

委託プロジェクト研究課題評価個票（中間評価）

研究課題名	新品種開発研究のうち新品種開発を加速化する作物横断的育種効率化基盤の構築		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	技術会議事務局 研究企画課 技術会議事務局 研究統括官室 農産局 穀物課 農産局 園芸作物課 農産局 果樹・茶グループ 畜産局 飼料課 輸出・国際局 知的財産課
研究期間	R 5 年～R 9 年（5 年間）		総事業費（億円）	8. 7 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>

化学農薬・肥料の削減、気候変動対応、食料安全保障など社会課題に対応できる品種開発が求められているが、従来育種では多大な期間と労力を要するため、育種の高速化と省力化が求められている。近年、農作物のゲノム情報（※1）や形質の表現型情報（※2）等のデータを用いた新たな育種技術の研究が進んでいるが、各作物の分野ごとにデータの整備が進められ、対象とする形質や収集する仕組みも異なり、整備状況に差が存在している。作物ごとに整備する従来の進め方ではなく、自殖性作物（※3）・他殖性作物（※4）、イネ科植物などのカテゴリーごとに複数作物で共通したシステムとすることによって、開発した技術の迅速な他作物への展開、開発コストの削減と有望系統を高い効率で選抜するシステムの構築が可能となる。このため以下の小課題IとIIを実施し、育種における有望系統の選抜のノウハウをデジタル化し、育種選抜過程を時間的かつ労力的に大幅に効率化するシステムを整備する。小課題Iで構築する「育種効率化基盤」は、ゲノム情報、形質の表現型情報や系譜情報（※5）等を育種データとして蓄積する「育種情報基盤」及び、「育種情報基盤」に格納されたデータを利用して最適な交配組合せ提示や優良個体の選抜を支援する「育種支援ツール」から構成される。小課題IIでは、育種現場における表現型情報の計測と取得を効率化する技術を開発し、「育種効率化基盤」を補完することによって、育種選抜の効率化に貢献する

<I：作物横断的な育種効率化基盤の開発と複数作物の選抜集団における実証（令和5～9年度）>

- ・「育種情報基盤」及び「育種支援ツール」で開発された技術を使って、複数作物において、最適な交配組合せの提示と、交配後の集団における有望系統の選抜効果の実証を行い、品種開発コストの抑制につながる作物共通の「育種効率化基盤」を整備する。

<II：スマート育種をサポートする表現型計測技術の開発と実装化（令和5～9年度）>

- ・従来の技術ではカバーできない重要な農業形質の計測を可能とするために、新規の表現型計測技術を開発する。

1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標

中間時（2年度目末）の目標	最終の到達目標
I. 11品目の作物（ムギ類、ダイズ、イネ、カンショ、バレイショ、飼料作物、タマネギ、イチゴ、チャ、バラ科果樹、カンキツ）において「育種情報基盤」を整備する。「育種情報基盤」に格納されたデータをもとにDNAマーカー（※6）を設計して、品種育成に利用する。2品目で開発中の「育種支援ツール」を用いて、最適な交配組合せを提示する実証を行う。	I. 11品目の作物で共通して利用できる「育種効率化基盤」を開発する。本システムは、自殖性作物と他殖性作物のそれぞれに適した調整を行う。また、本システムを用いて、病虫害抵抗性、肥料利用効率の向上、環境負荷低等の3種類以上の形質を標的として、有望系統の選抜効果の有効性を実証する。

II. 主要穀類等の地上部形態（草型や穂）の画像を解析する技術、土中のイモ類・根菜類の肥大生長を非破壊で定量する技術、及び従来のチャンバーを使わない野外において農作物から発生する温室効果ガス濃度の一斉定量技術の3種類の技術についてプロトタイプを開発する。	II. 主要穀類等の地上部形態画像解析技術を3品目以上、イモ類・根菜類の地下部非破壊計測技術を1品目以上、野外における温室効果ガス濃度の一斉定量技術を1品目以上開発し、育種現場に展開して、育種事業者が利用可能な計測技術として実装する。
2. 事後に測定可能な委託プロジェクト研究課題全体としてのアウトカム目標（R12年）	
・開発した作物横断的な「育種効率化基盤」と表現型計測技術が民間種苗会社や地方公設試験場等に普及して、作物の新品種開発にかかる年限や労力コストが半減され、化学農薬・肥料の削減、気候変動対応、食料安全保障等に貢献する品種開発を促進する。	

【項目別評価】	
1. 社会・経済の諸情勢の変化を踏まえた研究の必要性	ランク： A
①農林水産業・食品産業、国民生活の具体的なニーズ等から見た研究の重要性 「みどりの品種育成方針(令和4年12月 農林水産省 農林水産技術会議事務局策定)」では、CO2ゼロエミッション化、化学農薬の使用量低減、化学肥料の使用量低減、気候変動対応、食料安全保障に資する形質を付与した品種育成目標が示されている。また、1つの品種を開発するためには、従来育種では少なくとも10年以上の時間がかかるなど多大な時間と労力を要するが、近年、データ分析に基づく新たな育種法が研究されており、国際的な品種開発競争が激しくなっている。一方、わが国では、主要作物の品種開発を担ってきた公的研究機関の人的資源の減少が続くなど、こうした変化に十分対応できる体制となっておらず、データの蓄積・活用によって効率的かつ迅速に品種開発が行うことができるシステムの開発が必要である。 「育種効率化基盤」の実用化により、国内の新品種開発体制を強化することによって、喫緊の社会課題や多様化する消費者ニーズ等に迅速に対応できるような新品種開発が進むことから、研究の重要性は高い。 ②引き続き国が関与して研究を推進する必要性 第6期科学技術・イノベーション基本計画（令和3年3月閣議決定）において、「（略）高度な解析が可能となるような形で質の高いデータを収集・蓄積し、数理モデルやデータ解析技術によりサイバー空間内で高度な解析を行うという一連の基盤（社会基盤）」が求められている。また、バイオ戦略2024(令和6年6月)では、「ゲノム情報を駆使した新品種開発により、化学肥料等の環境負荷を減らしながら生産性を高め、食料の安定供給に貢献する」こととされている。 主要作物の育種は、これまでに国や県の研究機関が担ってきており、これらの公的研究機関がゲノム情報等の膨大な育種データを保持していることから、国が主体的に育種関連のデータを集積・管理し、「育種効率化基盤」を構築し、地方公設試験場や民間種苗会社の活用を促進する必要がある。以上のことから、国が主導的な役割を行う必要性は極めて高い。	
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
①中間時の目標に対する達成度 I. 作物横断的な育種効率化基盤の開発と複数作物の選抜集団における実証 主要穀物、野菜、果樹等の11品目（ムギ類、ダイズ、イネ、カンショ、パレイショ、飼料作物、タマネギ、イチゴ、チャ、バラ科果樹、カンキツ）の作物において「育種情報基盤」を整備した。作物共通の仕組みでゲノム情報や形質の表現型情報を格納するサーバーなどを整備し、上記11品目の取得情報を格納可能にし、合計6,645品種・系統のゲノム情報に加え、過去に紙媒体に記録されていた形質の表現型情報と系譜情報を電子化し、格納した。「育種情報基盤」に付随する機能として、多数の品種・系統のゲノム情報を並べて比較・閲覧できる「TASUKE」、表現型とその形質に関与する遺伝子の遺伝子型（※7）を対応付けて閲覧できる「アレルグラフ」、品種・系統の系譜を形質情報とともに閲覧できる「Pedigree Finder」を整備した。「育種情報基盤」の整備は予定以上に進んでいる。 また、「育種情報基盤」を活用し、ゲノム情報と形質の表現型情報を連携して、カンショ、パレイショ、イチゴ、ニホンナシ等の病害抵抗性、タマネギの開花時期、イチゴ、チャ、リンゴ等の果実品質やチャ品質、飼料作物の脱粒性に関係するDNAマーカーを開発した(特許出願準備中)。DNAマーカー	

の開発は予定以上に進んでいる。

「育種支援ツール」については、コムギ、ダイズ、イネ、カンキツ等では、それぞれ、製粉性、開花期、米粉特性、果実重等の形質予測モデルを構築して、育種現場における実証研究を開始した。コムギとイネについては、目的とする出穂期や粒重等を示す個体を得るために最適な交配組合せを予測できる「育種支援ツール」を開発しており、当初の計画通りに進捗している。

II. スマート育種をサポートする表現型計測技術の開発と実装化

コムギの穂数やダイズの障害粒に関する画像解析技術を2つ、カンショの塊根肥大を定量する地下部非破壊計測技術を1つ、野外におけるイネの根より発生する温室効果ガス濃度の一斉定量技術を1つ開発し、育種現場における実証研究を開始しており、当初の計画通りに進捗している。

②最終の到達目標の今後の達成可能性とその具体的な根拠

I. 作物横断的な育種効率化基盤の開発と複数作物の選抜集団における実証

主要穀物、野菜、果樹等の11品目で「育種情報基盤」の整備が進み、コムギやイネ等の自殖性作物では製粉特性や収量性の有望個体が出現する交配組合せを事前に知ることができる「育種支援ツール」を開発済みである。今後は、最適な交配組合せを事前に知ることができる「育種支援ツール」を他殖性作物にも適応できるように改良する。

また、交配実行後の集団を構成する各実個体の形質を予測し、有望系統を選抜する「育種支援ツール」を開発し、病虫害抵抗性、肥料利用効率の向上、環境負荷低等の3種類以上の形質を選定して、形質予測モデルの結果と実際の複数作物の交配後の集団における有望系統の選抜効果を検証する。

最終目標である、11品目の作物における「育種効率化基盤（育種情報基盤＋育種支援ツール）」の開発、3種類以上の形質における育種選抜効果の検証は十分に達成可能である。

II. スマート育種をサポートする表現型計測技術の開発と実装化

これまでにコムギやダイズの穂数や障害粒の画像解析技術とイモ類の塊根肥大を非破壊計測する技術を開発済みである。今後は、育種現場における実証を進める。イネの温室効果ガス濃度の一斉定量技術については、技術の改良に加えてイネの素材開発にも利用を開始する。また、今後、野菜や果樹の病虫害抵抗性や果実品質を想定できる新規画像解析技術の開発を開始する。以上により最終目標である、主要穀類等の画像解析技術を3品目以上、イモ類・根菜類の地下部非破壊計測技術を1品目以上、野外における温室効果ガス濃度の一斉定量技術を1品目以上の育種現場に展開すること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

小課題Iではこれまでに、11品目において育種に関する膨大なデータを共通で蓄積する「育種情報基盤」の整備を行い、格納されたデータを活用したDNAマーカーの迅速な開発が可能になり、コムギとイネについて最適な交配組合せを予測できる「育種支援ツール」を開発した。小課題IIではこれまでに、イネとダイズの地上部外観、カンショの地下部の形態やイネの温室効果ガス定量の表現型計測技術を開発した。

今後は、小課題Iと小課題IIの課題間で連携を取りながら、研究コンソーシアム内の実際の育種選抜を行う農研機構、地方公設試験場や民間種苗会社等の品種育成機関が開発した技術の実証を継続し、改良を行うとともに、品目と形質の適応を拡大する予定である。また、実用化に向け、知財やデータの適切な管理及び継続的な運用体制を整理することにより、民間種苗会社や地方公設試験場等の品種育成現場の普及を図る。

以上により、「開発した作物横断的な「育種効率化基盤」と表現型計測技術が民間種苗会社や地方公設試験場等に普及して、作物の新品種開発にかかる年限や労力コストが半減され、化学農薬・肥料の削減、気候変動対応、食料安全保障等に貢献する品種開発を促進する」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

整備した「育種情報基盤」は、新品種や育成中の系統のデータを追加して常に最新版のデータを利用できるように維持する。最適な交配組合せ選定を支援する「育種支援ツール」のプロトタイプにつ

いて、研究コンソーシアム内の実際の育種選抜を行う地方公設試験場や民間種苗会社において検証し、改善点や使用感に関する課題を整理した。

また、表現型計測技術のプロトタイプ版については、研究コンソーシアム内の育種担当者に提供し、試用で出た意見のフィードバックにより、プログラム改良を進めている。

さらに、構築中の「育種効率化基盤」について、令和6年度(2024年度)に2回以上のワークショップの機会を設けて研究コンソーシアム外へのアウトリーチ活動を行い、研究コンソーシアム外の民間企業や地方公設試験場の育種事業者の要望を聴取するなど、研究成果の活用のための取組みは妥当である。

③他の研究や他分野の技術の確立への具体的貢献度

本委託プロジェクトで得られる品種育成を効率化する技術や知見（交配組合せの選定方法、有望個体の選定方法、表現型計測技術等）、各作物の品種の機能や特性に関する情報であるゲノムや遺伝子型データは、本委託プロジェクトで対象としていない作目や、目的形質以外の形質改良にも迅速に活用可能である。

さらに、確立した表現型計測技術は育種現場だけでなく、生産現場において収穫物の収量予測や品質評価に活用される。特に、育種現場への温室効果ガス濃度の一斉定量法は品種育成中の系統評価だけでなく、生産現場における温室効果ガスの見える化を通して、品種の新たな付加価値を提供する。

4. 研究推進方法の妥当性

ランク： A

①研究計画の妥当性

外部有識者4名、関連する行政部局、参画する研究代表者やサブリーダーにより構成する委託プロジェクト研究運営委員会に加え、課題担当者が参加する研究推進会議を年に2回以上開催し、実施計画の検討や見直し等が行える体制を整えている。また、研究コンソーシアムの自主的な推進体制として、作物ごとに年に1-2回、課題担当者が一同に会する課題検討会を開催している。これらの取り組みにより、研究の進捗状況を踏まえ、参画機関の追加や各作物の重点形質の選定等を実施し、研究計画の見直しを実施し、適切な進行管理に努めており、研究推進方法は妥当である。

②研究推進体制の妥当性

多品目の育種を実施し、過去の形質の表現型情報やゲノム情報を蓄積している農研機構が代表機関として、データを取得し、先端の解析技術に関する知見と経験を有している大学と連携して、低コストで有望系統を高い効率で選抜するシステムを構築する。本委託プロジェクトで構築するシステムを民間種苗会社や地方公設試験場において、実際の育種選抜に利用して、開発側がフィードバックを受けることにより、研究成果の導入や効果の検証を速やかに行える体制としており、推進体制は妥当である。

③研究課題の妥当性

本委託プロジェクトは、「I. 作物横断的な育種効率化基盤の開発と複数作物の選抜集団における実証」と「II. スマート育種をサポートする表現型計測技術の開発と実装化」の小課題から構成される。小課題Iでは、育種データを蓄積する「育種情報基盤」と最適な交配組合せ提示や優良個体の選抜を支援する「育種支援ツール」から構成される「育種効率化基盤」を構築する。小課題IIでは、育種現場における表現型情報の計測と取得を効率化する技術を開発し、「育種効率化基盤」を補完することにより、育種選抜過程が時間的かつ労力的に大幅に推進される。研究課題の構成は、最終到達目標の達成を目指す上で妥当である。

④予算配分の妥当性

委託プロジェクト全体で課題の進捗状況、研究成果の有効性や緊急性等を踏まえ、予算配分の重点化を行っている。プロジェクト期間前半はシステムや技術開発に多くの予算を配分したが、プロジェクト期間後半は育種現場における実証研究に重点的な予算配分を行う計画である。本委託プロジェクト研究の課題は計画通り進捗しており、最終目標の達成も見込まれることから、予算配分は妥当である。

1. 委託プロジェクト研究課題の継続の適否に関する所見

- ・化学農薬・肥料の削減、気候変動対応、食料安全保障等に迅速に対応できる品種開発に共通する効率的技術基盤の構築を目指す重要課題である。
- ・予定を上回る成果を上げており、研究目標の達成可能性は高い。また、普及に向けた取組についても妥当であり、継続すべき課題である。

