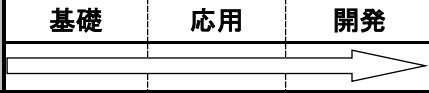



委託プロジェクト研究課題評価個票（終了時評価）

研究課題名	革新的環境研究のうち国際連携による農業分野における温室効果ガス削減技術の開発	担当開発官等名	国際研究官
		連携する行政部局	
研究期間	H30～R4（5年間）	総事業費（億円）	1.1億円（見込）
研究開発の段階	基礎 応用 開発		
			

研究課題の概要

<委託プロジェクト研究課題全体>

地球規模の課題である温室効果ガス(GHG)削減を推進するため、国際共同研究を通じ、アジア地域におけるGHG削減技術の導入に向けた研究を実施。

<課題①：水田におけるGHG削減等に関する総合的栽培管理技術の開発（平成30～令和4年度）>

GHG削減と土壤保全・安定生産を実現する総合的栽培管理技術の開発のため、（1）現地観測に基づくGHG排出削減技術の開発と評価、（2）土壤炭素の物理的・化学的特性の解明、（3）GHG排出と土壤炭素貯留の予測モデルの開発を実施。

<課題②：農産廃棄物を有効活用したGHG削減技術に関する影響評価手法の開発（平成30～令和4年度）>

>

持続的利用が可能な農産廃棄物を利用したバイオエネルギー生産技術を明らかにするために、（1）バイオエネルギー生産技術の社会・経済・環境的影響評価手法の開発、（2）栽培データに基づくサトウキビ品種の食品及びバイオエネルギーとしての資源特性の評価、（3）農産廃棄物のエネルギー利用によるGHG削減効果の評価手法の開発を実施。

1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標

- ① 水田作農家のインセンティブとなる土壤保全と安定生産を伴う、GHG排出量を3割削減可能な総合的栽培管理技術を開発
- ② 農産廃棄物を有効活用したGHG削減技術に関する影響評価手法を一つ以上開発し、当該手法を活用し二つ以上の既存技術について影響評価を実施

2. 事後に測定可能な委託プロジェクト研究課題としてのアウトカム目標（R9年）

- ① 3か国で開発したGHG削減に関する総合的栽培管理技術が普及され、年間1,300万トン強の二酸化炭素に相当するGHG排出を削減する（現在、実証試験を行っている3か国において、総合的栽培管理技術を適用可能なかんがい水田は2,000万haと推計され、その50%に当該技術が導入されることにより、我が国の全水田から排出されるメタン（年間1,300万トン強の二酸化炭素排出に相当）に匹敵するGHG排出削減が見込まれる。）。
- ② 開発した影響評価手法を用いて、農産廃棄物のバイオ燃料等への有効活用技術が2か国で導入され、現行のバイオ燃料生産に比べGHG排出量を約15%削減する。

【項目別評価】

1. 研究成果の意義

ランク：S

（研究成果の科学的・技術的な意義、社会・経済等に及ぼす効果の面での重要性について記載）

気候変動のリスクにさらされる人口を抑制するため、パリ協定（※1）に参加する各国は気温の上昇を1.5℃以内に止めることを共通の目標としている（1.5℃目標）。しかし、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第6次評価報告書（※2）によると、今後数十年の間にGHGの排出が大幅に減少しない限り、21世紀中に地球の平均気温の上昇は1.5℃又は2℃を超えるとされる。早急なGHG削減が喫緊の課題である中、2021年、国連気候変動枠組条約第26回締約国会議（COP26）において、「グローバル・メタ

ン・プレッジ (GMP) 」 (※3) や「気候のための農業イノベーション・ミッション (AIM for Climate) 」 (※4) といった国際的なイニシアチブが立ち上げられ、我が国を含む多くの国が取組を開始している。

このような現状に至る過程で、我が国は既に農業分野からのGHG削減に取り組んでおり、研究者は有用な知見を持つ。本課題は、そのような我が国の知見を活用し、農業と土地利用が主要なGHG排出源の一つとなっているアジア地域において、実用的なGHG削減技術の導入に向けた国際共同研究を行っている。これにより、世界が共有する喫緊の課題としてのGHG削減を進めるとともに、科学技術を通じた国際貢献を行い、我が国のプレゼンス向上につなげる。

