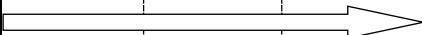


委託プロジェクト研究課題評価個票（終了時評価）

研究課題名	環境負荷低減対策研究のうち温室効果ガス削減プロジェクトのうち脱炭素型農業実現のためのパイロット研究プロジェクト	担当開発官等名	農林水産技術会議事務局研究開発官（基礎・基盤、環境）
		連携する行政部局	大臣官房みどりの食料システム戦略グループ 大臣官房政策課技術政策室 畜産局畜産振興課
研究期間	R 3 年～R 7 年（5 年間）	総事業費（億円）	4. 6 億円（見込）
	基礎	応用	開発
			

研究課題の概要

我が国は2050年までに温室効果ガス（GHG）（※1）の排出を全体としてゼロにする「2050年カーボンニュートラル（※2）」を宣言し、その達成に向けた中間目標として、2030年度にGHG排出量46%削減（2013年度比）を表明した。農林水産分野における気候変動緩和（※3）技術の導入は、我が国のGHG排出削減に寄与するとともに、持続可能な食料システムの構築を目指す「みどりの食料システム戦略（令和3年5月策定）（※4）」の実現に貢献するものである。本課題では、農林水産業の生産工程における脱炭素化のため、農林水産分野の気候変動緩和技術を開発するとともに開発した技術の社会実装を促進するため、以下の研究を行う。

＜課題：脱炭素型農業実現のためのパイロット研究プロジェクト（令和3～7年度）＞

我が国の温室効果ガス（GHG）削減目標を着実に達成し、カーボンニュートラルに向けた脱炭素化の取組を推進するため、研究者、農業者、自治体等が連携し、気候変動緩和技術を実装スケールで最適化することにより、GHG排出削減と生産性向上の両立を実現する技術を開発する。

1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標

パイロット地区（栃木県那須野ヶ原地区、北海道鹿追地区）（※5）を設置し、GHG排出削減と生産性向上を両立する緩和技術システムを開発し、農業分野における気候変動緩和技術導入を加速させ、脱炭素化に貢献する。令和7年度までに生産現場への導入が最適化された気候変動緩和技術を5種以上開発し、これらの技術を実装した新たな農業生産モデル展開の核となる拠点地域を構築。

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（令和12年度）

生産現場に最適化された気候変動緩和技術の普及により、水田での中干し延長技術の普及率30%、施設園芸でのGHG排出削減技術の導入割合50%、家畜ふん尿由来の消化液（※6）利用による畑作での化学肥料代替2kNtおよび開発したスラリーインジェクター（※7）の普及台数300台（市場規模20億円）の達成。さらに、GHG排出削減と生産性向上を両立する新たな農業生産モデルの技術指標となる脱炭素型経営技術指標が半数の都道府県で策定。

【項目別評価】

1. 研究成果の意義

ランク： A

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

気候変動は地球環境に深刻な影響を及ぼしていることから、脱炭素社会に向けて農業においてもGHG排出削減が求められている。しかし、農林水産業からのGHG排出を削減する気候変動緩和技術は、生産性向上など直接的なメリットが得られにくいことから、技術導入が十分に進んでいない。

本課題は、我が国の農林水産業でGHG排出量の約6割を占める水田、畑地、畜産、施設園芸を対象に、GHG排出削減に加えて、生産性向上の両立に加え、コスト削減、生物多様性保全を実現するために、生産現場への導入が最適化された気候変動緩和技術を開発するものである。これらの技術は、気候変動緩和技術の普及拡大を通じて温室効果ガスの削減に貢献することから、農林水産業や国民生活のニーズに応える重要な研究である。

① 最終の到達目標に対する達成度

本研究課題は4つの小課題で構成される。小課題①では水田のGHG削減技術と生物多様性保全の最適化技術、小課題②では園芸施設におけるGHG排出削減と生産性向上技術、小課題③では有機性資源エネルギー利用促進を支える畜産・農地の資源循環営農技術等の気候変動緩和技術、①～③でそれぞれ1種以上開発する。小課題④では、小課題①～③で取得するデータを統合し、分析することで温暖化緩和技術の導入効果の評価手法（GHG削減効果・経営評価の2種）を開発する。これらの課題を実施することで5種以上の気候変動緩和技術が開発される。具体的な研究成果は以下の通りである。