2. 今後検討を要する事項に関する所見

- ・国内外の特許申請も検討されたい。
- ・研究終了後の社会実装について、実施する組織等も含めより具体的な検討が望まれる。

〔研究課題名〕 新品種開発研究のうち新品種開発を加速化する作物横断的育種効率化基盤の構築

用 語	用 語 の 意 味	※ 番号
ゲノム情報	細胞の中のDNAに4種類の塩基（アデニン、グアニン、シトシン、チミン）の配列として記載されている全ての遺伝情報のこと。生物を作るための設計図である。塩基の種類並びには、タンパク質や酵素等を作成するための遺伝子を規定する情報が含まれている。多くの生物がゲノム中におよそ3万個の遺伝子を持っている。	1
形質の表現型情報	品種・系統等を栽培して測定した各種の特性情報のこと。各品種が開花する日、草や樹木の高さ、収量性、果実の色や糖度等の品質の良さなどを測定したデータを示す。	2
自殖性作物	植物体自身の花粉がめしべに受粉して果実や種子ができる作物のこと。ダイズ、コムギ、イネ等の主要穀物の多くは自殖性作物である。	3
他殖性作物	別の植物体の花粉がめしべに受粉して果実や種子ができる作物のこと。野菜や果樹の多くの品種は、他殖性の性質を持つ。	4
系譜情報	品種・系統の由来や血統の情報のこと。通常、2つ以上の品種・系統等を交配して新品種が育成される。国内では過去150年間の品種育成の記録が保存されており、品種間の近縁度（同一の祖先から由来する共通の遺伝子を保有している確率）から後代品種の形質を予測できる場合がある。	5
DNAマーカー	特定の遺伝子を持っているかどうかを判定するための目印。多くの場合、塩基配列の違いがDNAマーカーとして使われる。	6
遺伝子型	遺伝子ごとにゲノム上の存在位置が決まっており、その位置のことを遺伝子座という。多くの生物で、遺伝子座ごとに父親と母親からそれぞれ1つずつの遺伝子本体（遺伝子アレルという）を受け継ぎ、2つの遺伝子アレルを保持する。それらの遺伝子アレルの組合せを遺伝子型という。例えば、ヒトの表現型のひとつ、血液型のAB型は、両親からA遺伝子アレルとB遺伝子アレルを1つずつ受け継ぎ、遺伝子型はA Bと表記している。	7

② 新品種開発を加速化する作物横断的育種効率化基盤の構築【継続】

- 「みどりの食料システム戦略」等の実現に向けて、環境負荷低減や気候変動適応を図りつつ、高い生産性を有する優れた新品種を、産学官の協力により育成することが不可欠。
- 先導的な特性をもつ「みどりの品種」を迅速に育成するため、スマート育種技術を低コスト化・高精度化し、産学官の育種現場において多品目で簡便に利用できる**育種効率化基盤**を構築。

目標達成に向けた現状と課題

みどりの食料システム戦略等の実現は
画期的な新品種の育成が不可欠

新品種育成により、

温室効果ガスの削減

化学農薬の使用量削減

化学肥料の使用量削減

気候変動への対応

多収による生産性向上



等

新品種へのニーズと育成までの時間差

・新品種の育成には多大な時間とコスト

・画期的な新品種の早期育成には、**育種ビッグデータ等を活用して育種を大幅に効率化するスマート育種技術の高度化と利用拡大が必要**

・しかしながら、現状では品目や特性によってデータ蓄積・利用技術が不十分、労力・解析のコストが高いという課題

必要な研究内容

育種効率化基盤の構築

- ◆ **育種ビッグデータを格納し、多品目に利用できる作物横断的な育種情報データベースの作成**
- ◆ **育種AI等によって、最適な交配親の予測や効率的な選抜ができる育種支援ツールの開発**
- ◆ **画像解析技術等を活用し、作物の草丈・穂数等の形質計測を効率化する高速フェノタイプング技術の開発**
- ◆ **育種ビッグデータを活用し、迅速に未利用遺伝資源から、画期的な形質を持つ品種開発に利用する交配親を作出する技術の開発**

スマート育種技術を低コスト化・高精度化し、産学官の育種事業者等が多品目に利用できる**育種効率化基盤**を構築



- ◆ 病虫害抵抗性
- ◆ 肥料利用効率向上
- ◆ 環境負荷低減

等の先導的な特性を持つ品種育成を加速化

社会実装の進め方と期待される効果 (みどり戦略への貢献)

産学官の品種育成が大幅に活性化

① 育種計画の効率化

ゲノム情報・系譜情報等の育種ビッグデータと育種AI等を用いて、画期的な特性を示す作物系統の作出に最適な交配親組合せを予測。

② 選抜の効率化

育種支援ツールによる表現型予測で目的の形質を持つ優良系統を迅速に選抜。形質計測の高速フェノタイプングによる効率化。

品種開発に必要な期間・コスト（圃場面積、労力、資材費等）が半減

(目標形質例)

ムギ類：肥料利用効率、ダイズ：病虫害抵抗性、イネ：高温耐性や温室効果ガス削減、カンショ：病虫害抵抗性や収量性、リンゴ：病虫害抵抗性、等

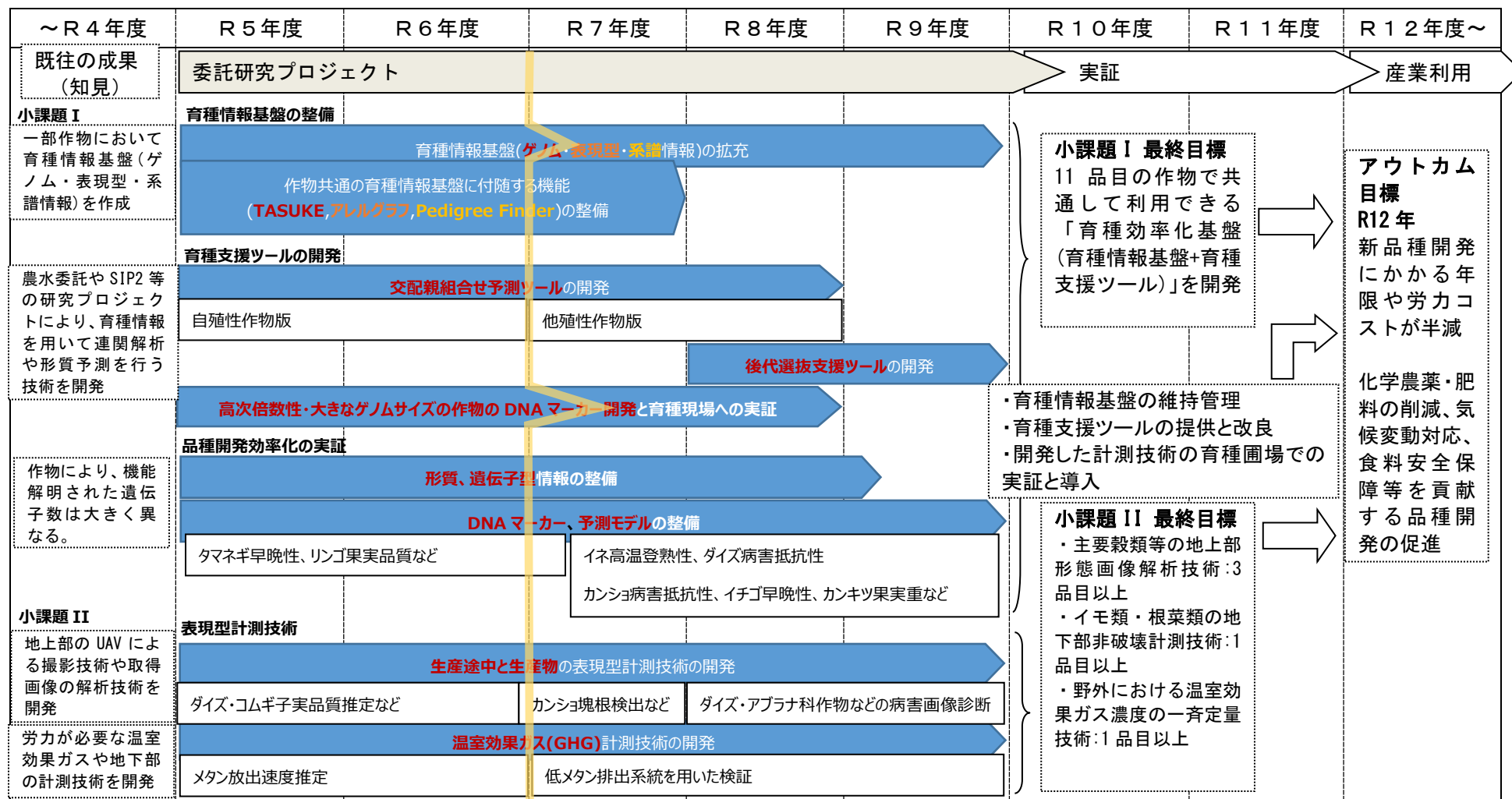
③ 新規参入者の拡大

産学官の誰もが簡便に利用できる**育種支援ツール**を提供。

育種効率化基盤は、育種支援ツール等を通じてサービスを民間等に提供することにより、自立的に運営

【ロードマップ（中間評価段階）】

新品種開発研究のうち新品種開発を加速化する作物横断的育種効率化基盤の構築



新品種開発研究のうち、新品種開発を加速化する作物横断的育種効率化基盤の構築

これまでの成果と今後の方針

令和5年度～令和9年度

研究概要

育種における有望系統の選抜のノウハウをデジタル化し、育種選抜過程を時間的かつ労力的に大幅に効率化するシステムを整備する。

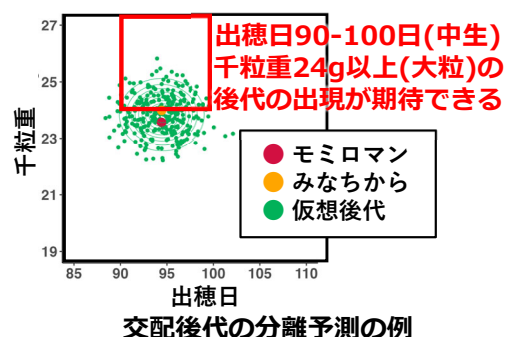
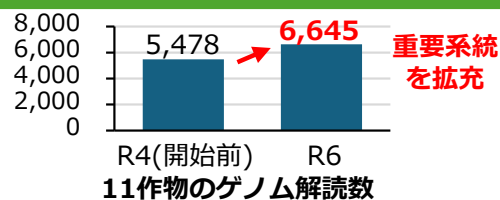
そのために、育種データとして蓄積する「育種情報基盤」、最適な交配組合せ提示や優良個体の選抜を支援する「育種支援ツール」から構成される「育種効率化基盤」を構築する。

また、育種現場における表現型情報の計測と取得を効率化する技術を開発する

小課題I: 作物横断的な育種効率化基盤の開発と複数作物の選抜集団における実証

- ・穀物、野菜、果樹等11作物の「育種情報基盤」を整備。
- ・コムギとイネの交配予測組合せ選定を支援する「育種支援ツール」を開発。

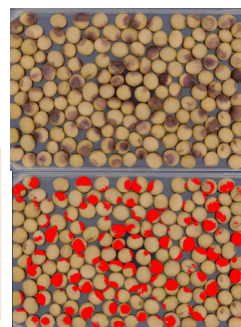
- ・6,645品種・系統のゲノム配列情報と、形質の表現型情報、系譜情報を連携させて「育種情報基盤」に格納し、付随する機能として系譜情報が分かる「Pedigree Finder」等を整備。病害抵抗性や果実等品質のDNAマーカーを効率的に開発。
- ・目的とする出穂期や粒重等を示す個体が出現する交配組合せを事前に知ることができる「育種支援ツール」を開発して、コムギやイネの交配組合せの選定が可能。



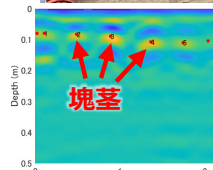
小課題II: スマート育種をサポートする表現型計測技術の開発と実装化

- ・従来の技術ではカバーできない重要な農業形質の計測を可能とするために、新規の表現型計測技術を開発。

- ・コムギの穂数やダイズの障害粒に関する地上部画像解析技術、カンショの塊根肥大を定量する地下部非破壊計測技術、イネの根より発生する温室効果ガス濃度の一斉定量技術のプロトタイプを開発。
- ・育種現場における実証研究を開始。



多波長画像解析装置で障害粒を自動判定
ダイズ紫斑の評価



地中レーダー波形にハイパースペクによるカンショの塊根の自動検出(赤点)によるメタン測定



圃場等開放系での計測を可能に

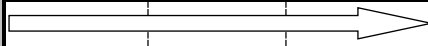
今後の方針

- ・11品目の作物における「育種効率化基盤（育種情報基盤＋育種支援ツール）」を開発、病虫害抵抗性、肥料利用効率の向上、環境負荷低等形質における育種選抜効果を検証する
- ・主要穀類等の地上部形態画像解析技術を3品目以上、イモ類・根菜類の地下部非破壊計測技術を1品目以上、野外における温室効果ガス濃度の一斉定量技術を1品目以上開発する。

アウトカム目標

- ・作物横断的な「育種効率化基盤」と表現型計測技術が民間種苗会社や地方公設試験場等に普及して、作物の新品種開発にかかる年限や労力コストが半減。
- ・化学農薬・肥料の削減、気候変動対応、食料安全保障等に貢献する品種開発が促進。

委託プロジェクト研究課題評価個票（中間評価）

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東南アジアの小規模農家のための経済性を備えた温室効果ガス排出削減技術の開発			担当開発官等名	国際研究官
				連携する行政部局	農林水産技術会議事務局国際研究官室
研究期間	R 5 年～R 9 年（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>

東南アジアでは、広大な水田や家畜ふん尿に起因する温室効果ガス（GHG）（※1）排出及び水質汚染が深刻化しており、これらの問題に対応する技術の開発が喫緊の課題である。一方、現地にGHG排出削減技術を広範に導入するには、その地域で入手の容易な資源・環境を活用しつつ、生産性の向上など農家が直接的なメリットを享受できる、導入の容易な技術の開発が必要である。東南アジアの水田からのGHG排出の削減のため、東南アジアの小規模農家にとって導入が容易で経済的利点がある「低メタン排出と高生産性を両立したイネ栽培管理技術」及び「家畜ふん尿を地域資源として活用した温室効果ガス（GHG）排出削減システム」を開発する。

<①：高強度節水管理と深根性イネ等の組合せによるGHG排出削減技術の開発（令和5～9年度）>

・（1）節水間断かんがい（AWD）（※2）等、水田土壌を慣行栽培よりも好氣的な環境に置くことのできる水管理と、（2）同環境でメタン排出の少ない既存イネ品種・系統を組み合わせたGHG排出削減のためのパッケージ技術の開発を図る。

<②：家畜ふん尿メタン発酵消化液の水稲作肥料としての利用時に排出されるGHG削減技術の開発（令和5～9年度）>

・畜ふん尿を原料とするメタン発酵によってバイオガス（※3）を生産する際に排出されるメタン発酵消化液（以下、消化液）を水稲作の肥料として活用する環境下で、GHG排出を削減する消化液中有機物低減技術の開発を目指す。

1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標

中間時（2年度目末）の目標	最終の到達目標
①現地で調達・製作が必要機材類を含めて圃場試験の準備を完了させる。IR64及び農研機構・作物研が開発したIR64背景の3系統の輸出を行う。雨期作・乾期作で供試する全てのイネ品種・系統の種籾の増殖を完了させる。乾期作において、複数水準の水管理処理を導入した圃場試験を開始する。	①節水間断かんがい（AWD）に低メタンイネ在来品種や堆肥などの地域資源を組み合わせることにより、東南アジアにおける水稲栽培過程での水田からの単位面積当たりGHG排出を60%削減するイネ栽培管理技術を開発する。
②ベトナム・メコンデルタ地域の小規模メタン発酵装置導入畜産農家におけるBODセンサの設置及び消化液中残存有機物量のモニタリングを年度内に開始する。	②家畜ふん尿を原料とするメタン発酵によってバイオガスを生産する際の廃液であるメタン発酵消化液を水稲作の肥料として活用する環境下でGHG排出を20%削減するメタン発酵消化液中有機物低減技術を開発する。

2. 事後に測定可能な委託プロジェクト研究課題全体としてのアウトカム目標（R12年）

- ① 農家が生産性向上などの直接的なメリットを得られるイネ栽培管理技術の開発により、2030年までに同技術の普及活動が東南アジア2カ国以上で開始される。

- ② 家畜ふん尿を地域資源として活用した、畜産業におけるGHG排出削減システムの開発により、2030年までに同技術の普及活動が東南アジア1カ国以上で開始される。

【項目別評価】

1. 社会・経済の諸情勢の変化を踏まえた研究の必要性

ランク：A

①農林水産業・食品産業、国民生活の具体的なニーズ等から見た研究の重要性

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）（※4）第6評価報告書によると、人間活動が主に温室効果ガスの排出を通して地球温暖化を引き起こしてきたことには疑う余地がなく、1850～1900年を基準とした世界平均気温は2011～2020年に1.1℃の温暖化に達しており、温暖化を1.5℃又は2℃に抑えるには、この10年間に全ての部門において急速かつ大幅で、ほとんどの場合即時の温室効果ガスの排出削減が必要であると予測されている。また、東南アジア地域では、二期作や三期作が営まれる広大な水田からの膨大なメタン排出や、急激に拡大する畜産業からの家畜ふん尿に起因するGHG排出及び水質汚染が深刻化しており、これらの環境負荷を軽減するための技術開発が喫緊の課題である。一方、現地の零細小規模農家に対してGHG排出削減技術を広範に導入するには、その地域で入手の容易な資源・環境を活用しつつ、生産性の向上など農家が直接的なメリットを享受できるような技術の開発が必要である。

