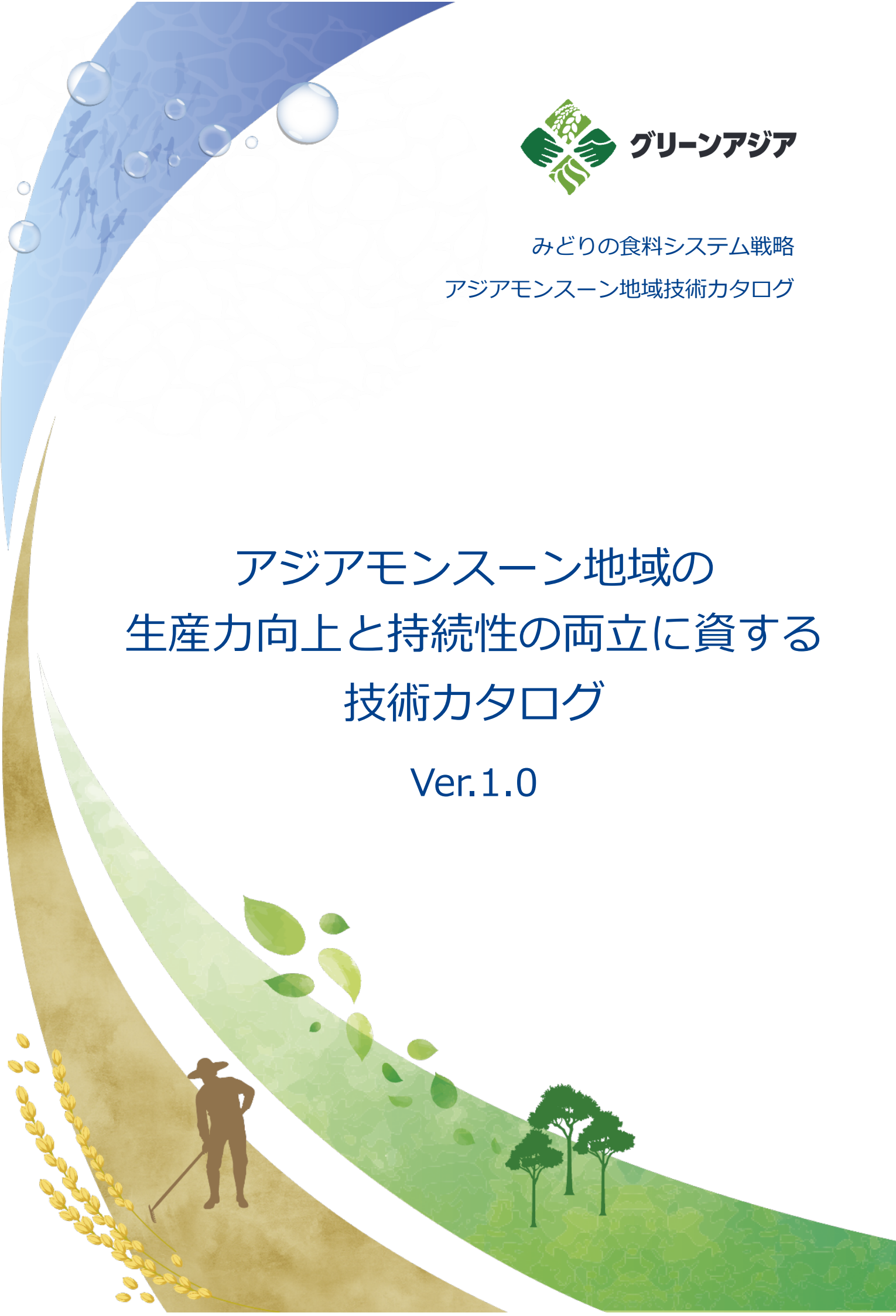




みどりの食料システム戦略
アジアモンスーン地域技術カタログ

アジアモンスーン地域の 生産力向上と持続性の両立に資する 技術カタログ

Ver.1.0



みどりの食料システム国際情報センター（2023）『アジアモンスーン地域の生産力向上と持続性の両立に資する技術カタログ』Ver. 1.0、国際農林水産業研究センター

この技術カタログに掲載されている個々の情報(テキスト、図版、写真など)の知的財産権は、各技術の開発機関又は正当な権利を有する者に帰属します。出典が確認できる形で全部又は一部の複製と配布は可能ですが、無断での転載と改変は禁止します。引用等を行う場合には、必ず出典を明記してください。

はじめに

2021 年 5 月、我が国では持続可能な食料システムの変革の達成に向けて、食料・農林水産業の生産力向上と持続性の両立をイノベーションで実現する「みどりの食料システム戦略」が策定されました。

我が国の食料システムを変革するために開発された技術の中には、高温多湿、稲作を主体とした農業、中小規模の農業者の割合が高いなどの特徴を共有するアジアモンスーン地域に適用可能なものがあります。同地域に適用可能な技術の実装を促進するため、農林水産省は 2022 年度 から「みどりの食料システム基盤農業技術のアジアモンスーン地域応用促進事業」を開始し、国立研究開発法人国際農林水産業研究センター（国際農研）が「グリーンアジアプロジェクト」として実施しています。

今般、グリーンアジアプロジェクトの活動の一環として、関係機関との協力のもと、「アジアモンスーン地域の生産力向上と持続性の両立に資する技術カタログ」を作成しました。本技術カタログは、近年（直近 10 年程度）我が国が国内での研究あるいは国際共同研究で得た成果から、アジアモンスーン地域での活用が期待され、持続可能な食料システムの構築に貢献しうる技術を取りまとめたものです。

本カタログに掲載される技術が、アジアモンスーン地域の行政官、研究者、普及担当、農業者、民間セクターを含む多様な関係者の参考となり、あるいは、最適化や調整をとおして各地での実装につながることで、アジアモンスーン地域諸国における食料システムの変革の一助となれば幸いです。

技術カタログの内容について

本カタログは、以下のように構成されています。

タイトル。技術名と期待される効果を示します。

持続可能な食料システムの構築に向けた貢献分野を示します。

この技術が食料サプライチェーンのどの段階を対象とするのか示します。「調達」「生産」「加工・流通」「消費」。

現状での技術開発成果のステージを示します。「実証」あるいは「実装」。

メタン発酵消化液と間断かんがいの組合せによるGHG排出削減技術

生産

実証

品目:水稲

温室効果ガス

概要

未利用のまま排出されているメタン発酵消化液を水稲栽培の肥料として、間断かんがいと組み合わせることで、化学肥料の使用を削減し、水稲収量を減らすことなく水田からのメタン等のGHG排出を削減できる。

背景・効果・留意点

ベトナムでは家畜糞を原料とする小規模バイオガス生産とその家庭内利用が普及しているが、窒素等の植物養分を多く含む廃液(メタン発酵消化液)は未処理のまま水系へ排出されている。このメタン発酵消化液を、化学肥料の代わりに水稲栽培の肥料として施用した上で水田を一時期乾かす間断かんがいと組み合わせることで、地域資源を有効利用しつつ、水稲栽培からのGHG排出量を削減できる。

ベトナムの事例では、牛糞を原料とするメタン発酵消化液を、田面水深*を指標とした間断かんがい(AWD)や日本型の中干し+日数を指標とした間断かんがい(MIDI)と組み合わせることで、消化液を水系に排出して化学肥料を施用する常時湛水の慣行管理と比較し、収量ややわら収量を減らすことなく、メタン排出量を11~13%、一酸化二窒素排出量を35~54%それぞれ削減した。本技術は、家畜糞を原料とするメタン発酵消化液を肥料として利用する他の水稲作地域にも適用できる。

田面水深: 水田における水位。湛水すればプラス、排水で地表より下がればマイナスと計測する。

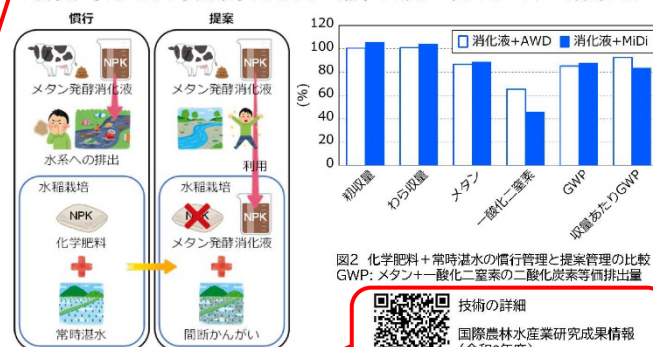


図2 化学肥料+常時湛水の慣行管理と提案管理の比較
GWP: メタン+一酸化二窒素の二酸化炭素等価排出量

図1 未利用のメタン発酵消化液を間断かんがいと組み合わせて利用する水田からのGHG排出削減技術の提案



技術の詳細
国際農林水産業研究成果情報
(令和3年度)

https://www.jircas.go.jp/ja/publication/research_results/2021_a01

国立研究開発法人
国際農林水産業研究センター JIRCAS
国際農研

共同研究機関や、詳しい技術情報は、QRコードやURLのリンク先で確認可能です。

この技術を開発した研究機関のうち、我が国の代表機関を示します。

目 次

技術名	みどり戦略 貢献分野	品目	段階	ページ
農業生産と温室効果ガスの排出削減を両立する水田の「中干し延長」	温室効果ガス削減	水稲	実証	1
メタン発酵消化液と間断かんがいの組合せによる温室効果ガス排出削減技術	温室効果ガス削減	水稲	実証	2
間断かんがい(AWD)技術による水稲栽培におけるライフサイクル温室効果ガス削減効果の推計手法	温室効果ガス削減	水稲	実証	3
農業用水路の熱エネルギーを利用する施設園芸の省エネ・低炭素化技術	温室効果ガス削減	施設園芸	実証	4
家畜排せつ物由来の温室効果ガス排出削減技術	温室効果ガス削減	畜産	実証 実装	5
カシューナッツ殻液給与による肉牛からのメタン排出量削減技術	温室効果ガス削減	畜産	実証	6
「微生物糖化」と「バイオメタネーション」による農業残渣から安価で高効率なメタンガスと水素の生産	温室効果ガス削減 バイオマス活用	農業残渣	実証	7
オイルパーム油産業から排出される未利用バイオマスを安価に再資源化する「原料マルチ化プロセス」	温室効果ガス削減 バイオマス活用	オイルパーム	実証	8
窒素肥料を低減しても収量を維持できる生物的硝化抑制（BNI）強化コムギ	温室効果ガス削減 化学肥料低減	コムギ	実証	9
農業生産と洪水被害軽減を両立できる「田んぼダム」	気象災害の回避	水稲	実証	10
衛星画像を用いた水田周辺河川の塩水遡上（そじょう）のモニタリング	気象災害の回避	水稲	実証	11
水害の危険性を予測し被災情報を共有する「ため池防災支援システム」	気象災害の回避	防災	実証	12
埋設資材を用いず簡単に暗渠排水を構築する穿孔暗渠機「カットドレーン」	気象災害の回避	畑作物	実装	13
イネいもち病防除のための「イネいもち病国際判別システム」	化学農薬低減	水稲、陸稲	実証	14
サトウキビ白葉病対策としての健全種茎増殖・配布システム	化学農薬低減	サトウキビ	実装	15
水田作の生産性向上に資するスマート農業技術	労働生産性向上	水稲	実証 実装	16
スマート農業を促進する制御通信の国際標準に対応した農業機械	労働生産性向上	農業機械	実証 実装	17
簡易茎頂接ぎ木法によるパッションフルーツのウイルスフリー化技術	労働生産性向上	パッション フルーツ	実装	18
農業用水の使用量および水管理の労力・電力を軽減する ICT を活用した水田水管理システム	資源管理 労働生産性向上	水稲	実装	19
繊維の生産性が高いサトウキビ新品種「TPJ04-768」	バイオマス活用	サトウキビ	実装	20
バイオマス生産用エリアンサス新品種「JES1」	バイオマス活用	エリアンサ ス	実装	21
アジアモンスーン地域で利用可能な簡易・高感度な口蹄疫抗原検出キット	越境性疫病の予防	畜産	実装	22
麺を酸性に保つことによる発酵型米麺の液状化の抑制	食品ロス削減	発酵型米麺	実装	23