2. 研究目標 (アウトプット目標) の達成度及び今後の達成可能性

ランク : A

(最終の到達目標に対する達成度、今後の達成可能性とその具体的な根拠について記載)

<課題①>

達成度 : (1) については、各試験地における栽培管理技術候補 (水管理、肥培管理等) を試験し、収量を維持又は増加させつつ、GHG排出を3割削減できる結果が得られている。(2) については、複数の長期連用水田は場の過去及び現在の土壌の、物理分画及び化学分析を行い、長期水田管理下にある土壌有機炭素・窒素の存在形態及びその分解に対する安定性を明らかにした。(3) については、水田メタン排出モデルDNDC-Riceを改良し、現地収量とGHG排出を精度良く予測可能とした。また、土壌炭素動態モデルRothCを水田環境に合わせて改良し、現地は場実験に基づく作物残さ残存率推定値を適用することで、現地土壌の炭素量の推移を精度良く予測可能とした。

今後の達成可能性 : (1) については目標を達成しており、成果を取りまとめて国際学術誌に3報の投稿を計画している。(2) については得られた結果を整理することで、熱帯の長期水田管理環境下における土壌有機物の量及び質に及ぼす影響を評価可能である。(3) についても、水田メタン排出・土壌炭素量推移を予測するための手法の開発を完了しており、設定シナリオ上で将来予測を可能としている。以上から、長期的に土壌保全と安定生産を維持しながらGHG排出を慣行比3割削減可能とする技術の開発を、本プロジェクト期間内に完了し、提示できる可能性は極めて高い。

<課題②>

達成度 : (1) については、東南アジアにおいてパーム及びサトウキビの収穫残さ及び農産廃棄物の発生量が多く、エネルギー利用時の効率も高いことから、有用な資源であることを明らかにした。また、バイオエネルギー生産の持続可能性をめぐる国際的な議論の動向を調査し、改正EU再生可能エネルギー指令 (※5) 等において、持続可能性の評価には認証制度が使われることを確認した。パーム油生産の代表的な認証制度であるRSPOやMSPO (※6) を分析したところ、農産廃棄物や収穫残さの処分・活用が考慮されておらず、評価方法として不十分であることが判明した。(2) については、繊維分が多い多用途型サトウキビ品種の特性を明らかにし、バイオマスエネルギー資源としての優位性を明らかにした。(3) では、サトウキビ栽培と農産廃棄物のバイオマス利用を行う製糖工場を対象とし、GHG排出量をLCA (※7) で推計するモデルを開発し、多用途型サトウキビ活用のGHG削減効果等を評価した。

今後の達成可能性 : 既に分析したパーム油生産に加え、最終年度はサトウキビの認証制度に関して調査し、サトウキビの収穫残さ及びバガス (※8) 等の農産廃棄物のバイオマス利用における問題点を抽出する。その結果を踏まえ、パーム油及び砂糖生産の認証制度の改善策を提言することにより、それらのプロセスに対する認証制度を応用した影響評価手法を確立し、目標を達成できる見込みである。

3. 研究が社会・経済等に及ぼす効果 (アウトカム) の目標の今後の達成可能性とその実現に向けた研究成果の普及・実用化の道筋 (ロードマップ) の妥当性

ランク : A

(アウトカム目標の今後の達成の可能性とその具体的な根拠、研究成果の活用のために実施した具体的な取組内容の妥当性、他の研究や他分野の技術の確立への具体的貢献度について記載)

<課題①>

達成可能性 : 本課題の研究コンソーシアムにはフィリピン、インドネシア及びベトナムの国立研究機関が参画しており、そこでの成果は普及組織を通して農業者に伝えられる仕組みとなっている。総合的栽培管理技術の導入により、GHG削減に加え、収量増加も期待できることから、既に普及機関等の高い評