小課題①：水田においてGHG排出削減と省力化による生産コスト低減を両立するための水管理手法として、ICT水管理システムを活用した中干し延長処理技術を開発した。この技術をパイロット地区へ導入し、水管理条件の違いがGHG排出量と水稻収量に及ぼす影響を評価した結果、中干し延長を導入することによりGHG排出量が慣行区と比べて20～60%低減したが、水稻収量はやや減少した。生物多様性保全については、アマガエルやアカネ類（ヤゴ）の退避場を設けることにより中干しによる悪影響が緩和された。

小課題②：採熱効率の高い水熱源ヒートポンプを開発し、本技術を導入した実証園芸施設を複数ヶ所に設置し、省エネ効率の向上によるGHG排出削減効果と制御温度の安定性による生産性向上効果を検証した。その結果、地下水を熱源とするヒートポンプでは、氷点下となる外気温の条件においても成績係数（COP）（※8）が4を越える等、高いエネルギー効率性が確認された。さらにヒートポンプにより温度を調節した地下水をチューブに通水し、イチゴの株元を直接加温・冷却することにより、イチゴの収量が安定することも確認された。また、太陽光発電や風力発電等の再エネを活用した環境制御技術を開発・実証し、施設園芸におけるGHG排出削減への有効性が確認された。

小課題③：バイオガспラントで発生する家畜ふん尿由来のメタン発酵消化液の活用による化学肥料代替を進めるため、民間企業と共同でアンモニア揮散（※9）を抑制するスラリーインジェクター2機種を開発した。現地圃場での運用試験・改良、特許出願を経て、2024年11月に販売が開始された。また2機種のスラリーインジェクターを基軸とした営農利用技術について、パイロット地区において、テンサイ、コムギ、デントコーン、ソルガム等、10種類以上の品目で圃場試験を実施し、化学肥料の代替効果を確認した。また、地域資源活用による土壌炭素等の変動評価技術として、オンサイトで簡便な土壌炭素分析を可能にするスマートフォン撮影による土壌炭素量の評価アプリを開発した。

小課題④：パイロット地区において、各小課題で開発した技術導入によるGHG削減効果に及ぼす影響に関するライフサイクルアセスメント（LCA）（※10）を実施した。その結果、水稻作においてはLC-GHGの観点でも中干し延長が有効であること、施設園芸（いちご）においては、農業用水を熱源とする小規模ヒートポンプの導入により約10%のLC-GHG削減効果があること、酪農においてバイオガспラントの利用がGHG削減に有効であることなどを明らかにした。各種の経営評価については、費用・収入等のデータ整理と収集を完了した後、技術導入が農業経営に及ぼす影響を推定するため、基幹作物の平均的な投入量・産出量を整理して畑作経営モデルを構築し、精緻化を進めた。さらに緩和技術導入によるGHG排出量増減と地域経済への波及効果を算定可能なWebツールを開発した。

② 最終の到達目標に対する今後の達成可能性

小課題①：最終年度は、中干し延長処理による水稻収量と水田生物相への影響調査を通じて、メタン排出削減と水稻の生産性や生物多様性保全を並立する水管理手法を確立する。これにより、栽培中のメタンガス排出量の30%削減と水稻生産性や生物多様性保全の並立、さらに中干し延長による水管理労働コストの削減を実現する水管理技術を開発される見込みである。

小課題②：最終年度は、現地の園芸施設に開発した技術を導入し、栽培条件に応じた省エネ設備の導入指針や環境制御技術を確立する。これにより、燃烧式暖房機の燃油使用量50%削減と系統電力使用量20%

削減を実現する栽培システムを開発できる見込みである。

小課題③：最終年度は、パイロット地区以外で公設試と連携した実証試験を実施予定であり、その結果から、消化液等の畑作利用により施肥代替50%を達成できる見込みである。また、試験結果をとりまとめることにより、期間終了時にはスラリーインジェクターを基軸とした営農利用システムのGHG排出抑制効果と土壌炭素貯留効果の算定や資源循環体系化マニュアルの策定を完了できる見込みである。

小課題④：最終年度はパイロット地区において、本プロジェクトで実証した気候変動緩和技術に対するLCAの精緻化を行う。また、本小課題で開発した各緩和技術の実証データを考慮した経営指標を用いることにより、生産現場に最適化された気候変動緩和技術を実装するための新たな農業生産モデルを構築する予定である。

