

委託プロジェクト研究
「農林水産分野における気候変動対応のための研究開発」
平成29年度 最終年度報告書

アジア地域の農地における温室効果ガス排出削減技術の開発

研究実施期間	平成25年度～平成29年度（5年間）
代表機関	国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 農業環境変動研究センター（農研機構 農環研）
研究開発責任者	八木 一行
共同研究機関	国際稲研究所（IRRI）
	フエ農林大学（HUAF）
	フィリピン稲研究所（PhilRice）
	キングモンクット工科大学トンブリ校・エネルギー環境合同大学院（KMUTT-JGSEE）
	インドネシア農業環境研究所（IAERI）
研究開発責任者 連絡先	TEL : FAX : E-mail :

<別紙様式3. 最終年度報告書>

I-1. 年次計画

研究課題	研究年度					担当研究機関・研究室	
	25	26	27	28	29	機関	研究室
1. 現地観測に基づくAWDによる温室効果ガス排出削減効果の評価 (1) ベトナムにおけるAWDを基にした改良節水栽培技術の開発 (2) フィリピンにおけるAWDを基にした改良節水栽培技術の開発 (3) タイにおけるAWDを基にした改良節水栽培技術の開発 (4) インドネシアにおけるAWDを基にした改良節水栽培技術の開発 (5) 現地観測の支援と結果の統合的解析						フェ農林大学 フィリピン稲研究所 KMUTT-JGSEE インドネシア農業環境研究所 国際稲研究所	農学部
	ベトナム現地観測						
	フィリピン現地観測						
	タイ現地観測						
	インドネシア現地観測						
観測支援と統合的解析							
2. 「観測・報告・検証」実施ガイドラインの作成 (1) MRVに関する科学的知見の集積 (2) AWD実施に対する自然的・社会的律速要因の解析						農研機構	農業環境変動研究センター
	MRVガイドライン開発						
						農研機構	農業環境変動研究センター
	現地社会調査						

I-2. 実施体制

研究項目	担当研究機関・研究室		研究担当者
	機関	研究室	
研究開発責任者	農研機構	農環研	◎ 八木一行
1. 現地観測に基づくAWDによる温室効果ガス排出削減効果の評価	国際稲研究所		○ ライナー ワスマン
(1) ベトナムにおけるAWDを基にした改良節水栽培技術の開発	フエ農林大学	農学部	△ ダン ホア トラン
(2) フィリピンにおけるAWDを基にした改良節水栽培技術の開発	フィリピン稲研究所		△ コンスタンチオ ジュニア アシス (～2014.3) エバンジェリン シバヤン (2014.4～)
(3) タイにおけるAWDを基にした改良節水栽培技術の開発	KMUTT-JGSEE		△ アムナット チッタイソン
(4) インドネシアにおけるAWDを基にした改良節水栽培技術の開発	インドネシア農業環境研究所		△ プリハスト セティアント (～2017.3) アリ プラモノ (2017.4～)
(5) 現地観測の支援と結果の統合的解析	国際稲研究所		△ ライナー ワスマン
2. 「観測・報告・検証」実施ガイドラインの作成	農研機構	農環研	○ 南川和則
(1) MRVに関する科学的知見の集積	農研機構	農環研	△ 常田岳志
(2) AWD実施に対する自然的・社会的律速要因の解析	農研機構	農環研	△ 須藤重人

(注1) 研究開発責任者には◎、小課題責任者には○、実行課題責任者には△を付すこと。

中課題番号	13406663	研究期間	平成25～29年度
大課題名	農林水産分野における気候変動対応のための研究開発		
中課題名	アジア地域の農地における温室効果ガス排出削減技術の開発		
代表機関・研究開発責任者名	農研機構農業環境変動研究センター・八木一行		

I-1. 研究目的

温暖化緩和策としての農業分野からの温室効果ガス排出削減は、食糧の安定的生産と関連し、重要な全球的課題である。東南アジアは主要な水稲生産地域であり、その水田から排出される温室効果ガスであるメタン（CH₄）の削減は、温暖化緩和ならびに各国における排出削減計画の達成に大きく貢献する。

国際農業研究協議グループ傘下の国際稲研究所では、灌漑水田における灌漑水使用量の削減を目的として、節水栽培技術Alternate Wetting and Drying (AWD) を開発し、その普及を進めている。AWDとは、表面水深を指標として、指定の深さ（例えば、土壌表面から深さ15 cm）まで自然に落水したら入水することを繰り返す水管理方法である。我が国における中干し・間断灌漑の水管理技術と同様に、AWDも土壌の好酸化に伴いメタンの排出削減が期待できる。しかし、これまでの研究においては、AWDの雨季作を含む多様な環境条件での適用可能性や平均的な温室効果ガス削減効果、ならびに現地へのAWD普及に対する自然的・社会的要因が明らかになっていない。さらに、