価を得ており、普及の見込みがある。また、「みどりの食料システム戦略」(※9)の下、アジアモンスーン地域で、生産性及び持続性を両立する農業技術の活用を目指す「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」等で、本課題の研究成果を活用することを予定している。これらを通して、実証試験を行っている3か国において、課題実施機関が現地の行政・普及組織と連携し、我が国も普及活動に協力して技術導入を促進することから、アウトカム目標の達成可能性は高い。

道筋の妥当性：本課題は国際共同研究として実施しており、参画する国立研究機関が普及にも積極的である。また、本課題の成果は学術雑誌で公表されるだけでなく、「農業温室効果ガスに関するグローバルリサーチアライアンス (GRA)」(※10)等で定期的に報告されている。さらに、関係者は積極的に情報発信を行っており、最近では2021年12月にAPEC Webinar (※11)で報告を行った。これらのことより、成果の情報は広く伝わっており、普及に向けた道筋は妥当である。

他分野への貢献：水田はアジアに多く分布するものの、北米、南米及びアフリカ等の、アジア以外の多くの地域にも存在する。各地の気候や環境に応じた調整が必要なものの、本課題で開発された総合的栽培技術は、他の地域でも応用され、各地での水田からのGHG削減に貢献すると考えられる。

<課題②>

達成可能性：評価対象として想定される多用途型サトウキビ品種 (TPJ04-768) を用いた製糖工場等でのバイオエタノール生産技術は、タイで導入された場合、現行品種を使用する場合に比べGHG排出量が約15%削減されると試算されている。この品種は、タイの製糖工場が商業利用するために増殖を始めており、また、奨励品種化に向けた手続きや本品種よりも優れた品種の選抜も進めている。パーム油生産における農産廃棄物等のバイオマス利用に関しては、マレーシアにおけるSATREPS (※12) プロジェクトと連携し、技術開発と評価を進めている。こうしたことからアウトカム目標の達成可能性は高い。

道筋の妥当性：研究成果の普及・実用化に向けて、研究段階からタイ農業局コンケン畑作研究センターと連携し、本事業の成果をどのようにバイオマス政策に反映するかを検討を行っている。また、本課題はタイの農業者とも連携しており、現地の実情に即したデータ収集等が行えていると同時に、再生可能エネルギー利用や政策に関する知見を有する国際再生可能エネルギー機関 (IRENA) (※13) が研究連携機関として参画しており、普及・導入のための助言を受けている。認証制度における問題点の改善策は、バイオマス関連のシンポジウムやIRENAの報告書等で発表し、また、各国政府の政策に反映されるよう提案していく。以上のように、連携体制は整備されており、アウトカム目標の達成に向けた取組内容は妥当である。

他分野への貢献：本プロジェクトはアジアの開発途上地域を対象としているが、本プロジェクトで取りまとめたバイオエネルギー生産の持続可能性をめぐる国際的な議論の動向から、日本国内において農産廃棄物からバイオエネルギーを生産する場合、認証制度がないことが今後大きな問題となっていくことが予想される。本課題の成果資料は、我が国における認証制度の在り方を検討する際に、情報源として有用である。

4. 研究推進方法の妥当性

ランク：A

(研究計画 (的確な見直しが行われてきたか等)、研究推進体制、予算配分 (研究の進捗状況を踏まえた重点配分等) の妥当性について記載)

研究計画の妥当性：各課題において、外部有識者と関係部局の行政官で構成する運営委員会を開催し、研究者から研究計画と進捗について説明を受けている。そして研究計画の妥当性について検討を行い、必要と判断すれば、研究者に修正を求めている。これにより、研究計画の妥当性は保たれる。

推進体制の妥当性：研究者は推進会議を開催し、研究成果の検証や、研究の方向性に関する議論を行っている。その議論の結果が、前述の運営委員会で紹介される。この体制により、研究の進捗が定期的に確認されることから、適切な推進体制である。

予算配分の妥当性：推進会議等で研究者が必要と判断した場合、決められた会計上の手続きを踏んで予算配分の変更を実施している。具体例としては、課題①で利用するベトナムの分析機が故障した時、新型コロナウイルス感染の拡大に伴って不可能となった出張の旅費を再配分し、ベトナムの研究機関から日本の研究機関への試料の輸送と、その試料を日本の研究機関で分析するための分析装置の増強に充てる変更を行い、研究の停滞を回避した。