我が国の農業分野の地球温暖化対策に関する知見や技術等を活かし、東南アジア地域においてGHG排出削減に取り組むことは、地球温暖化を緩和し、我が国の安定的な農林水産業の発展に資するとともに、持続可能な開発目標（SDGs）（※5）に掲げられている世界の食料安全保障の確保、飢餓や貧困の撲滅等の推進にも寄与する。このことから、水田や畜産業からのGHG排出削減に向け、東南アジア各国との国際共同研究を通じて、現地の実情に即した技術の開発を速やかに行う必要がある。

②引き続き国が関与して研究を推進する必要性

平成28年5月に、GHGの排出抑制及び吸収（緩和策）の目標等を内容とする「地球温暖化対策計画」が閣議決定されたことを踏まえ、農林水産省は、農林水産分野における緩和策を総合的かつ計画的に推進するため、平成29年3月に「農林水産省地球温暖化対策計画」を策定した。

また、令和3年5月に「みどりの食料システム戦略」を定め、イノベーションを通じて食料・農林水産業の生産性と持続可能性の向上を図る取組を進めている。さらに、「みどりの食料システム戦略」を踏まえ、ASEAN地域における強靱で持続可能な農業・食料システムの構築に向けて我が国から提案した「日ASEANみどり協力プラン」は令和5年10月の日ASEAN農林大臣会合において全会一致で採択された。本事業は、同プランに記載され、明確かつ具体的な成果を出すべく日本がASEANと協力して進めていく事業に位置付けられている。

現在、農林水産省を含む政府全体で温暖化対策及び東南アジアの持続可能な農業・食料システムの構築に取り組んでおり、本課題は、引き続き国が関与して積極的に推進する必要がある。

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

①中間時の目標に対する達成度

＜課題①：高強度節水管理と深根性イネ等の組合せによるGHG排出削減技術の開発＞

本課題では、東南アジアの小規模農家が生産性向上等の直接的なメリットを得られるイネ栽培管理技術の開発に向け、AWD等、水田土壌を慣行栽培よりも好氣的な環境に置くことのできる水管理と、同環境でメタン排出の少ない既存イネ品種・系統等を組合せたGHG排出削減技術について、フィリピンの主要な稲作地帯の一つであるルソン島中央平原に位置するフィリピン稲研究所中央試験場、ベトナム・メコンデルタ地域にあるクロンデルタ稲研究所における検討を行う。

乾期作試験については、水管理においては、現地農家圃場で実施・普及可能な節水型かんがい手法として、AWDの他に、水資源不足が深刻なフィリピンでは「かんがいの時間間隔が異なる複数の輪灌かんがい」を、水資源が豊富なベトナムではより簡便な水管理である「中干＋出穂期以降の間断かんがい」を組み込む等、各試験地におけるニーズに合わせた節水栽培実施基準案を2件以上策定した。節水管理により水田土壌が好氣的環境におかれるが、その表層の乾燥が進むことでイネが水分ストレ

スを受けて収量に悪影響を及ぼす可能性があることから、本試験では農研機構・作物研が開発した深根性のイネ系統等を用いる。このIR64及び農研機構・作物研が開発したIR64背景のイネ3系統（※6）を、Material Transfer Agreementの締結、国際農研における栽培-植物防疫書による確認、現地機関における手続き等を経て、フィリピン、ベトナムへ輸出し、現地の植物防疫法に則った形での増殖を完了した。フィリピン、ベトナムにおける現地圃場試験の準備を完了し、複数水準の節水管理と深根性イネ等を組合わせた乾期1作目の圃場試験を開始した。

雨期作試験については、フィリピンにて、深根性以外の形質によるGHG排出削減の可能性探索に向けた圃場試験のためのイネ品種の種籾の増殖を完了し、雨期圃場試験を実施し、GHGの分析作業を完了した。現在、更なる分析・調査等を実施している。

＜課題②：家畜ふん尿メタン発酵消化液の水稲作肥料としての利用時に排出されるGHG削減技術の開発＞

本課題では、家畜ふん尿を原料とするメタン発酵によってバイオガスを生産する際に排出されるメタン発酵消化液を水稲作の肥料として活用する環境下で、水田からのGHG排出を抑制する技術の開発に向け、メタン発酵消化液中有機物濃度低減前処理法の開発とメタン発酵消化液中有機物濃度低減前処理による水田GHG排出削減効果の検証に取り組んでいる。

農研機構が山形東亜DKK株式会社等と共同で開発した発電微生物の活性を指標とした有機物量の経時的なモニタリングが可能なBODセンサを東南アジア地域における小規模畜産農家での簡易メタン発酵処理装置に導入することで現地の標準的なメタン発酵装置運用条件下における消化液中有機物残存量の推移を明らかにすることができる。そのため、ベトナム・メコンデルタ地域において、簡易メタン発酵処理装置を使用する畜産農家を選定した。上記畜産農家へのBODセンサ導入にあたり、メタン発酵消化液が測定レンジ上限を超えることから、現地農家で調達可能な地下水を利用した連続的な希釈装置の製作を完了した。一方、現地での豚熱の発生や、現地機関の輸入ライセンス不保持により現地畜産農家へのBODセンサの設置に至っておらず、現在カウンターパートを通じて輸入ライセンスを持つ業者を選定するなど、BODセンサの設置準備に向けた調整を実施している。

また、有機物濃度低減前処理がなされた消化液を肥料として使用する場合と、従来技術である前処理がなされていない消化液を使用する場合のGHG排出量を比較するため、ベトナム・カントー大学にて群落栽培とGHG排出量測定実施に向けた器材準備を完了するとともに、試験管スケールにおけるメタン生成量比較試験の実施のため、複数の農家や時期から採取された消化液試料を加圧試験管で嫌気培養した。複数の培養条件を変えて試験を実施し、メタン生成量の評価に適切な条件を検討した。その結果、メタン生成量の評価に最適な培養条件を確立した。

③ 最終の到達目標の今後の達成可能性とその具体的な根拠

課題①においては、土壌を常時湛水よりも好気的な環境に置くことで、コメ収量を維持しつつ、常時湛水水田と比べ約30%のGHG排出削減が可能であることが実証されている通常のAWDよりも土壌を更に好気的な環境に置く水管理と、耐乾性を有するイネ品種・系統等を組合わせたパッケージ技術の開発が計画通りに進行しており、最終目標の達成の可能性は高い。現在、GHG排出量及び収量結果に基づいて、水管理法の調節、対象品種・系統の絞り込みなどを行い、収量あたりGHG排出60%削減を目指す圃場試験を実施している。

課題②においては、メタン発酵消化液の水田利用および堆肥の燃焼利用マニュアルなどの我が国の知見を活用し、BODセンサから得られるメタン発酵消化液中残存有機物量情報に基づいた同有機物低減技術のプロトタイプを構築するとともに、有機物濃度低減前処理によるGHG排出削減効果の定量・評価を行うことで目標を達成できる見込みである。

現地での豚熱の発生や、現地機関の輸入ライセンス不保持により現地畜産農家へのBODセンサの設置に至っておらず、現在カウンターパートを通じて輸入ライセンスを持つ業者を選定するなど、BODセンサの設置準備に向けた調整を実施している。一方で、有機物低減技術の早期構築に資するよう、現地農家での有機物残存量の測定に先立ち、有機物濃度低減前処理によるGHG排出削減効果の定量的ための、試験管スケールでのメタン発酵消化液培養試験の予備実験を拡充・着手していることから、最終目標の達成の可能性は高い。

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 課題①では、東南アジアにおける水稻栽培過程での水田からの単位面積当たりGHG排出を60%削減することができるパッケージ技術の開発が計画通りに進行しており、GHG60%削減パッケージ技術に加え、低メタン性に寄与する複数の形質を見出すことで、低メタン化を見据えた育種の方向性の提示できる等、これら本事業で得られた成果により、論文を2報以上公表することとしている。 課題②では、ベトナムにおいて、家畜ふん尿を地域資源として活用した、畜産業におけるGHG排出システムの開発が計画通りに進行しており、論文を1報以上公表する。 これらの取組は、我が国も参加する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）の理事会の場などを利用し定期的に各国代表に共有しており、原著論文等として成果が公表される際に、東南アジア諸国へのより効果的なアピールが可能となる。 また、本事業、成果の普及を支援するため、課題①、課題②の成果から、イネ栽培管理技術について2カ国向け、畜産業におけるGHG排出削減システムについて1カ国向けの農家向け現地語マニュアルを作成する予定である。これを用いてフィリピン・ベトナムの業務委託先研究機関を通じて社会実装を行うこととしており、アウトカム目標の達成可能性は高い。 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 課題①において、協力研究機関であるフィリピンのフィリピン稲研究所、ベトナムのクローンデルタ稲研究所との連携、課題②においては、ベトナムのカントー大学と連携体制がとれており、研究成果の普及や社会実装を見据えた推進体制を構築している。これらの機関はそれぞれの分野で各国を代表する機関であり、計画段階から現地研究機関を通じて現地のニーズ・事情を聴きとりつつ事業実施をしていることから、業務委託先機関を通じスムーズな普及が可能である。また同時に、得られた研究成果の一部は、GRAのGHG測定ガイドラインの作成に活用され、広く普及することが見込まれる。 以上、アウトカム目標の達成に向けた研究成果の活用のために実施した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 該当しない。	
4. 研究推進方法の妥当性	ランク：A
①研究計画の妥当性（的確な見直しが行われているか等） 外部有識者4名と関連する行政部局及び研究代表者によって構成する「委託プロジェクト研究運営委員会」を設置し、各小課題の進捗状況を確認し、行政ニーズや研究の進捗状況を踏まえ、実施計画の見直し、スケジュールの明確化、アウトカム目標達成に向けた戦略の構築などの確な進行管理に努めている。現在までの進捗状況から、アウトプット目標の達成も見込まれることから研究計画は妥当である。 ②研究推進体制の妥当性 本プロジェクト研究の実施に当たっては、委託プロジェクト研究運営委員会を年に2回開催し、推進状況の確認、研究計画・推進体制の見直し、研究成果の共有と知財戦略について議論を行っている。また、研究コンソーシアムの自主的な推進体制として、推進会議を随時開催し、コンソーシアム内の情報共有や意見交換を行っており、研究推進体制は妥当である。 ③研究課題の妥当性（以後実施する研究課題構成が適切か等） 研究課題を推進する上で、解決すべき技術的課題が明らかになれば、新たな専門家をコンソーシアムメンバーに加えるなど、研究体制の更新を行っている。さらに、本プロジェクト小課題の実施内容に関して、進捗状況に応じてプロジェクトの目的やアウトカム目標の達成に合致するように適宜修正を行っている。本プロジェクトでは、課題①や課題②で開発されたパッケージ技術をフィリピン、ベトナムで実証する計画となっており、研究目標を確実に達成するための課題構成は妥当である。	

④予算配分の妥当性（研究の進捗状況を踏まえた重点配分等）

委託プロジェクト研究課題全体で課題の進捗状況、研究成果の有効性や緊急性等を踏まえ、予算配分の重点化を行っている。本プロジェクト研究の課題は、計画通り進捗しており、最終目標の達成も見込まれることから、予算配分は妥当である。

【総括評価】

ランク：A

1. 委託プロジェクト研究課題の継続の適否に関する所見

- ・東南アジアの小規模農家に普及可能な温室効果ガス排出削減技術の開発を目指した重要課題である。
- ・フィリピン、ベトナムの2カ国で研究が順調に進行しており、研究目標の達成は可能である。
- ・先進国だけの取組では地球規模の気候変動の対策として不十分であることから、本研究による他地域での温室効果ガス削減の取組は非常に意義が大きく、現地での社会実装が期待され、継続すべき課題である。

2. 今後検討を要する事項に関する所見

- ・本プロジェクトは東南アジア2カ国以上とあり、プロジェクト後半あるいはプロジェクト終了後に向けて、フィリピン、ベトナム以外の国への展開についても検討していただきたい。
- ・研究成果が社会実装されるためには、現状の論文発表とマニュアル作成で十分かどうかご検討いただきたい。また現地機関との連携のもと、マニュアルの効果的な活用方法もあわせてご検討いただきたい。
- ・単発の農業生産支援だけで終わらず、当該地域での継続的生産性向上・温室効果ガス削減支援に展開するため、日本のスタートアップの取組やカーボンクレジットとの連携等、日本の強みを活かした事業展開を戦略的に検討し、日本のプレゼンスの維持・向上に繋げていただきたい。

[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東南アジアの小規模農家のための経済性を備えた温室効果ガス排出削減技術の開発

用 語	用 語 の 意 味	※ 番号
温室効果ガス (GHG)	赤外線を吸収して大気を暖める特性を持った気体の総称。GHGは、Greenhouse Gases (温室効果ガス) の略。人間活動によって増加した主なGHGには、二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素、フロンなどがある。	1
間断かんがい (AWD)	イネの播種後の活着期と開花期を除いて間断的にかんがいをおこなう技術。節水に加え、土壌中の酸素濃度を高めることで、土壌からのメタン排出削減に効果。AWDはAlternate Wetting and Drying (間断かんがい) の略。	2
バイオガス	バイオ燃料の一種。生物の排泄物等に含まれる有機物の発酵、嫌気性消化により発生するガス。	3
気候変動に関する政府間パネル (IPCC)	Intergovernmental Panel on Climate Changeの略。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。	4
持続可能な開発目標 (SDGs)	Sustainable Development Goalsの略。2015年9月の国連サミットで採択された「持続可能な開発のための2030アジェンダ」にて記載された2030年までに持続可能でよりよい世界を目指す国際社会共通の目標。	5
IR64及び農研機構・作物研が開発した深根性イネ3系統	国際稲研究所 (IRRI) が開発し東南アジアに広く普及した品種、また農研機構・作物研がIR64をベースとしてイネの根 (冠根) の角度を改変した準同室遺伝子系統 (Near Isogenic Lines, NILs) を開発。IR64は比較的浅く根を張るが、IR64背景3系統はそれぞれ、DR01-NILは深根、qsor1-NILは超浅根、DR01+qsor1-NILは普通、という根の形質を持つ。	6

② 東南アジアの小規模農家のための経済性を備えた温室効果ガス排出削減技術の開発【継続】

- ▶ 東南アジアは、世界的なコメ生産地域。近年、畜産業も急激に拡大。このため、水田や家畜ふん尿からのメタン等の温室効果ガス（GHG）の排出削減が、緊急かつ重要な課題。
- ▶ 他方、東南アジアの零細小規模農家へのGHG排出削減技術の導入を加速するためには、①低メタンイネ在来品種など、その地域で入手可能な資源（地域資源）を効果的に活用する、②農家が生産性向上などの直接的なメリットを得られるなど、現地の実情に即したものとすることが重要。
- ▶ 温室効果ガスの排出を削減し、東南アジアの農家が実践可能で直接的なメリットが得られる、イネ栽培管理技術及び家畜ふん尿処理技術を開発。

目標達成に向けた現状と課題

- ・水田や家畜ふん尿がGHG排出の原因として批判されていて、困るよ。
- ・GHG排出削減技術の導入が謳われているが、農家が得られる直接的なメリットが小さいので、なかなか農家にはピンとこない。
- ・GHGの排出削減ができて、かつ、農家にもメリットがある新たな技術が欲しい。

<イメージ>

技術普及員

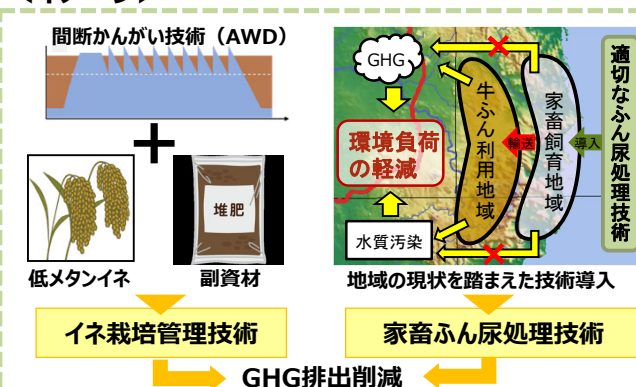


環境問題は分かるけど、もうからない技術導入はなあ・・・。

必要な研究内容

- ・間断かんがい（AWD）に、低メタンイネ在来品種や堆肥などの地域資源を組み合わせることにより、低メタン排出と高生産性を両立し、農家が実践可能なイネ栽培管理技術を開発。
（目標：水田からのGHG排出60%削減）
- ・家畜ふん尿の利用の現状把握、低GHG排出家畜ふん尿処理技術の利用等を通じて、家畜ふん尿を付加価値の高い地域資源（施肥資材、バイオガス等）として活用する畜産業からのGHG排出削減システムを開発。
（目標：家畜ふん尿処理過程でのGHG排出20%削減）