このため、本研究では、

1. 現地観測に基づくAWDによる温室効果ガス排出削減効果の評価
2. 「観測・報告・検証 (Measurement, Reporting and Verification, MRV)」実施ガイドラインの作成

により、東南アジアの国々における水稲栽培期間中の土壌由来のCH₄および一酸化二窒素（N₂O）の合計排出量（二酸化炭素（CO₂）換算量）を、現地の慣行の水管理と比較して常に3割以上削減できる「AWDを基にした改良節水栽培技術」の開発を目標とする。現地観測は、グローバル・リサーチ・アライアンス水田研究グループに参加しているベトナム、フィリピン、タイ、インドネシアの4カ国において実施する。MRVとは、温室効果ガスの排出削減計画の透明性・正確性を確保するための一連のプロセスである。

その結果、

1. 節水、水稲生産性の維持、温室効果ガス削減を通じた、各国におけるAWD技術の自発的な普及
2. 排出権取引や途上国における適切な緩和行動（NAMA）等の温室効果ガス削減計画を通じた、制度的なAWD技術の普及

が期待される。

I - 2. 研究結果

小課題「現地観測に基づくAWDによる温室効果ガス排出削減効果の評価」においては、東南アジア4カ国（ベトナム、タイ、フィリピン、インドネシア）における3年6作の現地観測を実施し、その成果を5報の原著論文として国際誌で公表した。慣行の常時湛水に比べてCH₄+N₂Oの合計CO₂換算排出量を3割削減するという数値目標に対して、4地点平均で31%（95%信頼区間23-39%）のCH₄排出削減という結果が得られた。N₂Oについては、AWDの実施によっても排出が増加する可能性があるが、窒素施肥時やその後に湛水を維持することで、その排出を最小限に抑えさせることが明らかになった。また、AWD実施による土壌の好気化によって有機物の分解が促進される懸念に対して、作土層中の土壌炭素・窒素含有率を3年間測定した結果、AWDの実施による影響は見られず、CO₂排出増加や地力減少への影響は認められなかった。31%減というメタン削減効果はIPCCガイドラインに示される複数排水の基準値48%（誤差幅34-59%）よりもやや小さかった。今回得られた値は、AWDを完全に実施できる理想的な条件だけではなく、雨季作での実施を含む天候など現実的な制約を反映した、より実際に近い削減率である。以上の結果から、東南アジアの地点レベルでは、AWDを基にした改良節水栽培技術によって温室効果ガス3割削減の数値目標を達成できることが明らかになった。

小課題「「観測・報告・検証」実施ガイドラインの作成」においては、AWD技術の「開発」を「実用化」と解釈し、一般的な技術普及の方法である（栽培管理や温暖化適応策の実施とのコベネフィットを通じた）自発的普及に対して、（排出権取引やNAMA等の温室効果ガス削減計画を通じた）制度的普及についての科学的基盤を構築した。すなわち、水田から排出される温室効果ガスの手動チャンバー法による測定手法ガイドライン（英文）ならびに水田水管理による温室効果ガス削減のためのMRV実施ハンドブック（英文）を作成・公表した。測定法ガイドラインは排出係数の整備に、MRV実施ハンドブックはMRV方法論の開発に、それぞれ活用できる。また、AWDの普及率が高いベトナムのメコンデルタに位置するアンジャン省を事例として、現地聞き取り調査や地理情報システムを組み合わせ、AWDの普及に関する律速要因（普及の歴史、水田の高さ、水路密度・灌漑インフラの整備、集落間の作用）を明らかにし、その成果を3報の原著論文として国際誌で公表した（1報は査読中）。

I - 3. 今後の課題

現地観測においては、AWDの実施のみでは温室効果ガス削減効果が得られにくい地点があった。複作により休閑期が短い熱帯の水田では、収穫後の稲残渣の処理方法にも制約がある。そのため、AWDと組み合わせ、土壌炭素蓄積も考慮した総合的な温暖化緩和技術を開発する必要がある。

水田水管理技術の自発的な普及には制限があり、制度的な普及に対する期待が大きい。本研究で作成した測定手法ガイドラインならびに水田水管理による温室効果ガス削減のためのMRV実施ハンドブックを、排出権取引やNAMA等の制度的な排出削減計画に関心がある国内外の行政機関に紹介していく必要がある。

中課題番号	13406663	研究期間	平成25～29年度
小課題番号	1	研究期間	平成25～29年度
中課題名	アジア地域の農地における温室効果ガス排出削減技術の開発		
小課題名	1 現地観測に基づくAWDによる温室効果ガス排出削減効果の評価		
小課題責任者名・研究機関	ライナー ワスマン・国際稲研究所		