1. 委託プロジェクト研究課題全体の実績に関する所見

- ・ COP26において、メタンの排出量削減や農業での取組のイニシアティブが発足するなど、農業分野での温室効果ガス削減技術の開発に対する注目はますます高まっており、国としての国際的なプレゼンスの向上の観点において非常に重要な研究課題である。
- ・ 水田における温室効果ガス削減技術、農業廃棄物の有効活用の影響評価手法の開発において、最終の研究目標の達成に向けた取組が明確であり、目標の達成が十分に見込める。
- ・ SATREPSなどの他のプロジェクトと連携することで、社会実装を加速化させるという取組はオールジャパンで進める国際連携のモデルケースとしても高く評価でき、プロジェクト終了後の進展を期待したい。

2. 今後検討を要する事項に関する所見

- ・ 国際論文、学術誌への発表はIPCCなどへの学術的な貢献として重要であるため、今後のアウトプットの更なる加速化に期待したい。
- ・ 農業現場での残渣の活用については、フードチェーンを考慮した技術や林地との関係も含め、ライフサイクル的な視点を取り込んだ、大きな技術体系になり得るものだと考えられる。耕畜連携や廃棄物チェーンの確立といった広範な広がりを目指したい。
- ・ 農産廃棄物では、国際認証制度の活用等が非常に大きな課題になっており、そういった観点から、本研究課題で得られた評価手法については、国際機関などと連携をしつつ国際標準化を目指して取り組んでいただきたい。

[研究課題名] 脱炭素・環境対応研究のうち国際連携による農業分野における温室効果ガス削減技術の開発

用語	用語の意味	※番号
パリ協定	国連気候変動枠組条約第21回締約国会議（COP21）（2015年）で採択され、2016年に発効した協定。世界共通の長期目標や、GHG削減の国際ルール等を定める。	1
気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第6次評価報告書	気候変動に関する最新の科学的知見を取りまとめて評価し、各国政府に助言と勧告を提供することを目的とした政府間機構であるIPCCが発表する、第6次評価報告書は、3部で構成される。そのうちの第1部（気候変動 - 自然科学的根拠）は、2021年8月に公表された。第2部（気候変動 - 影響・適応・脆弱性）と第3部（気候変動 - 気候変動の緩和）は2022年に公表される予定。	2
グローバル・メタン・プレッジ（GMP）	米国とEUの呼びかけで2021年に発足した国際イニシアチブ。国内対策や国際協力を通じ、強い温室効果ガスであるメタンの排出を、世界全体で2030年までに2020年比30%削減することを目指す。パリ協定等とは異なり、国ごとの削減目標は設定されない。メタン排出削減は、早急なGHG削減のための効率的な手段と考えられている。	3
気候のための農業イノベーション・ミッション（AIM for Climate）	米国とアラブ首長国連邦の呼びかけで2021年に発足した国際イニシアチブ。農業及び食料システムの分野で気候変動への対応を強化するため、イノベーションや研究開発を加速することを目指す。	4
改正EU再生可能エネルギー指令	EUの再生可能エネルギー指令（Renewable Energy Directive）は、再生可能エネルギーのプラントが満たすべき基準を定める。2021年に施行された改正指令では、化石燃料比で70%以上のGHG削減を求める等、設置の基準が強化された。	5
RSPOやMSPO	ともにパーム油生産の認証制度。RSPOは世界自然保護基金（WWF）等の7団体が共同で考案した（Roundtable on Sustainable Palm Oil Certification）。MSPOはマレーシア政府が考案した（Malaysian Sustainable Palm Oil Certification）。	6
LCA	ライフサイクルアセスメント。製品の製造から利用、そして廃棄に至るすべてのプロセスを対象に、環境負荷を推計する手法。	7
バガス	サトウキビ搾汁後の繊維性の残さ。	8
みどりの食料システム戦略	2021年に農林水産省が策定した戦略。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ことを目的に、2050年までの政策目標を掲げる。	9
農業温室効果ガスに関するグローバルリサーチアライアンス（GRA）	農業分野の温室効果ガス排出削減等に関する研究ネットワーク。ニュージーランドの呼びかけにより、2009年から活動。2021年12月現在、65か国から研究者や行政官等が参加。水田研究、農地研究、畜産研究、統合研究の四つのグループを内包し、国際共同研究プロジェクトの設立や成果の普及等の活動を実施。	10
APEC Webinar	アジア太平洋地域の21の国と地域が参加する経済協力の枠組み「APEC」のメンバーに向け、各国・地域が実施するウェブセミナー。	11
SATREPS	「地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム（Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development）」の略。国立研究開発法人科学技術振興機構、国立研究開発法人日本医療研究開発機構及び独立行政法人国際協力機構が共同で実施している、我が国の研究機関と開発途上国の研究機関とが、地球規模の課題解決のために共同で研究を行う3～5年間の研究プログラム。	12
国際再生可能エネルギー機関（IRENA）	再生可能エネルギーの普及及び持続可能な利用の促進を目的として設立された国際機関。再生可能エネルギー利用の分析・把握・体系化、政策上の助言の提供、加盟国の能力開発支援等を実施。	13