<イメージ>



社会実装の進め方と期待される効果

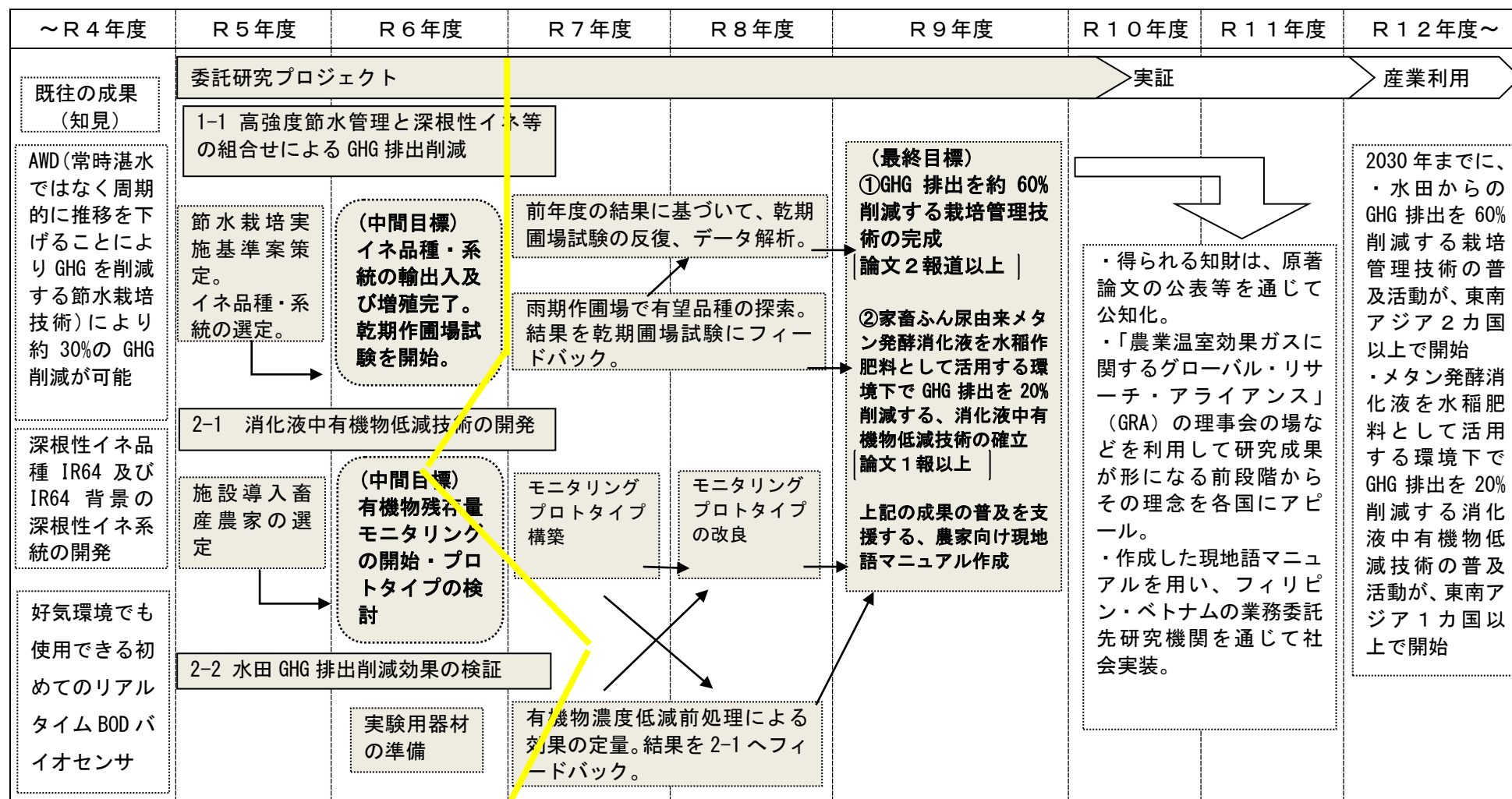
（「みどりの食料システム戦略」KPI達成への貢献）

- ・国研等有する国際研究ネットワークを通じて、我が国がGHG排出削減に資する技術開発を主導。
- ・地域資源の活用と経済的利益の向上の相乗効果により、現地の零細小規模農家への技術導入が促進。
- ・東南アジアの水田面積の15%、畜産業者の5%にGHG排出削減技術が普及されることで、地球規模課題の解決に貢献。
- ・東南アジアの各地域の食料システムを支える零細小規模農家の営農について、生産性の向上と持続性の維持。



【ロードマップ（中間評価段階）】

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東南アジアの小規模農家のための経済性を備えた温室効果ガス排出削減技術の開発



東南アジアの小規模農家のための経済性を備えた温室効果ガス排出削減技術の開発

令和5～9年度

【背景】

東南アジアでは広大な水田や家畜ふん尿に起因するGHG 排出及び水質汚染が深刻化しており、この対策となる技術開発が喫緊の課題である。一方、現地にGHG排出削減技術を広範に導入するには、その地域で入手の容易な資源・環境を効果的に活用しつつ、生産性の向上など農家が直接的なメリットを享受できる、導入の容易な技術の開発が必要である。そこで、東南アジアの小規模農家が実践可能な「低メタン排出と高生産性を両立したイネ栽培管理技術」及び「家畜ふん尿を地域資源として活用した温室効果ガス（GHG）排出削減システム」を開発する。

【進捗状況】

① 高強度水管理と深根性イネ等の組み合わせによるGHG排出削減技術の開発（フィリピン、ベトナム）

現地圃場試験の準備を完了。各試験地におけるニーズに合わせた節水栽培実施基準案を策定。乾期1作目の圃場試験を開始。



② 家畜ふん尿メタン発酵消化液の水稻作肥料としての利用時に排出されるGHG削減技術の開発（ベトナム）

小規模メタン発酵装置を導入する畜産農家を選定し、BODセンサ導入に必要な装置の製作を完了。さらに、試験管スケールでのメタン発酵消化液培養試験の予備実験に着手。



BODセンサ関連装置



チャンバ測定の様子

【達成目標・期待される効果】

達成目標

- ① 水田からのGHG排出を60%削減する栽培管理技術の開発
- ② 上記環境下でGHG排出を20%削減する、メタン発酵消化液中の有機物低減技術の開発



期待される効果

- 2030年までに、
- ① 同技術の普及活動が東南アジア2カ国以上で開始
 - ② 同技術の普及活動が東南アジア1カ国以上で開始

研究代表機関：農研機構

協力機関：国際農研、日本大学文理学部

委託プロジェクト研究課題評価個票（中間評価）

研究課題名	環境負荷低減対策研究のうち化学農薬の使用量低減プロジェクトのうち農業生産に不可欠な生態系サービスの効率的な評価技術の開発			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	大臣官房環境バイオマス政策課 農産局園芸作物課 農産局農業環境対策課
研究期間	R 5 年～R 9 年（5 年間）			総事業費（億円）	1.2 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 >

環境負荷を低減する農業の拡大に向け、生物多様性から農業が享受する生態系サービスのうち、野生昆虫類による送粉機能と土着天敵類（※1）による病虫害防除機能を高精度かつ効果的に評価できる技術を開発する。本技術により、野生の送粉昆虫（※2）の保全による農産物の生産性向上と、土着天敵を利用した害虫防除による化学農薬使用量を低減することにより、環境に配慮した農産物の生産を後押し、「みどりの食料システム戦略」の2030年目標である化学農薬使用量（リスク換算）（※3）の10%低減に貢献する。

< 課題① 送粉サービスを有効利用するための送粉昆虫モニタリング技術の開発 >

対象作物に訪花する主要な野生昆虫類を識別する画像判別器（※4）を開発する。また、実測により野外での送粉昆虫の訪花頻度と柱頭付着花粉数などから果樹と果菜の着果率を推定するアルゴリズムを構築し、デジタルカメラ等で撮影した一連の送粉昆虫の画像から着果率を推定する技術を開発する。開発した画像判別器を用いて、防除体系の違いが送粉昆虫の種数に及ぼす影響を明らかにし、野生昆虫類の送粉機能の利用を促進する果菜類・果樹の生産に貢献する。

< 課題② DNAによる土着天敵であるカブリダニ類の調査技術の開発 >

微小害虫類の土着天敵であるカブリダニ類について、環境中からカブリダニ類のDNAを検知する技術を開発し、減農薬によるカブリダニ類の病虫害防除機能への影響を明らかにする。また、環境DNA（※5）検知技術を応用して、カブリダニ類を指標として、簡便に土着天敵類の保全と病虫害防除機能の評価基準を確立する。環境DNA検知技術と評価基準の普及により、害虫防除への土着天敵の利用を促進し、化学農薬の使用量を低減する。

1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標

中間時（2年度目末）の目標	最終の到達目標
< 課題① > 送粉サービスを有効利用するための訪花昆虫モニタリング技術の開発 - 露地の果樹および果菜類における主要な送粉昆虫10種群の識別が可能なAI画像判別器のプロトタイプを開発。 - 送粉昆虫の利用を促進するため、送粉昆虫の訪花頻度と柱頭付着花粉数などから果樹・果菜類の着果率を推定できるアルゴリズムを構築。 - 果樹園での防除体系が送粉昆虫の種数や個体数に与える影響を解明。	< 課題① > 送粉サービスを有効利用するための訪花昆虫モニタリング技術の開発 - 主要な送粉昆虫10 種群を識別する画像判別器の精度を向上させ、API（※6）を公開。 - 送粉昆虫の写真をもとに果樹・果菜類の着果率を推定できる技術を開発。 - 防除体系が送粉昆虫に及ぼす影響と、受粉・生産性への効果を定量的に評価できる手法を確立。

<課題②> DNAによる土着天敵であるカブリダニ類の調査技術の開発 ・果樹の葉から環境DNAを採取し抽出する技術確立し、環境DNAからカブリダニを検知するプライマーを開発。 ・リンゴ、ミカン、ブドウ等において、土着天敵のカブリダニ類の病虫害防除効果に関わる評価基準を確立するための知見を収集。	<課題②> DNAによる土着天敵であるカブリダニ類の調査技術の開発 ・環境DNAにより圃場内のカブリダニ類の生息と種構成を検知する技術を開発。 ・カブリダニ類の病虫害防除機能の定量評価手法を確立。 ・開発技術および病虫害防除機能の評価基準について、技術普及員などが現場で使いやすい技術マニュアルを作成。
2. 事後に測定可能な委託プロジェクト研究課題全体としてのアウトカム目標（令和12年） ・送粉昆虫類及び土着天敵類を定量評価する技術の導入により、環境負荷を低減した農業を推進し、2030年における化学農薬使用量の10%削減に貢献	

【項目別評価】	
1. 社会・経済の諸情勢の変化を踏まえた研究の必要性 ① 農林水産業・食品産業、国民生活の具体的なニーズ等から見た研究の重要性 「みどりの食料システム戦略」が策定されるなど、農林水産業や地域の将来を見据えた持続可能な食料生産システムの構築が急務となっている。本プロジェクトは、農業が生物多様性の恩恵を享受する生態系サービスのうち、野生昆虫類による送粉機能および土着天敵類による病虫害防除機能を簡便に定量的に把握する技術を開発することで、環境負荷を低減した農業を推進し、化学農薬使用量を10%削減に貢献することから、生産者のニーズが高く、また、環境へ配列した農産物の生産拡大により、消費者のニーズにも応える研究である。 ② 引き続き国が関与して研究を推進する必要性 本研究は、環境負荷を低減した取組を生物多様性と農業生産性の効率化の両面から評価手法を全国的に確立することから、研究機関と各地の公設試や生産者との連携が必要である。	ランク：A
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 ① 中間時の目標に対する達成度（原則としてロードマップに位置付けた数値目標に対する実績の割合） <課題①>送粉サービスを有効利用するための訪花昆虫モニタリング技術の開発 ・果樹・果菜類の主要な送粉送粉昆虫10種群の識別が可能な画像判別器のプロトタイプを開発（100%）。 ・野外での実測により、送粉昆虫の訪花頻度と柱頭付着花粉数などから果樹・果菜類の着果率を推定できるアルゴリズムを構築（100%）。 ・防除体系の違いが送粉昆虫の種構成・個体数に影響を及ぼす要因を解明（100%）。 <課題②>DNAによる土着天敵であるカブリダニ類の調査技術の開発 ・葉上から環境DNAを採取する技術確立し、環境DNAを利用したカブリダニの生息を検知する技術を開発（100%）。 ・作業の省力化に向け、カブリダニ類7種の環境DNAを検知するマルチプレックスPCR（※7）用プライマーを、当初の年度計画よりも前倒しで開発（120%）。 ・リンゴ、ミカン、ブドウ等において、土着天敵のカブリダニ類の保全効果や病虫害防除機能の評価手法を確立するための知見を収集（100%）。 ② 最終の到達目標の今後の達成可能性とその具体的な根拠 <課題①>送粉サービスを有効利用するための訪花昆虫モニタリング技術の開発 ・AI技術の急速な発展と画像判別技術の汎用性を考え、FasterR-CNN（※8）を用いてモデル開発を行うとともに、幅広い作物に訪花する昆虫全般を対象に学習させ、送粉昆虫10種群のアノテーション済の教師データを学習させた画像判別器のプロトタイプを作成した。野生昆虫類のうち主要な送粉昆虫であるコマルハナバチやナミハナアブに関しては98%を超える精度で識別できた。今後、追加の教師データを整理し、画像判別器の精度を高めることで、送粉昆虫10種群を識別できる画像判別器の開発を進める。 ・送粉昆虫の訪花頻度などから果樹・果菜類の着果率を推定するアルゴリズムを構築しており、今後、開発した画像判別器を利用して、撮影した昆虫の写真から着果率を直接推定する技術の開発を進める。 ・現地実証として、防除体系の違いがナシの栽培園地での送粉昆虫の種構成・個体数に影響を及ぼして	ランク：A

いることを明らかにした。これまでの人による観察調査から、開発した画像識別を利用した調査を行い、ナシ以外の果樹も含めて、送粉昆虫を保全しやすい防除体系を明らかにするためのデータを蓄積する。

＜課題②＞DNAによる土着天敵であるカブリダニ類の調査技術の開発

- ・圃場から採集した果樹（リンゴ、ナシ、ミカン、ブドウ）の葉からカブリダニ由来の環境DNAを収集する技術を確立した。検出の効率化のため、マルチプレックスPCR用のプライマー設計についても、年度計画よりも前倒しで着手し、カブリダニ類7種を識別できるプライマーを完成させた。今後、コンソーシアムに参画している公設試での環境DNAの講習会を開催し、開発技術に対する改善点や利便性の向上に向けた意見を収集し、実装に向けた改善を図る。
- ・防除体系の違いによるカブリダニ類の病害虫防除機能を評価するため、リンゴ、ブドウ、ミカンを対象に、環境DNA技術を用いて、カブリダニ類の保全状況と、カブリダニ類によるハダニへの防除効果をそれぞれの産地で調査し、データを蓄積している。
- ・これらの成果をもとに、カブリダニ類を指標とした土着天敵類の病害虫防除機能を把握できる評価手法を確立するとともに、技術普及員等が現場で使いやすい技術マニュアルを作成することとして、最終目標を達成できる。

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

送粉昆虫の画像識別技術により果樹・果菜類の着果率を推定する技術などの開発は、野生昆虫類の送粉機能を利用した果樹・果菜類の生産を促進させる。また、環境DNAを利用した果樹園内のカブリダニ類の発生状況を簡易に検知する技術は、土着天敵類の病害虫防除効果が得られやすい栽培管理体系の導入を促進させる。生態系サービスの定量的な評価が可能になることで、環境負荷の低い農業を推進し、2030年における「化学農薬使用量の10%低減」に貢献する。

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

本プロジェクトの研究成果の普及および開発技術の実用化に向け、生産者および公設試での講習会を開催し、開発技術に対する改善点や利便性の向上などの意見を踏まえ、簡便化など実装に向けた改善を図っている。また、都道府県の公設試の研究員が参加する学会において、本プロジェクトの研究成果を発表し、現場への研究成果の普及を図った。

③他の研究や他分野の技術の確立への具体的貢献度（研究内容により該当しない場合は、除外して評価を行う。）

- ・送粉昆虫の画像判別器については、APIとして公開することから、民間企業などによる送粉昆虫の画像識別技術のサービスに利用できる。また、画像判別機は、畑地や果樹園で昆虫の生物多様性を評価することにも利用できることから、農地の生物多様性評価の研究推進に貢献することが期待される。
- ・環境DNAによる土着天敵類の検知技術については、土着天敵類の保全状況や病害虫防除機能を調査するツールとして果樹に限らず他の園芸作物においても広く利用が期待される。

