素は速やかに地下に浸透し地下水汚染を引き起こす。そこで地下水中の硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) 濃度の実態調査を行う。また年間の窒素排出量を用いて、代表的なサトウキビ栽培地域であるネグロス島北部における様々な窒素インプット量から全インプット量を求め、各寄与率を推定する。また窒素収支を試算し、地表面への窒素インプットによる地下への潜在的な窒素負荷を推定する。

[成果の内容・特徴]

1. 研究対象地域（図 1）の 9 地点の浅層地下水（5~6 m 程度）から比較的高濃度の硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) が検出され、その値は 4 年間の平均値で 5.6 ppm、最大で 8.7 ppm となり、窒素汚染の危険性が高い（図 2）。
2. 土地利用の 77%がサトウキビ栽培である。地表面への窒素インプットとなる肥料、家畜排泄物、人排泄物、降雨のそれぞれの既報の原単位（単位量当たりに含まれる窒素量）に施肥面積、家畜数、人口、地域面積（表 1）を乗じて地表面への総窒素インプット量を求めた。推定した総窒素インプット量は、 192 kgN ha^{-1} （それぞれ 155、15、12、 10 kgN ha^{-1} ）であり、そのうち 81%はサトウキビ栽培で施用される窒素肥料である（図 3）。
3. 地表面への窒素インプットのうち、脱窒によって失われる窒素を 32%とすると（吉本ら, 2007）、その量は 61 kgN ha^{-1} である。また、茎や葉の窒素吸収量の測定結果から、サトウキビに吸収利用され収穫物として最終的に茎や葉として系外に持ち出される窒素は、茎のみの場合で 30 kgN ha^{-1} 、葉も含めると 49 kgN ha^{-1} であり、窒素インプット量のうち最大 25%に過ぎない。
4. 以上の結果から、この地域の窒素収支を試算すると、表面流出を含めた地下への潜在的な窒素負荷量は、サトウキビの茎のみを持ち出した場合では、地表面への窒素インプットに対して 53%、サトウキビの茎と葉の両方を持ち出した場合は、43%である（図 3）。
5. この地域のサトウキビ栽培において、肥料由来の窒素による地下への窒素負荷、すなわち地下水の硝酸態窒素汚染への寄与は大きい。

[成果の活用面・留意点]

1. WHO（世界保健機関）による飲料水の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の上限は 10 ppm である。当該地域の地下水の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は最大 8.7 ppm が検出されており、地下への窒素負荷量を軽減すべきである。
2. 当該地域における、地表面や地下への窒素負荷軽減を検討する基礎データとなる。

[具体的データ]



出典：Jarvis A., H.I. Reuter, A. Nelson, E. Guevara, 2008. Hole-filled seamless SRTM data V4, International Centre for Tropical Agriculture (CIAT), available from <http://srtm.csi.cgiar.org>.

図 1 研究対象地域
(ネグロス島北部サガイ市近郊)

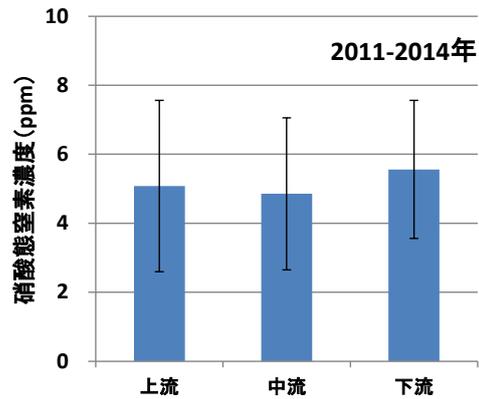


図 2 浅層地下水の硝酸態窒素濃度
(エラーバーは標準偏差を示す)

表 1 研究対象地域の概要

流域面積 (ha)	サトウキビ 栽培面積 (ha)	人口	家畜数	降水量 (mm/year)
3,422	2,629	6,577	6,607	1,985

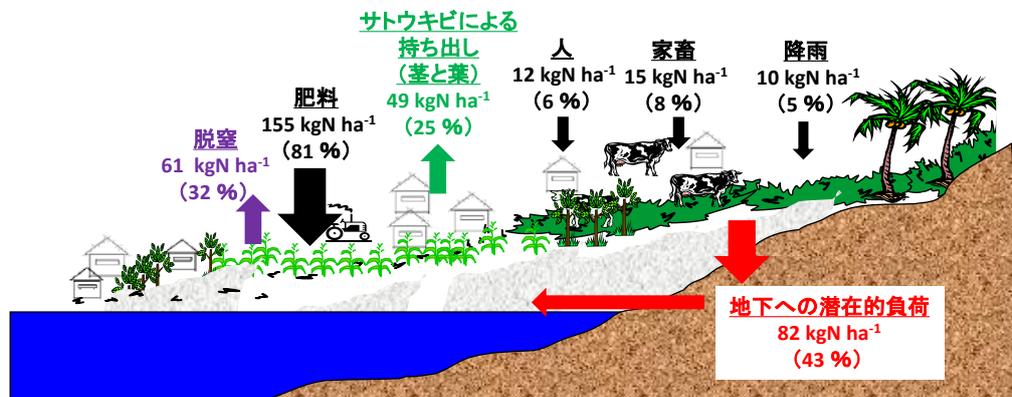


図 3 対象地域における地表面への窒素負荷量から求めた窒素収支

[その他]

研究課題：アジア・太平洋島嶼水利用制限地域における資源保全管理技術の開発

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 [アジア・島嶼資源管理]

研究期間：2017 年度 (2011～2020 年度)

研究担当者：後藤慎吉、安藤象太郎、安西俊彦

発表論文等：後藤ら (2017) システム農学 33(2): 57-63

[成果情報名] 塩害軽減のための低コスト浅層暗渠排水技術マニュアル

[要約] 乾燥・半乾燥地域の灌漑農地における塩害軽減対策のための技術マニュアルである。塩類集積の要因と対策を示し、リーチング効果促進のため圃場の排水性の改善を図る低コスト型浅層暗渠排水技術を解説している。マニュアルは政府関係者、水消費者組合、農家が利用する。

[キーワード] 乾燥地、農地塩害、リーチング、浅層暗渠排水、カットドレーン

[所属] 国際農林水産業研究センター 農村開発領域

[分類] 技術

[背景・ねらい]

乾燥・半乾燥地域に属する中央アジアでは、1950年代からアムダリア・シルダリア川を水源とする大規模な灌漑開発によって農業生産が飛躍的に向上したが、不適切な水管理によって塩類集積が生じており、中でもウズベキスタン共和国は土壌の塩類化面積が最も大きい。土壌の塩類集積は、農業生産へ深刻な影響を及ぼし、同国では塩害対策として排水路の造成・浚渫や多量の水で塩分を溶解させ浸透除去するリーチングなどが行われている。しかし、依然として、塩害が改善されていない圃場が多く見られ、リーチング効果を確実に発現する技術が必要となっている。そこで本研究では、圃場内のリーチング浸透水の排水を促進する浅層暗渠排水技術を検証する。低コスト化を図るため、浅層暗渠排水には、日本において水田汎用化を目的に開発されたパイプ等の資材を用いず地表面下 60~90 cm に空洞を形成する暗渠施工機（以下、機械本体を穿孔機、穿孔機で施工された暗渠をカットドレーンという）を使用する。乾燥地の塩害農地において、リーチング効果の向上を目的とするカットドレーンの適用は初めての試みである。検証された技術はマニュアルとして取りまとめ、塩害対策に取り組む政府関係者、水消費者組合、農家による利用を図る。

[成果の内容・特徴]

1. 技術マニュアルは A4 版 72 ページの冊子で、「塩類集積の要因と主な対策」、「実証試験地域の塩類化の要因」及び「浅層暗渠排水技術」で構成され（表 1）、農家を含むユーザーが理解しやすい写真やイラストを多く用いている（図 1）。
2. 管暗渠とカットドレーンを組み合わせた浅層暗渠排水技術の導入計画、施工方法、施工に適した土壌条件（土性・水分状態）、空洞部の崩落等の問題と対策について解説している。
3. 浅層暗渠排水技術の適用による高塩分濃度の浸透水の流出（図 2）、土壌塩分濃度の低下、綿花収量の約 20%増加を効果として示している（図 3）。

[成果の活用面・留意点]

1. マニュアルは、乾燥・半乾燥地域での適用が期待される。
2. カットドレーンは、適用可能な土壌条件が定められている。砂やシルト分の少ない土性、硬く乾燥していない水分状態の圃場で施工する。
3. マニュアルは、日本語・英語版の他、ウズベキスタン共和国の農家組合（フェルメル評議会）及び研究機関の合意の下、ロシア語版を作成している。また、圃場で利用しやすい簡略版（A5 判、英語・ロシア語・ウズベク語版）も作成している。
4. 穿孔機の製作・購入は農家単独では高額であり、利用・アクセスにはフェルメル評議会等によるサポートが必要である。

[具体的データ]

表 1 技術マニュアルの章構成と主な内容

章	タイトル	内容
序章		塩害の背景と JIRCAS の調査目的
第 1 章	塩害	塩害の影響とメカニズム
第 2 章	塩害予防と除塩対策	灌漑排水による予防と集積塩分除去対策
第 3 章	塩類集積土壌のモニタリングと原因の特定	土壌塩類化の原因特定と調査項目
第 4 章	浅層暗渠排水による灌漑農地の塩類集積対策	浅層暗渠排水の計画、施工、塩害への効果
第 5 章	まとめと提言	浅層暗渠排水導入時の留意点

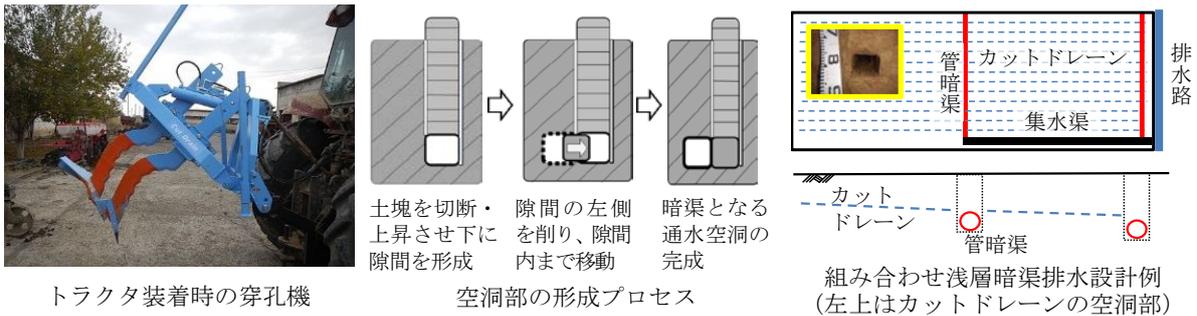
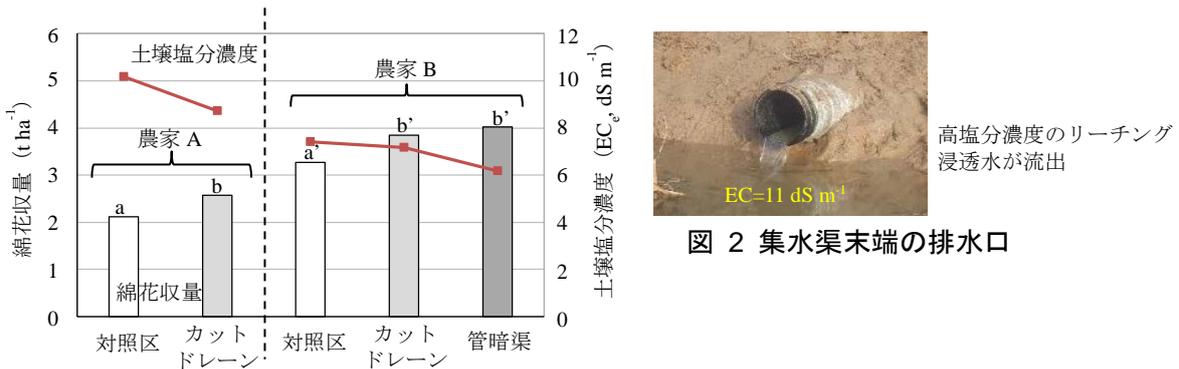


図 1 技術マニュアルに用いた写真やイラストの例



注) ・収量調査 (綿花) 及び土壌採取 (深さ 1 m まで) は 2017 年 9 月実施
 ・綿花収量の異なるアルファベットは有意差あり (農家 A: p<0.05、農家 B: p<0.01)
 ・土壌塩分濃度はカットドレーン区でより低かったが、対照区との差は有意ではなかった

図 3 浅層暗渠導入圃場の収量と土壌塩分濃度

[その他]

研究課題：地下水制御による農地塩害対策調査

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：補助金 [農水省・農村振興局]、交付金 [アジア・島嶼資源管理]

研究期間：2017 年度 (2013~2017 年度)

研究担当者：奥田幸夫、大森圭祐、大西純也

発表論文等：1) 「塩害対策のための浅層暗渠排水技術マニュアル」

https://www.jircas.go.jp/ja/publication/manual_guideline

- 2) 奥田ら (2017) 農業農村工学会論文誌 No. 305(85-2):83-90
- 3) Omori et al. (2018) 日本砂丘学会誌 Vol.64-3:101-112
- 4) 大西ら (2017) 沙漠研究 27-3:91-101
- 5) 奥田ら (2015) 農業農村工学会誌 Vol.83(5):21-24
- 6) 奥田ら (2015) 農業農村工学会誌 Vol.83(7):7-10

[成果情報名] ソルガム根での難水溶性と水溶性の硝化抑制物質の分泌機構には差異がある

[要約] ソルガム根から分泌される水溶性硝化抑制物質の分泌は低い根圏 pH で促進され、細胞膜のプロトン ATP アーゼの活性が関与する。一方、ソルゴレオンが抑制活性の多くを占める難水溶性硝化抑制物質の分泌は、根圏 pH の影響を受けにくい。

[キーワード] ソルガム、生物的硝化抑制、BNI、硝化抑制物質、ソルゴレオン

[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]

ソルガムは、根から生物的に難水溶性および水溶性の 2 種類に分類される硝化抑制物質を分泌して土壌の硝化（硝酸化成）を抑制し、植物の窒素吸収量を増加させる（生物的硝化抑制、BNI; **Biological Nitrification Inhibition**)。このうち、水溶性硝化抑制物質の分泌には、根圏 pH に加え、細胞内へのアンモニウムイオンの取り込みに伴う細胞膜 H⁺-ATP アーゼが関与し、本酵素の遺伝子の転写レベルで分泌が制御されている（平成 25 年度国際農林水産業研究成果情報 21、平成 27 年度国際農林水産業研究成果情報 23）。一方、ソルゴレオンに代表される難水溶性硝化抑制物質（平成 26 年度国際農林水産業研究成果情報 24）の分泌については、根圏 pH の影響は明らかにされていない。そこで、BNI 能に差異がある遺伝型の異なるソルガムを用いて、ソルガム根での難水溶性硝化抑制物質の分泌に及ぼす根圏 pH の影響を解析する。また、これまでに大まかな解明がなされている水溶性硝化抑制物質の分泌機構について同じ遺伝型を用いてより詳細な解析を進める。上記 2 つの硝化抑制物質の分泌の詳細を明らかにすることにより、土壌中でのソルガムの BNI 能の活用を図るための基本情報とする。

[成果の内容・特徴]

1. ソルガムの根での難水溶性 BNI 活性とソルゴレオンの分泌量との間には正の相関がある（図 1）ことから、難水溶性 BNI 活性にソルゴレオンが重要な役割を果たしている。
2. ソルゴレオンの分泌は、根圏 pH の影響を受けにくい（図 2）。
3. 水溶性硝化抑制物質の分泌は、根圏 pH から大きな影響を受け、低い根圏 pH で促進される（図 3）。
4. 細胞膜 H⁺-ATP アーゼ活性と水溶性 BNI 活性の間には正の相関があり、細胞膜 H⁺-ATP アーゼが水溶性硝化抑制物質の分泌に大きく関わっている（図 4a）。
5. これに対し、難水溶性 BNI 活性と細胞膜 H⁺-ATP アーゼ活性の間には関係性がみられない（図 4b）。
6. 以上より、ソルガム根での難水溶性と水溶性の硝化抑制物質の分泌機構には差異がある。

[成果の活用面・留意点]

1. 水溶性硝化抑制物質の分泌は低い根圏 pH により促進されることから、ソルガムの水溶性硝化抑制物質による BNI 能は、pH が低い土壌で多く発揮される。
2. ソルガムにおけるソルゴレオンを含む難水溶性硝化抑制物質の分泌は、水溶性硝化物質に比べ pH の影響を受けにくい、酸性側の根圏 pH でやや抑制される傾向がある。
3. 難水溶性硝化抑制物質の分泌量には大きな系統間差があり、大部分がソルゴレオンであることから、ソルガムの BNI 能の活用に向けソルゴレオン分泌量に着目することが重要である。
4. ソルゴレオンによるソルガムでの BNI 能は、土壌 pH の影響を受けにくいため、様々な環境下でも活用でき、遺伝的改良により強化することが可能である。また、特に BNI 能の活用が求められる低窒素栄養条件の生産環境において、窒素利用効率の向上が期待できる。

[具体的データ]