① 国際連携による農業分野における温室効果ガス削減技術の開発 【継続】

背景と目的

- ▶ 温室効果ガス（GHG）排出削減のための新たな国際的な枠組み「パリ協定」が2016年11月に発効。同協定を踏まえ、「農林水産省地球温暖化対策計画」が2017年3月に決定。我が国の農林水産分野の脱炭素研究の知見を生かしつつ、国際社会と連携して気候変動問題の解決のための取組を強化する必要。
- ▶ 地球規模課題の気候変動緩和対策に資するため、国際共同研究を通じて、**アジアの水田におけるGHG排出削減のための総合的栽培管理技術の開発及び農産廃棄物を有効利用したGHG削減技術に関する影響評価手法を開発。**

研究内容

1. 水田におけるGHG削減等に関する総合的栽培管理技術の開発

我が国の栽培管理技術（水・肥培・有機物）を融合させ、水田から生じるGHG排出量を3割以上削減し、**地球温暖化の進行を抑制するとともに、土壤保全と生産性の安定を実現する総合的栽培管理技術を開発。**

2. 農産廃棄物を有効活用したGHG削減に関する影響評価手法の開発

農産廃棄物の有効活用によるGHG排出削減に関する**社会・経済・環境の影響評価手法を確立するとともに、当該手法を活用した既存技術における影響評価を実施。**

到達目標

- 水田作農家のインセンティブとなる土壤保全と安定生産を伴う、総合的栽培管理技術の開発。（GHG排出量を3割削減）
- 農産廃棄物を有効活用したGHG削減技術に関する影響評価手法の開発及び評価の実施。（評価手法を1つ以上開発、当該手法を活用し2つ以上の技術について影響を評価）