農業生産と温室効果ガスの排出削減を両立する水田の「中干し延長」

生産

実証

品目: 水稻

温室効果ガス削減

概要

水稻栽培の中干し*（図1）を通常より1週間長くすることで、水稻の収量や品質には影響を及ぼすことなく水田からのメタン発生量を平均約30%削減できる。

*増収、品質向上を目的としてイネの最高分げつ期頃に行う落水処理。通常は1～2週間程度行う。

背景・効果・留意点

メタンは、地球温暖化に及ぼす影響が二酸化炭素に次いで大きい温室効果ガスである。水田土壌から発生するメタンは、世界の人為起源メタン発生量の約10%を占め、その削減は急務である。

このため、日本の8県の農業試験研究機関の協力を得て、全国9か所で中干し期間の延長による水田からのメタン発生量の削減効果を検証した（図2）。その結果、水稻栽培の中干しを通常より1週間長くすることで、水稻の収量やタンパク含量には影響を及ぼすことなく、水田からのメタン発生量を平均約30%削減できることを明らかにした（図3）。

留意点：土壌中カドミウム濃度の高い地域においてはカドミウム吸収量が増加する可能性があるため該当地域以外での取り組みを推奨する。土壌中ヒ素は、中干の延長により吸収量の低減が期待される。



図1 中干し中の水田

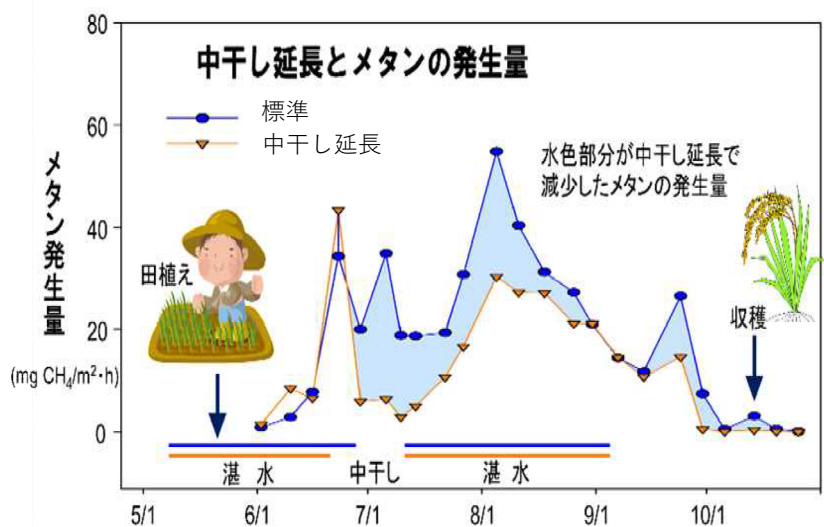


図2 水稻の栽培期間中のメタン発生量の変化と中干し延長による削減効果（福島県の例）

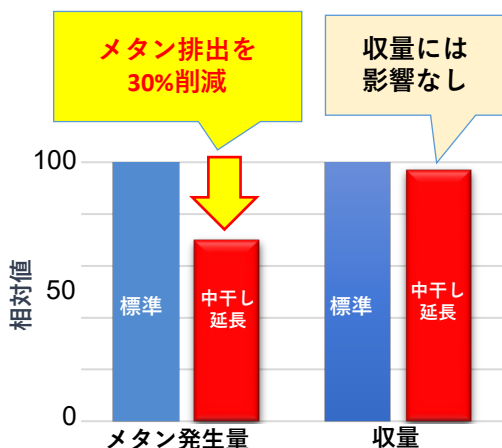


図3 中干し延長によるメタン発生量と収量への影響



技術の詳細

https://www.naro.affrc.go.jp/archive/niaes/sinfo/result/result29/result29_02.html

http://www.naro.affrc.go.jp/archive/niaes/techdoc/methane_manual.pdf

国立研究開発法人
農業・食品産業技術総合研究機構



メタン発酵消化液と間断かんがいの組合せによる温室効果ガス排出削減技術

生産

実証

品目:水稲

温室効果ガス削減

概要

未利用のまま排出されているメタン発酵消化液を水稲栽培の肥料として、間断かんがいと組み合わせることで、化学肥料の使用を削減し、水稲収量を減らすことなく水田からのメタン等の温室効果ガス(GHG)排出を削減できる。

背景・効果・留意点

ベトナムでは家畜糞を原料とする小規模バイオガス生産とその家庭内利用が普及しているが、窒素等の植物養分を多く含む廃液(メタン発酵消化液)は未処理のまま水系へ排出されている。このメタン発酵消化液を、化学肥料の代わりに水稲栽培の肥料として施用した上で水田を一時期乾かす間断かんがいと組み合わせることで、地域資源を有効利用しつつ、水稲栽培からのGHG排出量を削減できる。

ベトナムの事例では、牛糞を原料とするメタン発酵消化液を、田面水深*を指標とした間断かんがい(AWD)や日本型の中干し+日数を指標とした間断かんがい(MiDi)と組み合わせることで、稲収量やわら収量を減らすことなく、メタン排出量を11~13%、一酸化二窒素排出量を35~54%それぞれ削減した(図2)。本技術は、家畜糞を原料とするメタン発酵消化液を肥料として利用する他の水稲作地域にも適用できる。

*田面水深: 水田における水位。湛水すればプラス、排水で地表より下がればマイナスと計測する。

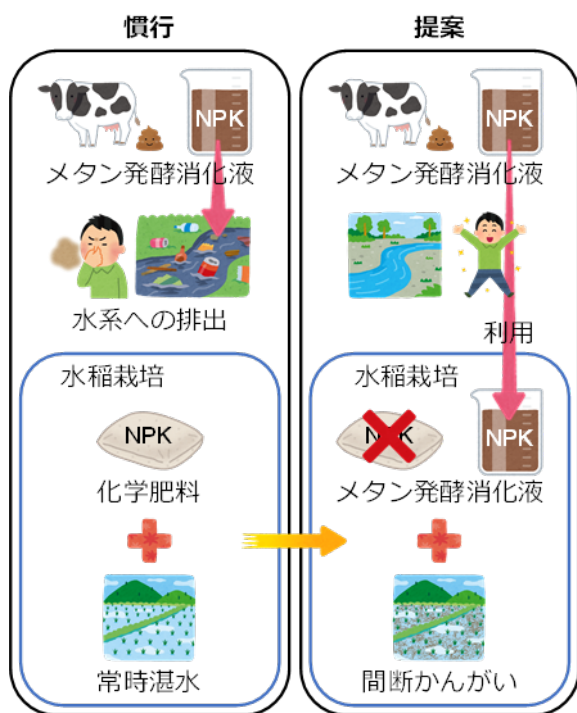


図1 未利用のメタン発酵消化液を間断かんがいと組み合わせて利用する水田からのGHG排出削減技術の提案

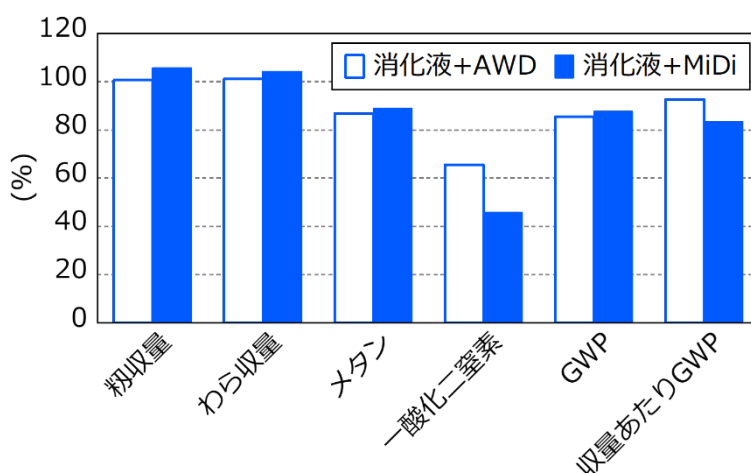


図2 化学肥料+常時湛水の慣行管理と提案管理の比較
GWP: メタン+一酸化二窒素の二酸化炭素等価排出量



技術の詳細

国際農林水産業研究成果情報
(令和3年度)

https://www.jircas.go.jp/ja/publication/research_results/2021_a01

国立研究開発法人
国際農林水産業研究センター



間断かんがい(AWD)技術による水稻栽培におけるライフサイクル温室効果ガス削減効果の推計手法

生産

実証

品目:水稻

温室効果ガス削減

概要

間断かんがい(AWD*)技術導入農家においてライフサイクル[†]で発生する温室効果ガス(GHG)を推計できるライフサイクルアセスメント手法を開発した。

*AWD: Alternate Wetting and Drying

[†]ライフサイクル: 本手法では、コメ生産の資材及び機械の製造から作物収穫・稲わら処理までの各段階とする。

背景・効果・留意点

間断かんがい(AWD)は、常時湛水に比べ、節水を可能にしながら、水田からのGHGを削減できる。AWDでは、水田の土壌が乾燥するまで入水せず、乾燥後入水する管理が繰り返される(図1)。

開発したライフサイクルアセスメント手法は、資材の製造から水稻栽培に至る各段階のGHG(図2)を「ライフサイクル温室効果ガス(LC-GHG)」として集計するものであり、本推計手法を用いることで、AWDにより生じたトレードオフ(例、土壌由来メタン(CH_4)削減や一酸化二窒素(N_2O)排出量の増加)を考慮しながら、AWDによるインパクトを評価することができる。

本手法は、施策立案や更なるAWDの普及のためにアジアモンスーン地域で用いることが可能であり、ベトナムの事例では、AWDの採用で、41%のLC-GHGが削減されると推計された(図3)。なお、本手法ではIPCCガイドラインに示された手法を一部で用いており、推計を容易にしている一方で、国や地点による違いが反映できないため各地の圃場での観測データ(土壌由来 CH_4 や N_2O 排出量)がある場合、そちらのデータに置き換えた推計が望ましい。

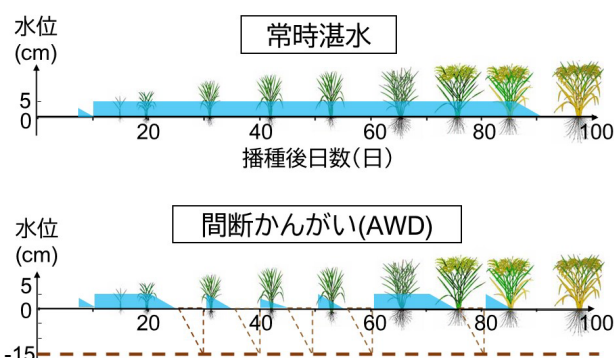


図1 従来(常時湛水)とAWDにおける一作期中の水管理(例)