以上のように、最終目標となっている5種以上の緩和技術について、現在6種を開発し、小課題④の経営評価手法についてはR7年度までに開発見込みであり、技術開発および実装・公表は順調に進展している。緩和技術導入による数値目標の検証や、普及にむけた技術導入指針・マニュアル作成・農業生産モデルの提示等を最終年度に残しているが、研究は順調に進んでおり、最終到達目標は十分に達成可能である。

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
---	--------------

① 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

本課題では、GHG排出削減に加えて、生産性向上やコスト削減、生物多様性保全などを両立する最適化された気候変動緩和技術の開発を進めており、農業者や消費者にとって技術導入のメリットを付与する技術の開発が見込まれる。具体的には、水田ではICT水管理システムの活用やJ-クレジット（※11）方法論への登録、施設園芸では既存の空気熱源ヒートポンプの導入が困難な寒冷地にも対応可能な地下水や農業用水から採熱する水熱源ヒートポンプの開発や、GHGの削減に寄与する太陽光発電／風力発電等を導入した再エネ利用型環境制御システムの開発、畑地および畜産では本州地域に適用可能な小型インジェクターの開発と施肥量の多い畑作への消化液利用など、既存技術のボトルネックを解決する技術の開発を進めている。

技術の普及については、栃木県那須野が原地区と北海道鹿追地区にパイロット地区を設定し、導入指針となる経営技術指標（脱炭素型農業技術指標）や普及計画等を行政部局や民間企業と連携して策定することで、開発した気候変動緩和技術を実装した、普及のコアとなる新たな農業生産モデルの拠点地域が構築される見込みである。

以上より、「生産現場に最適化された気候変動緩和技術の普及により、水田での中干し延長技術の普及率30%、施設園芸でのGHG排出削減技術の導入割合50%、家畜ふん尿由来の消化液利用による畑作での化学肥料代替2千Ntおよび開発したスラリーインジェクターの普及台数300台（市場規模20億円）の達成。さらに、GHG排出削減と生産性向上を両立する新たな農業生産モデルの技術指標となる脱炭素型経営技術指標が半数の都道府県で策定」というアウトカム目標の達成は可能である。

② アウトカム目標達成に向け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

研究成果については、研究論文や業界誌での公表、自治体による国民体育大会でのパネル展示、パイロット地区における現地実演会、メタン発酵の業界団体や普及組織を対象とした実演会の開催、日本施設園芸協会主催の2024年施設園芸・植物工場展（GPEC）での特別セミナー講演、アグリビジネス創出フェアでのブース出展やセミナー開催など、農業者や消費者、自治体・農協等の関係機関、民間企業等を対象とした積極的な広報に取り組んでいる。また、技術の普及に向けた活動として、現地適用を進めるための複数の公設試と連携した実証試験、みどりの食料システム法に基づく基盤確立事業の活用等、様々なアプローチを行っている。さらに、GHG排出量を削減する中干し延長技術については、民間企業を新たな協力機関に加えてJ-クレジットの方法論の登録を完了し（現時点では、プロジェクト登録数17件）、新技術のスラリーインジェクターについては特許出願を終え、販売も開始された。営農活動のGHG排出量や地域経済への波及効果の評価ツールは特許出願を進めており、民間と連携したサービスの

実用化を検討している。

以上のように、気候変動緩和技術の開発とともに技術の普及に向けて自治体や民間企業等と連携した取組が推進されており、取組内容は妥当である。

③ 他の研究や他分野の技術の確立への具体的貢献度

メタン発酵消化液の営農利用技術の開発は、家畜ふん尿によるバイオガス発電（※12）から生じる残渣の有効活用に繋がり、バイオガス発電の収益性向上や地域資源の地域内循環量の拡大に貢献する。また、施設園芸に導入される水熱源ヒートポンプや環境制御装置は、農山漁村における電力や熱の利用を最適化するエネルギーマネジメントシステム（※13）を構成する技術要素となることから、これらの技術開発は我が国の再生可能エネルギーの利用拡大に貢献するものである。

4. 研究推進方法の妥当性

ランク：A

① 研究計画の妥当性

外部専門家と関係行政部局で構成する運営委員会を設置し、運営委員会や推進会議を年2回以上開催するほか、開発した技術の現地実演会、現地検討会さらに担当者とのメール会議等を開催することにより、研究計画の見直しや進捗状況の確認を適時実施している。