期待される効果

- アジアの稲作地域へのGHG削減技術の普及や適切なGHG削減技術の導入により地球規模課題の解決に貢献。

1. 総合的管理技術の開発

総合的栽培管理技術



農家へのインセンティブ

- 節水 ● 土壤保全（肥沃度向上） ● 安定生産（持続性向上）

2. GHG削減技術に関する影響評価手法の開発

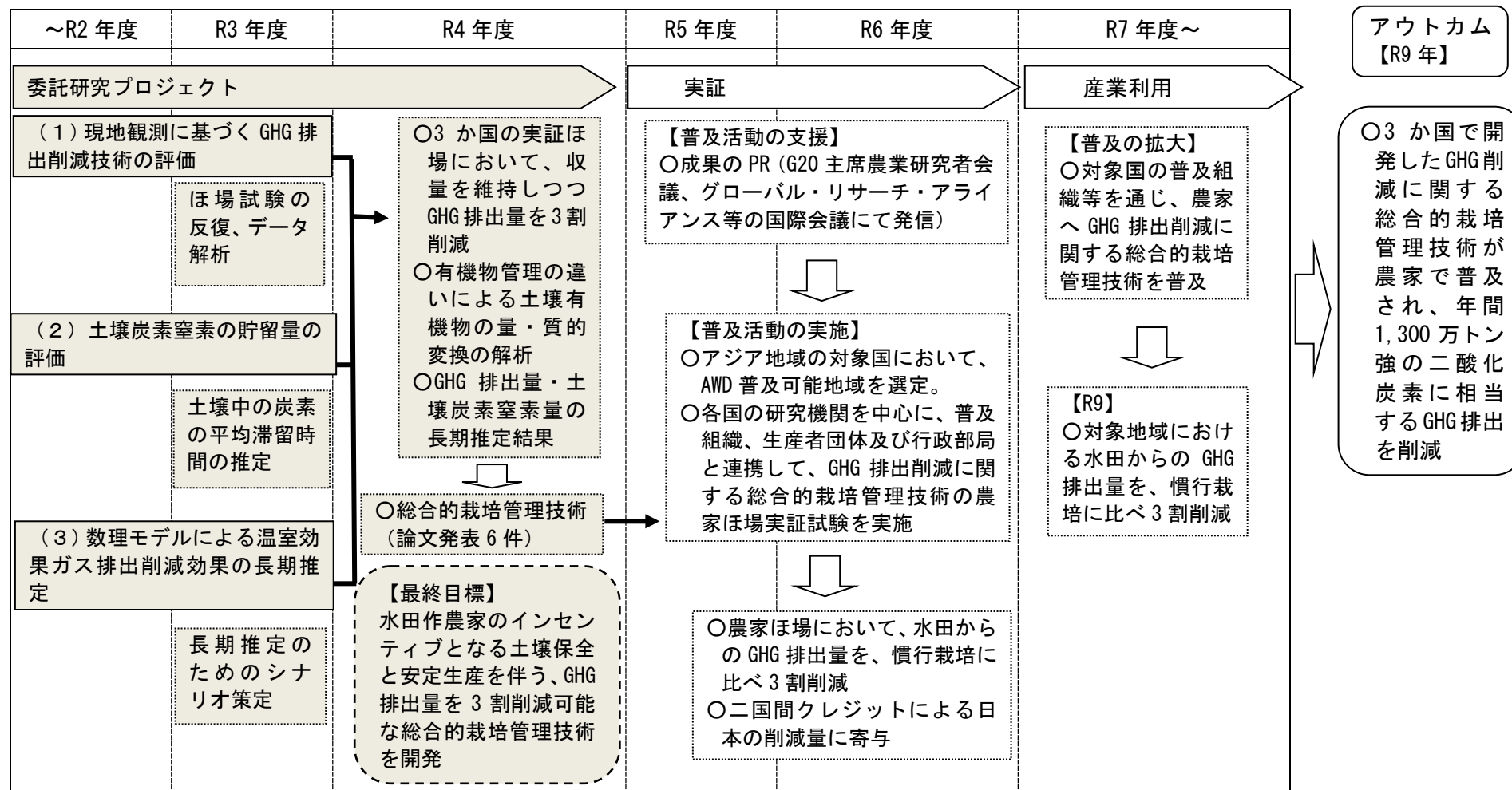
農産廃棄物を有効活用したGHG削減技術



社会・経済・環境への影響評価手法を開発し、GHG削減技術を評価

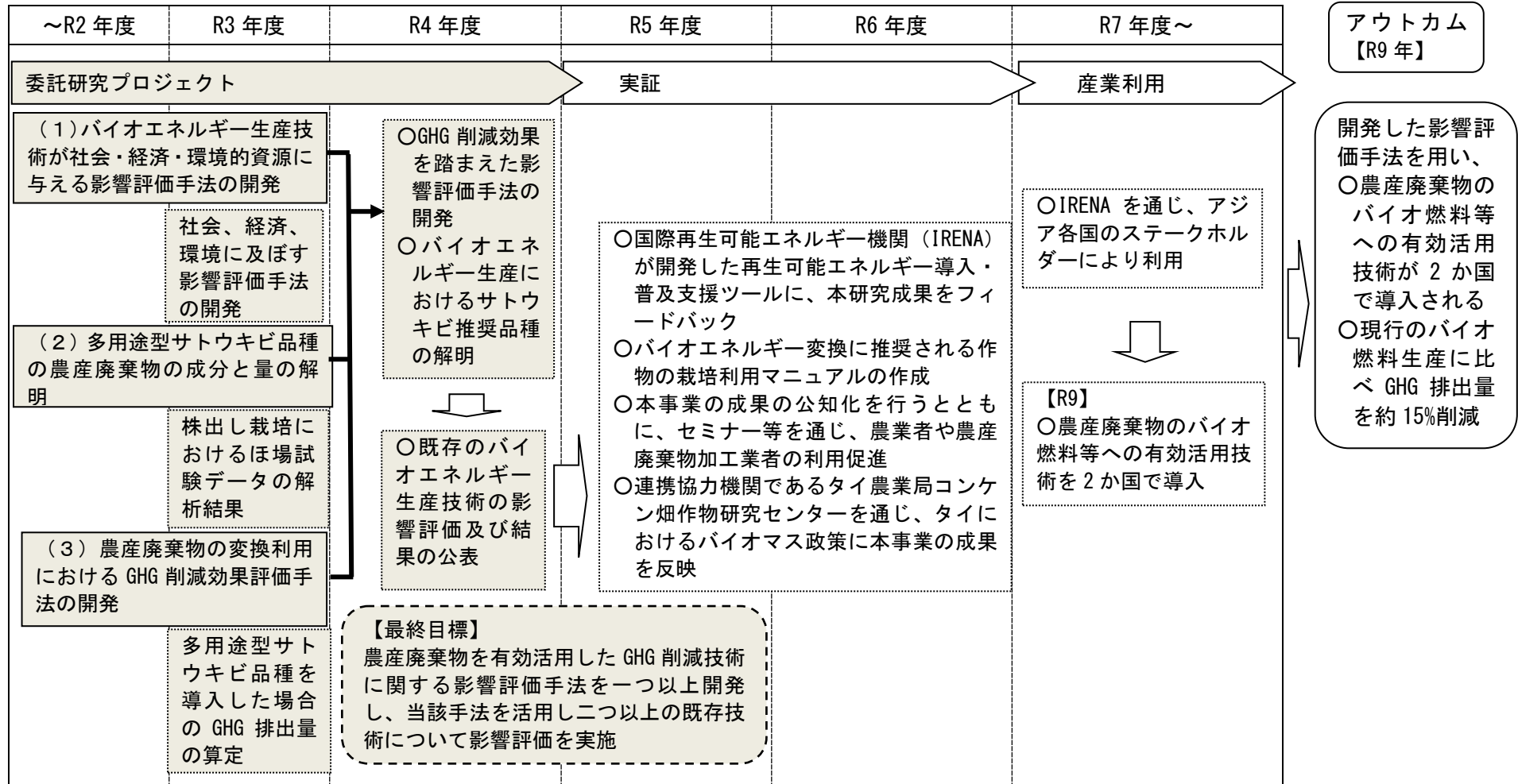
【ロードマップ（終了時評価段階）】