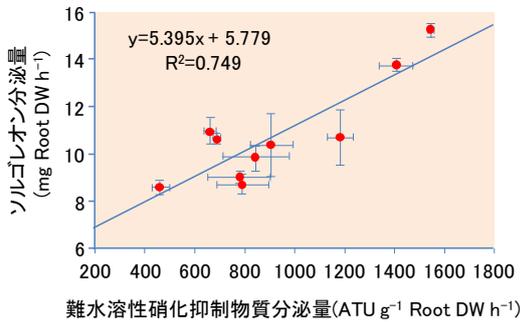


図1 ソルガムの根での難水溶性硝化抑制物質分泌量とソルゴレオン分泌量との関係

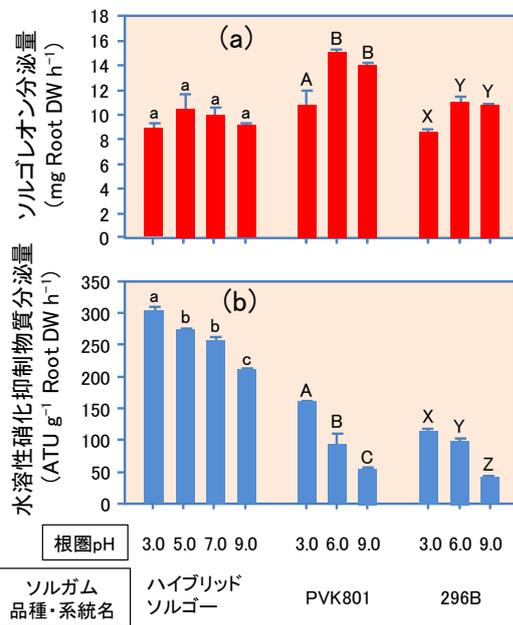


図2 ソルガム3系統（ハイブリッドソルゴ、PVK801、296B）の根でのソルゴレオン(a)および水溶性硝化抑制物質(b)のそれぞれの分泌に及ぼす根圏pHの影響

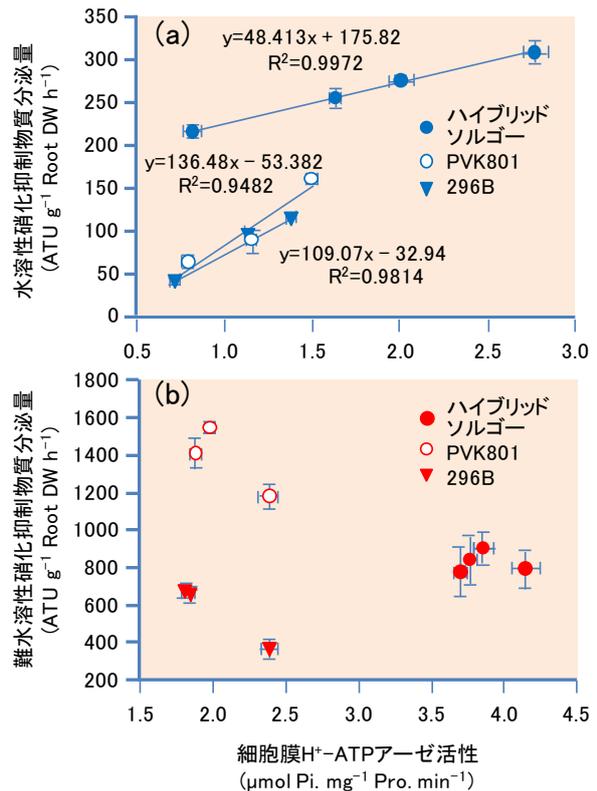


図3 ソルガム3系統（ハイブリッドソルゴ、PVK801、296B）の根での細胞膜H⁺-ATPアーゼ活性と水溶性硝化抑制物質(a)あるいは難水溶性硝化抑制物質(b)のそれぞれの分泌との関係

[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け体系への応用

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 [生物的硝化抑制]

研究期間：2017 年度（2011～2015 年度）

研究担当者：Subbarao GV、Di T、吉橋忠、Afzal MR・Zhu Y（南京農業大学）、Deshpande S（国際半乾燥熱帯作物研究所）

発表論文等：Di T et al. (2017) Plant and Soil, DOI 10.1007/s11104-017-3505-5

[成果情報名] 西アフリカ産イネ遺伝資源におけるいもち病抵抗性の変異

[要約] 西アフリカ産遺伝資源のうち、アジアイネの栽培種 (*Oryza sativa* L.) は、いもち病に対して広い変異を有し、多くの品種が高い抵抗性を示すが、アフリカイネの栽培種 (*O. glaberrima* Steud.) は中程度で *O. sativa* に比べ低い。

[キーワード] イネ、いもち病、抵抗性、遺伝変異、西アフリカ

[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]

西アフリカの大規模灌漑水田地帯を中心に、イネ品種のいもち病害が広く報告されてきている。この地域に栽培されてきたアジアイネの栽培種 (*O. sativa* L.)、およびアフリカイネの栽培種 (*O. glaberrima* Steud.) やその野生種 (*O. barthii* A. Chev.) のいもち病抵抗性に関する遺伝的変異を明らかにし、イネにおける抵抗性変異の特徴や問題点を解明し、将来の育種研究に資する。

[成果の内容・特徴]

1. 供試した遺伝資源は、アフリカ稲センターで保存されている西アフリカ産アジアイネの栽培種 (*O. sativa* L.) 114 品種・系統、アフリカイネの栽培種 (*O. glaberrima* Steud.) 45、アフリカイネの野生種 (*O. barthii* A. Chev.) 5、ならびに 27 種のいもち病抵抗性の判別品種群、感受性系統「Lijiangxintuanheigu: LTH」および「US-2」、標準品種の日本型品種「日本晴」とインド型品種「Kasalath」の、合計 195 アクセッションである (表 1)。
2. これら供試材料は 61 個の SSR マーカーの多型情報により、主に日本型 (A)、インド型 (B) および *O. glaberrima* と *O. barthii* (C) の 3 つのクラスターグループに分けることができる (表 1)。
3. また、32 種の標準判別いもち病菌菌系を用いた抵抗性反応から、低 (Ia)、中 (Ib) および高 (II) の 3 つの抵抗性グループに分類できる (表 1)。
4. 抵抗性グループの Ia には、「日本晴」、感受性系統「LTH」、「US-2」および判別菌系に対して抵抗性反応の低い 5 種の判別品種が含まれるのみである。一方、Ib には、多くの判別品種や、主にクラスターグループ C の品種が多く含まれる。また、II には水稲および陸稲 NERICA を中心とした *O. sativa* が多く含まれる (表 1)。
5. *O. glaberrima* は Ib グループに偏っており (表 1)、*O. sativa* の水稲や陸稲品種、さらには *O. barthii* に比べ抵抗性は低い傾向を示す (図 1)。

[成果の活用面・留意点]

1. 本結果は、西アフリカのイネ遺伝資源におけるいもち病抵抗性変異を明らかにし、高い抵抗性のイネ品種の存在を明らかにしている。
2. *O. glaberrima* の遺伝的変異は中程度の抵抗性に偏り、狭いことについては、さらに多くの材料を用いた解析を行い確認していく必要がある。

[具体的データ]

表 1 西アフリカ産イネ遺伝資源の DNA マーカー多型情報といもち病抵抗性反応による分類

DNAマーカーの多型情報によるクラスターグループおよび栽培、野生種の区別		アクセッション数(%)				
		いもち病抵抗性グループ			合計	
		Ia	Ib	II		
西アフリカ産イネ遺伝資源	A	陸稲品種 陸稲NERICA <i>O. barthii</i> (陸稲)	4 3 1	陸稲品種 陸稲 NERICA <i>O. barthii</i> (陸稲)	15 15 1	37 2
	小計	0	8	31	39	
	B	水田品種 陸稲品種 <i>O. glaberrima</i> (水田) <i>O. barthii</i> (陸稲)	4 1 3 1	水田品種 陸稲品種 水田用NERICA <i>O. glaberrima</i> (水田) <i>O. barthii</i> (陸稲)	30 2 40 1 1	77 4 2
	小計	0	9	74	83	
	C	<i>O. glaberrima</i> (陸稲) <i>O. glaberrima</i> (水田) <i>O. barthii</i> (陸稲)	0	8 33 1	0	41 1
小計	0	42	0	42		
種別計	<i>O. sativa</i> <i>O. glaberrima</i> <i>O. barthii</i>	0 0 0	12(10.5) 44(97.8) 3(60.0)	102(89.5) 1(2.2) 2(40.0)	114 45 5	
合計		0(0.0)	59(36.0)	105(64.0)	164(100.0)	
判別品種等	A	日本型判別品種 (<i>Pia</i> , <i>Pik-s</i> , <i>Pish</i> , <i>Pi19</i> (t)) 日本晴 (日本型品種) LTH (日本型感受性品種)	4 1 1	日本型判別品種 (<i>Pik</i> , <i>Pik-h</i> , <i>Pib</i> , <i>Pit</i> , <i>Pii</i> , <i>Pi3</i> , <i>Pi5</i> (t), <i>Piz</i> , <i>Piz-5</i> , <i>Pik-m</i> , <i>Pik-p</i> , <i>Pi1</i> , <i>Pi7</i> , <i>Pi12</i> (t), <i>Pi20</i> (t), <i>Pita</i> (2), <i>Pita-2</i> (2))	19	2
	小計	6	19	2	27	
	B	US-2(インド型感受性系統) インド型判別品種 (<i>Pi12</i> (t))	1 1	Kasalath(インド型品種) インド型判別品種 (<i>Pis</i> (t))	1 1	2
	小計	2	2	2	4	
	合計	8(25.8)	19(61.3)	2(6.5)	31(100.0)	

クラスターグループ A と B は、*O. sativa* のそれぞれ日本型とインド型に、C はアフリカイネ (*O. glaberrima*) および野生種 (*O. barthii*) に対応する。いもち病抵抗性グループは、Ia (低), Ib (中), II (高) の順で程度が異なる (Odjo et al. 2017 を一部改変)。

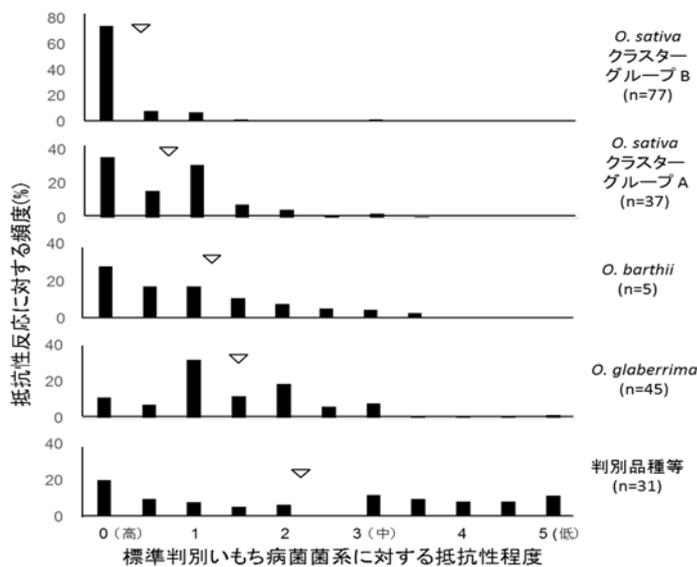


図 1 西アフリカ産イネ遺伝資源の品種グループごとの抵抗性程度

標準判別いもち病菌 32 菌系と各イネ遺伝資源との組み合わせによる各スコアの出現頻度。
▽: 平均値

[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

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：2017 年度 (2016~2020 年度)

研究担当者：福田善通、柳原誠司、Odjo T (アボメーカラヴィ大学)、小出陽平 (北海道大)、Silue D (アフリカ稲センター)、神代隆 (アフリカ稲センター)

発表論文等：Odjo T et al. (2017) Breeding Science, 67: 500-508 DOI:10.1270/jsbbs.17051

[成果情報名] ギニアヤムのゲノム情報の解読および性別判定マーカーの開発

[要約] ヤマノイモ(*Dioscorea*)属作物の一種であるギニアヤム(*D. rotundata*)の全ゲノム配列を世界に先駆けて解読した。得られたゲノム情報からギニアヤムの性別を決定するゲノム領域を同定した。この領域に特異的な性別判定マーカーを用いることで品種改良を加速できる。

[キーワード] ギニアヤム、全ゲノム配列、性別決定領域、DNA マーカー、品種改良

[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]

アフリカではヤムが主食として広く栽培され、「ヤムベルト」と呼ばれる西アフリカのギニア湾岸一帯で、世界の生産量の約 95% (5,400 万トン) が生産されている (図 1)。特にギニアヤム(*D. rotundata*)は、この地域の食生活に欠かすことのできない重要な主食作物であると共に、農家の主要な換金作物である。しかし、利用対象が地下部であり、経時的な栽培試験や調査が難しいなどの理由から、生産性や品質向上に向けた育種研究はほとんど進んでいなかった。また、雌雄が品種・系統によって異なり、開花しないと性別が判断できないことも効率的な育種の大きな妨げとなっていた。こうした状況を踏まえ、ヤムの育種の効率化を図るため、その基盤となる科学的情報の整備や技術開発に関する国際共同研究を実施している。本研究では、ヤムの DNA 情報に基づいた育種を可能にするため、ギニアヤムのゲノム配列を解読する。また、ゲノム情報を基に性別を決定する遺伝子座を同定し、幼植物期での性別の推定を可能にする DNA マーカーを開発する。

[成果の内容・特徴]

1. フローサイトメトリーによるゲノムの推定値を超す 594Mb (5.94 億塩基) を解読した結果、合計で 26,198 個の遺伝子があると推定される (図 2)。
2. この内、ゲノム配列が決定されているモデル植物 3 種 (イネ、シロイヌナズナ、ミナトカモジグサ) で推定された遺伝子と相同な (祖先を共通とする) 遺伝子は 5,557 個、独自の遺伝子は 12,625 個である (図 2)。
3. 雌雄の分離が認められたギニアヤム F₁分離集団 (雄株と雌株の交雑によって生じる第一代目の子孫) の全ゲノム配列の解析により、ギニアヤムの雌がもつ特有の DNA 配列を含む遺伝子領域を特定し、この領域の配列を基に開発した DNA マーカーにより幼植物期のギニアヤムの雄株・雌株推定が可能である (図 3)。

[成果の活用面・留意点]

1. 開発した性別判定マーカーを用いることで、通常の栽培では確実な性別の判別に 2~3 年を要するところ、幼植物期に開花を待たずに優れた性質を持つ品種・系統を育種親として選定できるとともに、試験栽培で扱う個体数や圃場面積も縮小できる等、ギニアヤムの育種の効率化が期待できる。
2. F₁集団や多様な遺伝資源にゲノム解析技術を活用し、効率的なヤムの遺伝解析を可能にするためには、今後、農業・品質形質の評価をさらに進める必要がある。
3. 農業・品質形質の遺伝解析により、将来的にギニアヤムの生産性や栄養価の改良を加速し、西アフリカにおける食料生産、栄養改善に貢献することが期待できる。また、ギニアヤムのゲノム情報を利用することで、他のヤマノイモ属作物の育種の効率化にも貢献できる。

[具体的データ]



図 1 西アフリカにおけるヤムの栽培（左）とヤム市場（右）

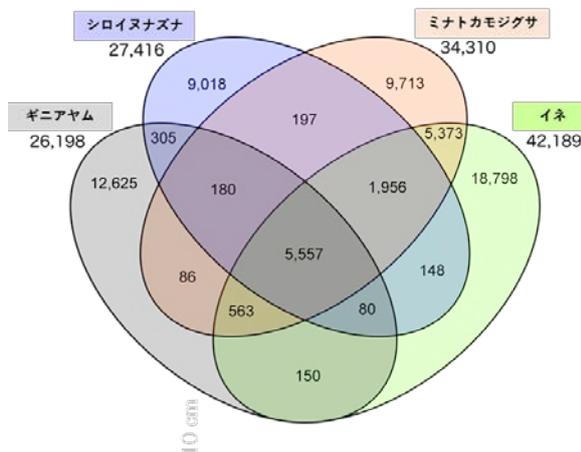


図 2 ギニアヤムと主なモデル植物の遺伝子の比較

ギニアヤムのゲノム解析による遺伝子と、ゲノム配列がわかっている主なモデル植物における遺伝子との比較。数字は遺伝子数。楕円の外は各植物で推定された合計遺伝子数（重複遺伝子を含む）。楕円内の数はそれぞれの比較で相同な遺伝子の数（重複遺伝子群は1つとする）。

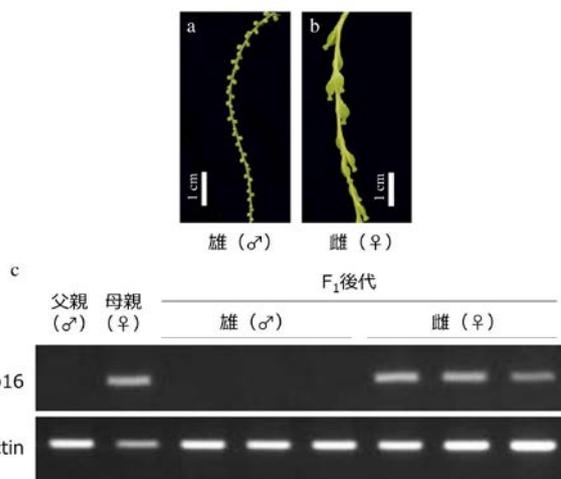


図 3 DNA マーカーを用いたギニアヤムの性別推定

(a) 雄花。(b) 雌花。(c) 雌株の決定に関わる遺伝子領域の近傍にある配列の DNA マーカー (sp16) を用いたところ、雄株と雌株を交雑した F₁ 後代のうち、雄花 (♂) を付けた株では DNA が検出されず、雌花を付けた株 (♀) では DNA が検出された (赤矢印の位置のバンドの有無)。下段 (Actin) はコントロールとして検出したアクチン遺伝子。