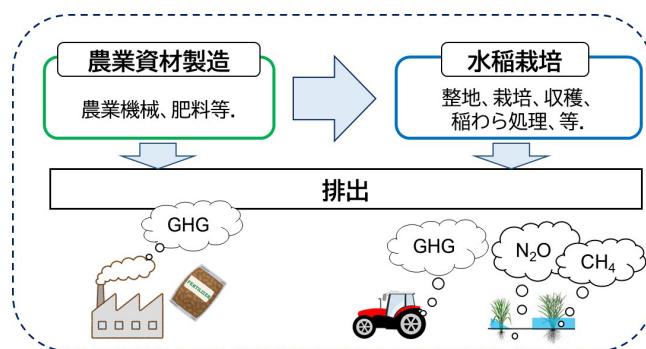


図2 水稻栽培のライフサイクル温室効果ガス

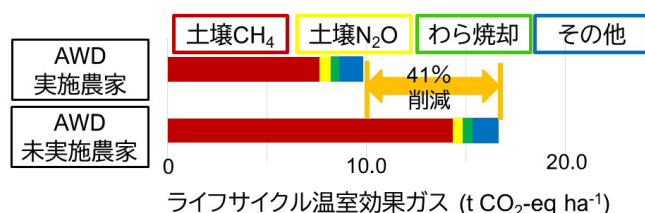


図3 ベトナム・メコンデルタのアンジャン省のAWD実施・未実施農家のライフサイクルGHG排出量比較



技術の詳細

国際農林水産業研究成果情報
(令和2年度)

https://www.jircas.go.jp/ja/publication/research_results/2020_a02

国立研究開発法人
国際農林水産業研究センター



農業用水路の熱エネルギーを利用する施設園芸の 省エネ・低炭素化技術

生産

実証

品目:施設園芸

温室効果ガス削減

概要

農業用水路などの流水中にシート状熱交換器を設置して、採熱した熱を利用する技術（流水ヒートポンプ技術）を開発した。流水中から採熱・熱利用することで、農業用ハウスの冷暖房時の消費エネルギーや排出される温室効果ガスが削減できる。

背景・効果・留意点

農業用ハウスの加温では、重油ボイラーが一般的で、温室効果ガス排出の原因の一つとなっている。近年ではヒートポンプの普及が進められており、暖房だけでなく、冷房も利用可能となり、より高品質な作物が生産されている。しかし、多くの場合、空気熱源ヒートポンプが採用されている。水は熱伝導率や比熱が高く、さらに流れにより熱交換効率が向上するため、流水はヒートポンプの熱源に適している。室内実験では、流水中にシート状熱交換器（図1、2）を設置すると、地中の約15倍、静水中の約2.5倍、熱交換効率が上がる（図3）。さらに、水路における熱交換器の設置工事では、地中熱利用のように熱交換器を設置するボーリング孔を掘る必要がないため、施工コストが小さくなる。シート状熱交換器に保護材を装着することで流下物の衝突による破損を防ぐことができる。

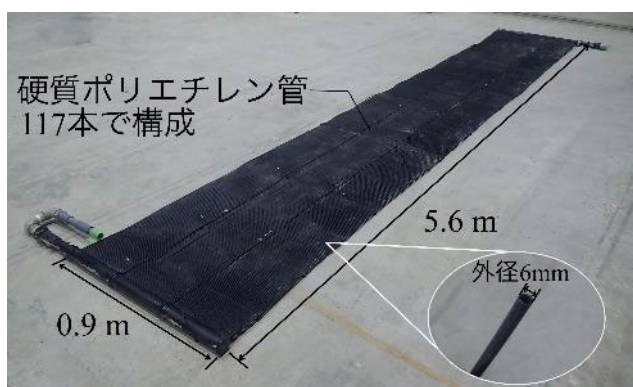


図1 シート状熱交換器

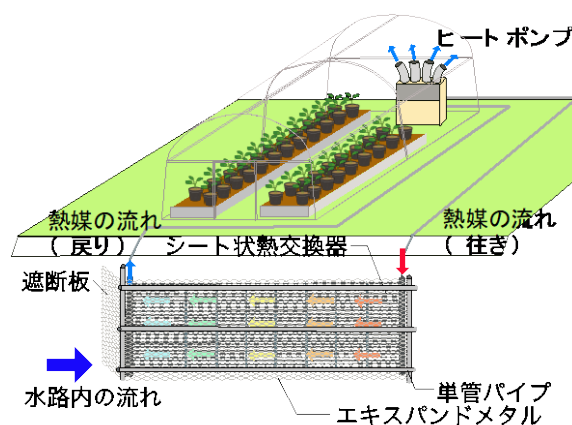


図2 ハウスでの熱利用イメージ（冷房）

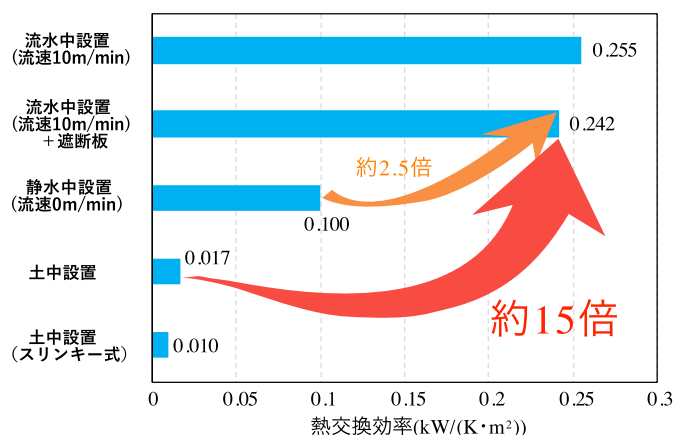


図3 熱交換効率の比較

技術の詳細



https://www.naro.go.jp/publicity_report/press/laboratory/nire/133389.html
<https://youtu.be/5JfN2Whd0n8> (NARO Channel)

家畜排せつ物由来の温室効果ガス排出削減技術

生産

実証・実装

品目:畜産

温室効果ガス削減

概要

飼料の改善や微生物を活用することで、家畜の汚水浄化処理・排せつ物の堆肥化の各工程で発生する温室効果ガスを効果的に削減できる。

背景・効果・留意点

家畜排せつ物の堆肥化および汚水処理の過程で発生する温室効果ガスは農業由来の温室効果ガスの10～15%を占めるとされており、これらの技術の活用により、堆肥化の各工程で発生する温室効果ガスを効果的に削減できる。

①肥育豚に粗蛋白質含量を下げたアミノ酸バランス改善飼料を給与することで、飼養成績に影響を及ぼすことなく排せつ物管理過程で発生する温室効果ガスを慣行飼料給与時に比べ40%削減できる。_実装

②豚舎の汚水浄化処理施設に炭素繊維リアクターを導入すると、従来の活性汚泥処理法と同等の有機物処理能力を維持しつつ、温室効果ガスの排出を大幅に削減できる(図1)。_実証

③家畜ふんの堆肥化処理過程で、亜硝酸塩の蓄積を亜硝酸酸化細菌を含む完熟堆肥等を添加して解消することで、強力な温室効果ガスである一酸化二窒素の発生を抑制できる(図2)。_実証

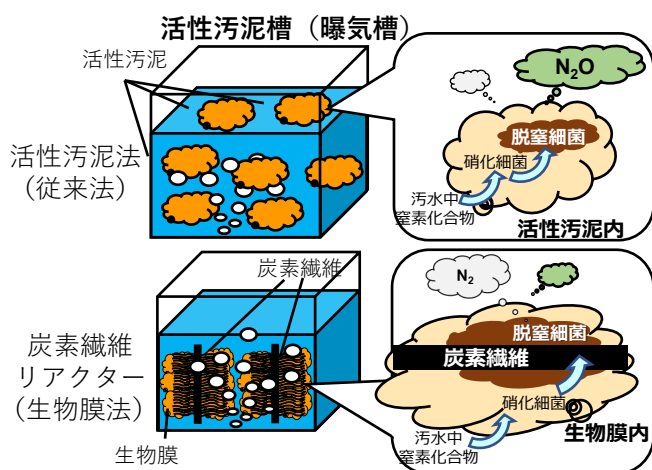


図1 従来の活性汚泥法と炭素繊維リアクター（生物膜法）の違い（概念図）

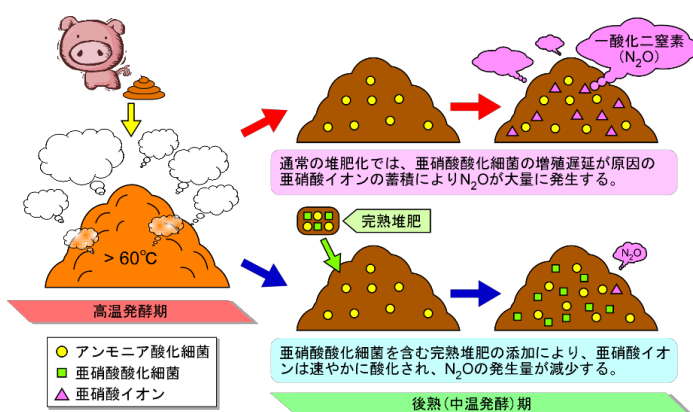


図2 完熟堆肥の添加が温室効果ガス発生抑制に及ぼす効果（概念図）



技術の詳細

- ①https://www.naro.go.jp/publicity_report/press/laboratory/nilgs/073580.html
- ②https://www.naro.go.jp/publicity_report/press/laboratory/nilgs/131541.html
- ③<https://www.naro.go.jp/project/results/laboratory/nilgs/2006/nilgs06-05.html>

カシューナッツ殻液給与による肉牛からのメタン排出量削減技術

生産

実証

品目:畜産

温室効果ガス削減

概要

肉牛にカシューナッツ殻液を給与することにより、第一胃内のメタン生成古細菌等に抑制的に作用し、反芻胃由来メタンの排出量を削減できる。

背景・効果・留意点

今後、東南アジアにおいて畜産物について需要増が見込まれる中、家畜反芻胃から排出されるメタンは主要な温室効果ガス(GHG)排出源の一つであることから、その削減が必要である。

カシューナッツの殻液(CNSL)をベトナムにおける在来肉牛(ライシン牛)(図1)に給与すると、第一胃液中のメタン生成古細菌の存在比が有意に低下し、メタン代謝が抑制されることにより、乾物摂取量あたりのメタン排出量が20.2~23.4%減少する(図2)。また、CNSL給与はプロピオン酸生成等に関与する細菌種の存在比を有意に増加させ、プロピオン酸代謝を亢進することで肉牛の生産性が向上する可能性がある(図3)。

ライシン牛は熱帯地域で広く飼養されるゼブー牛(*Bos indicus*)の一種であることから、本技術は他の地域においても、ゼブー牛を対象に広く活用できる可能性がある。