4. 研究推進方法の妥当性	ランク：A
----------------------	--------------

① 研究計画（的確な見直しが行われているか等）の妥当性

3名の外部専門家と行政部局で構成する運営委員会および、研究コンソーシアム主催の推進会議を年2回以上開催するほか、現地視察、小課題単位の検討会を開催することで、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

研究コンソーシアムには、農研機構を中心に、大学、地方公設試が参画している。この研究推進体制のもと、例えば、生産者や公設試での講習会では、画像判別器の使用場面や、環境DNA検知技術の性能などを確認するとともに、成果の普及先である生産者や行政関係者等の助言を研究に反映させた。このように、常に現場のニーズを把握しながら研究開発を進めていることから、推進体制は妥当である。

③ 研究課題の妥当性（以後実施する研究課題構成が適切か等）

本研究課題では前期3年を開発フェーズ、後期2年間を実証試験フェーズと位置づけており、3年目で

ある令和7年度には、課題ごとに実証試験に向けた開発技術の試行を実施する。課題①では、AIを用いた画像判別技術と着果率推定アルゴリズムを統合することを目指している。課題②では、環境DNA検出技術を用いた実証試験に取組ため、課題②の実行課題間の協力のもとで、マニュアルの作成に着手する。社会実装に向けて研究課題構成は適切である。

④ 研究の進捗状況を踏まえた重点配分等、予算配分の妥当性（選択と集中の取組など）

毎年漸減する予算を有効活用するため、課題の進捗や重要性を踏まえて見直しを行うほか、技術の普及につながる大規模現地実証試験には重点的に予算を配分した。各実施課題に必要な予算を精査して毎年見直しており、予算配分は妥当と言える。

【総括評価】

ランク：A

1. 委託プロジェクト研究課題の継続の適否に関する所見

- ・生態系サービスの恩恵を利用した農業生産は、労力がかからず低コストな有機農業生産の実現に繋がる可能性があり、その意義は大きい。
- ・研究は計画通りに進捗しており、当初の研究目標の達成は十分可能である。また、研究目標の達成見込みとその普及に向けた取り組みについても妥当である。
- ・現時点では研究は計画通り進んでおり、継続は妥当である。

2. 今後検討を要する事項に関する所見

- ・カブリダニ類の病害虫防除機能の定量的評価のためには、耕作地全体におけるカブリダニ類のトータルあるいは種別の定量法が不可欠だと思われる。現計画では、定量法の開発には至っておらず、定量に向けての研究の実施が望まれる。

〔研究課題名〕 環境負荷低減対策研究のうち、化学農薬の使用量低減プロジェクトのうち、農業生産に不可欠な生態系サービスの効率的な評価技術の開発

用 語	用 語 の 意 味	※ 番号
土着天敵	その地域にもともといる、農業害虫を捕食したり寄生したりして駆除する生物。クモ、ハチ、ハダニアザミウマ、ヒラタアブ、カブリダニなど様々な分類群が存在する。	1
送粉昆虫	花粉を運んで受粉させる昆虫（花粉媒介昆虫、ポリネーター）	2
リスク換算	有効成分ベースの農薬出荷量にリスク計数をかけ合わせたもの。リスク計数は0.1、1、3、10の3段階があり、農薬の成分ごとにADI（許容一日摂取量）をもとに決められている。	3
画像判別器	入力された画像が何に分類されるかを推定するモデル	4
環境DNA	水中や土壌、空気中など環境中に存在する生物由来のDNA。生物多様性調査の手法として注目されており、調査手法や分析技術が急速に発展している。	5
API	Application Programming Interfaceの略で、ソフトウェアやプログラム、Webサービスなどの間をつなぐインターフェース	6
マルチプレックスPCR	同一の反応で2種類以上の遺伝子を検出するための遺伝子増幅解析技術	7
FasterR-CNN	物体検出において現在、標準的に使用されている深層学習アルゴリズムの一つ。R-CNN、Fast R-CNNをより高速に、高精度にしたモデル。YOLOとは物体検出のアプローチが異なる。	8

② 農業生産に不可欠な生態系サービスの効率的な評価技術の開発【継続】

- 生産者・生産団体や地方公共団体において、化学農薬の使用等の環境負荷を低減し、生物多様性の保全を打ち出した農産物をブランド化する取組が広まりつつある。
- 一方、生物多様性保全効果を評価するための労力やコストを十分に確保できないことが課題になっている。さらなる取組拡大に向けて簡便な評価技術の開発が求められている。
- そこで、農業が生物多様性から受ける恩恵（生態系サービス）のうち、①野生昆虫類による送粉機能や②土着天敵類による病害虫防除機能を高精度かつ効率的に評価できる技術を開発し、環境負荷低減に対する取組を推進する。

目標達成に向けた現状と課題



消費者

環境負荷を低減した農産物に対する需要の高まり
環境にやさしい農産物であれば多少高額でも購入したい。

【課題】

消費者による需要と生産者・生産団体や地方公共団体による供給が一致していない。



生産者・生産団体

環境負荷低減に対する取組を評価してほしい
環境負荷を低減した農業に対する評価体系が十分ではない。



地方公共団体

環境負荷低減に対する取組を推進・拡大したい
環境負荷を低減した農業を拡大したいが効果検証する余裕がない。

必要な研究内容

○ 生態系サービスの簡便・高精度な評価技術の開発

- ① 果樹や果菜類の送粉機能を担う野生昆虫類を動画像とAI等を組み合わせ、モニタリングする技術の開発。
- ② 農地の病害虫防除機能を担う土着天敵類を空気や水、土壌等の環境に含まれるDNAから検出する技術の開発。

<イメージ>



- ① 野生送粉昆虫類のモニタリング
・カメラを圃場に設置
・AI等を用いて動画像解析

- ② 土着天敵類の検出
・空気や水、土壌等を収集
・生息生物の痕跡検出

目視によらない 高精度分析の実現

野生送粉昆虫類の
モニタリング

土着天敵類の検出

社会実装の進め方と期待される効果

(みどり戦略への貢献)

- 普及支援組織と連携し、生態系サービスを定量する技術を全国に普及。
- 環境負荷を低減した農業の取組を拡大。
- 2030年化学農薬使用量（リスク換算）を10%低減することに貢献。



環境負荷を低減した
農産物の生産拡大

需要と供給が一致

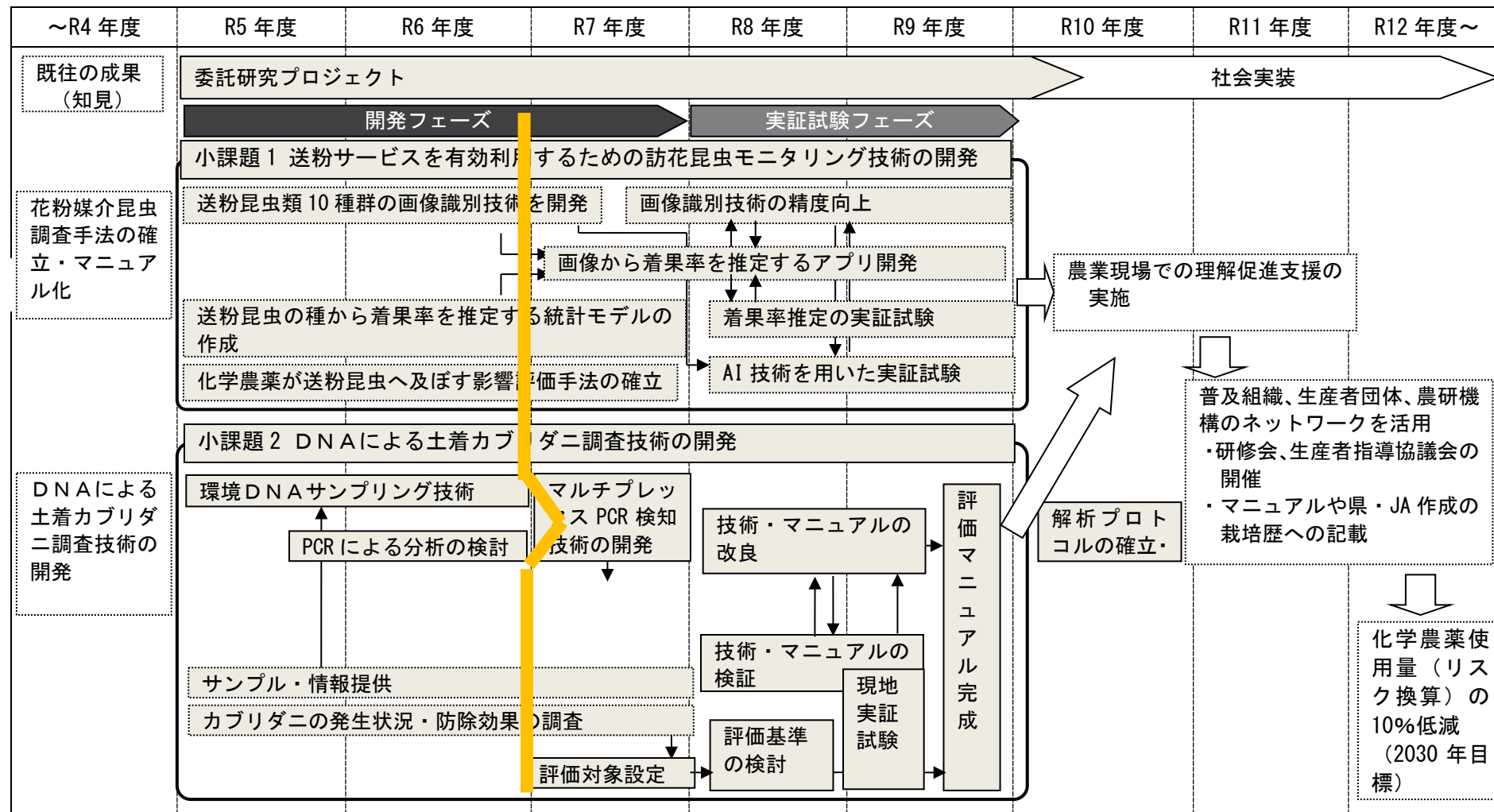


環境負荷を低減した
農産物の消費拡大

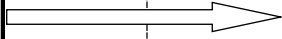
化学農薬使用量の低減

【ロードマップ（中間評価段階）】

環境負荷低減対策研究のうち、化学農薬の使用量低減プロジェクトのうち、農業生産に不可欠な生態系サービスの効率的な評価技術の開発



委託プロジェクト研究課題評価個票（中間評価）

研究課題名	環境負荷低減対策研究のうち、エリートツリー等の活用・木材による炭素貯蔵最大化プロジェクトのうち、日本全国の林地の林業採算性マトリクス評価技術の開発			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	林野庁計画課 林野庁整備課
研究期間	R 5 年～R 9 年（5 年間）			総事業費（億円）	1. 9 億円（見込）
研究開発の段階	基礎	応用	開発		

研究課題の概要

国内人工林の高齢級化による資源の充実、世界規模の木材需給をめぐる情勢変化、さらには気候変動緩和のための森林や木質製品による炭素貯蔵の増加の要請により、国産材の生産増が求められている。このため採算性の高い林地を特定して、成長に優れたエリートツリー（※1）等も活用しながら主伐・再造林を推進することが重要である。そこで本課題では以下の研究開発を行う。

- ・航空レーザ計測（※2）、GIS（※3）、機械学習（※4）を組合わせた高精度な地位（※5）推定技術および林地環境情報を活用した地利（※6）推定技術を開発する。
- ・エリートツリー等の遺伝的優位性を明らかにしその優位性が最大限発揮される条件を解明する。
- ・林業採算性と炭素吸収量等を予測する技術を開発し、研究者ではない市町村等の担当者が利用可能なツールを提供する。

1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標

中間時（2年度目末）の目標	最終の到達目標
① 8箇所モデル地域（市町村単位）におけるスギの樹高推定モデルの構築	① 樹高推定モデルを活用した高精度な地位推定技術の開発および林地環境情報を活用した地利推定技術の高度化
② エリートツリー等の遺伝的優位性を多数の育種試験地の大量の単木データを用いて明らかにするため、育種試験地におけるUAV-LiDARデータ（※7）の取得及び単木解析手法の開発と、個体単位でのレジストレーション（※8）の半自動化手法を開発	② スギを例に、エリートツリー等の遺伝的優位性を明らかにし、その優位性が最大限発揮される条件解明
③ 西日本のモデル地域における林業採算性推定ツールの基本設計（イメージ図）の提示	③ 各モデル地域において人工林の林業採算性と炭素吸収量等を高精度に予測する技術および市町村等の担当者が利用可能な林業採算性推定ツールを開発

2. 事後に測定可能な委託プロジェクト研究課題全体としてのアウトカム目標（R12年）

- ① 課題終了後3年以内に30以上の市町村が、本課題で開発した林業採算性ツールまたは樹高推定モデルを森林管理に活用する。
- ② 課題終了後3年以内にエリートツリー等の遺伝的優位性を広く普及することで、造林現場での利用が高まり、2050年のエリートツリー等の活用割合9割以上の目標達成に向けた初動に貢献する。

【項目別評価】

1. 社会・経済の諸情勢の変化を踏まえた研究の必要性

ランク：A

- ① 農林水産業・食品産業、国民生活の具体的なニーズ等から見た研究の重要性
日本国内の人工林資源が本格的な利用期を迎えたことから林業・木材産業の成長産業化が掲げられ、国産材の利用が増加する中、ウッドショックなどの世界規模の情勢変化に伴う輸入木材の減少、さらには、気候変動緩和のための森林や木質製品による炭素貯蔵の増加の要請により、引き続き国産材の生産増が求められている。一方、伐採後の再造林が進んでいないことが課題である。林野庁では、自然的・社会的条件等を勘案し再造林を行うべき森林のゾーニングを促進している。しかしながら、現場の市町村の担当者等が林業採算性を評価し、再造林を進めるべき林地を選別するための情報が不足している。このため、本課題を推進することが必要がある。

②引き続き国が関与して研究を推進する必要性

農林水産省が定めるみどりの食料システム戦略目標の森林・林業・木材産業分野では、成長に優れたエリートツリー等の活用、建築物の木造化の推進などを通じて、森林や木材による炭素貯蔵の最大化を掲げている。林業は数ある産業の中で唯一カーボンネガティブ（※9）の実現が可能な産業であり、林野庁では“伐って、使って、植えて育てる”のスローガンのもと、木材の活用と再生林の促進を図っている。本課題は、採算性の高い林地を特定して、成長に優れたエリートツリー等も活用しながら主伐・再生林を推進するための技術開発を行うことで、これらの施策を推進するものであり、引き続き国が関与して研究を推進する必要がある。

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

① 中間時の目標に対する達成度

8箇所のモデル地域におけるスギの樹高推定モデルの構築、育種試験地におけるUAV-LiDARデータの取得及び単木解析手法の開発、個体単位でのレジストレーションの半自動化手法の開発、林業採算性推定ツールの基本設計の提示など、計画した目標は全て達成した。特にスギの樹高推定モデルに関しては、目標の8箇所を上回る13箇所でモデルを構築した他、既に結果を長野県、岐阜県、秋田県、佐賀県、徳島県、大分県に提供した。また、林業採算性推定ツールに関しても目標を超えて、林班ごとに様々な仮定のもとで採算性を評価できるプロトタイプをQGISプラグインとして作成し、モデル地域での試用を開始した。

② 最終の到達目標の今後の達成可能性とその具体的な根拠

当初の計画以上に進捗しており、自治体などへの結果の還元についても開始している。特に、佐賀県、徳島県、大分県では、すでに県による地位の見直し作業において本課題の成果を用いた検討が行われており、現場の高いニーズに基づいて研究を推進している。自治体への結果の提供と自治体からのフィードバックの関係が構築されており、成果の現場実装に向けた環境も整えられていることから、達成の可能性は高い。

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

まず、「課題終了後3年以内に30以上の市町村が、本課題で開発した林業採算性ツールまたは樹高推定モデルを森林管理に活用する」というアウトカム目標については、アウトプット目標の達成でも述べた通り、課題2年度目の現時点において、目標を上回る13箇所でスギの樹高推定モデルを構築し、6県に提供した。すでに、そのうちの3つの自治体では、本課題で開発した樹高推定モデルの活用を具体的に開始している状況である。このため、今後現場に合う改良を進めることで、アウトカム目標は十分に達成可能と考えられる。