[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

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 [熱帯作物開発]、交付金 [アフリカ食料]

研究期間：2017 年度 (2011~2020 年度)

研究担当者：山中慎介、村中聡、高木洋子、Tamiru M・寺内良平 (岩手生工研)、Asiedu R (国際熱帯農業研究所)

発表論文等：Tamiru M et al. (2017) BMC Biology, 15:86

[成果情報名] ガーナの河川氾濫原が畔のない天水条件でも生産性の高い稲作適地となる

[要約] ガーナで未利用の河川氾濫原は、畦畔および灌漑設備のない天水条件においても、土壤炭素量の高い土地の選定と、欠乏する硫黄成分の施用を組み合わせることで、施肥窒素の利用効率に優れ、最大 5.4 t ha^{-1} の籾収量を実現する優良な稲作可耕地となる。

[キーワード] 西アフリカ、河川氾濫原、天水稲作、硫黄欠乏、窒素利用効率

[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]

ガーナの河川氾濫原は比較的肥沃度の高い土壤をもち、季節的に湛水することから、イネ可耕地として期待が大きい。しかし、その多くは農耕地として未利用である。これまで、ボルタ川流域の氾濫原では、水源（河川および後背湿地）に近づくほど、指数関数的に土壤炭素量および雨期の湛水可能性が増大すること、土壤の硫黄欠乏が存在することを明らかにしている（平成 24 年度国際農林水産業研究成果情報 13、同 14）。そこで、水源からの距離が異なり、既存の農耕地から未利用の低湿地に至る連続的な地形条件でイネを栽培することにより、河川氾濫原におけるイネの生産性の高さを実証するとともに、その環境に適した効率的な施肥技術を提案する。

[成果の内容・特徴]

1. 対象となる河川氾濫原では、畦や灌漑設備なしに、季節的な自然湛水が生じる（図 1）。
2. 水源からの距離 400 m 以内の範囲に、土壤炭素量が高く、未利用の低湿地が広がる（図 2、平成 24 年国際農林水産業研究成果情報 14 参照）。
3. 幅広い降水条件*において、水源に近く土壤炭素量の大きい未利用の低湿地（L1～L4）が既存の農耕地（L5～L7）に比べて高い生産性をもち、窒素（N）と硫黄（S）を施用することで、平均 $3.2 \sim 4.0 \text{ t ha}^{-1}$ 、最大 5.4 t ha^{-1} の籾収量が得られる（図 3）。
4. 窒素利用効率（窒素投入量あたりの籾増収量）**は、硫黄を加えることで倍増する。特に未利用低湿地（L1～L4）の窒素利用効率が既存の農耕地（L5～L7）に比べて高く、硫黄を加えることで 28.4～32.6 の値が得られる（表 1）。
5. 3、4 で挙げた未利用低湿地（L1～L4）の収量および窒素利用効率は、いずれも同地域の灌漑水田と同等の値である。
6. 本成果は、灌漑設備および肥料投入が限られたガーナにおいて、天水条件でのイネの生産性に優れた河川氾濫原に広がる未利用地の存在と硫黄施用の効果を実証するものである。

* 冠水リスクの高い生育初期の降水量として、2010～2015 年が 51～194mm、試験期間中が 105～194 mm。

$$** \text{ 窒素利用効率} = \frac{\text{施肥区の収量} - \text{無施肥区の収量} (\text{kg ha}^{-1})}{\text{窒素投入量} (\text{kg ha}^{-1})}$$

[成果の活用面・留意点]

1. 本成果は西アフリカにおける未利用の河川氾濫原に広く適用できる可能性がある。
2. 硫黄成分の施用は、硫酸アンモニウムを播種時に表層施肥するだけで十分な効果が得られる。
3. 本成果をもとに未利用低湿地の更なる活用が期待されるが、農家がイネ栽培を実践するためには、冠水による減収リスクの長期的観測や同環境へのトラクターのアクセス向上が求められる。

[具体的データ]



雨期始め(6月)



雨期中(8月)

図1 河川氾濫原に広がる未利用低湿地(L1付近)での自然湛水の様子

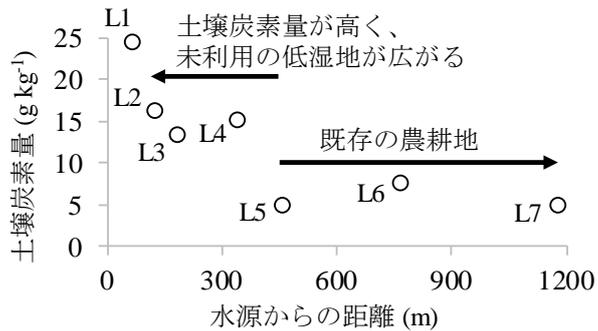


図2 試験圃場7地点の地形条件と土壤炭素量の変異

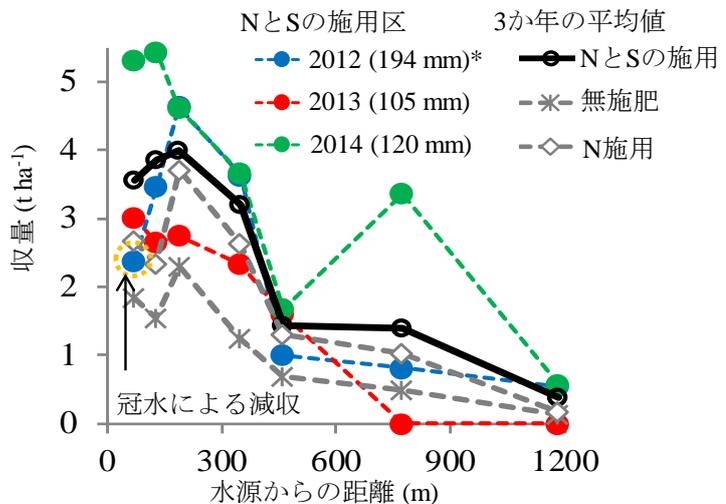


図3 圃場の地形条件と施肥処理がイネ収量に及ぼす効果

*6月15日～7月15日の積算降水量。2012年は同時期の降水量が観測期間中（2010～2015年）で最も多く、L1で出芽直後に6日間の完全冠水が生じた。ただし、L5～L7に比べて高い収量を維持。

表1 圃場の地形条件と硫黄施用が窒素利用効率に及ぼす効果

施肥処理*	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	全圃場平均
窒素のみ	14.0 ^b	11.0 ^b	23.6 ^a	23.0 ^b	8.7 ^a	8.8 ^b	0.6 ^b	13.4 ^b
窒素+硫黄	28.8 ^a	32.1 ^a	28.4 ^a	32.6 ^a	10.2 ^a	15.0 ^a	4.0 ^a	22.8 ^a

同一アルファベットを付した数値は5%水準で処理間に有意差なし (Tukey HSD)。数値は各圃場の3か年の平均値。

*窒素は尿素もしくは硫酸アンモニウムとして60 kg ha⁻¹等量、硫黄は硫酸アンモニウムもしくは硫酸ナトリウムとして10~68 kg ha⁻¹等量をそれぞれ基肥として施用。硫黄成分の施用はいずれの資材および施用量でも同等の効果を示した。

[その他]

研究課題：アフリカにおけるコメ生産向上のための技術開発

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 [アフリカ稲作振興]

研究期間：2017年度（2011～2015年度）

研究担当者：辻本泰弘、小田正人、桂圭佑（東京農工大）、藤原洋一（石川県立大）、坂上潤一（鹿児島大）、Baba Inusah・Abraham Feseini・Wilson Dogbe・Alhassan I. Zakaria（ガーナ国サバンナ農業研究所）

発表論文等：Tsujimoto Y et al. (2017) Field Crops Research, 211: 155-164

[成果情報名] ガーナの農家が自ら実践できる自生植物の被覆による水田水利施設の補強技術

[要約] 水稻栽培の機運が高まっているガーナ内陸低湿地を対象に、コメの増収かつ安定生産の要となる用排水路や畦畔の地表面を自生植物で被覆する。これは、農家の技術水準および経済状況を考慮した施工工法で、持続的な維持管理が可能な補強技術である。

[キーワード] 維持管理工、雨滴侵食、コメ、施工工程、低コスト

[所属] 国際農林水産業研究センター 農村開発領域

[分類] 技術

[背景・ねらい]

ガーナでは、消費されるコメの 34%が現地で生産され、毎年 66%に当たる 68 万トンが輸入されている状況にあり、かんがい水田の生産性向上が求められる。かんがい稲作を実現するためには、用排水路や畦畔といった水田水利施設が重要な役割を果たす。しかし、低湿地を開田したガーナ内陸部では、日常的に生じる激しい降雨や維持管理不足などの理由により、水田水利施設が機能を十分に発揮せず、低収量の水田が散見される。FAO の報告によると、土壌表面の 40%を被覆することによって雨滴による侵食作用を 90%軽減できるとされている。このため、水田水利施設が崩壊に至る初期段階に、雨滴衝撃によって土粒子を剥離させない予防保全の考えに基づき、水田水利施設表面に密な植物群落を成立させ、機能を永続的に維持させる補強技術を開発する。

[成果の内容・特徴]

1. 使用する植物は、生態系への影響や農家の負担を最低限に抑えるため、ガーナの自生植物の中から選定する。水田水利施設に生息する植物は、現地特有の環境ストレス耐性をすでに有しているため、他の植物に比べて有利である。
2. 施工工法は、さし芽による正方形の株植工で、適用範囲は潤辺（水中に没する面）を除く水路法面および天端とする。植栽密度は、農家にとって技術的に問題がなく、容易に素早く植栽できる間隔である 15cm×15cm を標準とする（図 1）。
3. 10 cm湛水下および 0.15m/s 流手下での土壌崩壊度試験は、無植生に比べ、オキナワミチシバ（*Chrysopogon aciculatus*）などの自生植物を用いた被覆が土壌を補強することを示す（図 2）。
4. 施工工程は、①地表面が硬く、根の伸長が困難となる乾期（12～2 月）を避け、②工費の低減を図るため農家自身が施工できる農閑期（11～3 月）、および③高強度の降雨が生じる大雨期以降の穏やかな水供給が期待できる雨期末（7～11 月）に植栽できるよう設定する（図 3）。
5. 本補強技術の用排水路 100m 当り施工費と 10 年間の維持管理費の合計額は、現況土水路と同等、コンクリート水路の概ね半額となる。農家自身が施工する場合は、自家労働費として扱われることとなり、本補強技術の導入には現金による支払は発生しない。

[成果の活用面・留意点]

1. 本補強技術は、日常的に生じる激しい降雨や維持管理不足などの理由により水田水利施設が機能を十分に発揮していない西アフリカの類似地域においても適用できるが、適用地域の自生植物の特性を明らかにして、農家の要望を満たす種を選定することが重要となる。
2. 新たな自生植物を導入する場合には、植栽する水田水利施設から本田に侵入してイネ栽培の障害とならないよう、事前に導入植物の防除技術を確立することに留意する。
3. 植生工は構造物工などと異なり、植物の生育とともに法面保護などの機能を増大させるため、施工完了初年度の重点的な維持管理が水路機能を永続させる要件となる。

[具体的データ]

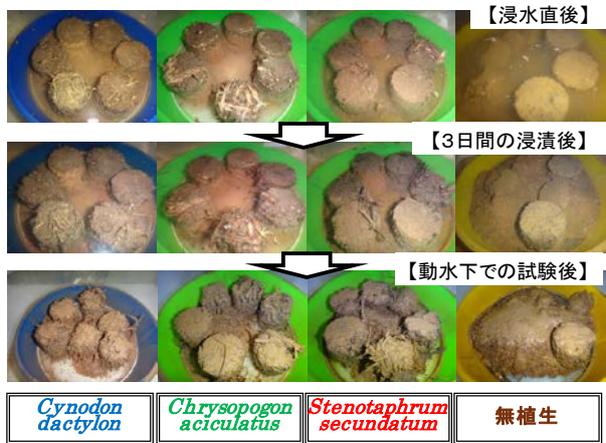
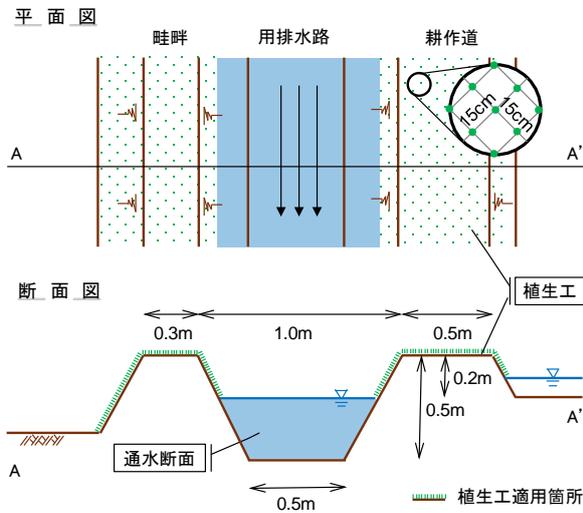


図 2 植生工と無施工の土壌崩壊度合い

図 1 植生工の標準図

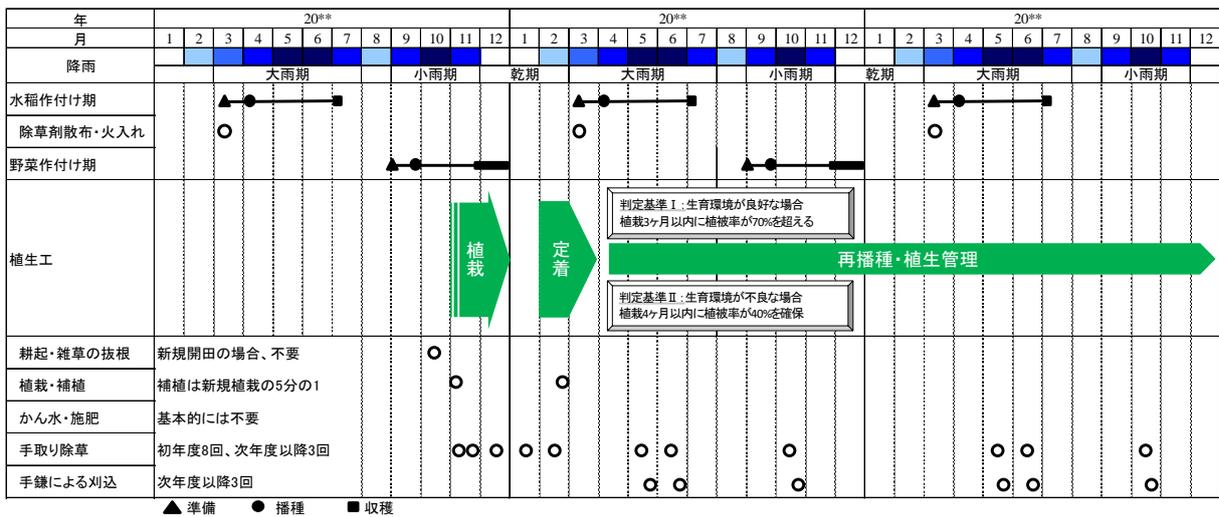


図 3 水田水利施設への植生工の施工工程と維持管理計画の例

[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

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：2017 年度（2011～2017 年度）

研究担当者：團晴行、廣内慎司、廣瀬千佳子、Emmanuel O・Adzraku H・Agodzo S（クワメ エンクルマ工科大学）

発表論文等：1) 團ら (2013) 熱帯農業研究 6(1): 38-42

2) 團ら (2017) 農業農村工学会誌「水土の知」85(5): 51-55

3) 團ら (2018) 熱帯農業研究 11(1): (印刷中)

[成果情報名] イネのアンモニア態窒素の吸収を向上させる遺伝子

[要約] 水田環境でアンモニア態窒素濃度が上昇すると、イネの根による窒素吸収能力は低下する。アンモニア態窒素吸収能力を調整する遺伝子 *OsACTPK1* を同定した。*OsACTPK1* の機能が失われた *actpk1* 変異体では、アンモニア態窒素の吸収が向上する。

[キーワード] アンモニア態窒素吸収、イネ、高親和的アンモニウム輸送

[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]

窒素は作物の生育や生産性を大きく左右する最も重要な栄養素である。水田においてイネが主として利用するアンモニア態窒素は、「高親和的アンモニウム輸送 (HAT) 機構」と呼ばれるしくみによって吸収されている。水田のアンモニア態窒素濃度が少しでも上昇すると、イネの HAT 機構による窒素吸収能力は徐々に低下する。水田で生育しているイネの HAT 機構を高く維持させることができれば、イネはより多くの窒素を吸収できる可能性がある。そこで、イネの HAT 機構の調節に関わる遺伝子を同定し、HAT 機構の能力を維持できる遺伝子を単離することを目的とする。

[成果の内容・特徴]