国際連携による農業分野における温室効果ガス削減技術の開発（水田における GHG 削減等に関する総合的栽培管理技術の開発）



【ロードマップ（終了時評価段階）】

国際連携による農業分野における温室効果ガス削減技術の開発
 （農産廃棄物を有効活用した GHG 削減技術に関する影響評価手法の開発）



アジア地域の水田におけるGHG 削減等に関する 総合的栽培管理技術の開発

研究開発の達成目標

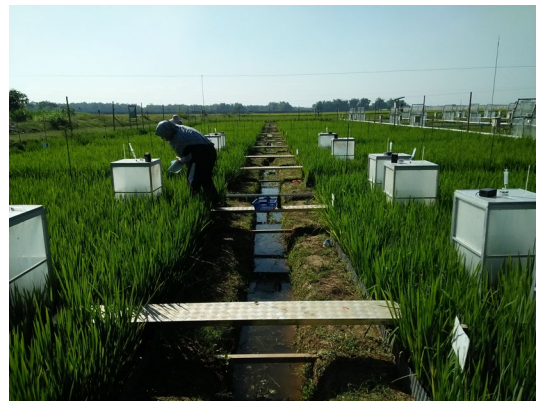
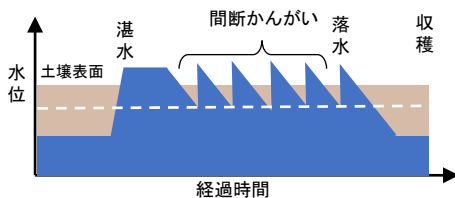
水田作農家のインセンティブとなる土壤保全と安定生産を伴う、GHG排出量を3割削減可能な総合的栽培管理技術を開発