次に、「2050年のエリートツリー等の活用割合9割以上の目標達成に向けた初動への貢献」についても、エリートツリー等の遺伝的優位性を明らかにするための個体単位でのレジストレーションの半自動化手法などの技術開発が順調に進んでいることや、間伐等特措法において、自然的社会的条件からみて植栽に適した区域（特定植栽促進区域）を指定し、成長に優れた特定苗木を積極的に用いた再生林を計画的かつ効率的に推進することとしていることから、社会的なニーズは高く本課題の成果の普及が待たれる状況である。このため、本課題は、2050年のエリートツリー等の活用割合9割以上の目標達成に向けた初動に十分貢献できると考えられる。

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

人工林の林業採算性と炭素吸収量を予測する市町村等の担当者が利用可能なツールを提供予定であるが、ツールの開発に先駆けて開発した樹高推定モデルは、その地域内のどこで高成長が期待できるのかを示す高解像度の地位マップとして活用できるため、すでに自治体への提供を開始している。佐賀県、徳島県、大分県では、すでに県による地位の見直し作業において活用されるなど、成果の普及もすでに始まっている。また、林班単位での採算性の集計が可能なツールのプロトタイプとしてQGIS（※10）のプラグイン（※11）を作成し、自治体と打ち合わせを開始している。このように、個別の成果を早期にモデル地域に提供し、フィードバックを得ながら本課題を遂行しており、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

高精度の地位推定のために開発している航空レーザ計測、GIS、機械学習を組合わせた樹高推定モデルは1回の航空レーザ計測値で、過去や未来の樹高も推定できるため、従来複数回の測定が必要であった成長曲線の推定や資源量推定にとって画期的な技術である。また、エリートツリー等の遺伝的優位性を多数の育種試験地の大量の単木データを用いて明らかにするために開発している、樹頂点に個体・系統情報を半自動的に割り当てる技術は、将来的な人工林の単木単位での山での資源の在庫管理に応用可能な技術となる。

4. 研究推進方法の妥当性	ランク：A
① 研究計画の妥当性（的確な見直しが行われているか等） 外部専門家及び関係行政部局で構成するプロジェクト運営委員会が設置されており、進捗状況、研究計画・推進体制、研究成果の共有と公表等について確認が行われ、必要があれば見直しを行う体制となっている。また、本課題の各小課題は計画通りまたは計画以上に進捗しており、最終目標の達成も見込まれることから、研究計画は妥当である。	
② 研究推進体制の妥当性 上記のプロジェクト運営委員会とは別に、自治体や地方公設試を含む、本課題参画機関による「林業採算性評価技術開発コンソーシアム」を構成しており、コンソーシアム内で随時推進会議や現地検討会を開催し、情報共有、意見交換、推進体制の検討等を行っており、研究推進体制は妥当である。	
③ 研究課題の妥当性（以後実施する研究課題構成が適切か等） 本課題の目標を達成するためには、エリートツリー等の遺伝的優位性を考慮にいたった形で人工林の林業採算性と炭素吸収量等を高精度に予測する技術を開発することとしており、西日本から東日本などに対象地域を拡大しながら、また地位推定から地利推定、さらにはそれらを組み合わせた採算性の推定へと順序立って、また、課題ごとに連携しながら研究を進めている。その技術普及のため、市町村等の担当者が利用可能なツールを提供することとしているが、自治体に成果を提供しながら、また、それに対する自治体からのフィードバックを受けながら研究を進めることとしている。このように課題構成は妥当である。	
④ 予算配分の妥当性（研究の進捗状況を踏まえた重点配分等） 各小課題の進捗状況や研究成果の有用性を踏まえた予算配分の重点化を行っている。結果として、各課題ともに計画通りまたは計画以上に進捗しており、最終目標の達成も見込まれることから、予算配分は妥当である。	

【総括評価】	ランク：A
1. 委託プロジェクト研究課題の継続の適否に関する所見	
・ 再造林のための森林ゾーニングは、国産材の生産増を効果的に進める上で非常に重要であり、研究の必要性は高い。 ・ 目標を上回る箇所でモデルの提供を実施しており、自治体との協力関係も構築されている。 ・ 現時点では研究は計画通り進捗しており、継続は妥当である。	
2. 今後検討を要する事項に関する所見	
・ 社会実装に向けて市町村レベルでの普及を含め進展を期待したい。	

〔研究課題名〕

環境負荷低減対策研究のうちエリートツリー等の活用・木材による炭素貯蔵最大化プロジェクトのうち日本全国の林地の林業採算性マトリクス評価技術の開発

用 語	用 語 の 意 味	※ 番号
エリートツリー	スギ・ヒノキ等の造林樹種で、成長等の形質が優れた個体を一般林地から選抜したものを「第1世代精英樹」、この精英樹同士を交配してできた子供からさらに選抜したものを「第2世代精英樹」と呼び、第2世代以降の精英樹を総称して「エリートツリー」と呼んでいる。選抜にあたっては、成長量だけでなく、材の剛性や幹の通直性に著しい欠点がないことや、雄花着花量が多くないこと等も基準となる。	1
航空レーザ計測	航空機に搭載したレーザ測距儀から地上に向けてレーザを照射し、地表面や樹木表面等の3次元データを取得する測量方法。	2
GIS	地理情報システムのこと。地理的位置情報を持つ空間データを総合的に管理・加工し、視覚的に表示し、高度な分析や迅速な判断を可能にする技術。	3
機械学習	コンピュータを用いて大量のデータを分析して傾向等を学習する技術。	4
地位	立地条件や環境条件によって決まる林地の生産力。	5
地利	伐採・搬出といった林業の作業条件の良し悪しで決まる経済的位置の有利不利の度合い。	6
UAV-LiDARデータ	UAV(Unmanned Aerial Vehicle)、いわゆるドローンから地上に向けてレーザを照射して測量する技術(LiDAR)によって得られた、地表面や樹木表面等の3次元データ。	7
レジストレーション	ここでは、上空からの計測データ上の樹木の個体ごとの樹頂点を識別し、それを各個体の過去の地上での測定データに対応づける作業のこと。	8
カーボンネガティブ	二酸化炭素をはじめとする温室効果ガスの排出量が、吸収量よりも下回っている状態。	9
QGIS	地理情報システム(GIS)が無料で利用できる広く普及しているオープンソースのソフトウェア。	10
プラグイン	既存のソフトウェアに機能を追加するための拡張プログラム。	11

農林水産研究の推進（革新的環境研究）

日本全国の林地の林業採算性マトリクス評価技術の開発

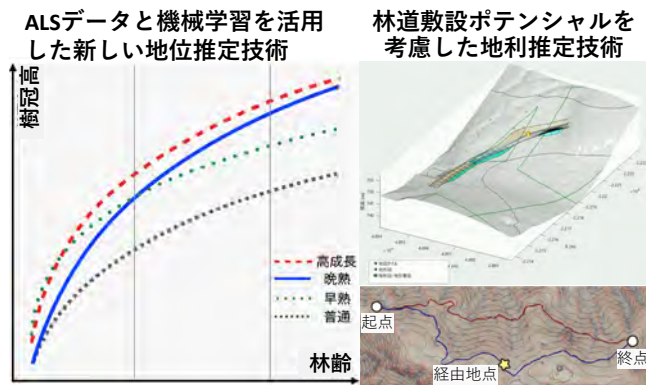
【研究概要】

1. 研究目的

市町村等が林業の採算性や炭素固定機能に基づいた目標林型を適切に設定できるように、航空レーザ計測（ALS）、GIS、機械学習を組合わせた新たな地位および地利推定技術を開発する。これに基づいたマトリクス評価を行い、成長に優れたエリートツリー等の成長優位性も考慮した上で、成長後の人工林の林業採算性と炭素吸収量を高精度に予測する技術を開発する。

2. 研究背景

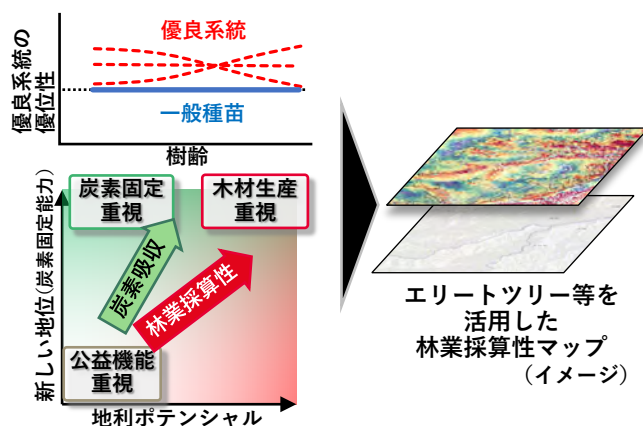
国内森林資源の充実と国際情勢変化による国産材需要の増加、また気候変動緩和のための森林や木材製品による炭素貯蔵の増加の要請により、国産材の生産増が求められている。このため、生産性と経済性の高い林地を特定して、成長に優れたエリートツリー等も用いつつ、主伐・再造林を推進することが重要である。



新しい地位と地利の推定技術を活用

3. 研究内容

- ①新たな地位指標推定手法を活用した高精度な地位推定および林地環境情報を活用した地利推定技術の高度化
- ②成長に優れたエリートツリー等の成長優位性を明らかにし、その優位性が最大限発揮される条件を解明
- ③地位と地利の二軸によるマトリクス評価を行い、将来にわたる林業採算性と炭素吸収量等を高精度に予測する技術を開発



地位と地利、エリートツリー等の成長優位性を考慮した林業採算性の高精度予測

4. 達成目標・期待される効果

達成目標

- ・成長に優れたエリートツリー等の性能を最大限発揮させる条件を解明
- ・林業採算性推定ツールを開発



期待される効果

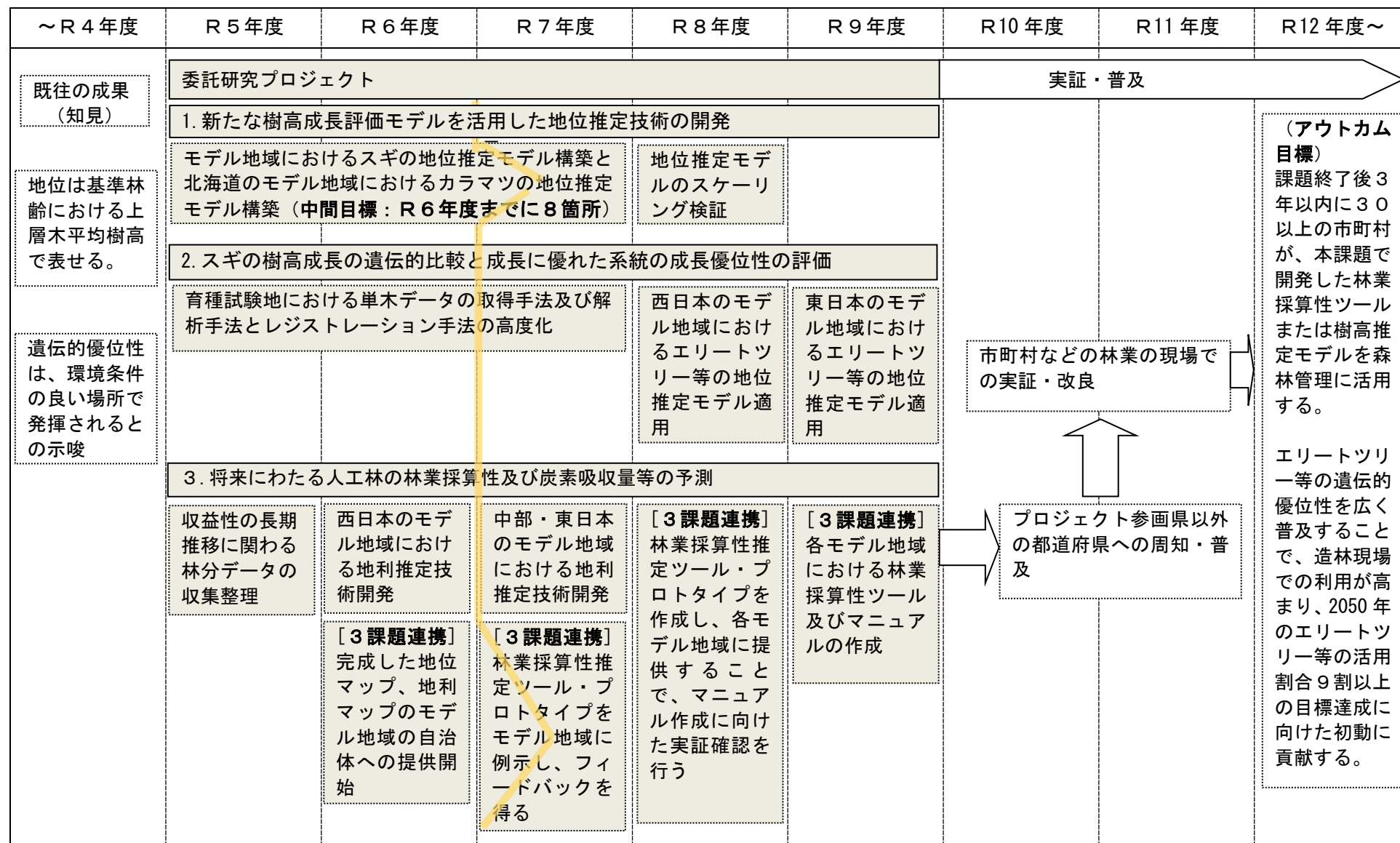
- ・2050年エリートツリー等の活用割合90%目標に貢献
- ・市町村等が採算性や炭素固定機能に基づいた目標林型を適切に設定

研究代表機関： 国立研究開発法人 森林研究・整備機構

共同研究機関： 北海道立総合研究機構林業試験場、長野県林業総合センター、静岡県農林技術研究所 森林・林業研究センター、佐賀県林業試験場、徳島県農林水産総合技術支援センター、鳥取県、鹿児島大学、静岡県立農林環境専門職大学

【ロードマップ（中間評価段階）】

環境負荷低減対策研究のうちエリートツリー等の活用・木材による炭素貯蔵最大化プロジェクトのうち日本全国の林地の林業採算性マトリクス評価技術の開発



研究概要

市町村等が林業の採算性や炭素固定機能に基づいて目標林型を適切に設定できるように、航空レーザ計測、GIS、機械学習を組合わせた新たな地位推定および地利推定技術を開発する。これに基づいたマトリクス評価を行い、成長に優れたエリートツリー等の成長優位性も考慮した上で、成長後の人工林の林業採算性と炭素吸収量を高精度に予測する技術を開発する。

1. 新たな樹高成長評価モデルを活用した地位推定技術の開発

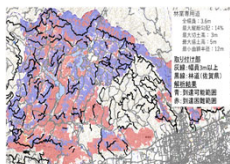
- ・モデル地域（市町村単位）を選定し、西日本の6箇所、中日本・東日本の7箇所のモデル地域において樹高推定モデルを構築
- ・メッシュ単位の樹高成長曲線を作成するQGISプラグインを作成
- ・22地点で立地環境特性を測定し、樹高成長に対する斜面方位や地質のほか土壌物理性や有効土層厚の影響を評価

2. スギの樹高成長の遺伝的比較と成長に優れた系統の成長優位性の評価

- ・LiDAR搭載UAVによる単木樹高データ取得のための最適な計測条件を解明
- ・上記の計測条件を用いて29の育種試験地において点群データの収集を完了
- ・樹頂点に個体・系統情報を半自動的に割り当てることにより定期調査データと結合する手法を開発

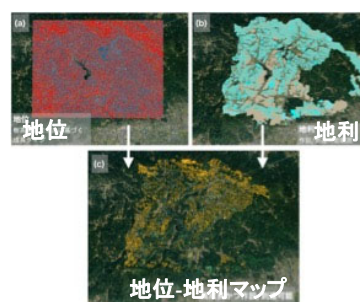
3. 将来にわたる人工林の林業採算性及び炭素吸収量等の予測

- ・林分材積を推定する林分密度管理図のパラメータを再調整し、林業採算性に関わるデータを整理
- ・佐賀市をモデル地域として林道が作設可能な範囲と、道路の連続性が担保される到達可能範囲を推定

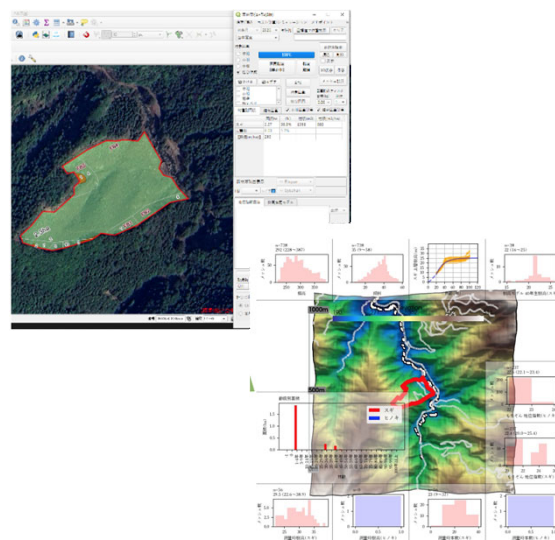


4. 課題連携

- ・佐賀市を対象に地位-地利マップのプロトタイプを作成し、佐賀県に提供



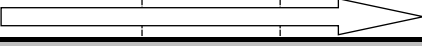
- ・林班ごとに様々な仮定の元で採算性を評価できる林業採算性推定ツールのプロトタイプをQGISプラグインとして作成、モデル地域での試用を開始