1. HAT 機構の調節に関わる遺伝子の候補である *OsACTPK1* 遺伝子は、アンモニア態窒素 ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) 濃度の増加にともない根での発現が増加する (表 1)。
2. *OsACTPK1* 遺伝子にトランスポゾン *Tos17* が挿入され *OsACTPK1* の機能が失われた *actpk1* 変異体を得た。水田で起こり得るほぼ最大のアンモニア態窒素濃度 1,000 μM (18 ppm) 条件では、*actpk1* 変異体は、対照 (水稻品種「日本晴」) に比べ HAT 機構のアンモニア態窒素吸収の最大能力を示す V_{max} 値が約 2 倍であり (図 1A)、HAT 機構のアンモニア態窒素に対する反応性を示す K_m 値は対照と同程度である (図 1B)。
3. *actpk1* 変異体によるアンモニア態窒素の吸収量は、アンモニア態窒素濃度 5 μM 区では対照と同程度であるが、1,000 μM 区では対照に比べ 32% 増加する (図 2A)。
4. *actpk1* 変異体における最も長い根 (最長根) の長さは、アンモニア態窒素濃度 5 μM 区では対照と同程度であるが、1,000 μM 区では対照に比べ 22% 短くなる (図 2B)。 *actpk1* 変異体の根では窒素の蓄積量が多くなるために、根の伸長にフィードバックがかかり、最長根の長さが抑制されると考えられる。
5. *OsACTPK1* 遺伝子は HAT 機構の調節に関わる遺伝子であり、*OsACTPK1* の機能が失われた *actpk1* 変異遺伝子は、HAT 機構の能力を高く維持させることができる (図 1、図 2)。

[成果の活用面・留意点]

1. *actpk1* 変異遺伝子は、アンモニア態窒素が存在する水田環境でも、窒素の吸収を向上させることから、窒素肥料の利用効率を向上させる遺伝的改良の遺伝子源として利用できる。
2. 育種素材開発において、最長根長の低下は、HAT 機構の能力を高く維持していることの表現型マーカーとして用いることができる。
3. *OsACTPK1* は、植物体内に多く蓄積すると毒性を示すアンモニア態窒素を吸収しすぎないブレーキとしての調節機能を持つことから、*actpk1* 変異遺伝子はイネの生育に何らかの影響を与えることが懸念される。様々な水田環境における *actpk1* 変異体の窒素吸収と生産性を検証し、窒素吸収と生産性における *actpk1* 変異遺伝子の利点と欠点を明らかにする必要がある。

[具体的データ]

表 1 HAT 機構を調節する候補遺伝子である *OsACTPK1* 遺伝子の詳細

項目	詳細
アンモニア態窒素の増加に対する根での相対発現比	1,071 倍
遺伝子番号	Os02g0120100
タンパク質の機能	タンパク質リン酸化

イネのオリゴ DNA マイクロアレイ (4×44 K RAP-DB) を用いて、イネの根での発現量を相対的に比較した。5 および 1,000 μM NH₄Cl を与えて水耕法で 10 日間栽培した根から全 RNA を調整した。

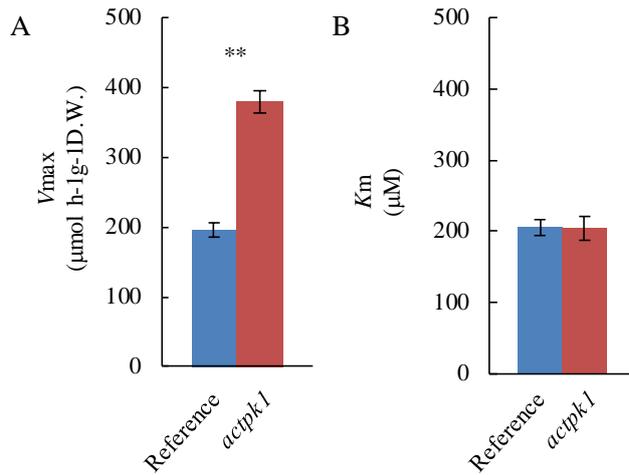


図 1 *OsACTPK1* の機能を失った *actpk1* 変異体における HAT 機構

アンモニア態窒素濃度 1,000 μM 条件で 10 日間栽培したイネの HAT 機構の最大反応速度 (*V*_{max}) (A)と、アンモニウムイオンに対する HAT 機構の親和性を示すミカエリス定数 (*K*_m) (B)。対照は日本晴、*actpk1* 変異体は *OsACTPK1* 遺伝子に *Tos17* が挿入された系統。グラフは 3-6 個体の平均値、エラーバーは標準誤差を示す。**は分散分析による *P*<0.01 の有意性を示す。

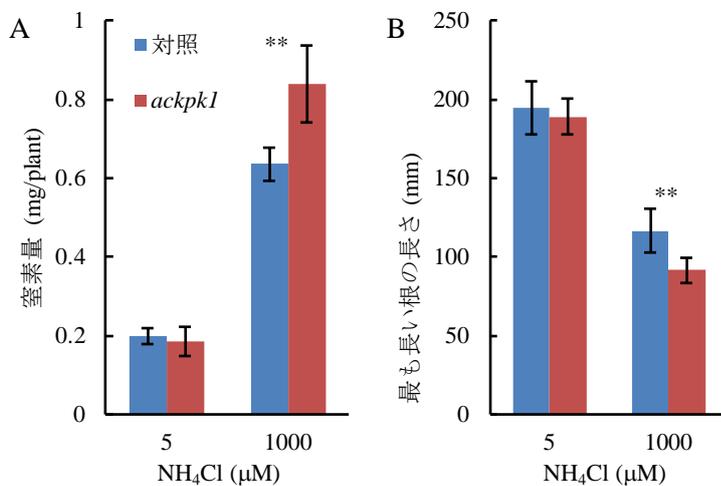


図 2 *actpk1* 変異体における窒素蓄積量 (A) と根長 (B)

アンモニア態窒素濃度 1,000 μM 条件で 10 日間栽培したイネの窒素量 (A) と最も長い根の長さ(B)。対照は日本晴、*actpk1* 変異体は *OsACTPK1* 遺伝子に *Tos17* が挿入された系統。グラフは 6 個体 (A)、14 個体 (B) の平均値、エラーバーは標準偏差を示す。**は分散分析による *P*<0.01 の有意性を示す。

[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

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]、受託 [農水省・低コスト (LCT)]

研究期間：2017 年度 (2013~2020 年度)

研究担当者：小原実広、Marcel Pascal Beier・早川俊彦 (東北大学)

発表論文等：Beier M et al. (2018) The Plant Journal, No93:992-1,006

[成果情報名] 幼苗期におけるイネ根系分布に関する簡易検定法

[要約] 播種箱を用いたイネ冠根の伸長方向および数を分布として評価する簡易検定法は、従来のバスケット法に比べて、調査期間を短縮し、かつ単一面積当たりの調査個体数を大幅に増やすことができ、多様な遺伝資源や大規模な雑種集団における変異の解析に利用できる。

[キーワード] イネ、根型、分布、簡易検定法

[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]

イネの草型に関する遺伝的改良は広く育種現場で進められてきたが、根型についての研究や育種はほとんど進んではいない。これは地下部に存在する根の評価が難しいためである。また幼苗期におけるバスケットを用いた従来の評価法は、多くのサンプルを一度に扱うことができず、多数の遺伝資源や雑種集団を用いた解析には適していない。根型の遺伝変異の解明や遺伝子分析の効率化を図るためには、冠根の伸長方向と出現頻度を分布として正確に評価できる簡易検定法が必要である。

[成果の内容・特徴]

1. 開発した幼苗期におけるイネ根型に関する簡易検定法は、播種箱（土付成苗なえどこ、みのる産業株式会社）で幼苗を育成し（図 1A）、各冠根の水中における水面からの角度を 9 段階のスコア（10 : 0-10°、20 : 10-20°、30 : 20-30°、40 : 30-40°、50 : 40-50°、60 : 50-60°、70 : 60-70°、80 : 70-80°、90 : 80-90°）で根の伸長方向および数を計測し、分布として評価する（図 1B）。
2. この播種箱法を用いると、インド型品種 IR 64 の遺伝的背景を共通して持つ同質遺伝子系や染色体断片挿入系統間では、浅根性から深根性のものまで幅広い根系分布の変異を詳細に解明することができる。（図 2）。
3. 播種箱法で得られたイネ根型に関する結果は、Hanzawa et al. (2013) のバスケット法のものと同じとする（図 3）。
4. 播種箱法はバスケット法に比べて、試験期間を短縮し、扱える個体数も大幅に増すことができる（表 1）。

[成果の活用面・留意点]

1. イネ冠根の分布に関する本簡易検定法は、今後の根型の遺伝子分析や育種研究を行う上での有効な手法となる。
2. 本検定法は幼苗期における評価法であるが、生育中期・後期における根型との関連性を解明していく必要がある。
3. 冠根の分布を制御する遺伝的要因の解明を進めるとともに、異なる根型が地上部の生育に与える影響を解明していく必要がある。

[具体的データ]

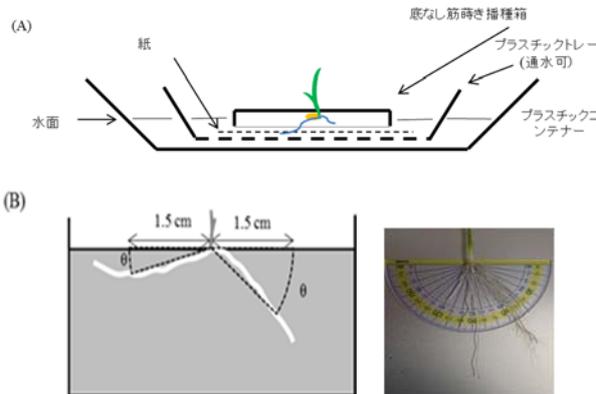


図 1 播種箱を用いた冠根伸長方向の計測
播種箱で 14 日間育成した後 (A)、水中における水面からの幼苗における冠根の伸長角度を測定する (B)。
(Tomita et al. 2017、一部改変)

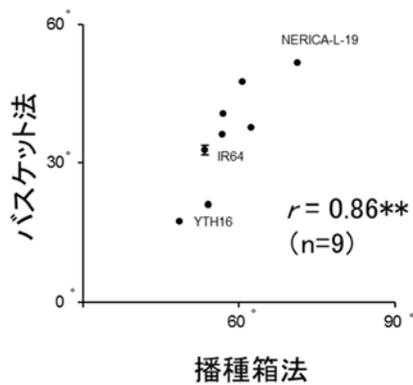


図 3 播種箱法とバスケット法との伸張角度の関係
IR 64 の遺伝的背景を持つ 8 系統と IR 64 の冠根あたりの伸張角度の比較。高い相関 (0.86**) が認められ、相関式は $y = 1.3976x - 45.436$ で表される。

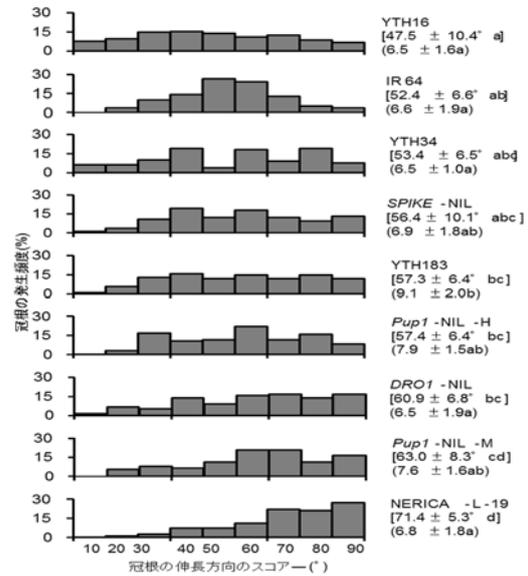


図 2 播種箱法を用いた IR 64 および IR 64 の遺伝的背景をもつ 8 系統の根系分布
[]: 冠根伸張角度の平均 ± SD
(): 全冠根数の平均 ± SD
(Tomita et al. 2017、一部改変)

表 1 播種箱とバスケット法による冠根伸張角度の計測法の差異

項目	育苗箱法	バスケット法
最短栽培日数	14	28
1m ² 当たりの供試個体数	137	44
伸長角度スケール	9段階 (10-90°)	4段階 (0, 15, 45, 75°)

播種箱法はバスケット法に比べ、調査期間の短縮、調査規模の拡大、より詳細な評価が可能

[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：2017 年度 (2016~2017 年度)

研究担当者：福田善通、小原実広、富田朝美 (筑波大学)、佐藤雅志 (東北大学)、宇賀勇作 (農研機構次世代作物開発研究センター)

発表論文等：Tomita A et al. (2017) Breeding Science, 67: 181-190

[成果情報名] AtGolS2 遺伝子を導入したイネは干ばつ条件下での収量性が原品種より高い

[要約] シロイヌナズナのカラクチノール合成酵素遺伝子 *AtGolS2* を導入した遺伝子組換えイネは、原品種である陸稲品種 *Curinga* および *NERICA4* に比較してカラクチノールを多量に蓄積する。この遺伝子組換えイネ系統の中には干ばつ条件の圃場で原品種より高い収量を示すものがある。

[キーワード] 遺伝子組換え、イネ、*AtGolS2*、カラクチノール、干ばつ

[所属] 国際農林水産業研究センター 熱帯・島嶼研究拠点 生物資源・利用領域

[分類] 研究

[背景・ねらい]

作物の収量は干ばつにより顕著に低下する。これまで、遺伝子組換えによる干ばつに強いイネの開発を目的とした数多くの報告例がある。しかし、それらの多くは形質転換効率が高いモデル品種を材料として用いており、かつ形質評価は温室レベルにとどまっている。遺伝子組換え技術を干ばつに強いイネ品種の育成に利用するためには、干ばつが収量減の要因となる地域の主要品種を用いること、および干ばつ条件の圃場において収量性が高い系統を選抜育成することが必要である。本研究では、干ばつ条件の圃場で高い収量性を示すイネ系統の開発を目指し、南米およびアフリカの主要品種に乾燥耐性候補遺伝子であるシロイヌナズナに由来するカラクチノール合成酵素の遺伝子 *AtGolS2* を導入した遺伝子組換え系統を育成し、これらの干ばつ条件の圃場における収量性を明らかにする。

[成果の内容・特徴]

1. シロイヌナズナのカラクチノール合成酵素遺伝子 *AtGolS2* を導入した *Curinga* および *NERICA4*（それぞれ南米およびアフリカの主要陸稲品種）は、遺伝子組換えをしていない原品種と比べ、カラクチノールを植物体内に多量に蓄積する（図 1）。
2. *AtGolS2* 遺伝子を導入したイネでは、干ばつ条件下における葉の相対含水率や光合成能等、干ばつ抵抗性に関与する生理機能が原品種と比べ向上し、干ばつによる生育阻害が低減される。
3. 栽培期間中の無降雨期間は、2012-13 年期中においては 31 日間、2013-14 年期中においては 39 日間、2014-15 年期中においては 19 日間であり、圃場の干ばつの程度は年次間で異なる。いずれの干ばつ条件においても原品種より高い収量を示す優良系統がある（図 2）。
4. 優良系統においては原品種と比べ穂数、稔性および生長量が増加しており、これらの形質が収量増加に寄与する。

[成果の活用面・留意点]

1. 本研究における圃場試験はコロンビア国 国際熱帯農業センターの隔離圃場で実施されたが、育成・選抜された系統を実用化するために、試験を実施できるアフリカや南米の異なる地域での現地栽培試験を実施する必要がある。
2. 実用化に際しては、各国の遺伝子組換え体の取扱に関する法令に留意するとともに、国際研究機関、現地研究機関、民間企業等と協力し事業を展開する必要がある。
3. *AtGolS2* 遺伝子を導入した *Curinga* および *NERICA4* はいずれも干ばつ条件の圃場で高い収量性を示したことから、その他の陸稲品種においても同様の効果が期待できる。

[具体的データ]

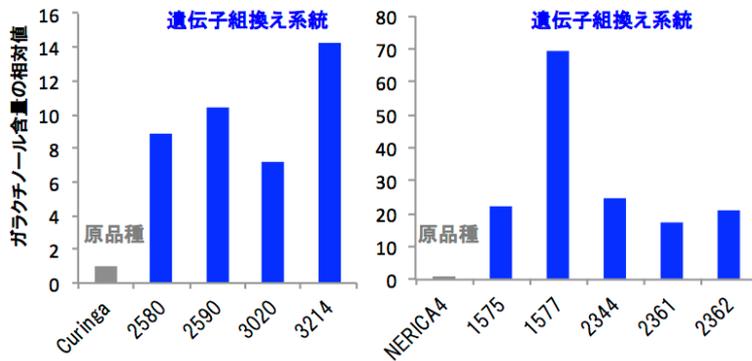


図 1 シロイヌナズナの *AtGoIS2* 遺伝子導入によるイネ植物体内へのガラクチノール蓄積量の向上
横軸は遺伝子組換え体の系統番号。

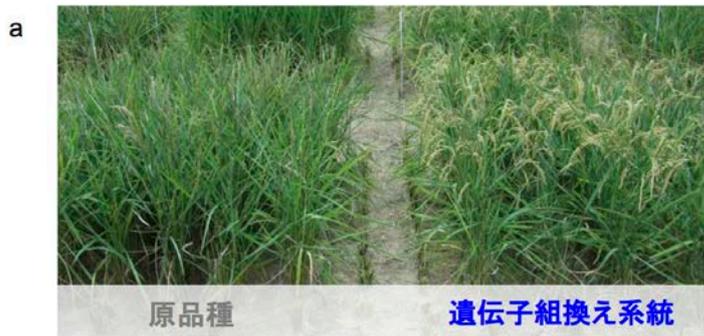
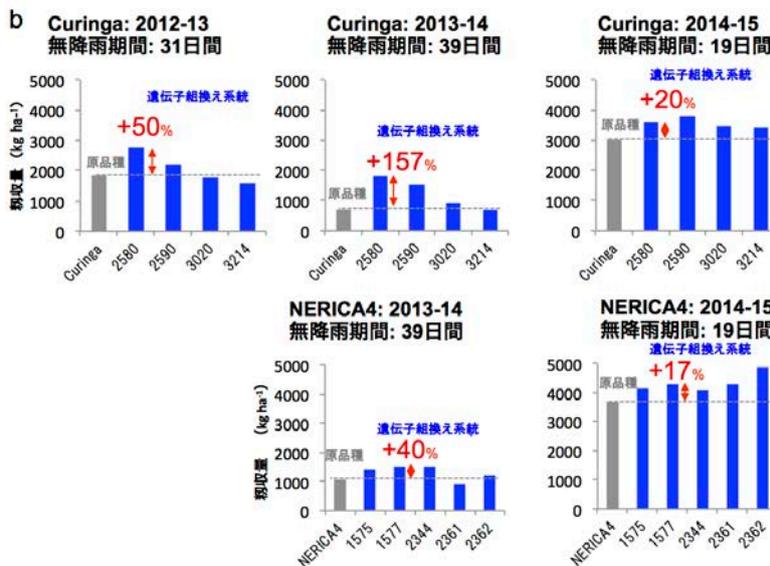