図1 ベトナム在来牛(ライシン牛)とメタン排出量測定の様子

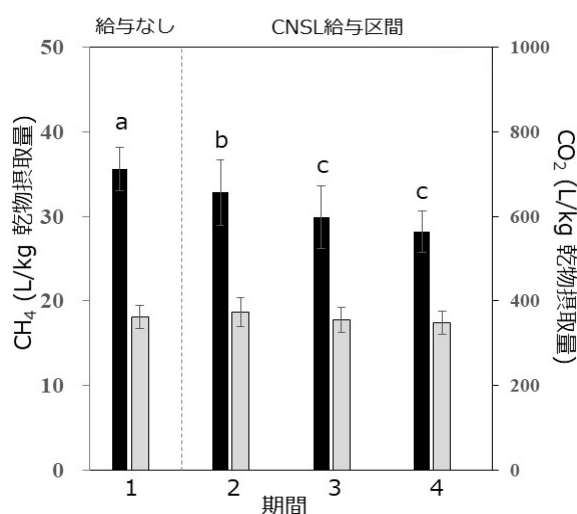


図2 CNSL給与によるメタン(CH₄、黒色)、二酸化炭素(CO₂、灰色)排出量平均値の推移(5日/期間を4期間)

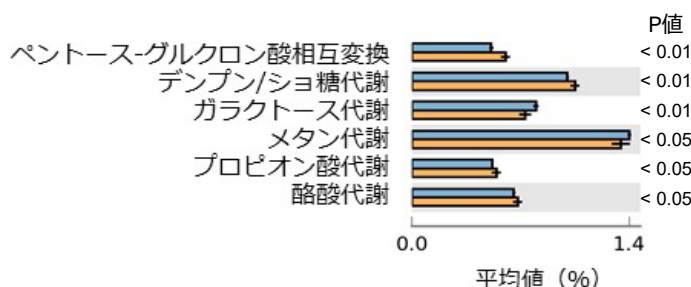


図3 CNSL給与がルーメン液中微生物群集の機能に及ぼす影響
代謝に関わる微生物群の比率を推定(オレンジ: CNSL給与あり、青: CNSL給与なし)。CNSL給与によりプロピオン酸代謝が有意に活発化することを確認。



技術の詳細

国際農林水産業研究成果情報
(令和2年度)

https://www.jircas.go.jp/ja/publication/research_results/2020_a01

国立研究開発法人
国際農林水産業研究センター



「微生物糖化」と「バイオメタネーション」による農業残渣から安価で高効率なメタンガスと水素の生産

調達

実証

品目:農業残渣

温室効果ガス削減
バイオマス活用

概要

食品廃棄物や未利用の農業残渣を効率的に糖化・可溶化し、バイオガスとバイオ水素を生産することができる糖化菌(図1)を利用した微生物糖化技術を開発した。また、この技術を活用した場合に糖化過程で排出されるCO₂とバイオ水素を利用したバイオメタネーション*により、温室効果ガス(GHG)を排出せずに未利用の農業残渣の再資源化が可能となる。

*バイオメタネーション: 微生物によって二酸化炭素をメタンに変換する技術。

背景・効果・留意点

食品・農業生産により副次的に生じる膨大な量の農業残渣は、自然界での分解が難しく、未利用のまま放置・廃棄・焼却によってGHGの発生源となっている。「微生物糖化法」(図2)は酵素を一切使わず、微生物のみで農業残渣を糖化・可溶化できる新しい糖化法である。その「微生物糖化法」により、固体である農業残渣は分解・液化され、糖質や有機酸となり、バイオガスやバイオ水素へ効率的に変換することができる。さらに、微生物糖化で発生するCO₂とバイオ水素をメタン発酵槽へ戻し、メタン発酵プロセスを組み合わせたバイオメタネーションを行うことで、未利用の農業残渣からのエネルギー生産や再資源化、加工過程でのGHGゼロエミッション化が可能となる。



図1 糖化菌の電子顕微鏡写真

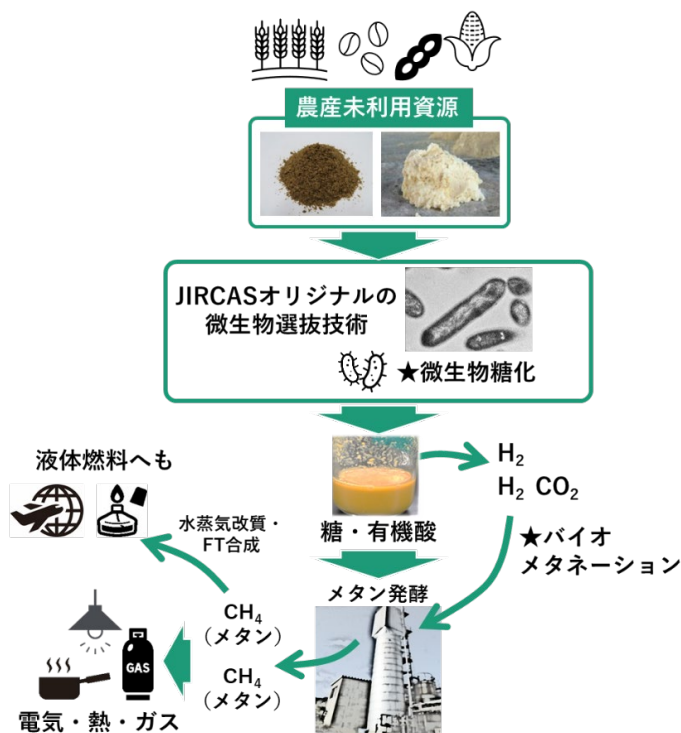


図2 微生物糖化による農業残渣の糖化技術とバイオメタネーションを組み合わせた安価で高効率なメタンガスと水素生産技術の概要



技術の詳細

国際農林水産業研究成果情報

https://www.jircas.go.jp/ja/publication/research_results/2020_c03
https://www.jircas.go.jp/ja/publication/research_results/2014_c05

国立研究開発法人
国際農林水産業研究センター



オイルパーム油産業から排出される未利用バイオマスを安価に再資源化する「原料マルチ化プロセス」

調達

実証

品目:オイルパーム

温室効果ガス削減
バイオマス活用

概要

パームオイル産業から排出される未利用バイオマス(幹、葉、ヤシ殻、繊維)から燃料用ペレットや木質代替材ペレット(図1)を安価で安定的に生産できるゼロエミッション型原料マルチ化プロセスを開発した。

背景・効果・留意点

世界で多く消費されているパームオイルの製造過程で排出される多様で膨大な未利用バイオマスの利用促進を狙い、同一プロセスで、パーム幹、葉、ヤシ殻、繊維すべてをエネルギーやマテリアルに変換する製造技術を開発した(図2)。このプロセスは「原料マルチ化プロセス」と言い、マレーシア・ジョホール州のパイロットプラントで、実規模レベルで実証された(図3)。この「原料マルチ化プロセス」により、これまでパームオイル産業から排出される膨大なバイオマスに対して経済合理的で環境負荷低減を担保した再資源化が可能となった。現在、同国サラワク州のパーム搾油工場の協力を得て、「原料マルチ化プロセス」を導入し、パーム幹とヤシ殻から持続可能な燃料用ペレットや家具材ペレット製造のための調達試験を開始している。



技術協力：国際農研、IHJ

図1 パーム廃木から生成される家具用ペレット

項目	OPTペレット	EFBペレット	OPFペレット	MCFペレット
嵩比重	720 kg/m ³	850 kg/m ³	800 kg/m ³	795 kg/m ³
定位発熱量	17,470 J/g	17,920 J/g	17,940 J/g	18,750 J/g
K濃度	<500ppm	1400ppm	900ppm	900ppm
水分	8.8%	7.4%	9.4%	4.4%
機械的耐久性	97.1%	98.9%	98.9%	92.6%

バイオマス原料
↓
原料マルチ化プロセス
↓
完成ペレット

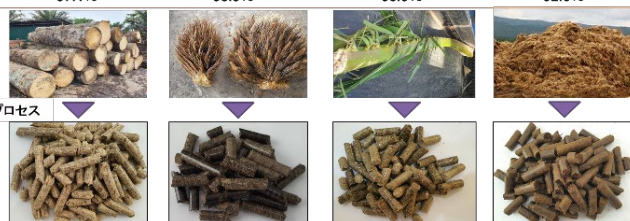


図2 原料マルチ化プロセスで製造された各バイオマスペレット。同一のプロセスで、持続可能で良質なペレット材が製造できる。



図3 マレーシアジョホール州クルアンにある実証設備。廃液などは糖質回収、バイオガス製造、液肥化を行い、多種多様(カスケード)な利用を行うゼロエミ型プロセスである。



技術の詳細

国際農林水産業研究
成果情報

https://www.jircas.go.jp/ja/publication/research_results/2019_c03

https://www.jircas.go.jp/ja/publication/research_results/2015_c07

国立研究開発法人
国際農林水産業研究センター



窒素肥料を低減しても収量を維持できる生物的硝化抑制(BNI)強化コムギ

生産

実証

品目:コムギ

温室効果ガス削減
化学肥料低減

概要

野生コムギ近縁種から生物的硝化抑制(BNI*)能を導入したBNI強化コムギは、圃場土壌での硝化を抑制することで、窒素施肥量を低減しても収量が維持でき、同時に一酸化二窒素(N_2O)排出や水圏汚染などの環境負荷を低減できる。

*BNI: Biological Nitrification Inhibition

背景・効果・留意点

土壌での硝化を抑制する物質を作物が放出することで、窒素肥料として施用されたアンモニア態窒素から、硝酸態窒素への土壌での変換が抑制される。これを生物的硝化抑制(BNI)能と呼ぶ。野生コムギ近縁種からBNI能を導入したBNI強化コムギ(図1)はBNI能が2倍程度に強化され、窒素利用効率が向上する。このため、窒素施肥を6割削減しても親品種との子実収量(図2)に有意差がなく、穀粒のタンパク質含量、製パン特性にも影響しない。窒素施肥の低減は強力な温室効果ガスである一酸化二窒素(N_2O)の排出を抑制する(図3)ため、既存品種をBNI強化コムギに代えることで、温室効果ガスの削減が可能となり、同時に、土壌に吸着されにくい硝酸態窒素による水圏汚染を低減できる。