1) 研究目的

東南アジアの国々における灌漑水田を対象として、「乾季・雨季の年二回の水稻栽培によって水田土壌から排出されるCH₄およびN₂Oの合計排出量（CO₂換算量）を慣行の水管理に対して常に3割以上削減する」という数値目標を達成できるAWDの実施基準を地点スケールで明らかにする。また、AWDの実施による温室効果ガス排出削減効果について、一般化された科学的知見を創出する。

2) 研究成果

東南アジア4カ国（ベトナム、タイ、フィリピン、インドネシア）における3年6作の現地観測を実施し、その成果を5報の原著論文として国際誌で公表した。

節水効果については、栽培期間中の灌漑水+降水の使用量は、AWDの実施により常時湛水に比べて乾季作では6-47%、雨季作では6-17%減少した。各地点の代表的な水稻品種を用いた収量は、作季に関係なくAWDを実施しても低下しなかった。栽培期間中の一日あたりCH₄排出量（排出係数）は、土壌特性や肥培管理によって地点間で大きく異なるが、AWDは排出量に関わらずCH₄の排出削減に有効であった。常時湛水に比べた場合のAWDによるCH₄排出削減率は、4地点平均で31%（95%信頼区間23-39%）であり、IPCCガイドラインに示される複数排水の基準値48%（誤差幅34-59%）よりもやや小さかった。今回得られた値は、AWDを完全に実施できる理想的な条件だけではなく、天候など現実的な制約を反映した、より実際に近い削減率である。作土層中の土壌炭素・窒素含有率には、3年間の実験を通じてAWDの実施による影響は見られず、CO₂排出増加や地力減少への影響は認められなかった。

3) 成果活用における留意点

今回得られたCH₄排出係数やAWDによる削減率は、同様の環境条件や肥培管理を行う国・地域において、温室効果ガスインベントリ作成に利用できる。AWDの実施によってN₂Oの排出は増加する可能性があるが、窒素施肥時やその後に湛水を維持することで、その排出を最小限に抑えることができる。AWDの実施が気象条件や圃場立地によって困難な場合には、常時湛水と同等の温室効果ガス排出量と見なす必要がある。

4) 今後の課題

複作により休閑期が短い熱帯の水田では、収穫後の稲残渣の処理方法にも制約がある。そのため、AWDと組み合わせて、土壌炭素蓄積も考慮した総合的な温暖化緩和技術を開発する必要がある。

中課題番号	13406663	研究期間	平成25～29年度
小課題番号	2	研究期間	平成25～29年度
中課題名	アジア地域の農地における温室効果ガス排出削減技術の開発		
小課題名	2 「観測・報告・検証」実施ガイドラインの作成		
小課題責任者名・研究機関	南川和則・農研機構農業環境変動研究センター		

1) 研究目的

AWDの実施による東南アジアの国々の灌漑水田からの温室効果ガス（CH₄およびN₂O）排出削減を、地点～国レベルの多スケールで達成するための情報基盤を構築する。また、灌漑水田における温室効果ガス排出を対象として、その削減技術を現場に適用する際の透明性・正確性を確保するための実施基準を作成する。

2) 研究成果

水田から排出される温室効果ガスの手動チャンバー法による測定手法ガイドライン（英文）を作成・公表した。本書は、「推奨される方法」および「現状の問題点」に関する要約と7つの章から構成され、準備段階の「実験設計」から測定終了後の「データの解析」までを順を追って網羅的にカバーした。本書の利用により、現行の科学として必要十分な精度で水田から排出される温室効果ガスの排出量を把握できるとともに、排出削減策の定量評価が可能になる。

水田水管理による温室効果ガス削減のためのMRV実施ハンドブック（英文）を作成・公表した。本書は、序章と本編5章から構成され、MRV方法論の厳密な制度設計が必要となる排出権取引等を想定して科学的・定量的な記述を重視するとともに、制度設計上の現状の問題点を提示した。

AWDの普及率が高いベトナムのメコンデルタに位置するアンジャン省を事例として、現地聞き取り調査や地理情報システムを組み合わせ、AWDの普及に関する律速要因を明らかにし、その成果を3報の原著論文として国際誌で公表した（1報は査読中）。その結果、普及の歴史、水田の高さ、水路密度・灌漑インフラの整備、集落間の作用（例：生産者間の情報共有）が重要な要因であることが明らかになった。

3) 成果活用における留意点

測定法ガイドラインは排出係数の整備に、MRV実施ハンドブックはMRV方法論の開発に、それぞれ活用できる。アンジャン省の事例によってAWDの普及に関するいくつかの要因が明らかになったが、知見の一般化には他の地点での分析が必要である。

4) 今後の課題

水田水管理技術の制度的な普及に対する本成果物を、排出権取引やNAMA等の制度的な排出削減計画に関心がある国内外の行政機関に紹介していく必要がある。