図 2 Curinga および NERICA4 に *AtGoIS2* 遺伝子を導入した遺伝子組換え系統の干ばつ条件の圃場における収量の向上



(a) コロンビア国 国際熱帯農業センターにおける干ばつ条件での隔離圃場試験の様子。左が原品種の Curinga、右が Curinga に *AtGoIS2* 遺伝子を導入した系統 2580。(b) 横軸は遺伝子組換え体の系統番号。複数年にわたり収量が原品種より有意に多かった系統 2580 および 1577 について、原品種に対する収量増分を%で示した。

[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]、受託 [農水省・乾燥耐性 GM]

研究期間：2017 年度（2013～2017 年度）

研究担当者：石崎琢磨、小賀田拓也、圓山恭之進、中島一雄、石谷学・Selvaraj M（国際熱帯農業センター）、草野都（筑波大学）、高橋史憲・篠崎一雄（理化学研究所）

発表論文等：Selvaraj M et al. (2017) Plant Biotechnology Journal, 15 (11): 1465-1477

DOI: 10.1111/pbi.12731

[成果情報名] ダイズの干ばつ耐性に関わる遺伝子 *GmERA1* の機能を解明

[要約] *GmERA1* 遺伝子の発現を抑制したダイズでは、乾燥ストレスに対する生理応答が促進され、干ばつ耐性が向上する。

[キーワード] ダイズ、干ばつ耐性、ウイルスベクター

[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]

世界各地で頻発している大規模な干ばつはダイズ生産に大きな影響を与えており、干ばつ耐性品種とその育種素材の開発が求められている。シロイヌナズナなどのモデル植物を用いた研究からは、干ばつ耐性に関わる遺伝子が多数同定されている。その一つであるシロイヌナズナ *AtERA1* 遺伝子については、*AtERA1* 遺伝子の発現を抑制することで干ばつ耐性が誘導されることが報告されている。ダイズの *AtERA1* 相同遺伝子 (*GmERA1*) についても干ばつ耐性に関わることが推定されるが、その遺伝子機能については解析されていない。一方、ダイズの研究においては、遺伝子機能の解析をするための植物材料の準備が課題の一つとなっている。そこで本研究では、短期間で植物材料を準備することが可能であるウイルスベクターを用いた実験手法を使用し、干ばつ耐性に関わることが推定されるダイズ *GmERA1* 遺伝子の機能を明らかにする。

[成果の内容・特徴]

1. リンゴ小球型潜在ウイルスはウイルスベクターとして利用されている植物ウイルスの一つであるが、*GmERA1* 遺伝子断片を発現するリンゴ小球型潜在ウイルスに感染したダイズでは、*GmERA1* 遺伝子の発現が抑制される。この手法により、短期間で目的遺伝子の機能解析が可能なるダイズ植物材料を準備することができる。
2. *GmERA1* 遺伝子の発現を抑制したダイズの葉では、乾燥ストレスに対する応答が向上し、気孔開度の指標である気孔コンダクタンスの低下と、高い葉面温度の誘導、水分損失の遅延を生じる（図 1）。また、低濃度の植物ホルモンのアブシシン酸に応答し、気孔を閉鎖する。
3. *GmERA1* 遺伝子の発現を抑制したダイズ個体では、灌水停止処理試験において高い生存率を示し、干ばつ耐性が向上する（図 2）。

[成果の活用面・留意点]

1. ウイルスベクター法を用いることで、遺伝子組換え体の作出が困難な作物種においても、短期間で干ばつに対する遺伝子の機能を解析することができると期待される。
2. ウイルスベクター法では対象とする遺伝子の発現は完全に抑制されず、また、栽培期間全体でその効果をみることは難しい。安定的な *GmERA1* 遺伝子の変異体を用いた栽培試験により、農業形質に与える影響や干ばつ耐性を調べていく必要がある。
3. *GmERA1* 遺伝子の発現を抑制した系統を作出することで、干ばつに強いダイズの育種素材の開発につながることを期待される。

[具体的データ]

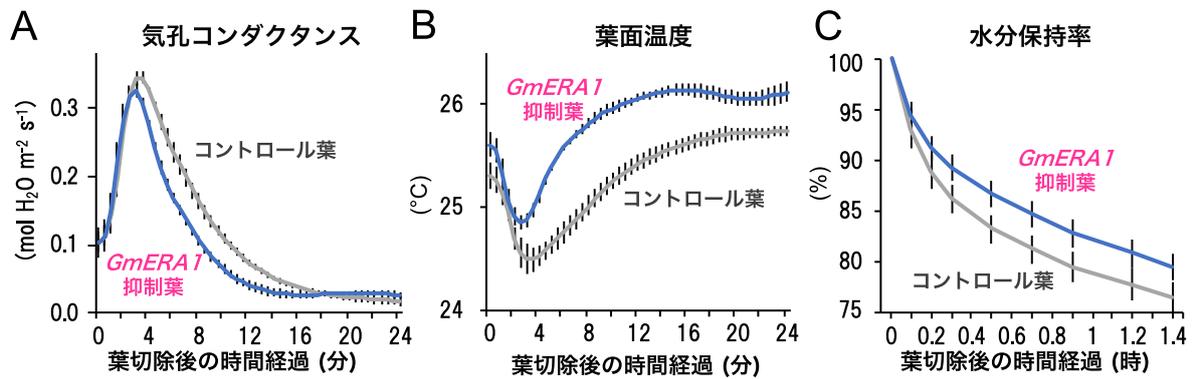


図 1 *GmERA1* 遺伝子の発現を抑制したダイズ葉における乾燥ストレス応答

GmERA1 組換えウイルスに感染したダイズ葉における、葉切除後の気孔コンダクタンス (A)、葉面温度 (B)、および水分保持率 (C) の経時的な変化。エラーバーは標準偏差 ($n = 3$ から 6)。図は Ogata et al. (2017) を改変。

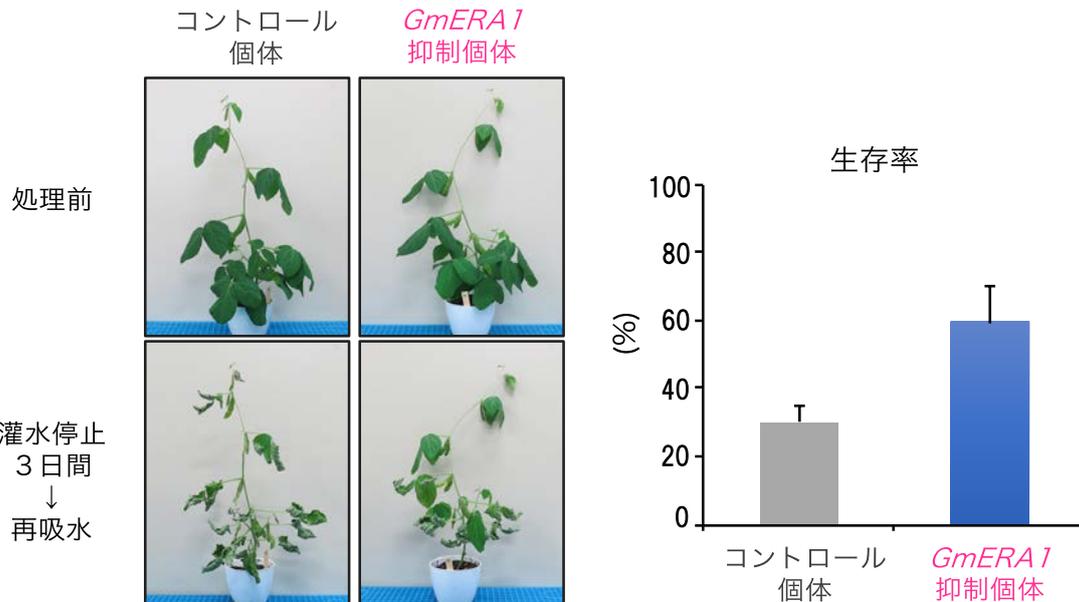


図 2 *GmERA1* 遺伝子の発現を抑制したダイズ個体の干ばつ耐性

3 日間の灌水停止処理後に再吸水させたダイズ個体の代表写真 (左) と生存率 (右)。エラーバーは標準偏差 ($n = 6$)。図は Ogata et al. (2017) を改変。

[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：2017 年度 (2016~2020 年度)

研究担当者：小賀田拓也、永利友佳理、藤田泰成、山岸紀子・吉川信幸 (岩手大)

発表論文等：Ogata T et al. (2017) PLOS ONE, 12(4): e0175650

[成果情報名] 電照処理を利用した早期出穂性エリアンサスの出穂遅延技術

[要約] サトウキビより出穂が早い日本で収集されたエリアンサスの出穂は、電照処理により遅延させることが可能である。株出し時期を遅らせた材料に処理を実施することで遅延効果が高まる。出穂を遅延させた穂は花粉親としてサトウキビとの属間交配等に利用可能である。

[キーワード] エリアンサス、出穂遅延、電照処理、サトウキビ、属間交配

[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]

エリアンサス(*Erianthus arundinaceus*)は、バイオマス生産性が高く、干ばつ等の不良な環境への適応性も優れるため、世界的にサトウキビ改良のための育種素材として注目されている。しかし、出穂がサトウキビより早いためにサトウキビとの属間交配に利用できない早期出穂性の遺伝資源が多く存在することが課題であった。そこで、早期出穂性のエリアンサス系統とサトウキビとの多様な属間交配を実現することを目的とし、日本で収集された早期出穂性のエリアンサス系統を利用して、電照処理による出穂遅延技術を開発する。

[成果の内容・特徴]

1. 国際農林水産業研究センターが保有する日本で収集されたエリアンサス遺伝資源の石垣島における出穂期は、自然日長条件下で 11 月から出穂が始まるサトウキビ育種素材より早く、最も早い JW630 は 9 月中旬、最も遅い JW4 は 10 月下旬である。
2. 出穂遅延のための電照処理（図 1）では、夏至翌日の 6 月 22 日から 8 月 23 日まで 14 時間の長日処理（電球から 1m 真下における照度は約 500lux）を実施して花芽分化を抑制し、8 月 24 日から 2 週間毎に日長時間を 30 分減少させる短日処理を自然日長条件になるまで実施して花芽分化を誘導する。
3. 電照処理により JW630、JW4 の出穂を遅延させることが可能であり、株出し（地上部を収穫して地下に残る株から茎を再生させること）の時期を遅らせて生育量を抑制した材料に電照処理を実施することで出穂遅延の効果が高まる。JW630、JW4 の電照区と自然日長区の平均出穂日の差は、それぞれ 4 月株出し区では 2 日、8 日であったのに対し、6 月株出しでは 8 日、13 日、7 月株出し区では 20 日、18 日である（図 2、3）。
4. 7 月株出しの材料に電照処理を実施することで、JW630 は 11 月上旬～中旬、JW4 は 11 月上旬～下旬に出穂するサトウキビ育種素材との属間交配が可能となる（図 3）。
5. 出穂を遅延させたエリアンサスの花粉発芽率は、JW630、JW4 とともに 25% 以上であり、それぞれ花粉親としてサトウキビとの交配に利用できる。

[成果の活用面・留意点]

1. 本成果は、早期出穂性のエリアンサスをサトウキビとの属間交配に利用する場合に活用できる。
2. エリアンサス自体をエネルギー作物として利用するための新品種開発においても活用可能である。
3. JW630 については 11 月下旬以降、JW4 については 12 月以降に出穂するサトウキビとの交配を実現するために、更なる出穂期の遅延に向けた技術開発やサトウキビの出穂を早める技術との組み合わせが必要である。

[具体的データ]



図 1 エリアンサスの電照処理の様子
2011 年 8 月、JIRCAS 熱帯・島嶼研究拠点



図 2 自然日長区（左）と電照処理区（右）
の出穂の様子（JW4、2011 年 10 月 20 日）
JIRCAS 熱帯・島嶼研究拠点

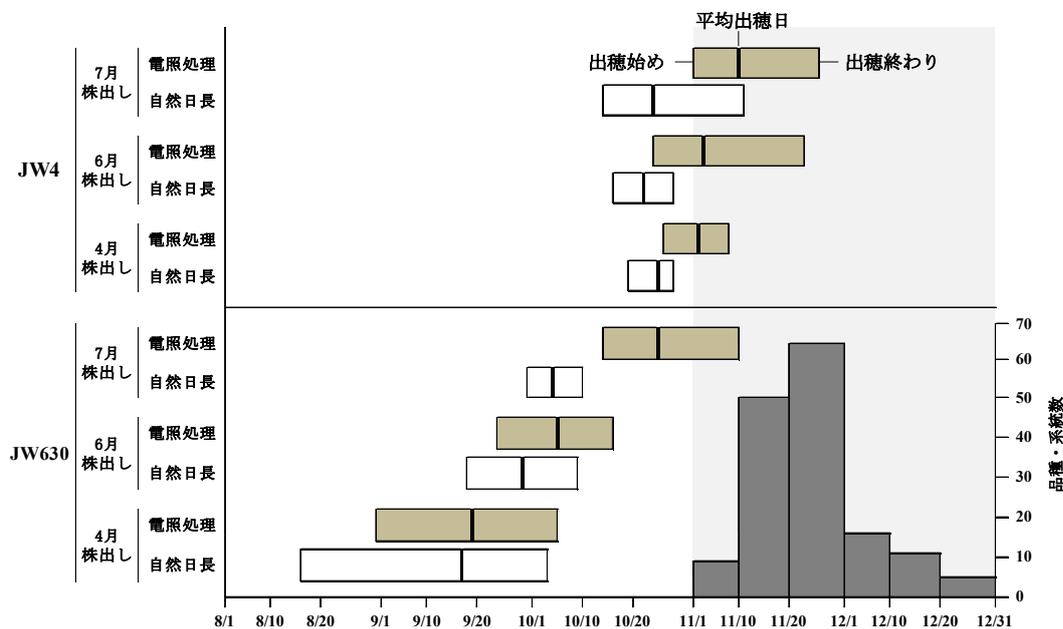


図 3 株出し時期と電照処理が JW630 および JW4 の出穂期に及ぼす影響

2 年間の試験（2010 年、2011 年）の平均値を示す。分散分析の結果、JW630、JW4 とともに株出し時期、日長処理間に有意差 ($p<0.05$) が、株出し時期と日長処理間に交互作用が認められた ($p<0.05$)。JIRCAS 熱帯・島嶼研究拠点におけるサトウキビ育種素材の出穂期は、例年 11 月上旬から 12 月下旬である。参考として、データがある 2009 年のサトウキビ育種素材（155 品種・系統）の出穂期の分布を図右下の頻度分布で示す。

[その他]

研究課題：不良環境でのバイオマス生産性が優れる新規資源作物の開発とその利用技術の開発

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 [高バイオマス資源作物]

研究期間：2017 年度（2009～2020 年度）

研究担当者：寺島義文、杉本明、高木洋子、安藤象太郎、伊禮信（沖縄県農業研究センター）、田金秀一郎（九州大学）、林久喜（筑波大学）

発表論文等：1) Tagane S et al. (2011) Trop. Agr. Develop. 55(1): 44-50

2) Terajima Y et al. (2017) Trop. Agr. Develop. 61 (3): 107-116

[成果情報名] 葉緑体ゲノム情報に基づくエリアンサス、ススキ、サトウキビの系統分化の解明

[要約] エリアンサスおよびススキの葉緑体ゲノムサイズは、それぞれ 141,210bp および 141,416bp であり、イネ科植物に共通の 76 種類のタンパク質コード領域を含む。これらの塩基配列を用いた系統解析の結果は、サトウキビがエリアンサスよりススキとより近縁であることを示す。

[キーワード] エリアンサス、ススキ、サトウキビ、葉緑体ゲノム、類縁関係

[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]