今後の方針

- ・樹高推定モデルに基づく地位マップや、林道の作設および到達可能範囲のマップなど、一目でわかりやすい林業採算性に関わる図化成果についても、モデル地域に即座に提供する（想定ユーザーは、必ずしも高度な機能を持つツールやGISソフトウェアの使用に精通しているわけではないため）。
- ・より高度なツールに関しても、早期により多くのモデル自治体へ提供し、改良やマニュアル作成に向けた実証確認を行い、社会実装に向けてユーザーが使いやすいものを開発する。

委託プロジェクト研究課題評価個票（中間評価）

研究課題名	環境負荷低減対策研究のうち、養殖における人工種苗比率拡大・養魚飼料の配合飼料給餌転換プロジェクトのうちブリ等の人工種苗の普及により顕在化する新たな疾病リスクに対応するための効果的な抗菌剤使用法の開発			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	消費・安全局畜水産安全管理課 水産庁増殖推進部研究指導課 水産庁増殖推進部栽培養殖課
研究期間	R 5 年～R 9 年（5 年間）			総事業費（億円）	1. 6 億円（見込）
研究開発の 段階	基礎	応用	開発		
					
研究課題の概要					
① 主な目的 病魚を効率的に治療するとともに薬剤耐性菌（※1）の出現を防ぐ最適な抗菌剤（※2）投与法を開発し普及する。 ② 目的達成に向けた主な研究内容 魚類養殖において最も被害額の大きいブリのレンサ球菌症（※3）をモデルとして、養殖において薬剤耐性菌が出現するメカニズムの解明、薬剤耐性菌の簡便迅速な検出法（※4）の開発、確実に病魚に薬剤を届ける効果的な薬剤投与法の開発、感染症数理モデル（※5）に基づいた理想的な投薬スケジュールの提案を行い、養殖現場において実施可能な最適な抗菌剤の投与方法を確立する。確立した手法は、魚類防疫員（※6）等を通じて生産者に指導普及する。					
1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標					
中間時（2 年度目末）の目標			最終の到達目標		
・レンサ球菌のゲノム解析等により、薬剤耐性関連遺伝子（※7）を抽出する。 ・各地の養殖現場で病魚より分離されたレンサ球菌を収集し、菌株の薬剤耐性を耐性遺伝子の有無で説明できるかを明らかにする。 ・薬剤耐性遺伝子を海水等の養殖環境から迅速に検出手法を開発し、養殖海域における耐性遺伝子の分布状況に関する調査を開始する。			① 遺伝子検査による薬剤耐性化状況の迅速な判定法を開発する。養殖海域の海水等からレンサ球菌およびその耐性遺伝子を検出することで、漁場の広い範囲における流行状況を推定する技術を開発する。これらにより、水産分野における薬剤耐性菌株の出現・増加を抑制する適正な抗菌剤の選択技術を開発する。		
・薬剤の水中への散逸（※8）が少ない飼料への展着方法を確立し、投与試験を実施して魚体内での薬剤の動態を明らかにする。 ・養殖現場での自然感染（※9）を再現できる実験的な感染方法を確立し、感染症数理モデルを構築するために必要なレンサ球菌の挙動および発病に関するデータ蓄積する。			② 理想的な薬剤の投与方法を開発するとともに、投薬スケジュールを構築する。抗菌剤を効果的に使用するための薬剤投与方法等の新規技術を開発する。		
			③ 上記の成果を基に、効果が期待できる薬剤を迅速に選定し、効果的な投与方法を用いて薬剤耐性菌の出現や増加を抑制するための適切な抗菌剤使用技術を開発する。令和12年度までにマニュアル化し、魚類防疫員等を通じた生産者への普及を行う。		
2. 事後に測定可能な委託プロジェクト研究課題全体としてのアウトカム目標（R12年）					
・確立した適切な抗菌剤使用法を普及させることにより、薬剤耐性菌の出現を抑制し、ブリ類のレンサ球菌症による年間の魚病被害額約25億円が低減される。他の細菌感染症への応用により、将来的には					

養殖業全体における魚病推定被害額約103億円のうち細菌感染症による被害額約70億円を低減する。

- ・免疫が未発達でワクチンによる予防が期待できない稚魚期の感染症を効率的に治療できるようになり、人工種苗（※10）の生産・普及が着実に進展し、ブリ養殖における人工種苗比率を現状の約1割から向上する。
- ・魚類養殖における抗菌剤の使用量5割削減および収益性の2%改善に貢献する。

【項目別評価】

1. 社会・経済の諸情勢の変化を踏まえた研究の必要性

ランク：A

① 農林水産業・食品産業、国民生活の具体的なニーズ等から見た研究の重要性

国内外において水産資源の状況が不安定となる中、計画的かつ安定的な生産が可能な養殖への期待が高まっている。養殖は、生産加工から流通消費まで関連産業への波及効果が大きく、地域の雇用を支える重要な産業でもある。

養殖における魚病被害は年間50億円を超え、持続的な養殖生産には薬剤による治療とワクチンによる予防が不可欠である。一方で、抗菌剤の不適切な使用は薬剤耐性菌の出現を招き、耐性菌が感染した魚を治療できなくなり感染症がまん延することや、魚の病原細菌がもつ耐性遺伝子が、人間に感染する細菌に伝搬する可能性があることが課題となっている。養殖における抗菌剤使用の削減は世界的な方針となっている。国内では、水産用医薬品の使用量や出荷までの休薬期間（※11）は、治療効果と消費者への安全性を担保するために法律により定められている。しかし、投薬方法や投薬タイミングに関する決まりはなく、生産者の経験にゆだねられており、科学データに基づく改善の余地がある。科学的知見に基づいて抗菌剤の最適な投与方法を確立し、魚病被害および薬剤耐性菌の抑制を目指す本研究は産業的にも国民生活的にもニーズが高い。

② 引き続き国が関与して研究を推進する必要性

養殖業における細菌感染症の発生、抗菌剤使用量の増加による薬剤耐性菌の出現は全国的な課題である。本事業で研究モデルとするブリ類のレンサ球菌症も、薬剤耐性菌を含め各地の養殖場において広く発生している。感染症対策は国が目標とする持続可能な養殖生産体制の構築に欠かせないものであり、引き続き国が関与して研究を推進する必要がある。

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

① 中間時の目標に対する達成度（原則としてロードマップに位置付けた数値目標に対する実績の割合）

以下の通り、計画通りに中間時の目標を達成している。

- ・レンサ球菌のゲノム解析により複数の薬剤耐性遺伝子が明らかになり、収集した100株以上について各種抗菌剤に対する薬剤感受性と耐性遺伝子の関係を解析したところ、各菌株の薬剤耐性は耐性遺伝子の有無で説明できることが示された。また、複数の薬剤耐性遺伝子を数時間以内に同時検出できる手法を開発した。さらに、海水および海泥からレンサ球菌およびその耐性遺伝子を検出する手法を開発した。開発したこれらの手法を用いて、養殖海域におけるレンサ球菌症の発生状況、病魚から分離されるレンサ球菌の種類と薬剤感受性、海水中に存在するレンサ球菌と薬剤耐性遺伝子の挙動に関する大規模な疫学調査に着手した。
- ・薬剤の飼料への展着方法を検証し、海水中への薬剤の散逸によるロスが少なく、魚に十分量の薬剤を投薬できる方法を確立した。レンサ球菌症は病原体を体内に注射する方法でしか死亡を再現できなかったが、寄生虫の駆除法として養殖現場で用いられている過酸化水素浴を行った後に水槽にレンサ球菌を添加することで、高い感染率を再現することに成功した。本手法を用いて養殖現場で起こりうる感染状況を実験水槽内で再現し、感染症数理モデルを構築するための基礎データを集積している。具体的には、感染魚の死亡の推移、病魚からの排菌量と排菌時間、魚体内での細菌の分布状況、生残個体の免疫獲得状況に関するデータが得られている。今後、感染試験データと、養殖海域における疫学データを合わせて数理モデルを構築し、理想的な投薬スケジュールを構築する予定である。

② 最終の到達目標の今後の達成可能性とその具体的な根拠

研究は順調に進んでおり、到達目標である「水産分野における薬剤耐性菌株の出現・増加を抑制する適正な抗菌剤の選択技術の開発」と「抗菌剤を効果的に使用するための新規技術2種以上の開発」および成果の普及は達成可能と考えられる。具体的な根拠を以下に示す。

・レンサ球菌の薬剤耐性遺伝子を短時間で検出する手法の確立

現状では抗菌剤を養殖魚に投薬する際には、病魚から原因細菌を分離培養し、薬剤に対する感受性を培養試験によって確認し、薬剤を決定している。この試験には、2日程度の時間を要する。レンサ球菌の薬剤耐性は耐性遺伝子の有無と相関することから、本研究で確立した耐性遺伝子の検出法を用いれば、細菌分離を経ることなく数時間のうちに効果が期待できる薬剤を決定することができる。今後、検査精度を高めるとともに精度管理（※12）を実施し、分離培養した細菌を用いた試験と同等以上の精度が担保できれば、早期投薬が可能となり、流行の拡大を食い止めることが可能となる。

・海水中からレンサ球菌および薬剤耐性遺伝子を検出する方法の確立

レンサ球菌が薬剤耐性を獲得するメカニズムを解析し、薬剤耐性遺伝子は海水環境中に存在する腸球菌に由来していることを確認し、海水中の薬剤耐性遺伝子のモニタリングによりレンサ球菌の薬剤耐性化リスクを推定できる可能性を見出した。今後、養殖海域の海水をモニタリングすることで、レンサ球菌症が大規模に流行し、養殖魚の死亡が発生する前に、養殖海域の広範囲における感染状況および流行細菌の薬剤感受性を知ることが可能になると見込まれる。

・薬剤の投与効率を高める抗菌剤の飼料への展着方法の確立

抗菌剤は飼料に添加して投与されるが、海水に着水した直後から水中へ薬剤が散逸する。多数の展着剤（※13）と飼料の組み合わせについて様々な条件検討を行い、最適と思われる手法を決定した。一部の臓器には薬剤が十分に到達しないといった治療に係る問題点も見えてきたことから、今後は最適化した投薬法を用いて治療試験を行い、レンサ球菌の体内動態と合わせて解析することで、投薬スケジュールの最適化を図る。

・養殖現場での感染から発病の状況を、水槽での感染試験で再現する方法の確立

本手法を利用して、感染症数理モデルを構築するための基礎データを集積している。養殖漁場における疫学調査からのデータと合わせ、感染症数理モデルを構築し適切な投薬スケジュールの提案が期待できる。

今年度からブリ類養殖大手企業に協力機関として参画してもらい、本技術を用いた漁場での疫学調査の実施として、現場での実装を見据えた研究を進めている。また、これらの研究成果をマニュアル化し、魚類防疫員を通じた普及、あるいは養殖業者に対する直接的な技術供与を行うことにより研究成果を実装することで、最終目標を達成可能である。

**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

抗菌剤の適正な選択技術と、抗菌剤を効果的に使用するための新規技術を開発し、養殖現場の疫学データの取得にも着手しており、次年度以降は数理モデルに基づいた投薬スケジュールの提案が可能になる見込みである。本課題は、実験を主体とした研究と養殖海域における大規模な疫学調査を結び付け、現場の対策に直結させた成果を得ようとする研究であり、アウトカム目標である薬剤耐性菌の出現を抑制した魚病被害の低減、人工種苗の普及促進や抗菌剤の使用量削減による魚類養殖の収益性の改善への貢献を達成できると見込んでいる。

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

今年度よりブリ類養殖大手企業に協力機関として参加いただき、漁場での疾病発生データ等を提供いただくとともに、同漁場での詳細なレンサ球菌症の発生状況調査を開始し、本課題で得られる研究成果を、養殖現場においてすぐさま活用できる状況を構築している。また本課題の代表機関である水研機構は、養殖業者に対する指導等に従事する全国の魚類防疫員と定期的に意見交換を行い、本課題の成果について情報提供を行うなど、成果を養殖現場に広く普及できる体制にあり、成果活用のための取組は妥当である。

③他の研究や他分野の技術の確立への具体的貢献度（研究内容により該当しない場合は、除外して評価を行う。）

ブリ類のレンサ球菌症をモデルとして研究を行うが、投薬に伴う課題は各種細菌性疾病に共通であり、他の細菌感染症や養殖魚類にも応用できる。

4. 研究推進方法の妥当性

ランク：A

① 研究計画（的確な見直しが行われているか等）の妥当性

3名の外部専門家と行政部局で構成する運営委員会に加え、研究コンソーシアムで進捗状況の確認や試験計画を議論する場を設定した。これらの場での議論を踏まえ、今年度より大手の民間養殖業者を協力機関に加え、効率的に養殖場におけるレンサ球菌の流行株の収集、養殖海域の海水のモニタリング調査、数理モデル構築のための疫学データの収集等を遂行できるようになった。また、実装の際の課題など、研究計画に対する適切な助言が得られており、的確な研究計画の見直しが行われており、妥当である。

② 研究推進体制の妥当性

魚病全般に対する研究実績を多数持つ水研機構を代表機関とし、魚類レンサ球菌症、水産生物の薬理学、魚病と環境DNAに関する研究、感染症数理モデルを専門とする宮崎大学、愛媛大学、北海道大学と、ブリ類の主生産地であり、養殖現場における魚病の診断および技術の普及を行っている愛媛県、大分県、宮崎県の研究機関が共同研究機関として参画している。また、ブリ類の養殖企業が研究協力機関として参画し、研究成果の導入や効果の検証を速やかに行える体制にあり、推進体制は妥当と考えられる。

③ 研究課題の妥当性（以後実施する研究課題構成が適切か等）

本研究は（１）養殖において薬剤耐性菌が出現するメカニズムの解明、薬剤耐性菌の簡便迅速な検出法の開発を行う小課題、（２）確実に病魚に薬剤を届ける効果的な薬剤投与法の開発と、感染症数理モデルに基づいた理想的な投薬スケジュールの開発を行う小課題から構成される。各課題は、養殖現場で最適な抗菌剤の投与方法を確立するために、薬剤耐性菌の出現リスクが少なく有効な薬剤を迅速に選定するための課題と、薬剤を適切に血中にのせるための投与技術の課題で構成されており、研究課題構成は適切である。

④ 研究の進捗状況を踏まえた重点配分等、予算配分の妥当性（選択と集中の取組など）

前年の課題の進捗状況や研究成果の有用性を踏まえ、予算配分の重点化の見直しを行い、各課題ともに計画通りに進捗し、最終目標の達成も見込まれることから、予算配分額は妥当である。

【総括評価】

ランク：A

1. 委託プロジェクト研究課題の継続の適否に関する所見

- ・養殖における抗菌剤使用の削減が世界的な方針となる中で、魚病被害および薬剤耐性菌の抑制を目指す本研究の必要性は高い。
- ・研究は計画通りに進捗しており、また既に学術論文も複数公表されており、当初の研究目標の達成は十分可能であり、継続は妥当である。

2. 今後検討を要する事項に関する所見

- ・本計画は、開発段階までを行うことになっているが、薬剤耐性の迅速検査法を社会実装するためには、検査を行うヒト・機関・施設、検査体制等を明確にした上で、それに適合した技術開発を行うことが望まれる。
- ・社会実装するためにはマニュアルの公表だけでは不十分であり、社会実装に向けた具体的な方策をさらに検討いただきたい。

〔研究課題名〕 環境負荷低減対策研究のうち養殖における人工種苗比率拡大・養魚飼料の配合飼料給餌転換プロジェクトのうちブリ等の人工種苗の普及により顕在化する新たな疾病リスクに対応するための効果的な抗菌剤使用法の開発