BNI能の発揮には土壌条件(pH等)の影響があることに留意する必要。

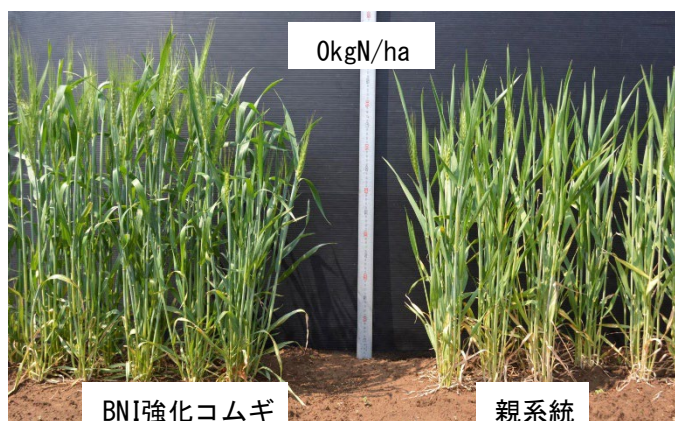


図1 圃場試験(つくば市)におけるBNI強化コムギと親系統との生育の違い

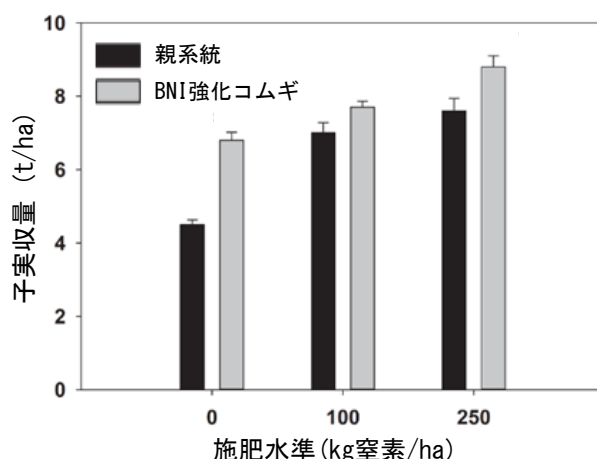


図2 異なる施肥基準におけるBNI強化コムギと親系統の子実収量

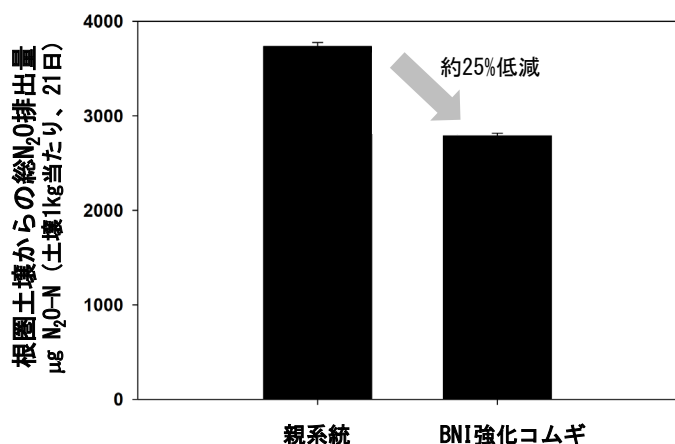


図3 BNI強化コムギと親系統の根圏土壌からの N_2O 排出量



技術の詳細

国際農林水産業研究成果情報
(令和3年度)

https://www.jircas.go.jp/ja/publication/research_results/2021_a04

国立研究開発法人
国際農林水産業研究センター



農業生産と洪水被害軽減を両立できる「田んぼダム」

生産

実証

品目:水稲

気象災害の回避

概要

開発した田んぼダム用器具を用いることで、水稲の生育や収量に影響を及ぼすことなく、手軽に降雨時の水田流出量を抑制できる。水田を「田んぼダム」として積極的に活用することで、下流域の浸水被害を軽減し、豪雨時の洪水被害軽減に貢献できる。

背景・効果・留意点

近年増加する水害対策として、水田に一時的に雨水を貯留する田んぼダムが注目されている。田んぼダムは水田を活用するため、農家の不安を解消し理解を得ることが何より重要となる。そこで、水稲の冠水被害の特徴を明らかにし(図1)、水稲生育中も洪水被害を軽減する田んぼダムの機能を示した。同時に、多数ある田んぼダム用器具のバリエーションの一つとして、水田への取り付けが容易な堰板タイプの調整板を開発した(図2)。

現地水田で実証試験を行った結果、本器具によって大雨時に水田貯留機能を強化できることが確認できた(図3)。田んぼダムは、広い範囲で取り組むと、より大きな効果が期待できる。

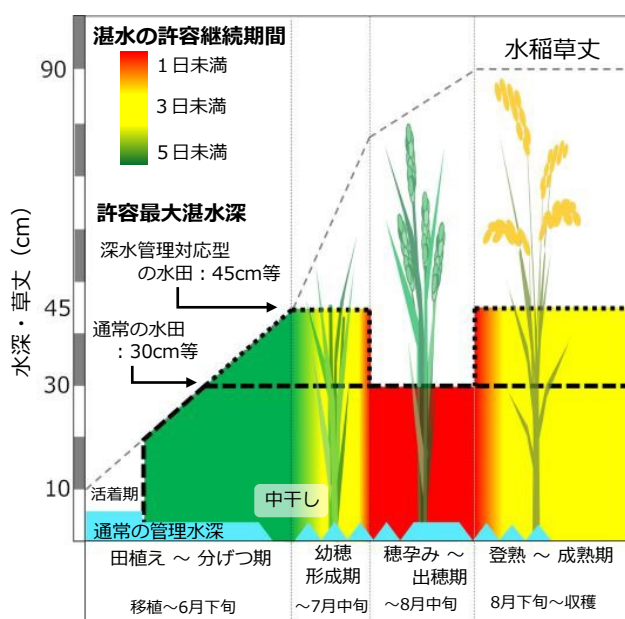


図1 水稲生育時期と許容湛水

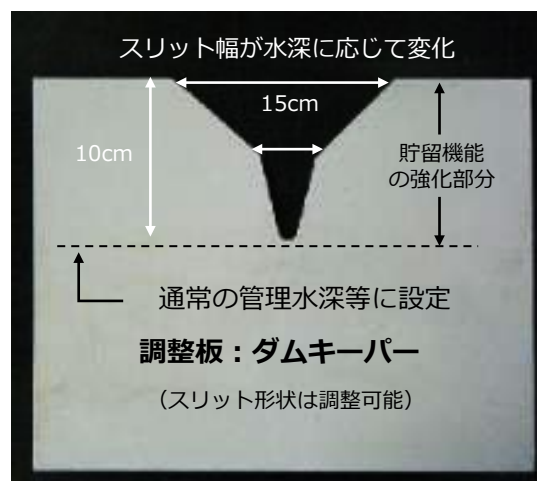


図2 開発した田んぼダム用器具(水位調整板)の構造(例)

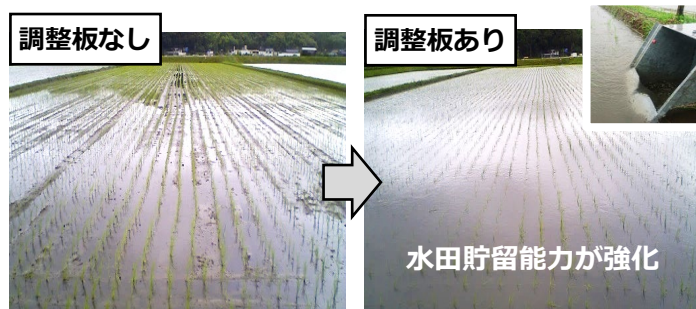


図3 田んぼダムの実証事例(豪雨直後)



技術の詳細

https://www.naro.go.jp/publicity_report/press/laboratory/nire/136187.html

衛星画像を用いた水田周辺河川の塩水遡上(そじょう)のモニタリング

生産

実証

品目:水稲

気象災害の回避

概要

河川水の電気伝導度と濁度との強い関係性から、衛星画像を利用して間接的に河川塩分濃度の季節的変化を推定することができる。この技術を活用すれば、水田への塩水侵入の事前防止措置を講じることが可能となる。

背景・効果・留意点

河川の濁度は上流部では高く、海に近い下流部で低い(図1)。これは、淡水の河川水は負に帯電する懸濁粒子同士が強く反発することによって茶色く濁るが、海水の進入で陽イオン(Na^+ など)が混じると粒子間の反発力が失われ、懸濁粒子の凝集(フロック化)によって沈降速度を速めて堆積する結果である。電気伝導度と濁度との間には強い反比例の関係があるため(図2a)、衛星画像(Sentinel-2)から得られる緑色バンドの反射率*から河川水の電気伝導度を間接的に推定することができる(図2b)。乾季には河川流量が低下するため、上流部まで塩水が遡上し、農業用水の塩分濃度が高くなる。衛星画像を利用した塩水遡上の季節的変化を視覚化・予測することで、水田への塩水侵入を防ぐ対策を事前に講じることが可能となる(図3)。

*緑色バンドの反射率は、茶色く濁度が高いところで高い値を示す。

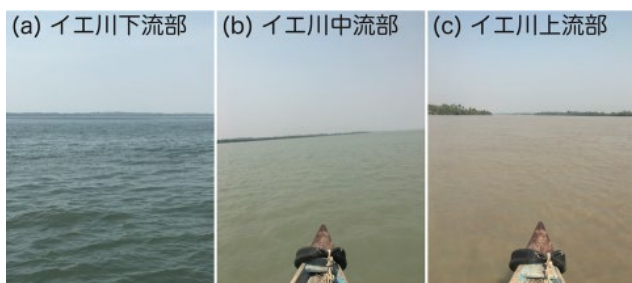


図1 イエ川の(a)下流部、(b)中流部、(c)上流部での様子(2018年3月9日撮影)

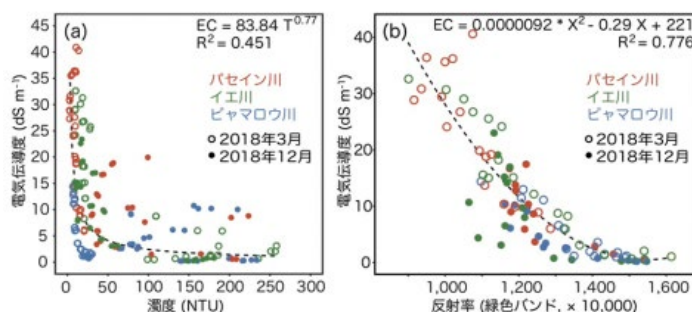


図2 濁度と電気伝導度の関係(a)と反射率(緑色バンド)と電気伝導度(EC)の関係(b)

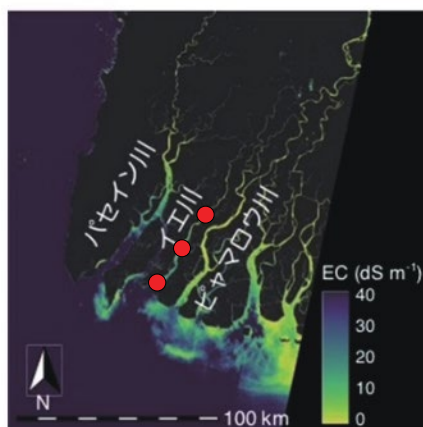


図3 衛星画像の緑色バンドの反射率から求めた電気伝導度(EC)マップ(2018年3月12日)図中の赤点は図1の写真撮影地点



技術の詳細

国際農林水産業研究成果情報
(令和2年度)

https://www.jircas.go.jp/ja/publication/research_results/2020_a03

国立研究開発法人
国際農林水産業研究センター



水害の危険性を予測し被災情報を共有する 「ため池防災支援システム」

生産

実証

品目:防災

気象災害の回避

概要

地震・豪雨時に、ため池の決壊危険度をリアルタイムで「見える化」するとともに、現地のため池被災状況を防災関係者に情報共有するシステムを開発した。これにより、ため池決壊による人的被害の軽減と迅速な災害対応支援が可能となる。

背景・効果・留意点

東日本大震災や平成30年7月豪雨などの大災害で、ため池が決壊し、その下流域で甚大な二次被害が発生した。このような二次被害を防ぐためには、ため池の決壊を予測し、その危険情報を伝達する手段が必要である。