エリアンサス(*Erianthus* spp.)およびススキ(*Miscanthus* spp.)は、サッカラムコンプレックス(*Saccharum* complex)と呼ばれる一群のイネ科植物のメンバーであり、バイオマス生産性や不良環境耐性に優れているため、サトウキビの改良のための遺伝資源として、また、バイオエネルギー作物として注目されている。これらの植物種は、サトウキビと同じイネ科キビ亜科に属するが、分類学上、サトウキビと同属とする見解もあり、その分類学的位置づけや近縁種・属との類縁関係には未だ不明な点が多い。葉緑体ゲノムは、塩基配列の保存性が高く、多くの植物種で母性遺伝するため、葉緑体ゲノム内の多型性は個体間の類縁関係や系統進化の解析に有用である。本研究は、エリアンサス(*E. arundinaceus*)およびススキ(*M. sinensis*)の完全長葉緑体ゲノム配列を決定し、これらの情報をもとにサトウキビを含めた 3 種の類縁関係を明らかにする。

[成果の内容・特徴]

1. エリアンサスおよびススキにおける全葉緑体ゲノムサイズは、それぞれ 141,210bp および 141,416bp であり、大きく分けて LSC (large single copy)領域、SSC (small single copy)領域および 2 つの IR (inverted repeat)領域から構成される (図 1)。
2. エリアンサスおよびススキの葉緑体ゲノムは、79 および 78 種類のタンパク質をコードする遺伝子 (タンパク質コード領域) を含むと推定される (図 1)。
3. エリアンサス、ススキおよびサトウキビの葉緑体ゲノム配列の比較から、その構造および遺伝子数に大きな違いは認められない (図 1)。
4. エリアンサスおよびススキを含むイネ科植物に共通の 76 種類のタンパク質コード領域の塩基配列から推定された各植物種間の遺伝的距離は、サトウキビーエリアンサス間で $1.9 \pm 0.3 (10^{-3})$ 、サトウキビーススキ間で $0.9 \pm 0.2 (10^{-3})$ であった。この結果は、既報の核および葉緑体ゲノムの部分配列にもとづく結果と一致しており、サトウキビがエリアンサスよりもススキとより近縁な関係にある。
5. エリアンサスは約 910 万年前にサトウキビ祖先種から分岐したと推定され、エリアンサスがソルガムよりも以前にサトウキビ祖先種から分岐したことを示す (図 2)。

[成果の活用面・留意点]

1. 本成果は、バイオマス生産性や不良環境耐性に優れたエリアンサスやススキの分類学上の位置づけやサッカラムコンプレックスの系統進化に関する研究に貢献するとともに、サトウキビ育種のための知見を提供する。
2. エリアンサス (Accession No.: LC160130) およびススキ (LC160131) における葉緑体ゲノムの全塩基配列情報は、遺伝子配列データベース (GenBank/EMBL/DDBJ) から入手可能である。

[具体的データ]

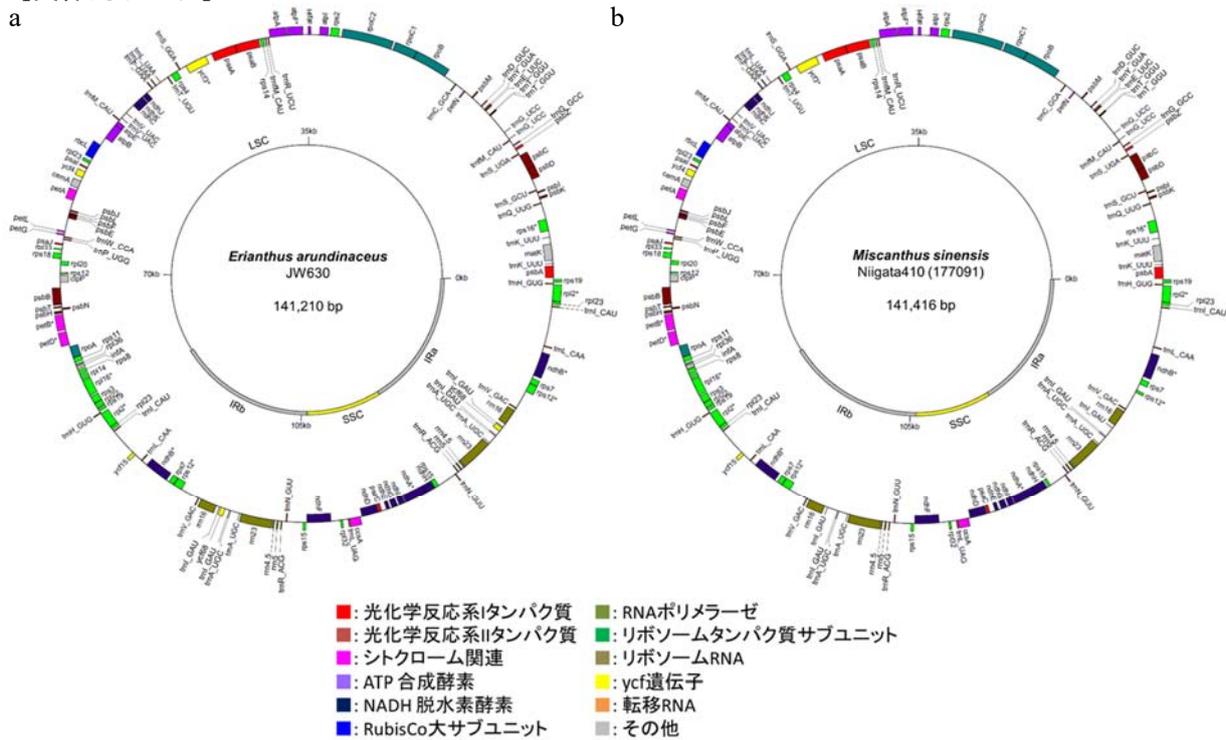


図 1 エリアンサス(a)およびススキ(b)における葉緑体ゲノムの構造

LSC: large single-copy、SSC: small single-copy、IRa および IRb: inverted repeat a および b

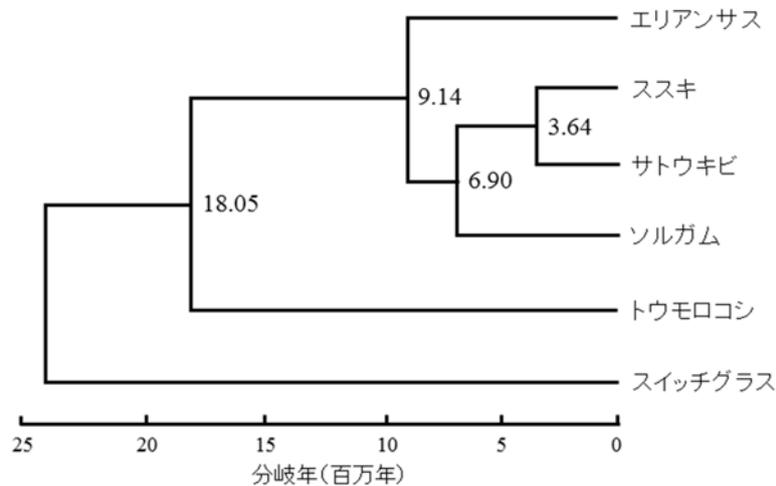


図 2 葉緑体ゲノムに含まれる 76 種類のタンパク質コード領域の多様性にもとづくイネ科植物の分岐年代

図中の数値は、推定分岐年代を示す。

[その他]

研究課題：不良環境でのバイオマス生産性が優れる新規資源作物とその利用技術の開発

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 [高バイオマス資源作物]

研究期間：2017 年度（2011～2020 年度）

研究担当者：霍田真一、蝦名真澄・小林真・高橋亘（農研機構 畜産研）

発表論文等：Tsuruta S et al. (2017) PLOS ONE, 12: e0169992

[成果情報名] 日本で収集されたエリアンサスの遺伝学的特性の解明と SSR マーカーの開発

[要約] 日本で収集されたエリアンサスは、染色体数に違いはないものの、温帯地域（九州以北）で収集された遺伝資源の DNA 含量は、沖縄を含む熱帯・亜熱帯地域で収集された遺伝資源のそれより有意に高い。これらの遺伝資源は、SSR マーカーに基づく遺伝子型から、異なる分類群を形成する。

[キーワード] エリアンサス、バイオ燃料、サトウキビ育種、SSR、DNA 含量

[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]

エリアンサス(*Erianthus arundinaceus*)は南・東南アジアの熱帯・亜熱帯地域を中心に分布する C4 型のイネ科永年性草類であり、属間雑種育種法によるサトウキビ改良のための遺伝資源として、また、草本系バイオ燃料の原料として注目されている。日本で収集されたエリアンサスは、最も高緯度地域に適応したエリアンサス遺伝資源として世界的にも注目されているが、それらの遺伝学的特性に関する研究蓄積は少ない。サトウキビやエリアンサスの遺伝・育種研究に資するため、これまで収集されたエリアンサスの遺伝学的特性を明らかにするとともに、SSR マーカーを開発する。

[成果の内容・特徴]

1. DNA 含量には収集地によって差が認められ、温帯地域（九州以北）で収集されたエリアンサス遺伝資源における DNA 含量は、熱帯・亜熱帯地域（沖縄およびインドネシア）で収集されたエリアンサス遺伝資源のそれより有意に高い値を示す（図 1、2）。
2. 温帯地域で収集された JW630 と亜熱帯地域で収集された JW4 との間に染色体数の違いはなく、 $2n=60$ である（図 1）。
3. エリアンサスから開発された 41 種類の SSR マーカーのうち、39 種類はエリアンサス遺伝資源において明瞭な増幅産物を生じ、これらの遺伝子型データから、日本で収集された遺伝資源 26 系統は、インドネシアで収集された 3 系統とは異なる分類群を形成する（図 2）。
4. 日本で収集されたエリアンサス遺伝資源は温帯地域で収集された JW630 を含むグループ（グループ Ia）と亜熱帯地域で収集された JW4 を含むグループ（グループ Ib）に細分化される（図 2）。
5. エリアンサス由来の 39 種類の SSR マーカーのうち、31 種類はサッカラムコンプレックス (*Saccharum complex*)を構成する他の属（サトウキビ属、ススキ属およびナレンガ属）に適用可能である（図 3）。

[成果の活用面・留意点]

1. 本成果は、国内遺伝資源を基軸とした新たなエリアンサス品種育成における親系統選定のための基礎情報として利用できる。
2. 他属に適用性のある SSR マーカーは、サトウキビ×エリアンサス等の属間雑種識別マーカーとしての利用が可能である。
3. 供試したエリアンサスは、国内遺伝資源から育成された品種・系統を含む。
4. 収集地域間における DNA 含量の違いは、本種の地理的拡散や生態的適応にともなうゲノム構造の変化に起因する可能性があり、今後詳細に解析する必要がある。

[具体的データ]

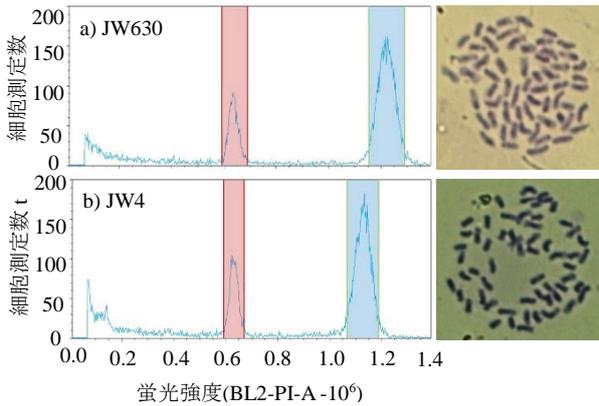


図 1 温帯(a)および亜熱帯(b)で収集されたエリアンサスにおける相対的 DNA 含量および染色体分析

赤および青で示したピークは、それぞれ内部標準および各系統の DNA 相対量を示す。

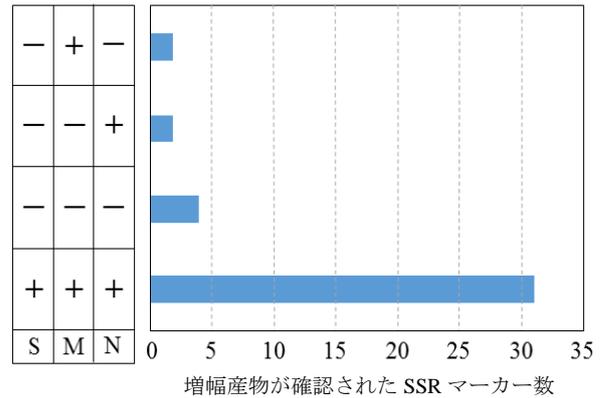


図 3 サトウキビ、ススキおよびナレンガ属における SSR マーカーの適用性

S: サトウキビ属 (7 種)、M: ススキ属 (5 系統)、N: ナレンガ属 (1 系統)、+: 増幅あり、-: 増幅なし

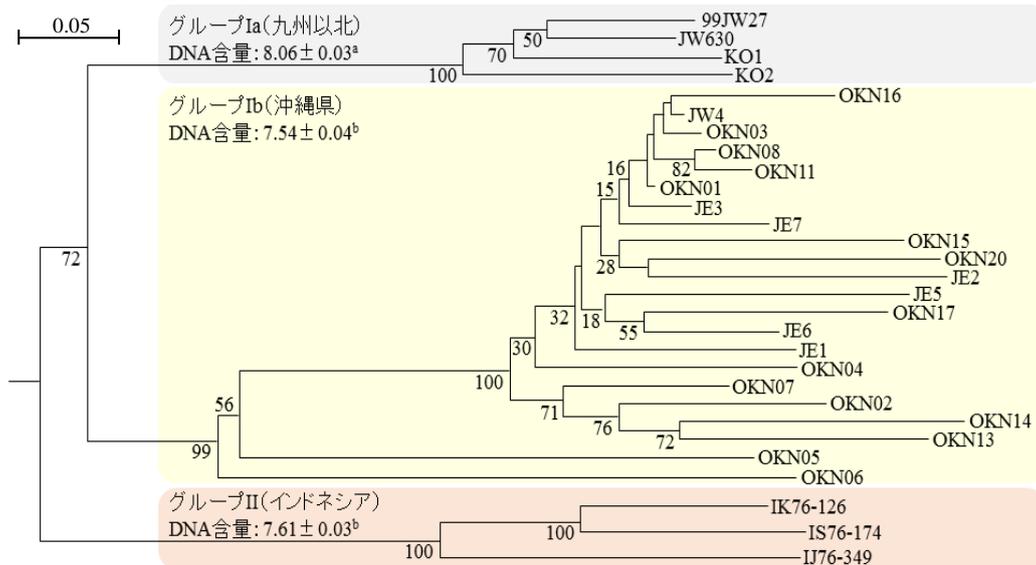


図 2 日本で収集されたエリアンサスの類縁関係と各分類群の DNA 含量

系統樹は、39 種類の SSR マーカーにもとづく遺伝子型データから算出した各系統間の類似係数 (Jaccard's coefficient) を用いて NJ (Neighbor-joining) 法により作成した。分枝上に付した数値は、ブートストラップ確率を示す。各分類群の DNA 含量 (pg/2C±標準偏差) における異なる英文字間は、Tukey's HSD 検定により有意差 (p<0.001) があることを示す。

[その他]

研究課題：不良環境でのバイオマス生産性が優れる新規資源作物とその利用技術の開発

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 [高バイオマス資源作物]

研究期間：2017 年度 (2011~2020 年度)

研究担当者：霍田真一・寺島義文、蝦名真澄・小林真・高橋亘 (農研機構 畜産研)

発表論文等：1) Tsuruta S et al. (2017) Mol Breed, 37 DOI: 10.1007/s11032-017-0675-z

2) Tsuruta S et al. (2017) Acta Physiol Plant, 39 DOI: 10.1007/s11738-017-2519-1

[成果情報名] サトウキビ白葉病の主要な媒介虫に対し高い効果を示す殺虫剤

[要約] ジノテフランは、サトウキビ白葉病の主要媒介虫であるタイワンマダラヨコバイに対し高い殺虫効果を有するが、サトウキビ圃場でズイムシ防除用に放飼されている天敵昆虫への影響が少ない。本剤は健全種茎増殖圃場で本病の虫媒感染リスクを低下させる技術の開発に利用できる。

[キーワード] 虫媒伝染性病害、媒介虫、化学的防除、殺虫剤、ファイトプラズマ病

[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]

サトウキビ白葉病は、東南アジア等で発生し、タイのサトウキビ生産において特に大きな経済的被害を及ぼしている虫媒伝染性のファイトプラズマ病である。本病に対しては、感染後の有効な治療がないことから、生長点培養法により作出された健全種茎の配布を基盤技術とする総合防除体系の開発が進められている。しかし、健全種茎の増殖圃場において、白葉病の主要媒介虫であるタイワンマダラヨコバイ (*Matsumuratettix hiroglyphicus*) 等により種茎が白葉病に感染し、健全種茎が増殖できないという問題がある。そこで、健全種茎増殖圃場における白葉病の虫媒感染リスクを低下させる技術を開発するため、タイワンマダラヨコバイの防除に適した殺虫剤を探索する。

[成果の内容・特徴]

1. ポットで 2 か月栽培したサトウキビに、タイ国内で市販されている様々な系統の殺虫剤 7 種類を施用すると (図 1 a)、シハロトリン 2.5% 乳剤、チアメトキサム 25% 顆粒水和剤、ジノテフラン 1% 粒剤でタイワンマダラヨコバイへの高い殺虫効果が比較的長期間維持される (表 1)。
2. 定植後 6~7 か月のサトウキビ圃場に、タイワンマダラヨコバイに対する効果が高い 3 種類の薬剤をそれぞれ施用し (図 1b)、小型リーフケージを用いて残効性を調査すると (図 1c)、ジノテフラン 1% 粒剤の残効性が最も高い (表 2)。
3. タイのサトウキビ圃場においてズイムシ対策として放飼されている天敵昆虫であるコマユバチの 1 種 *Cotesia flavipes* およびタマゴバチの 1 種 *Trichogramma confusum* に対する死亡率は、タイワンマダラヨコバイに対して高い殺虫効果が見られる 3 種類の薬剤のうち、ジノテフラン 1% 粒剤で低く、対照の蒸留水とほぼ同程度である (表 3)。
4. 以上より、ジノテフラン 1% 粒剤は、タイワンマダラヨコバイに対する殺虫効果が高く、ズイムシ防除のために放飼されている天敵昆虫に対する影響が少ない。