主な成果

フィリピン、インドネシア、ベトナムの海外4機関及び国内2機関による共同研究を実施

(1) 現地観測に基づく温室効果ガス排出削減技術の評価

各試験地における管理技術候補
(水管理、肥培管理等)を試験
→収量を維持もしくは増加させつつ、
GHG排出を3割削減



水田からのGHGのサンプリング

水管理手法の例: AWD (Alternate Wetting and Drying)
節水を目的とする間断かんがい技術の一つ。

(2) 土壤炭素窒素の貯留量および動態の評価

複数の長期連用水田ほ場の過去及び現在の土壤の、
物理分画及び化学分析を実施
→長期水田管理下にある土壤有機炭素・窒素の
存在形態及びその分解に対する安定性を解明



国際稲研究所 (IRRI) の
アーカイブ土壤庫

(3) 数理モデルによる温室効果ガス排出削減効果の長期推定

水田メタン排出モデルDNDC-Riceを改良
→現地収量とGHG排出を精度良く予測可能に

土壤炭素動態モデルRothCのオリジナル及びその水田用改良版の併用と、
現地ほ場実験に基づく作物残さ残存率推定値の適用
→現地土壤の炭素量の推移を精度良く予測可能に

今後の方針

成果の取りまとめとモデル
による将来予想を実施

アウトカム目標

3か国で開発したGHG削減に関する総合的栽培
管理技術が普及され、年間1,300万トン強の二酸化
炭素に相当するGHG排出を削減する

農産廃棄物を有効活用したGHG削減技術に関する 影響評価手法の開発

研究開発の達成目標

農産廃棄物を有効活用したGHG削減技術に関する影響評価手法を一つ以上開発し、当該手法を活用し二つ以上の既存技術について影響評価を実施


主な成果

国際農研及び東北大学が、国際再生可能エネルギー機関(IRENA)と連携

(1) バイオエネルギー生産技術が社会・経済・環境的資源に与える影響評価手法の開発

- 実用化を目指すべきバイオエネルギーの原料を決定
(パームとサトウキビの収穫残さおよび農産廃棄物)
- バイオエネルギー生産の持続可能性をめぐる国際的な議論の動向を把握
- 影響評価の観点から認証制度の改善策を提言見込み

パーム油生産における既存の認証制度
RSPO(NGOや民間企業が中心となり作られた認証制度)、
MSPO(マレーシア政府による認証制度)など

 農産廃棄物や収穫残さを認証制度に含めることで実態に即した制度に

- ・ 農産廃棄物
EFB(Empty Fruits Bunch、パームやしの実を取り出して残った繊維状の房)
PKS(Palm Kernel Shells、実から油を絞り出したパームやし殻)など
- ・ 収穫残さであるパームトランク

(2) 多用途型サトウキビ品種の農産廃棄物の成分と量の解明

- 国際農研が開発した多用途型サトウキビ品種は、繊維含量が多く、バガス産出量が多いため、バイオマス利用に有用であることが判明

(3) 農産廃棄物の変換利用におけるGHG削減効果評価手法の開発

- LCA*における農産廃棄物の評価モデルを開発
- LCAによる評価
→ 製糖工場の農産廃棄物のバイオマス利用において、
繊維含量が多い多用途型サトウキビの優位性を示した

*LCA(Life Cycle Assessment、ある製品・サービスのライフサイクル全体又はその特定段階における環境負荷を定量的に評価する手法)

今後の方針

成果の取りまとめと
関連機関への提言
を実施

アウトカム目標

開発した影響評価手法を用いて、農産廃棄物のバイオ燃料等への有効活用技術が2か国で導入
現行のバイオ燃料生産に比べGHG排出量を約15%削減