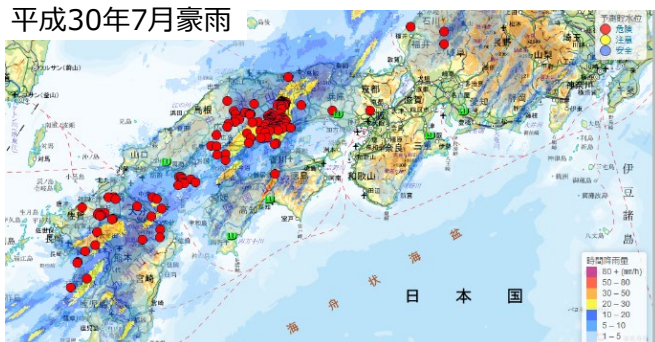
「ため池防災支援システム」(図1)では、大災害時に決壊危険度をリアルタイムで予測するとともに、現地の被災状況および被災写真を国や自治体等の防災関係者と情報共有できる(図2)。その結果、迅速な緊急対策や災害支援を達成することができる。

南海トラフ地震が発生した場合



地震発生時の危険度予測

平成30年7月豪雨



豪雨発生時の危険度予測

ため池の危険度を「危険(赤)」、「注意(黄)」、「安全(青)」で表示

図1 ため池防災支援システム



図2 ため池管理アプリ



技術の詳細

<https://www.naro.go.jp/project/society5-sdgs/145027.html>

埋設資材を用いず簡単に暗渠排水を構築する穿孔暗渠機「カットドレーン」

生産

実装

品目:畑作物

気象災害の回避

概要

カットドレーンの活用により、管などの資材を用いず、トラクタによる施工機の牽引走行のみで、排水可能な空洞を深い位置で連続的に構築できる。日本では施工機を開発・実用化し、国産トラクタメーカーが販売しており、平坦で粘質な農地に対する排水改良に利用され普及している。

背景・効果・留意点

カットドレーンは、施工機をトラクタで牽引走行する方法で、地中に空洞を形成し、農地の排水不良を解消する(図1～3)。半乾燥地で地下浸透による除塩も可能で、簡便かつ安価な塩害対策手法として、ウズベキスタンで実証済である。また、アジアやアフリカなどの、低平な湿地や塩害地での地下排水に利用が可能である。

適用土壌が粘土に限定する点に、留意が必要である。現在、海外用廉価タイプの開発を検討中である。



図1 施工機の外観



図2 施工の様子

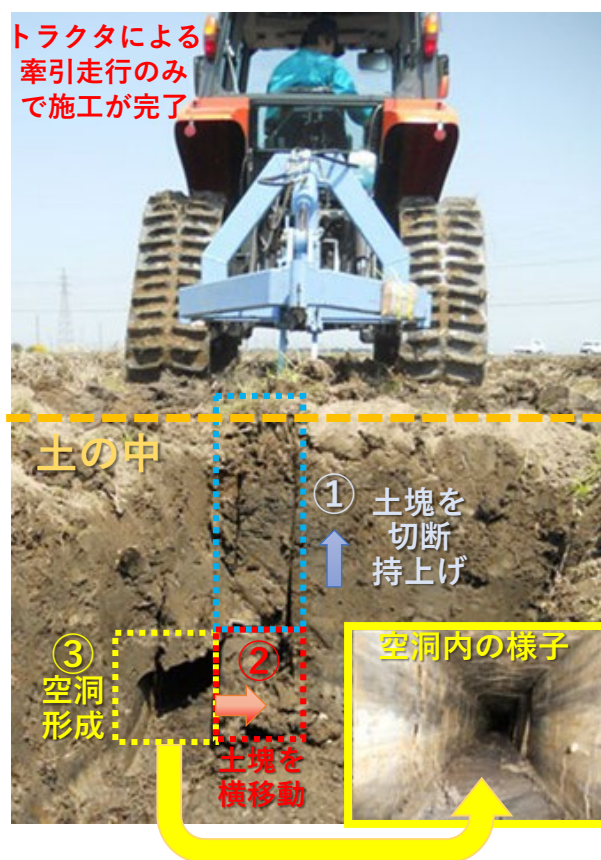


図3 無材の穿孔暗渠の施工原理

技術の詳細



https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/naro/sop/137563.html

https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/files/Paddy_field_Kitagawa_Cut_series.pdf

https://www.jircas.go.jp/ja/publication/research_results/2017_a03 (JIRCAS)

国立研究開発法人
農業・食品産業技術総合研究機構



イネいもち病防除のための「イネいもち病国際判別システム」

生産

実証

品目:水稲、陸稲

化学農薬低減

概要

アジア・アフリカ地域の研究機関と連携して収集・育成した「標準判別菌株」と「標準判別イネ品種」を組合せ、イネいもち病防除のための国際判別システムを開発した。このシステムを用いることで、対象地域に蔓延するイネいもち病菌株の分布や、適切な抵抗性を持つイネ品種を判別することが可能となり、農薬の使用量の低減につながる。

背景・効果・留意点

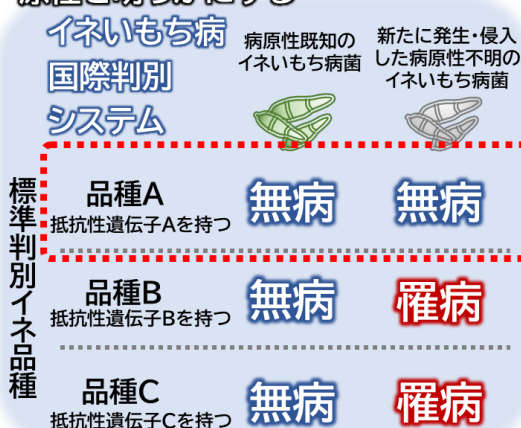
イネいもち病は、適切な防除を行わない場合にはイネの生産量を30～60%低下させる重要な病害である。このイネいもち病の適切な防除にむけて、アジア・アフリカ地域の研究機関と連携して収集・選定したイネいもち病の「標準判別菌株」と、フィリピンにある国際稲研究所(IRRI)と共同で育成した、23種類のイネいもち病抵抗性遺伝子を持つ「標準判別イネ品種」を組み合わせた「イネいもち病国際判別システム」を開発した。

新たに脅威となる病原性不明のイネいもち病が発生した場合、この国際判別システムを用いることで、その病原性と蔓延状況を把握することができる(図1)。また、このイネいもち病菌株に有効なイネいもち病抵抗性遺伝子を明らかにすることができ、抵抗性品種育成に活用できる。

植物防疫上、イネいもち病菌が国境や地域を越えて移動することを各国政府が厳しく制限しているため、標準イネいもち病菌の配布はできない。そのため、標準判別イネ品種を共通で使用する必要がある。

なお、インドネシア、ベトナム、ラオス、バングラデシュでは、「イネいもち病判別菌株」が選定され、システムを利用可能となっている。

病原性が不明なイネいもち病菌の病原性を明らかにする



世界各地のイネいもち病菌株を調査

新たなイネいもち病菌の蔓延状況を明らかにする



新たなイネいもち病菌の発生状況やその感染拡大状況を把握することができ、先見的に対策を講じることができる。

既知のイネいもち病菌は、抵抗性遺伝子A、BおよびCが有効であったが、新たに発生した病原性不明のイネいもち病菌は、抵抗性遺伝子BおよびCが無効となり抵抗性遺伝子Aのみが有効であることがわかる。

図1 イネいもち病国際判別システムの概要と活用場面



技術の詳細

国際農林水産業研究成果情報
(令和3年度)

https://www.jircas.go.jp/ja/publication/research_results/2020_b11

国立研究開発法人
国際農林水産業研究センター



サトウキビ白葉病対策としての健全種茎増殖・配布システム

生産

実装

品目:サトウキビ

化学農薬低減

概要

サトウキビ白葉病(図1)対策として健全種茎を増殖するために、圃場管理技術と生産物の配布法、病原体の検出手順、生長点培養法による無病苗生産手順から構成される健全種茎増殖・配布システムを開発した。

背景・効果・留意点

サトウキビ白葉病は、タイを中心とするアジア地域で大きな被害を出す、サトウキビの虫媒伝染病である。本病の抑制には、健全種茎の活用が高い効果を発揮すると考え、健全種茎を生産し農家に配布しようとする製糖工場や公的機関向けの健全種茎増殖・配布システムを開発した(図2)。

タイでの実証試験の結果(図3)は、第3世代で最大10倍の発病株増加が見られるとしても健全種茎として十分に低率であると、製糖工場等に評価された。

製糖工場や公的機関でのシステムの利用に向け、タイ語版と英語版のマニュアルが利用可能である。ただし、媒介虫の防除に使用できる殺虫剤は、マニュアル公表時のタイ国の情報に基づいて記載されており、タイでの利用に際しては最新の情報を収集、他国での利用に際しては、当該国での法律等の確認が必要である。



図1 サトウキビ白葉病の被害を受けたサトウキビ圃場

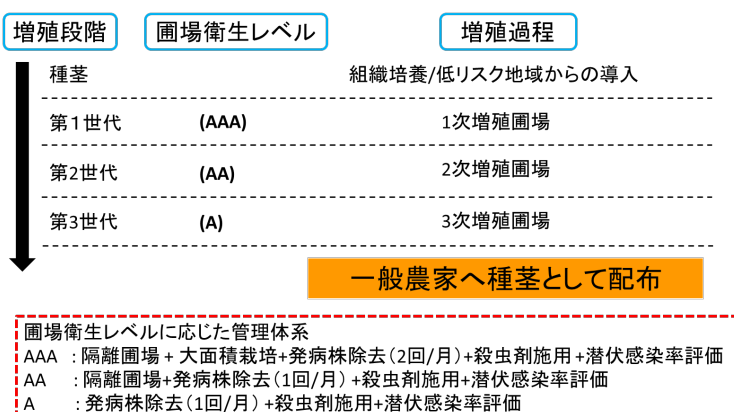


図2 圃場における健全種茎増殖システムの全体像

第1世代	約13ha(2017/18年) 発病株率: 0.0011%	約5.3ha(2018/19年) 発病株率: 0.0029%
↓		↓
第2世代	約5.3ha(2018/19年) 発病株率: 0.0057%	約40.5ha(2019/20年) 発病株率: 0.027%

図3 健全種茎増殖実証試験の結果
実証試験圃場での2世代にわたる観察結果。通常の発病株率(0-20%、平均値5.8%、中央値5%)に比べて低い。



技術の詳細

国際農林水産業研究成果情報
(令和2年度)

https://www.jircas.go.jp/ja/publication/research_results/2020_b10

国立研究開発法人
国際農林水産業研究センター



水田作の生産性向上に資するスマート農業技術

生産

実証・実装

品目:水稲

労働生産性向上

概要

自動運転田植機、マルチロボット作業システム*、収量コンバイン†などのスマート農業技術を開発した。本技術の利用により、水田の生産性を大幅に向上できる。

*一人の作業オペレータで複数台の農業機械を運用するシステム。

†収穫と同時にもみの収量、含水率の計測が可能なコンバイン。

背景・効果・留意点

農業者数が減少する中で、より効率的な生産に向け、水田作に利用可能な農業機械の自動化技術を開発した(図1)。開発したスマート農業機械を用いることで、オペレータの負担が軽減されるとともに作業能率向上や組み作業人員数の削減が可能となる。また、ほ場の地力ムラや作物の生育ムラに対応する可変施肥が行える。さらに、営農管理システムと連携させることで、ほ場・作物・作業履歴などの記録・集計管理が可能になり、農場管理の効率化が図られる。