[成果の活用面・留意点]

1. 健全種茎を圃場で大量生産するためには、無病種茎の定植と媒介虫による白葉病感染リスク抑制の両者が必要であるが、本成果は後者に寄与する。
2. 本成果を用いて、ジノテフラン 1% 粒剤を基盤薬剤とする化学的防除法を開発するためには、サトウキビの生育段階ごとの残効期間を推定するとともに、サトウキビ圃場におけるタイワンマダラヨコバイ個体数の季節変動を把握し、合理的な薬剤処理時期および施用量を検討する必要がある。
3. タイのサトウキビ圃場においてジノテフラン 1% 粒剤を商業的に施用するためには、農薬登録を行う必要がある。

[具体的データ]

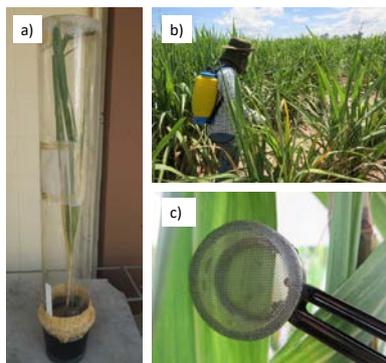


図 1 室内実験および圃場試験の方法

- a) 室内実験の様子。ケース内に媒介虫が放飼されている。
- b) 薬剤散布時のサトウキビ圃場。草丈は約 160cm。
- c) 媒介虫が放飼された小型ケージ。直径は 20mm。

表 1 室内条件下における台湾マダラヨコバイに対する残効性

薬剤名	死亡率±標準誤差 (%)		
	1 日後	7 日後	30 日後
カルバリル 85%水和剤	100 ±0a	100 ±0a	0 ±0b
カルボスルファン 20%乳剤	100 ±0a	100 ±0a	0 ±0b
カルボフラン 3%粒剤	0 ±0b	40.6±6.0b	0 ±0b
EPN45%乳剤	100 ±0a	100 ±0a	0 ±0b
シハロトリン 2.5%乳剤	100 ±0a	78.1±6.0a	6.3±6.3b
チアメトキサム 25%顆粒水和剤	100 ±0a	100 ±0a	87.5±5.1a
ジノテフラン 1%粒剤	93.8±6.3a	100 ±0a	100 ±0a
蒸留水	3.1±3.1b	0 ±0c	0±0b

ポットで 2 か月間栽培したサトウキビに薬剤を処理し、任意の期間後に供試虫を放飼する。

数値は放飼 48 時間後の死亡率を示す。

同列内の同一英文字がない数値間は、有意差があることを示す

(Tukey's HSD 法, p<0.05)。

表 2 野外条件下における台湾マダラヨコバイに対する残効性

薬剤名	死亡率±標準誤差 (%)			
	1 日後	7 日後	30 日後	60 日後
シハロトリン 2.5%乳剤	34.7±18.5b	4.0±2.3b	1.3± 1.3b	2.7± 1.3ab
チアメトキサム 25%顆粒水和剤	100 ± 0a	98.6±1.3a	30.7±10.4a	9.3± 5.8ab
ジノテフラン 1%粒剤	98.7±1.3a	100 ±0a	98.7± 1.3a	49.3±13.1a
蒸留水	5.3±2.7b	1.3±1.3b	2.7± 2.7b	1.3± 1.3b

定植 6~7 か月後のサトウキビ圃場に薬剤を処理し、任意の期間後に供試虫を放飼する。

数値は放飼 48 時間後の死亡率を示す。

同列内の同一英文字がない数値間は、有意差があることを示す (Tukey's HSD 法, p<0.05)。

表 3 天敵類に対する殺虫剤の影響

薬剤名	<i>C. flavipes</i>			<i>T. confusum</i>		
	死亡率±標準誤差 (%)			死亡率±標準誤差 (%)		
	1 日後	7 日後	30 日後	1 日後	7 日後	30 日後
シハロトリン 2.5%乳剤	79.0±6.4a	11.0±8.6a	5.0±1.6a	73.0±3.4b	20.5±3.0b	11.0±3.3a
チアメトキサム 25%顆粒水和剤	65.0±5.0a	8.0±2.0a	8.0±2.6a	98.0±2.0a	41.5±7.2a	12.0±3.7a
ジノテフラン 1%粒剤	6.0±1.9b	4.0±1.9a	2.0±1.2a	17.0±3.7c	14.0±2.0b	5.0±2.2a
蒸留水	1.0±1.0b	2.0±1.2a	0 ±0a	10.0±2.2c	9.5±2.2b	3.0±2.0a

ポットで 5 か月間栽培したサトウキビに薬剤を処理し、任意の期間後に供試虫を放飼する。

数値は放飼 48 時間後の死亡率を示す。

同列内の同一英文字がない数値間は、有意差があることを示す (Tukey's HSD 法, p<0.05)。

[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

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：2017 年度 (2014~2018 年度)

研究担当者：小堀陽一、安藤象太郎、Hanboonsong Y (コンケン大学農学部)

発表論文等：Hanboonsong Y and Kobori Y (2017) Sugar Tech, No19: 573-578

[成果情報名] バングラデシュにおけるいもち病菌レースの分化とイネ遺伝資源の抵抗性変異

[要約] バングラデシュにおける、イネ遺伝資源のいもち病抵抗性変異は多様である。イネいもち病菌レースは栽培されているイネ品種の抵抗性遺伝子型に対応しており、天水田と灌漑水田では異なるレースが分化している。

[キーワード] イネ、抵抗性、いもち病、レース、バングラデシュ

[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]

バングラデシュでは、イネいもち病被害が近年報告されている。バングラデシュでは、イネは栽培シーズンにより異なる生態型のイネが栽培されており、雨期前期の陸畑栽培での Aus、雨期後期の天水田の Aman、冬季（乾期）灌漑水田の Boro に区分される。特に Boro において、いもち病の多大な被害が発生している。しかしイネいもち病菌レースの分化やイネ抵抗性変異に関する知見は少ない。本研究ではこれらの知見を集積し、将来の防除技術の開発や遺伝的改良に資する。

[成果の内容・特徴]

1. バングラデシュ全土より採取した 331 のイネいもち病菌菌系は、23 種の抵抗性遺伝子を個別に有する判別品種群の反応から、クラスターグループ I と II に分類できる（図 1）。
2. クラスターグループ I は II に比べ、判別品種グループの「i」に含まれる抵抗性遺伝子 *Pii*、*Pi3*、*Pi5(t)* と、グループ「k」の *Pik-m*、*Pi1*、*Pik-h*、*Pik*、*Pik-p*、*Pi7(t)* に対してより高い病原性を示す（図 1）。
3. 天水田では主にクラスターグループ I の菌系が、灌漑水田では II の菌系が主に分布し、イネ栽培形態に従ってレースが変化する（図 2）。つまり、バングラデシュでは同じ地域でも栽培シーズンが変われば異なるレースが優占し、地理的分布とイネ栽培生態が対応する他の地域（日本、カンボジア、西アフリカ）とは異なる。
4. 天水田用イネ品種 BRR1 dhan34 と Sadamota から採取した菌系の多くは、グループ「i」と「k」の判別品種（*Pik-s* は除く）に対し病原性を示すが、灌漑水田の BRR1 dhan28 と BRR1 dhan47 からのものは非病原性である。
5. 一方、バングラデシュ稲研究所において保存されている 334 のイネ遺伝資源は多様な抵抗性を示し、イネの栽培シーズンごと、品種グループことで複雑な変異を示すが、保有する抵抗性遺伝子を推定すると、BRR1 dhan34 と Sadamota などは判別品種グループ「i」と「k」のいずれかの抵抗性遺伝子を有し、BRR1 dhan 28 と BRR1 dhan47 は持たない（表 1）、
6. つまり、バングラデシュにおけるいもち病菌レースは栽培シーズンごとで変化するが、それはシーズンごとに栽培されるイネ品種の抵抗性遺伝子型に対応している。

[成果の活用面・留意点]

1. 本研究成果は防除技術や抵抗性育種素材の開発研究のための有用な基礎情報となる。
2. バングラデシュでは、イネ品種の抵抗性遺伝子型といもち病菌レースとが対応することが明らかになったが、今後も感染いもち病菌レースとイネ品種を対応させた関係を詳細に解明していく必要がある。

[成果情報名] 微酸性電解水を用いたブロッコリースプラウトの機能性向上

[要約] 微酸性電解水を用いてブロッコリースプラウトを生産すると、抗酸化作用等を有する機能性物質スルフォラファンが増加するとともに、スプラウトに付着する生菌数が低減する。

[キーワード] 微酸性電解水、スプラウト、ブロッコリー、スルフォラファン

[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

[背景・ねらい]

もやしやかいわれ大根等の種子を発芽させたスプラウトは、栄養や機能性に優れた発芽野菜、新芽野菜として、多様な製品が販売されている。なかでもブロッコリースプラウトには、抗酸化作用やピロリ菌制菌作用等の機能性を有するスルフォラファンが含まれており、健康機能性食品として注目されている。一方、微酸性電解水は、我が国において 2002 年 6 月に食品添加物に指定され、低い有効塩素濃度で高い殺菌効果を有する安全性の高い殺菌料として利用されているだけでなく、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（平成 27 年度国際農林水産業研究成果情報）。そこで、電解水処理がブロッコリースプラウト中のスルフォラファン含量及びスプラウトに付着する生菌数に及ぼす影響を明らかにすることで、機能性の向上を図る。

[成果の内容・特徴]

1. 微酸性電解水（有効塩素濃度 10～50 ppm, pH 5.5）は、水道水に塩酸を添加し、無隔膜電解槽を用いて電解し調製する。ブロッコリースプラウトは、種子を各有効塩素濃度の微酸性電解水に 3 時間浸漬したのち、暗所下、25℃で各微酸性電解水を用いて 8 日間栽培する。
2. 有効塩素濃度 40 ppm の微酸性電解水を用いて栽培すると、ブロッコリースプラウト中のスルフォラファン含量、及びスルフォラファン合成酵素であるミロシナーゼの活性を最も増加させることができる（図 1）。また、電解水処理で栽培したスプラウトは水道水処理のものより若干生長が遅れるが、形状等に異常は観察されない（図 2）。
3. 微酸性電解水を用いて栽培すると、ブロッコリースプラウト表面に付着する生菌数（一定条件下で培養される中温性好気性菌数で食品の微生物汚染度の指標の一種）を初期腐敗の目安とされる 1 g あたり 10^7 個以下まで低減することができる（図 3）。

[成果の活用面・留意点]

1. 微酸性電解水で栽培したブロッコリースプラウトは、機能性成分スルフォラファンを増量した機能性食品素材として利用することができる。
2. 微酸性電解水処理によって生菌数が低減することから、製品の安全性向上、日持ち期間の延長が期待できる。
3. 微酸性電解水は次亜塩素酸水にあたることから、食品添加物の使用基準に従い、最終製品とする前に洗浄除去する必要がある。

[具体的データ]

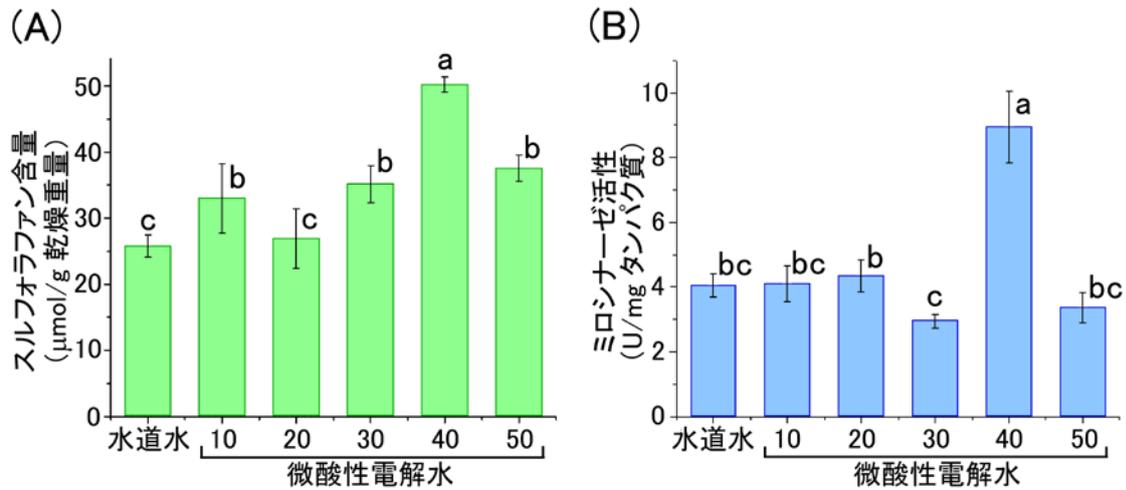


図 1 各種有効塩素濃度の微酸性電解水を用いた場合のスルフォラファン含量 (A)、及びミロシナーゼ活性 (B)

微酸性電解水の各数字は有効塩素濃度 (ppm) を示す。栽培 8 日後の試料の値を示した。両者ともに有効塩素濃度 40 ppm の場合が最も値が高い。異なるアルファベットは 5%水準で有意差がある。



図 2 微酸性電解水を用いて栽培したブロッコリースプラウト

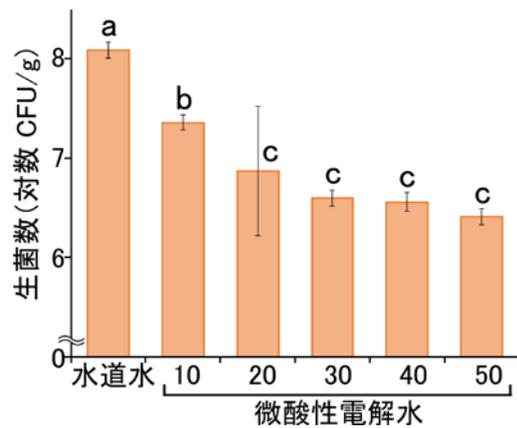


図 3 各種有効塩素濃度の微酸性電解水を用いた場合の栽培 8 日後の生菌数

CFU はコロニーフォーミングユニットの略。微酸性電解水の各数字は有効塩素濃度 (ppm) を示す。栽培 8 日後の試料の値を示した。異なるアルファベットは 5%水準で有意差がある。

[その他]

研究課題：持続的農村発展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

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：2017 年度 (2016~2020 年度)

研究担当者：蕪澤悟、Liu H・Li L (中国農業大学)

発表論文等：Li L et al. (2018) Food Research International, 105: 102-109

[成果情報名] オイルパーム樹液の pH 調整で乳酸発酵が改善する

[要約] オイルパーム幹から得られる樹液は、糖分が高く微生物にとって極めて有望な天然培地となるが、乳酸発酵において発酵能低下が認められる。樹液を弱アルカリ性に調整することで、不溶性沈殿を形成・除去できるとともに、微生物生育阻害をもたらす芳香族化合物が減少するため、樹液成分が改質され発酵阻害を防ぐことができる。

[キーワード] オイルパーム幹、樹液、乳酸、乳酸発酵

[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] 技術

[背景・ねらい]

オイルパーム幹から得られる樹液は、遊離糖をはじめ、アミノ酸やミネラルが多く含まれる天然由来の有望な微生物培地となる。これまでに、酵母菌など発酵生産試験で、その有用性を示してきたが、かねてから乳酸発酵に発酵能低下や遅滞が認められていた。乳酸発酵は飲料用途や有機酸生産において重要であるだけでなく、発酵生産における培地の適合性評価の指標となることから、樹液の汎用利用を目指すためにも改質方法を開発する必要がある。そこで、樹液 pH を調整する簡便な方法で、共存する発酵阻害物を除去し、乳酸発酵能を回復させる樹液の改質方法を開発する。

[成果の内容・特徴]

1. オイルパーム幹から得られた樹液に乳酸菌（有孢子性乳酸菌 *Bacillus coagulans*）を接種した場合、乳酸発酵は行われるものの、樹液中の糖以外の成分が乳酸発酵を阻害し、糖からの変換効率率は、理論収率の約半分(54%)となる（表 1）。
2. 樹液の pH を段階的に上昇させると、弱アルカリ側 pH において直ちに不溶性沈殿物が形成される（図 1）。この不溶性沈殿物を除去し、再び中性 pH 付近に戻した樹液を用いて乳酸発酵を行うと、乳酸発酵能が回復する。特に弱アルカリ性の pH 9.0 に調整した樹液は、乳酸の生産量、変換率、生産性が無処理と比べ 1.5~3 倍向上する（表 1）。
3. 発酵阻害の原因の一つとして、植物原料特有の芳香族化合物による微生物生育阻害が考えられる。pH 調整前後の樹液中の芳香族化合物について、ガスクロマトグラフィー質量分析法（GC/MS）により同定定量を行うと、pH 調整後の樹液では、芳香族化合物である p-ヒドロキシ安息香酸、バニリン酸、シリンジ酸、p-クマル酸、フェラル酸などの含有量が大きく減少している（図 2）。