② 研究推進体制の妥当性

研究機関、大学、民間企業等が連携して研究に取り組むとともに、拠点地域の構築を進める自治体がパイロット地区として実証に加わっており、研究開発および開発技術の普及に向けた研究推進体制は妥当である。また、研究の進捗に合わせて民間企業を協力機関に追加するなど、適切な研究推進体制を構築している。

③ 研究の進捗状況を踏まえた重点予算配分等、予算配分の妥当性

各課題の進捗状況や運営委員会からの指摘等を踏まえて予算配分を行っており、特に研究推進に必要な設備導入など大きな予算が必要な案件には重点配分するなど、必要性を考慮した予算配分を実施している。

【総括評価】

ランク：A

1. 委託プロジェクト研究課題全体の実績に関する所見

- ・温室効果ガス削減と生産性向上の両立は短期的にも中長期的にも重要な課題であり、農業分野横断的に地域単位での取組として評価を行う本研究の意義は大きい。
- ・4つの小課題とも計画に沿って進捗しており、研究目標の達成可能性は高い。また、実施体制も妥当である。

2. 今後検討を要する事項に関する所見

- ・継続的なモニタリングにより、設定した指標の妥当性を定期的に評価・確認していただきたい。
- ・メーカーとの協力を進め、スラリーインジェクター等機械の低コスト化を図っていただきたい。
- ・パイロット地区周辺から地域・全国へ普及・展開していく道筋について、更なる検討が必要である。
- ・生産者への技術の実装に当たっては、生産者の負担軽減について十分配慮いただきたい。
- ・研究成果の発信については、論文等を含め積極的な公表に努める必要がある。

〔研究課題名〕 環境負荷低減対策研究のうち温室効果ガス削減プロジェクトのうち脱炭素型農業実現のためのパイロット研究プロジェクト

用 語	用 語 の 意 味	※ 番号
温室効果ガス	大気圏にあって、地表から放射された赤外線の一部を吸収し、地表に向かって放出することにより、温室効果をもたらす気体の総称である。人間活動によって主なGHGには、二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素などがある。GHGは、Green House Gasの略。	1
カーボンニュートラル	生産や生活等一連の人為的活動を行った際に、排出される二酸化炭素と吸収される二酸化炭素が同じ量（プラスマイナスゼロ）である状態。例えば、植物の焼却により二酸化炭素を放出しても、植物の成長過程で光合成により二酸化炭素を吸収しているため、大気中の二酸化炭素は増加させないとされている。	2
気候変動緩和	温室効果ガスの排出を削減する排出源対策と、大気中から温室効果ガスを取り除く働きを維持・拡大する吸収源対策の総称である。農林水産業では、燃料燃焼による二酸化炭素、稲作及び家畜消化管内発酵に伴うメタン、農地土壌（施肥由来等）からの一酸化二窒素などが主な排出源となっており、排出源対策では、省エネ、再生可能エネルギーの使用、メタン等の発生抑制のための対策を講じる等の各段階での取組が必要となっている	3
みどりの食料システム戦略	持続可能な食料システムの構築に向け、中長期的な観点から、調達、生産、加工・流通、消費の各段階の取組とカーボンニュートラル等の環境負荷軽減のイノベーションを推進するため、農林水産省が策定した戦略。	4
パイロット地区	試験的もしくは先行する取組を実施するモデル地区を意味し、ここでは、実験圃場レベルの技術を農業生産現場の普及技術として確立するために、試験地として設定した実証地区を示す	5
（メタン発酵）消化液	家畜ふん尿等を原料にしたバイオガス発電において、発酵槽にてメタン発酵を行った後の液体状の残渣。投入原料とほぼ同量が消化液となり、消化液には窒素・リン酸・加里などの肥料成分を含むため、有効活用が期待されている。	6
スラリーインジェクター	カッター等で地表面に切り込みを入れて、その中にホースで導いた家畜ふん尿スラリーやその発酵残渣である消化液を流し込む機械。地表面にこれらの液体が露出しないことから、アンモニアが揮散せず、悪臭や肥料成分の揮散を防止する効果が期待できる。	7
成績係数（COP）	成績係数（COP：Coefficient of Performance）は、冷暖房に要する投入エネルギーに対するエネルギー効率を示す指標。冷暖房能力（kW）を冷暖房消費電力（kW）で除して求められる。例えばCOP4では、投入した1kWの電力エネルギーに対して、4kWの熱エネルギーが得られたことを示す。	8
アンモニア揮散	液相中のアンモニア態窒素の一部がアンモニアに解離し、空気中に揮散する現象。メタン発酵消化液に含まれる窒素の約半分はアンモニア態窒素であるため、アンモニア揮散が生じると、植物に利用される窒素成分が失われるとともに、悪臭や環境汚染の原因となる。	9
ライフサイクルアセスメント（LCA）	製品・システムの原料調達から製品製造、使用、廃棄/リサイクルに至るまでの環境影響を評価する技法で、国際規格ISO14040:2006にて手順等が示されている。	10