自動運転田植機



マルチロボット
作業システム



収量コンバイン



マップベース
可変施肥機



図1 スマート生産システムの事例

技術の詳細



<https://www.youtube.com/watch?v=iPrk11R0AJc&list=PLW99yTRNzVkO5ZZ4crDjlChq5cTwFVDjL&index=3>

https://www.naro.go.jp/publicity_report/press/laboratory/iam/075850.html

https://www.naro.go.jp/project/results/4th_laboratory/tarc/2017/17_003.html

スマート農業を促進する制御通信の国際標準に対応した農業機械

生産

実証・実装

品目:農業機械

労働生産性向上

概要

農業機械の制御通信の国際標準であるISOBUSは、メーカーの枠を越えた農業機械の電子的接続互換性を実現する。ISOBUSに対応した農業機械の実用化により、情報に基づいた可変施肥やスポット農薬散布など、農作業のDX促進が期待できる。

背景・効果・留意点

欧米ではISOBUS(図1)に対応したトラクターや作業機が標準となりつつある。対応した機器同士は、メーカーの枠を超えた電子的接続が可能となり、相互に様々なデータのやりとりができるようになってきている(図2)。ドローンで取得した画像等に基づく可変施肥やスポット農薬散布、作業ログの取得などが可能となる。クラウド等と連携させることにより農作業のDXを推進できる。

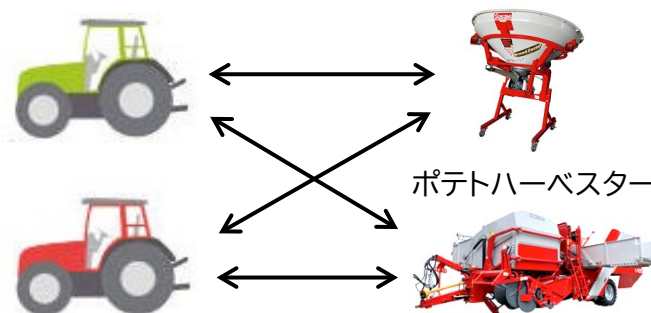
農研機構では国産技術として初めて、ISOBUS認証を取得した作業機用ECU(電子制御ユニット)を開発した。この成果を国内農業機械メーカーに技術移転し、多様なISOBUS対応作業機の開発に活用できる汎用ECU(図3)とISOBUS対応作業機3種を開発した。このうち汎用ECUについては2022年4月から市販している(図3)。



図1 AEF(国際農業電子財団)によるISOBUS認証マーク

ISOBUS対応トラクター

ブロードキャスター



ポテトハーベスター

図2 トラクタと作業機の電子的接続によるデータ通信のイメージ



図3 市販を開始した汎用ECU

技術の詳細



https://www.naro.go.jp/publicity_report/press/laboratory/iam/152162.html

https://www.naro.go.jp/project/results/4th_laboratory/iam/20/20_015.html

簡易茎頂接ぎ木法によるパッションフルーツのウイルスフリー化技術

生産

実装

品目:パッションフルーツ

労働生産性向上

概要

トケイソウ潜在ウイルス(PLV)に感染したパッションフルーツ植物体からウイルスフリー苗を得ることができる簡易茎頂接ぎ木法を開発した。無菌操作や特殊な施設は不要で、国内外の産地における導入が容易である。

背景・効果・留意点

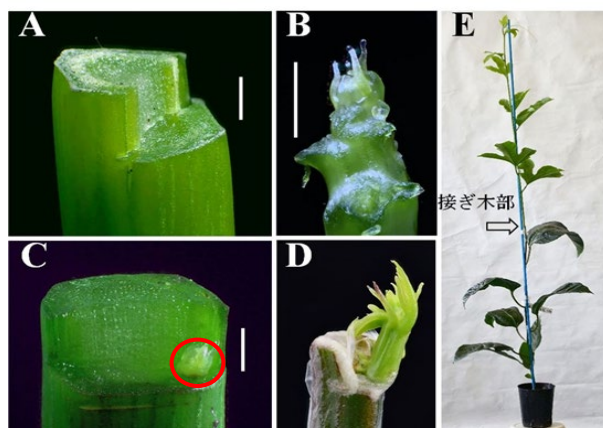
南米原産のパッションフルーツ(*Passiflora edulis*)はアジアではインドネシア、インド、ベトナム等が主要な生産国である。日本国内でも気候変動に対応できる作物として栽培地域が増えているが、トケイソウ潜在ウイルス(PLV)等ウイルス病の発生が問題となっている(図1)。主に挿し木による栄養繁殖のため感染が拡大しやすく、実用的なウイルスフリー化の技術が求められてきた。

このため現場へ容易に導入できる簡易茎頂接ぎ木法によるウイルスフリー化技術を開発した。この技術により、無菌操作や特殊な施設を用いずともPLVに感染した植物体からウイルスフリー苗を得ることができる(図2)。

原因不明のウイルス様症状についても本方法で症状が解消される場合があり、国内外のPLV以外のウイルスにも有効と考えられる。



図1 パッションフルーツの葉や果実におけるウイルス様症状



- A: 台木の準備
B: 穂木から切出す茎頂部(大きさ0.2~1.0mm)
C: 茎頂(穂木)を台木の形成層の上に静置後、フィルムで覆い乾燥防止
D: 接ぎ木後2週間~2カ月程度で発芽
E: 接ぎ木2カ月後(ウイルス検定供試可)

図2 パッションフルーツ簡易茎頂接ぎ木法の概要
A, B, Cのスケールは1mm



技術の詳細

国際農林水産業研究成果情報
(令和3年度)

https://www.jircas.go.jp/ja/publication/research_results/2021_c02

国立研究開発法人
国際農林水産業研究センター



農業用水の使用量および水管理の労力・電力を軽減する ICTを活用した水田水管理システム

生産

実装

品目:水稲

資源管理

労働生産性向上

概要

ICTを活用した「水田の給水・排水管理を遠隔・自動化するシステム(WATARAS)」と「圃場から水利施設までを連携して管理することで、効率的な農業用水の供給を行うシステム(iDAS)」を開発。両システムの効果的な導入により、適量の水供給および大幅な省力化と省エネルギー化が可能。

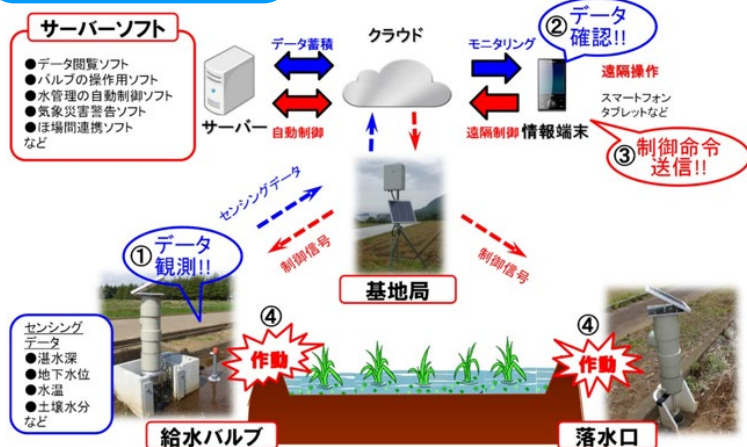
背景・効果・留意点

農村地域の過疎・高齢化、農業者の減少によって水田や水利施設の管理労力が不足し、管理が粗放化することで農業用水や電力等の無駄が発生する。

そこで、ICTを活用した圃場から水利施設までの管理(図1)により、①水田の水管理労力の約80%削減、②地域の水使用量の削減、③水利用に要するポンプの消費電力の削減、が可能である。

国ごとに異なるインフラ(水田や水路の整備状況、情報通信)や費用対効果に応じたシステム構築が課題である。

WATARAS



技術の詳細



ICTを活用した圃場水管理システムの概要

iDAS



(WATARAS研究成果)

https://www.naro.go.jp/laboratory/brain/contents/fukyuepisode/episode_list/138316.html

(iDAS研究成果)

https://www.naro.go.jp/publicity_report/press/laboratory/nire/119976.html

(動画)スマホ水管理

<https://www.youtube.com/watch?v=tdwMKx-a2hs&list=PLW99yTRNzVKNDB0HaClwbaqGm4ikBF2&index=13>

(動画)水管理自動制御システム

<https://www.youtube.com/watch?v=j1mrcuGSV1Y>

図1 圃場から水利施設までを連携して管理し、農業用水の供給を効率化するシステム

国立研究開発法人
農業・食品産業技術総合研究機構



繊維の生産性が高いサトウキビ新品種「TPJ04-768」

生産

実装

品目:サトウキビ

バイオマス活用

調達

実装

概要

普及品種と同程度の砂糖を生産しつつ、高い繊維生産が可能であるサトウキビ新品種を開発した。この品種の利用により、繊維を利用したバイオエネルギー等の増産が期待できる。

背景・効果・留意点

サトウキビ産業では、砂糖生産とともに、繊維を利用した発電等が増加している。繊維の利用拡大に向け、タイにおいて製糖用サトウキビとサトウキビ野生種(*Saccharum spontaneum*)との種間交配を利用して新品種「TPJ04-768」を育成した(タイ農業局新品種番号0317/2558)。同品種は、普及品種「KK3」と比べて、可製糖率(砂糖含有率)は低いが繊維分は高く(表1)、原料茎収量が多い(図1、2)。そのため、砂糖収量は同程度であるが、繊維収量が約1.5程度多く(図2)、発電等の原料の増産が可能である。厳しい乾季を持つ東北タイでも株出し栽培での収量減が少ないが(図1、2)、茎が細く茎数が多いため(表1)、機械収穫が適する。

同様の品種開発は、製糖産業の繊維利用促進を目指す他のアジア地域でも適用できる。

表1 「TPJ04-768」の諸形質(図2の株出し栽培の収穫時)

品種名	原料茎数 (本/ha)	茎径 (cm)	可製糖率 (%)	繊維分 (%)
KK3	42468	2.84	14.0	11.3
TPJ04-768	51282	2.22	12.7	15.0



図1 東北タイのコサムピサイにおける株出し2回目の収穫時写真。左:「TPJ04-768」、右:普及品種「KK3」。(2014年12月撮影)

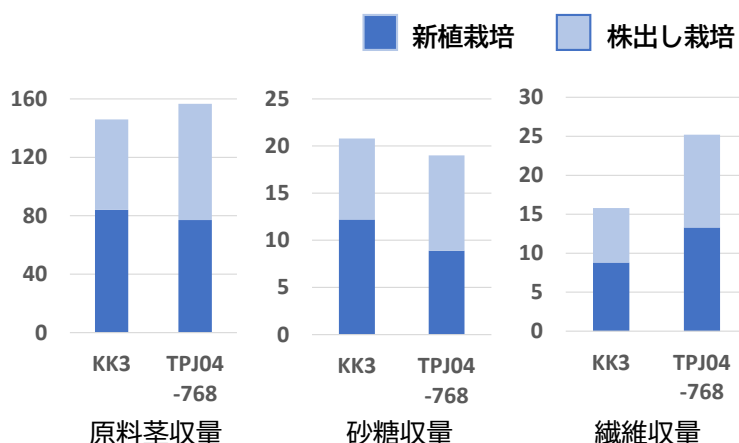


図2 東北タイのコンケンにおける「TPJ04-768」の新植と株出し栽培における単位面積当たりの収量(t/ha)