[成果の活用面・留意点]

1. 凝集剤（ポリ塩化アルミニウム）や活性炭（ヤシ殻製）で処理した場合にも、同じように発酵能回復の効果が認められるが、pH 調整処理の方が低コストで操作性にも優れている。
2. 不溶性沈殿には芳香族化合物の他、ミネラルも数%含まれるため、肥料等へ有効利用することが可能である。

[具体的データ]

表 1 pH 調整による樹液の乳酸発酵特性

pH 調整	樹液中の糖濃度 * ¹ (g/L)	乳酸生産量 (g/L)	乳酸変換効率 * ² (g/g)	乳酸生産性 * ³ (g/L/h)
調整なし (pH 5.6)	78.7 ± 2.4	42.7 ± 1.1	0.54	0.89
pH 6.0	61.4 ± 1.2	53.9 ± 2.2	0.88	2.25
pH 7.0	66.8 ± 0.7	57.1 ± 2.8	0.85	2.38
pH 8.0	65.9 ± 0.7	60.8 ± 2.5	0.92	2.53
pH 9.0	69.0 ± 2.3	63.3 ± 1.4	0.92	2.64
pH 10.0	66.4 ± 1.2	61.2 ± 2.8	0.92	2.55

*1:遊離糖（グルコース、フラクトース、スクロース）の濃度, *2:糖 1g からの乳酸生産量,
*3:時間あたりの乳酸生産量



図 1 pH 調整した時の樹液の様子

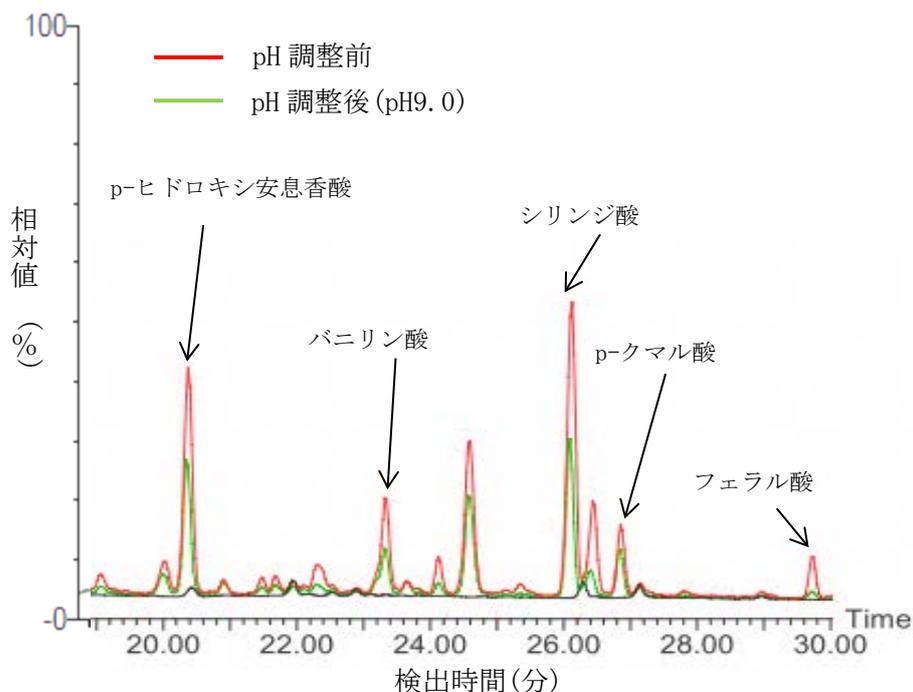


図 2 GC/MS による pH 調整による樹液中の成分の変化

[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：2017 年度（2011～2020 年度）

研究担当者：荒井隆益、小杉昭彦、Kunasundari B・Sudesh K（マレーシア理科大学）

発表論文等：1) Kunasundari B et al. (2017) Appl. Biochem. Biotechnol, No183:412-425

2) 小杉昭彦、荒井隆益 日本国特許第 6238416 号 樹液の調製方法

[成果情報名] 開花遺伝子の発現動態から東南アジア熱帯雨林の「一斉開花」現象を予測する

[要約] 東南アジア熱帯雨林の主要林冠構成樹種であるフタバガキ科樹種は、一定の乾燥かつ低温の気象条件が 9～11 週間続くと一斉開花する。環境要因、開花遺伝子の発現、一斉開花の関連性に基づいて開発したモデルにより、これまで困難であったフタバガキの一斉開花が降水量と気温のデータから予測できる。

[キーワード] 東南アジア熱帯雨林、一斉開花、フタバガキ科、開花遺伝子、開花予測モデル

[所属] 国際農林水産業研究センター 林業領域

[分類] 研究

[背景・ねらい]

東南アジアの熱帯雨林ではフタバガキをはじめとする様々な樹種の木々が数年に一度、不定期に一斉に開花・結実する「一斉開花」という現象が起きる（図 1）。一斉開花は主に低温や乾燥などの環境要因によって起こると考えられているが、その関連性は解明されておらず、これまで一斉開花を予測することは困難だった。

フタバガキ科の樹木は一斉開花を起こす東南アジアの熱帯雨林を構成する代表的な樹種で、ラワン材として広く利用されている。実生苗木の生産は天然種子の採取に依存しているが、種子を保存できず開花・結実も予測できないため、計画的な苗木生産ができなかった。また、気候変動による環境要因の変化で一斉開花の発生パターンに変化が生じれば、フタバガキ科を含む樹木の再生産ばかりでなく動物相も含めた森林生態系への深刻な影響が危惧される。そこで、約 4 年間にわたるフタバガキ科サラノキ属の主要 2 樹種（*Shorea curtisii* および *S. leprosula*）の開花遺伝子の発現と環境要因のモニタリングにより、フタバガキの一斉開花予測モデルを開発する。

[成果の内容・特徴]

1. 多くの植物の開花遺伝子の一つと考えられる *FT* および *LFY* 遺伝子がフタバガキ科でも見いだされ、一斉開花の少なくとも 1 ヶ月前に葉と芽の両方でこれらの遺伝子の発現が開始する（図 2）。
2. 開花遺伝子の発現を引き起すには、9～11 週に渡り連続して日平均気温が 25.7℃を下回り、かつその期間の降水量が 182mm を下回る気象条件が必要である。乾燥または低温の条件の一方でも満たされなければ開花遺伝子は発現しない（図 2）。
3. フタバガキ科の主要樹種では、一定の乾燥かつ低温の気象条件が 9～11 週間続くと開花遺伝子が発現し、さらに 1 ヶ月以上を経て一斉開花に至る。このことから、環境要因、開花遺伝子および一斉開花の関連性が認められる。
4. これらの知見から開発したフタバガキの一斉開花予測モデル（図 3）により、ある地域の降水量と気温のデータに基づきその地域でのフタバガキ科樹種の一斉開花の予測が可能となる。

[成果の活用面・留意点]

1. 一斉開花の地域と時期を予測することにより、これまで偶然の観測に頼っていた苗木生産のための種子採取が計画的かつ効率的に行えるようになり、苗木の安定生産に貢献できる。
2. 今後起こりうる気候変動の下での一斉開花現象の変化を予測することで、気候変動が与える森林更新、生態系への影響の考察に貢献する。
3. 今回の結果は観測期間 4 年間の間に生じた 2 回の一斉開花を基に予測モデルを構築している。一斉開花の観測機会が増えれば、より精度の高い予測モデルへの改良が可能となる。

[具体的データ]

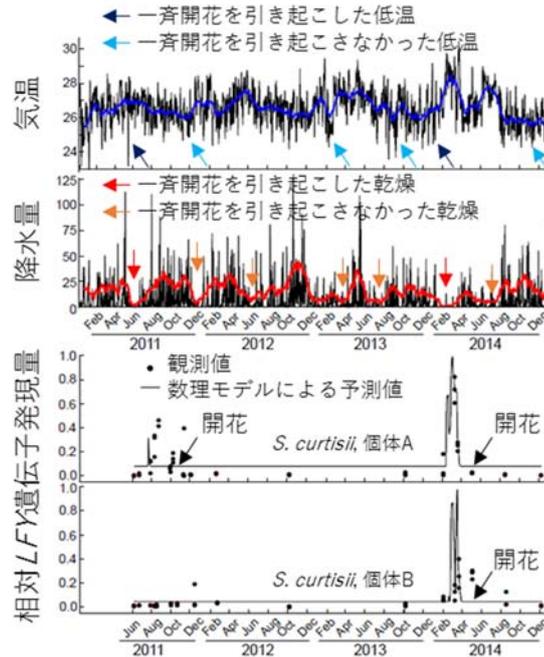


図 1 *S. curtisii* の結実の様子（セマンコック森林保護区にて 2014 年 7 月撮影）

図 2 観測期間中の気温、降水量データおよび開花遺伝子の発現量

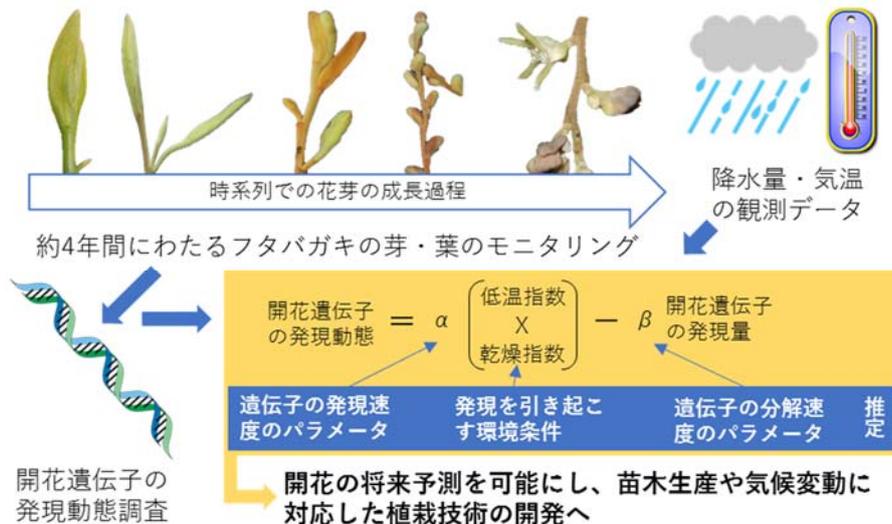


図 3 フタバガキの一斉開花予測モデルの開発手順

[その他]

研究課題：開花遺伝子発現量と土壌・植物養分条件の統合分析による一斉開花機構の解明

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：科研費 [基盤研究(A)]

研究期間：2017 年度（2014～2016 年度）

研究担当者：谷尚樹、佐竹暁子（九州大学）、市榮智昭（高知大学）、沼田真也（首都大学）、Yeoh S H（マラヤ大学）、Lee S L・Basherudin N・Muhammad N（マレーシア森林研究所）

発表論文等：Yeoh S H et al. (2017) *Molecular Ecology*, 26: 5074-5085

[成果情報名] ラオス在来テナガエビ *Macrobrachium yui* の浮遊幼生飼育技術の開発

[要約] ラオス在来テナガエビ *Macrobrachium yui* の浮遊幼生は、孵化後から着底するまでは塩分 3.5 ppt の人工海水で飼育し、その後 1 週間を 1.7 ppt で馴致飼育した後に淡水飼育を開始することが好適条件である。この方法を用いることで浮遊幼生の 70%以上が稚エビまで成長する。

[キーワード] ラオス、テナガエビ、養殖、浮遊幼生

[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]

ラオス北部のメコン川支流で漁獲され貴重な収入源となっているラオス在来テナガエビ *Macrobrachium yui* は、開発による環境破壊や乱獲によりその漁獲量が減少しており、これまでに本種の浮遊幼生の飼育手法の概要が明らかになっている（平成 20 年度研究成果情報 No.23）。本研究では、より詳細な浮遊幼生の飼育条件検討に加え、浮遊幼生の天然生息域である洞窟の水のイオン組成を明らかにすることで、浮遊幼生から稚エビまでの好適飼育条件を見出し、天然資源に依存しない *M. yui* の養殖に必要な種苗生産技術確立につなげる。

[成果の内容・特徴]

1. 1 対の親より得られた孵化 1 日後の *M. yui* 浮遊幼生（図 1A）を 20 尾ずつ、塩分が 0（淡水）、1.7、3.5、10.5 ppt の人工海水を用いた 4 区に分けて水温 23°C に維持した 1.5 L 水槽に收容し、着底するまで（約 24 日間、図 1B）の生残率を調べる。23 尾の親エビ（図 1C）を使用（23 反復）して実験を行った結果、塩分 3.5 ppt 人工海水区での生残率が平均 91.7%と最も高い（図 2）。なお、本実験で用いた親エビの平均抱卵数は 80.8 粒である。
2. 浮遊幼生を塩分 3.5 ppt 人工海水中で着底するまで飼育した後、最初の 1 週間を塩分 1.7 ppt 人工海水で馴致させた後に淡水飼育を開始することで 78%と最も高い生残率が得られる（n=93~107, 図 3）。
3. 天然生息域において *M. yui* 浮遊幼生の存在が確認された洞窟水のイオン組成は、河川水とは大きく異なる（表 1）。また、塩分 3.5 ppt 人工海水との比較では、塩分 3.5 ppt 人工海水の Ca^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 Mg^{2+} の濃度が洞窟水のそれに比較的近い（表 1）。これら 3 種のイオン、あるいはその一部が *M. yui* 浮遊幼生の成育に必須であると推察される。

[成果の活用面・留意点]

1. 本研究により開発された人為管理下で *M. yui* の浮遊幼生から稚エビまで飼育する技術は、将来的に天然資源に依存しない *M. yui* 養殖技術確立に大きく貢献するとともに、他のラオス在来テナガエビの種苗生産技術への活用も期待できる。
2. *M. yui* は地域個体群ごとの遺伝的多様性が低下しており、開発に伴う環境変化などによる絶滅が危惧されている。本研究成果は、地域個体群の継代維持や個体群が減少した流域での稚エビ放流等に有用な知見となり、将来にわたる *M. yui* 天然資源の保全に貢献する。
3. 天然資源に依存しない *M. yui* 養殖技術確立には、本技術に加えて、人為管理下で成熟した親エビを生産する技術開発も必要となる。

[具体的データ]

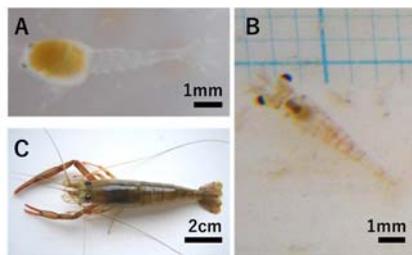


図 1 *Macrobrachium yui*
A: 孵化後の浮遊幼生
B: 着底後の稚エビ
C: メスの親エビ

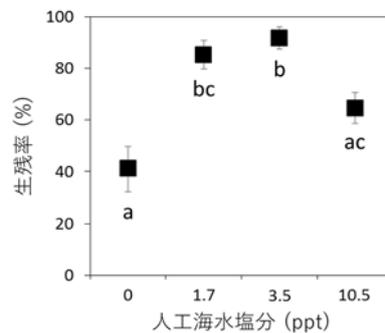


図 2 塩分 0~10.5 ppt の人工海水で飼育した *M. yui* 浮遊幼生の着底まで（約 24 日間）の生存率

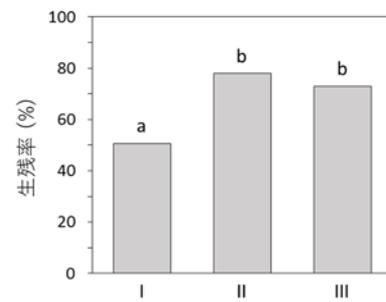


図 3 *M. yui* 着底後 2 週間の生存率
I: 塩分 3.5 ppt の人工海水で 2 週間飼育(n=93)
II: 1 週目を塩分 1.7ppt の人工海水、2 週目を 0 ppt で飼育(n=100)
III: 0 ppt で 2 週間飼育 (n=107)

表 1 塩分 3.5 ppt 人工海水、洞窟水、および河川水のイオン組成の比較 (mg/L)

イオン	塩分3.5ppt 人工海水*	洞窟水 (n=4) (平均 (標準誤差))	河川水 (n=12) (平均 (標準誤差))	U 値	P 値
Cl ⁻	1767.9	1.04 (0.14)	0.34 (0.12)	53	0.025
NO ₃ ⁻	N.D.**	2.06 (0.63)	0.19 (0.06)	57	0.006
SO ₄ ²⁻	270.4	67.48 (46.88)	9.52 (3.96)	52	0.034
Na ⁺	1053.9	6.34 (0.46)	8.85 (1.33)	28	0.505
K ⁺	41.5	0.68 (0.06)	1.07 (0.09)	12	0.009
Mg ²⁺	134.9	16.61 (3.60)	8.49 (1.48)	53	0.025
Ca ²⁺	62.5	108.28 (4.80)	41.18 (5.12)	58	0.004

*Kester et al., (1967) Limnol. Oceanogr., 12: 176-179.

**N.D., no data (データなし)

[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]

研究期間：2017 年度（2011~2015 年度）

研究担当者：奥津智之、森岡伸介、伊藤明（水産研究・教育機構）、濱田康治（農研機構 農工研）、Chanthasone, P.・Kounthongbang, A.・Phommachan, P.・Lasassima, O.（ラオス水生生物資源研究センター）

発表論文等：Okutsu T et al. (2017) Aquaculture International, DOI: 10.1007/s10499-017-0218-y