用 語	用 語 の 意 味	※ 番号
薬剤耐性菌	抗菌剤（細菌の増殖を抑制、または殺菌する働きのある化学療法剤）が効かない細菌。細菌は様々な方法で自身を薬剤から守るメカニズムを獲得する。抗菌剤の不適切な使用によって耐性菌が出現する。薬剤耐性菌を増やさないためには、適切な抗菌剤の選択と適切な投与が重要。	1
抗菌剤	細菌の増殖を抑制、または殺菌する働きのある化学療法剤のこと。水産用抗菌剤の適切な使用を図るため、購入時には魚類防疫員または獣医師が病魚の診察に基づいて交付する使用指導書の提示が必要である。	2
レンサ球菌症	細菌性疾病の一つで、ブリ類のほかクロマグロ、マダイ、ヒラメ等の主要な養殖対象魚で広く発生する最も被害の大きい疾病。ブリ類のレンサ球菌症による被害額は魚病被害額全体（約100億円）の約25%を占める。平成26年に市販ワクチンが効かない変異株が出現し、それ以降レンサ球菌症に対する抗菌剤使用量が大幅に増加している（過去6年間で約6倍増加）。「レンサ球菌」は多種類の細菌の総称であり、数年おきに新規な菌種が発生し被害を拡大させている。	3
簡便迅速な検出法	水産分野での薬剤耐性菌の検出は、病魚から病原細菌を分離培養し、各種薬剤を作用させ、薬剤の存在下でも増殖する細菌を調べることで行われる。検査には数日を要し、検査結果がわかるまで適切な投薬を行えないため、魚病被害が拡大する。本課題では病原細菌の遺伝子検査による簡便で迅速な検出法を開発する。	4
感染症数理モデル	ある集団における感染症の広がりを数式で表したもの。新型コロナウイルス感染症では数理モデルにより流行予測が行われ政策判断が行われた。	5
魚類防疫員	養殖水産生物の伝染性疾病的予防・治療に関する指導等の職務に従事する公的資格を持った者。都道府県の水産試験場等に440名が配置され、生産者が抗菌剤を購入する際に必要となる使用指導書を交付するほか、養殖場における防疫対策の指導・助言や魚病情報の収集等を行う。	6
薬剤耐性関連遺伝子	抗菌剤などの薬剤に対する耐性の原因となる遺伝子のこと。細菌は、他の細菌から薬剤耐性遺伝子を獲得したり、自身の遺伝子を突然変異させることで薬剤耐性を獲得する。本研究では耐性にかかわる関連遺伝子を広く抽出した後に、養殖現場で問題となる各種の薬剤耐性が、どの遺伝子によってもたらされるかを調査する。特定した遺伝子を上記4「簡便迅速な検出法」の開発に利用する。	7
薬剤の水中への散逸	抗菌剤は主に餌料へ添加して経口投与される。養殖で用いられるペレットタイプの餌料に単純に抗菌剤をまぶしても、水に触れると餌から薬剤が散逸してしまう。これを防ぎ魚に確実に薬剤を届けるためには、適切な展着法を用いる必要がある。	8
自然感染	養殖場で発生する自然な状態での感染のこと。実験的な感染では、確実に発病させるために、注射投与など自然にはあり得ない手法で感染させることが多い。感染症数理モデル（上記5）を構築するためには、自然感染に近い方法による感染試験データと、養殖現場での疫学データが必要。	9
人工種苗	魚類養殖における種苗とは、養殖に用いる稚魚や幼魚のこと。人工種苗とは、自然水域で採捕した天然種苗とは異なり、水槽・生け簀等の人工的に隔離された環境において繁殖させる、あるいは人工授精することによって生まれた種苗のこと。人工種苗を用いる場合、未熟な稚魚期の飼育期間が長くなることから、感染症リスクが高まる。稚魚期にはワクチンの効果が低いため、適切な抗菌剤の使用により感染症を防ぐことが重要になる。	10
休薬期間	動物に抗生物質を使用した後、その動物や動物由来の製品（例えば、肉、牛乳、卵など）が人間の消費に安全となるまでに必要な期間。この期間は、抗生物質が動物体内から完全に排出され、製品中に残留しないように設定される。動物を出荷する前には休薬期間を設け、食品に抗生物質が残留しないよう管理されている。	11

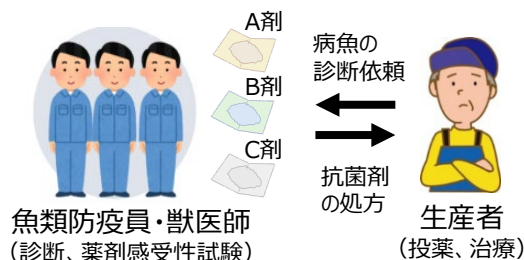
精度管理	検査や測定が一貫して正確かつ信頼性のある結果を提供できるように、検査プロセス全体の品質を管理し、維持すること。検査の正確さを明らかにするために、陽性的中立、見逃し率、感度・特異度等を検証し、検査方法を確立する。	12
展着剤	抗菌剤等を散布する際に、餌などへの付着を容易にするため、いわゆる“糊”の様に用いられる薬剤の総称。水産分野では、抗菌剤やビタミン等の栄養剤を養殖魚に与える場合、餌に混ぜて経口的に投与するため、固形飼料の表面への付着を促すために用いられる薬剤を指す。	13

① ブリ等の人工種苗の普及により顕在化する新たな疾病リスクに対応するための効果的な抗菌剤使用法の開発【継続】

- 新たな「水産基本計画」（2022.3閣議決定）では、**ブリ等における養殖業の成長産業化**を着実に進めることとしており、養殖業の生産性向上にあたり、人工種苗を活用した養殖用原魚及び天然資源への負荷が少ない餌の確保に加え、疾病対策の強化が重要となっている。
- 人工種苗を活用した養殖業の増産に伴い、**細菌感染症の発生件数の増加が懸念**される。特に、ワクチンが未開発あるいは有効性が低い場合には抗菌剤が使用されるため、抗菌剤使用量の増加によって薬剤耐性菌株が出現・増加し、養殖被害のさらなる拡大が生じる。
- 人工種苗の普及等に伴う薬剤耐性菌株の出現を抑制し、疾病対策をさらに強化するためには、予防（ワクチン）に加えて、治療（抗菌剤）を含めた総合的な対策が重要であることから、**効果的な抗菌剤使用法の開発が求められている**。

目標達成に向けた現状と課題

<養殖現場における抗菌剤使用の流れ>



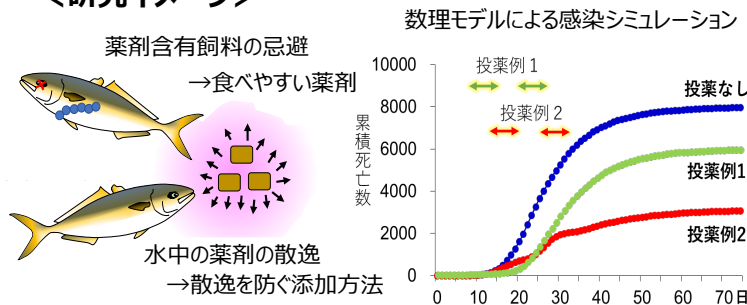
- ・ 抗菌剤使用量の増加により薬剤耐性菌株の出現が懸念。
- ・ 薬剤耐性菌株の出現を抑制する抗菌剤を処方するための情報が限定的。
- ・ 体系化された投薬マニュアル(薬の添加方法、投薬間隔など)がなく、生産者の経験や勘に基づいて抗菌剤が使用される事例もある状況。

必要な研究内容

ブリ類のレンサ球菌症※等をモデルとして、
(※ブリのレンサ球菌症による被害額は魚病被害全体の約25%)

- ①“**魚類防疫員等**”が**最適な抗菌剤を選択するための技術**
 - 薬剤耐性の獲得メカニズムを解明し、環境DNA等を用いた薬剤耐性関連遺伝子の検出技術を開発
- ②“**生産者**”が**抗菌剤を効果的に使用するための技術**
 - 魚体への効果的な投薬法や最適な投薬のタイミング・間隔等の検討により、抗菌剤の効果を最大化する技術を開発

<研究イメージ>

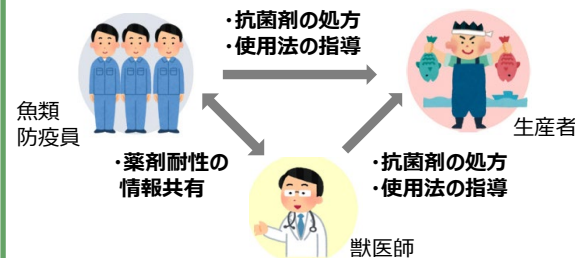


○効果的な経口投薬法の開発 ○最適な投薬スケジュールの検証

社会実装の進め方と期待される効果

(みどり戦略への貢献)

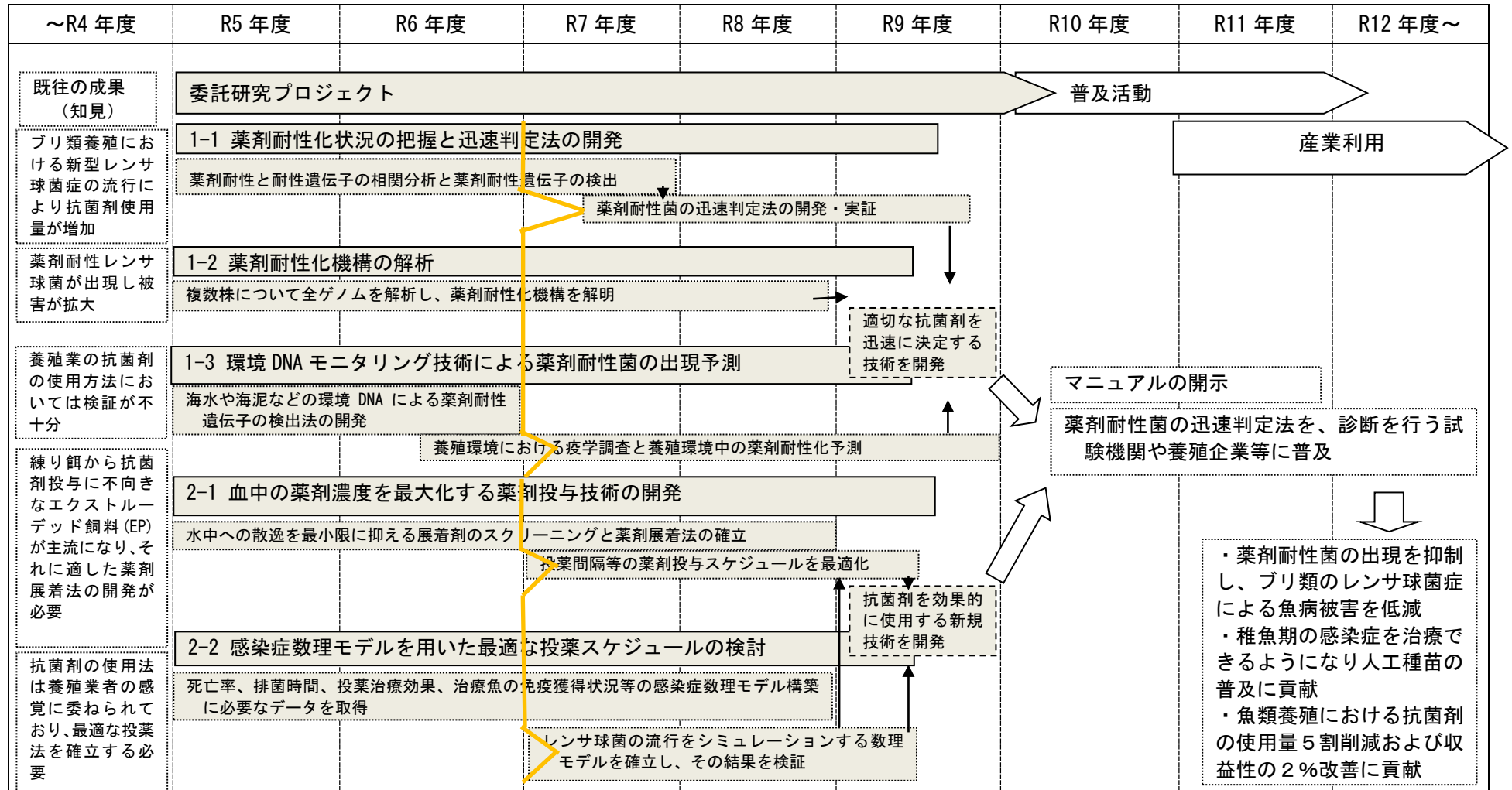
- ・ 魚類防疫員等の研修会を通じて、耐性獲得を抑制できる抗菌剤の処方体制を構築。
- ・ 効果的な抗菌剤使用法をマニュアル化し、魚類防疫員等を通じて生産者に指導・普及。



- ・ ワクチンとの総合的対策により、薬剤耐性菌株の出現を抑制し、魚病被害を低減。
- ・ 人工種苗の普及・生産拡大が進むことで、2030年のブリ養殖における人工種苗比率3割を達成(現在1割)。
- ・ みどり戦略KPI2030年目標「養殖における人工種苗比率を13%に拡大」に貢献

【ロードマップ（中間時評価段階）】

環境負荷低減対策研究のうち
 養殖における人工種苗比率拡大・養魚飼料の配合飼料給餌転換プロジェクトのうち
 ブリ等の人工種苗の普及により顕在化する新たな疾病リスクに対応するための効果的な抗菌剤使用法の開発



養殖における人工種苗比率拡大・養魚飼料の配合飼料給餌転換プロジェクトのうち ブリ等の人工種苗の普及により顕在化する新たな疾病リスクに対応するための効果的な抗菌剤使用法の開発 ～令和6年度までの成果概要～

【背景】

- ・ 抗菌剤の効果的な使用による魚病の抑制、慎重な使用による薬剤耐性菌の出現抑制が必要
- ・ 最も魚病被害の大きいブリ類のレンサ球菌症をモデルとして、養殖現場で実施可能な**最適な抗菌剤の投与方法および投薬スケジュール**を開発

1. 薬剤耐性菌の迅速検出法と漁場の流行状況推定技術の開発

レンサ球菌を薬剤耐性化させる遺伝子を確認

耐性菌＝薬剤耐性遺伝子の保有？

薬剤耐性遺伝子の検出へ

薬剤耐性
レンサ球菌

薬剤耐性遺伝子

養殖環境中
の非病原細菌

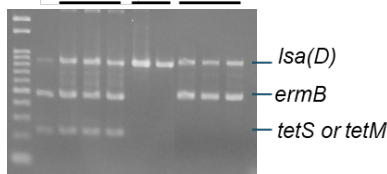
環境中細菌から耐性遺伝子を獲得か？

⇒ 養殖環境水の調査へ

薬剤耐性遺伝子の簡易検出法を開発

PCRによる薬剤耐性遺伝子の検出

LCM, EM, OTC耐性 LCM 耐性 LCM, EM 耐性



従来最短で2日かかった検査が
当日中に3種類の耐性遺伝子を検出可能に
多剤耐性も検出可能

⇒ 薬剤耐性菌の迅速判定法として
精度を検証していく

- ・ 環境中のレンサ球菌・薬剤耐性遺伝子の検出法を開発
- ・ 養殖漁場での疫学調査を開始

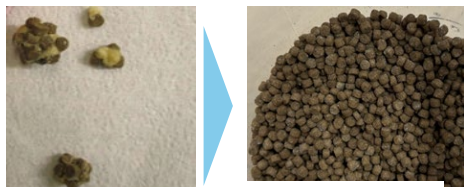


海域の薬剤耐性遺伝子のモニタリング

⇒ レンサ球菌症や耐性菌の流行状況を推定する

2. 高効率な薬剤投与方法と投薬スケジュールの開発

ムダの少ない抗菌剤展着法を確立



展着不良

均一に展着

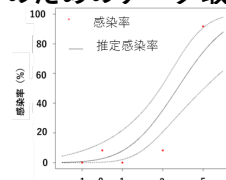
薬剤の海水への散逸を防ぎ確実に
魚へ投薬できる手法を確立する。

展着法は現場へ普及
投薬スケジュールの確立に応用

自然感染を想定した感染法を確立し シミュレーションのためのデータ取得



投薬・感染シミュレーションにより、
理想的な投薬スケジュールを確立



【今後の方針】

疫学調査と実験
データを統合し、
感染症数理モデル
を構築

数理モデルによる
シミュレーション
と投薬試験を実施し、
理想的な投薬
法・投薬スケ
ジュールを確立

【成果の普及】

- ・ 治療効果が高く薬剤耐性細菌の出現が少ない投与方法および投薬スケジュールを確立する。
- ・ 薬剤耐性獲得機構を解明するとともに、確立した検出法を投薬判断基準として提案する。
- ・ 検査法、投薬法、投薬スケジュールをマニュアル化するとともに、魚類防疫士等を通じて成果を生産者へ普及する。

【アウトカム目標】

- ・ 薬剤耐性菌の出現を抑制し、ブリ類のレンサ球菌症による魚病被害を低減。
- ・ 稚魚期の感染症を治療できるようになり人工種苗の普及に貢献。
- ・ 魚類養殖における抗菌剤の使用量5割削減および収益性の2%改善に貢献。