技術の詳細

国際農林水産業研究成果情報

https://www.jircas.go.jp/ja/publication/research_results/2015_b10

国立研究開発法人
国際農林水産業研究センター



バイオマス生産用エリアンサス新品種「JES1」

生産

実装

品目:エリアンサス

バイオマス活用

調達

実装

概要

バイオマス生産性が高い多年生イネ科植物エリアンサスについて、日本向けバイオマス生産用エリアンサス品種「JES1」を開発した。本品種は、株出し栽培により永年栽培が可能であり、収穫物はバイオマスペレット燃料等の原料として利用できる。

背景・効果・留意点

アジア地域に広く自生する多年生イネ科植物エリアンサス(*Erianthus arundinaceus*)は、バイオマス生産性が高く、永年栽培が可能であることから、新規バイオマス作物として利用できる。日本において、世界初のバイオマス生産用エリアンサス品種「JES1」(図1)を育成した。

この「JES1」は、株出し栽培により一旦植え付ければ5年以上続けて栽培が可能であり、日本の関東地域(北緯37°)以南において5年間の平均で年間20t/ha以上の乾物収量が得られる(図2、3)。また、栃木県さくら市では実用栽培が行われており、収穫物と木質バイオマスを50%ずつ混合したペレットが生産され、ボイラー燃料として使用されている(図4)。

同様なエリアンサスの育種やペレット利用は、バイオマス作物の利用を検討している他のアジア地域にも適用できる。



図1 エリアンサス品種「JES1」の草姿(熊本県合志市)



図2 飼料用収穫機での収穫

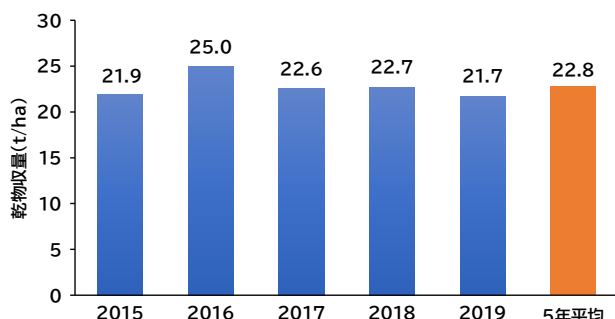


図3 「JES1」の実用栽培圃場での乾物収量(栃木県さくら市)



図4 「JES1」を原料とするペレット燃料



技術の詳細
国際農林水産業研究成果情報

https://www.jircas.go.jp/ja/publication/research_results/2015_b07
<https://www.naro.go.jp/english/topics/laboratory/nilgs/077373.html>

アジアモンスーン地域で利用可能な簡易・高感度な口蹄疫抗原検出キット

生産

実装

品目:畜産

越境性疾病の予防

概要

特別な機器を必要とせず、野外で利用が可能な口蹄疫ウイルス抗原を高感度かつ短時間で検出できる口蹄疫抗原検出キットは、牛、豚、山羊、緬羊を対象に、口蹄疫の病変がある舌や口腔内からウイルスを検出できる。

背景・効果・留意点

伝染力の強い口蹄疫の防疫において、発生時の初動防疫が重要であるため、現場での迅速な一次検査が有用である(図1)。開発した口蹄疫抗原検出キットは、日本国内に限らず、社会的インフラ整備の不十分な国や国土が広大な国などへの普及も見込まれる。

また、口蹄疫ウイルスの保存性の高い構造蛋白領域を認識するモノクローナル抗体を用いることで、血清学的に異なる7タイプ全ての検出が可能であり、全7血清型を識別可能な型別キットも開発済みである。実用化されれば、簡易・迅速な血清型判別を可能にし、口蹄疫常在国での活用により、周辺国のより詳細な流行状況の情報提供を可能とする。

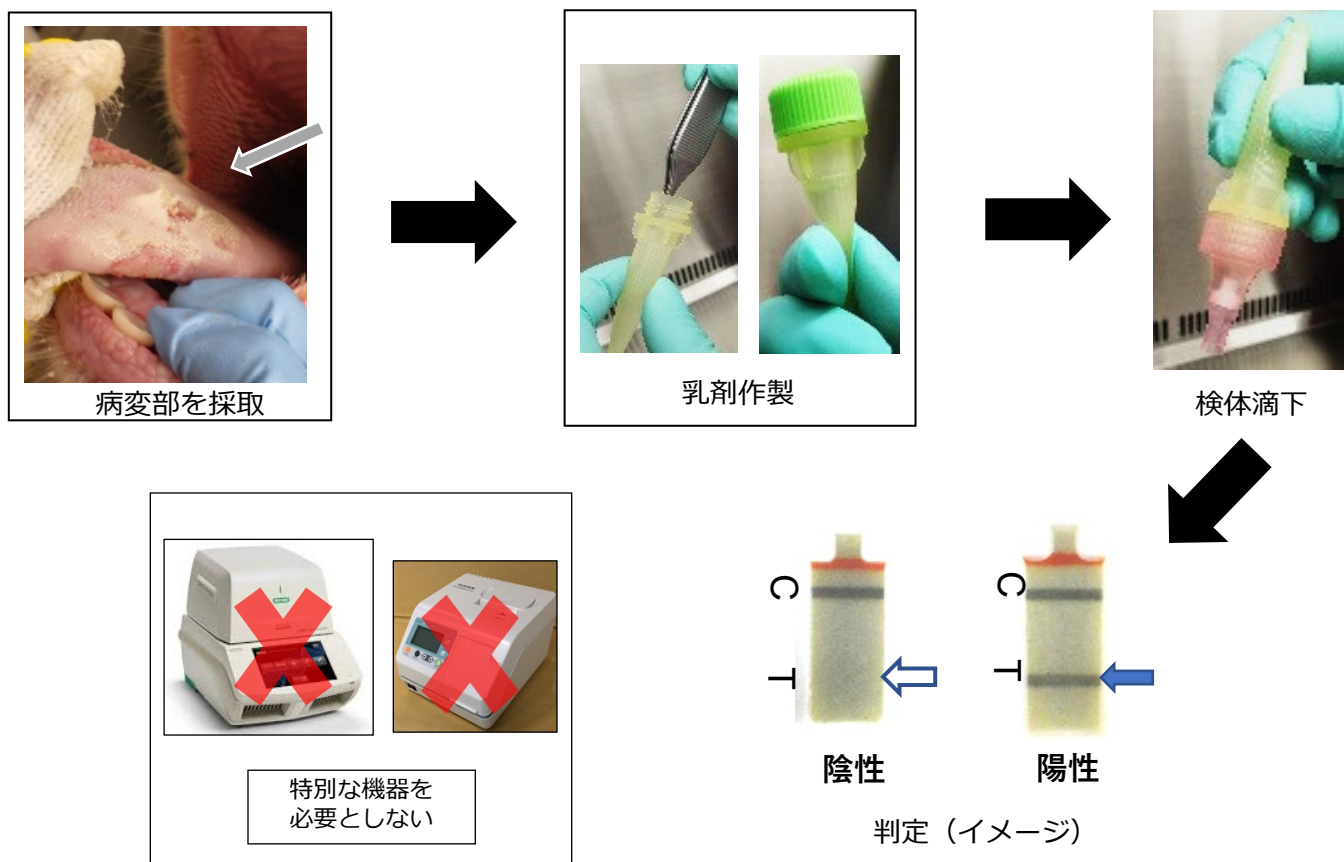


図1 口蹄疫抗原検出キットの使用方法



技術の詳細

https://www.naro.go.jp/project/results/4th_laboratory/niah/2019/19_051.html

国立研究開発法人
農業・食品産業技術総合研究機構



麺を酸性に保つことによる発酵型米麺の液状化の抑制

加工・流通

実装

品目:発酵型米麺

食品ロス削減

概要

発酵型米麺の常温保存において、麺をpH 4程度の酸性に保つことで細菌によるでんぷん分解を抑制することができ、品質劣化による麺の廃棄を削減できることを明らかにした。

背景・効果・留意点

発酵型米麺はタイ国内で広く普及する伝統食品であり、同様の製品はラオス、ベトナム、カンボジア、ミャンマー、中国でも生産される。発酵由来の乳酸を含む発酵米粉を原料とし、常温で3日程度の保存が可能とされるが、水分の滲出を伴って麺の形が崩れ液状化する場合があり(図1)、生産・流通上の問題となる。

本現象は細菌によるでんぷん分解酵素(α -アミラーゼ)に起因し、麺のpHを6.0以上に上げると誘発されるが、pH 4程度の酸性を保つことで抑制される(図2)。液状化の抑制には、発酵型米麺および原料の発酵米粉がpH 4程度の酸性であることの確認や、製麺工程で麺の洗浄に用いる水を食用可能な有機酸でpH 4程度に調整することが推奨される。

発酵型米麺の液状化抑制技術に加え、製法や調理法を現地語で平易に解説するタイ語の小冊子(図3)は、製麺業者の収益向上、食品ロスの軽減、食育の推進に利用されている。



図1 販売前に液状化が発生し、市場から回収された発酵型米麺

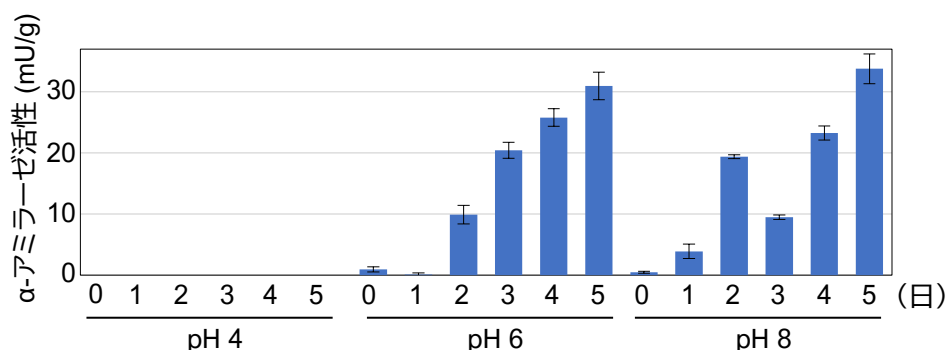


図2 緩衝液 (pH 4.0, 6.0, 8.0) による浸漬処理の後、37°Cで5日間保温した麺における α -アミラーゼ活性(液状化の原因)の経時変化



図3 液状化の抑制方法等をタイ語で紹介する小冊子



技術の詳細 / 国際農林水産業研究成果情報

https://www.jircas.go.jp/ja/publication/research_results/2019_c01

<https://www.jircas.go.jp/ja/publication/kanomjeen>

技術についての問合せは、以下の窓口に行ってください。

国立研究開発法人

国際農林水産業研究センター

みどりの食料システム国際情報センター

メール info-greenasia@jircas.affrc.go.jp





**国立研究開発法人
国際農林水産業研究センター**

〒305-8686 茨城県つくば市大わし 1-1
Tel. 029-838-6313 Fax. 029-838-6316



<https://www.jircas.go.jp/ja/greenasia/techcatalog>