J-クレジット	温室効果ガスの排出削減や吸収の取組を国がクレジットとして認証する制度。本制度により創出されたクレジットは、クレジット創出者（排出削減、吸収に取り組む者）はクレジット売却益を受け取れるほか、クレジット購入者はカーボン・オフセットに活用できる等のメリットがある。	11
バイオガス発電	食品廃棄物や汚泥、家畜ふん尿等を嫌気性条件下でメタン発酵させ、そこで得られたメタンを主成分とするバイオガスを燃料に用いる発電のこと。	12
エネルギーマネジメントシステム	電気、ガスなどのエネルギー使用状況を把握し、消費するエネルギーの流れを効率的に制御・管理するためのシステムのこと。農山漁村を対象としたものはVEMS（Village Energy Management System）と呼ばれている。	13

③ 脱炭素型農業実現のためのパイロット研究プロジェクト【継続】

<対策のポイント>

我が国の温室効果ガス（GHG）削減目標を着実に達成し、カーボンニュートラルに向けた脱炭素化の取組を推進するため、**研究者、農業者、自治体等が連携し、GHG排出削減と生産性向上を両立する気候変動緩和技術等を実装スケールで最適化**するための研究を行います。

<政策目標>

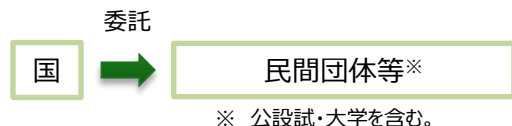
- 生産現場への導入が最適化された気候変動緩和等の技術を5種以上開発〔令和7年度まで〕
- 脱炭素型の農業生産モデル展開の核となる拠点地域を1か所以上構築〔令和7年度まで〕

<事業の内容>

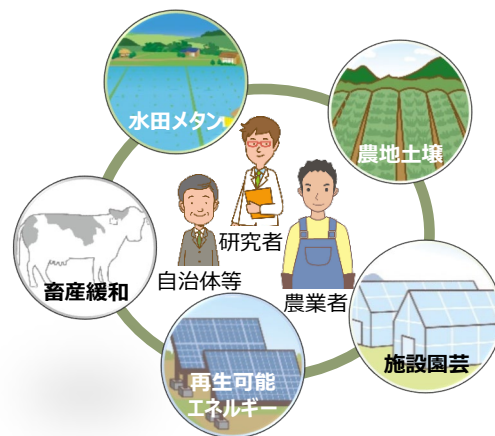
脱炭素型農業実現のためのパイロット研究プロジェクト

- ・ 試験ほ場では困難な課題の解決と地域の特性に応じた生産システムの構築を一体的に実施するため、**パイロット地区を設定し、実装スケールで気候変動緩和技術等を開発**。
- ・ GHG排出削減量・炭素貯留量、投入コスト、収量等への影響を評価し、**GHG排出削減と生産性の向上を両立**するよう気候変動緩和技術等を最適化。

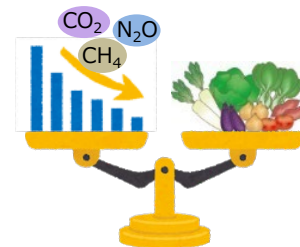
<事業の流れ>



<事業イメージ>

気候変動緩和等の技術の
On Farm開発

- ◆ 農業（水田、畑地、畜産、施設園芸等）
 - ◆ 農村地域（再生可能エネルギー活用）
- におけるGHG削減・炭素貯留技術

GHG削減と作物生産等が
両立する緩和技術等を開発

気候変動緩和等の基礎・基盤的技術を

- ・ GHG削減効果
- ・ 生物多様性、水環境
- ・ 生産性の向上

と両立した、地域の状況に適應する技術へと確立



脱炭素型の農業生産モデルを展開

【ロードマップ（終了時評価段階）】

環境負荷低減対策研究のうち温室効果ガス削減プロジェクトのうち脱炭素型農業実現のためのパイロット研究プロジェクト

