

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	現場ニーズ対応型研究のうち有機農業の生産体系の構築に向けたプロジェクトのうち有機農業推進のための深水管理による省力的な雑草抑制技術の開発			担当開発官等名	農林水産技術会議事務局研究統括官（生産技術）
				連携する行政部局	大臣官房政策課技術政策室 農村振興局農地資源課 農産局農業環境対策課 農産局穀物課
研究期間	R 4～R 6（3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					
<p>本課題では、有機農業の面積を拡大する上で不可欠となる除草に係る労力削減のため、</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 省力的な深水管理（※1）を実現する畦畔整備（※2）及び水管理（※3）技術の確立 2. 省力的な機械除草を実現するための制御技術及びソフトウェアの開発 3. 大区画ほ場における深水管理と機械除草による省力有機水稻栽培技術の確立 4. 中山間地域における深水管理と機械除草を核とする有機水稻栽培技術の確立を行う。 					
1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標					
<p>令和6年度末までに、以下（1）～（5）のマニュアルの作成やアプリケーションソフトの開発等を行う。</p> <ol style="list-style-type: none"> （1）深水管理に対応した農地基盤整備マニュアル*を作成する。 ⇒上記1に対応 （2）セミオート型の畦畔除草機（※4）を開発する。 ⇒上記2に対応 （3）ドローンセンシング（※5）技術による機械防除システムと有機農業、減農薬栽培に対応したレコメンドアプリを開発する。 ⇒上記2に対応 （4）大区画ほ場における深水管理による有機水稻栽培管理マニュアル*を作成する。 ⇒上記3に対応 （5）中山間地域における深水・生物資源等を活用した有機水稻栽培管理マニュアル*を作成する。 ⇒上記4に対応 <p>*（1）、（4）、（5）は一つのマニュアルとする。</p>					
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）					
<p>上記で挙げたマニュアルやアプリケーションソフトを普及させることで、以下のアウトカム目標の達成を目指す。</p> <ol style="list-style-type: none"> （1）深水管理に対応した農地基盤整備マニュアルを活用したほ場整備面積3万haを目指す。 （2）セミオート型の畦畔除草機の普及販売台数1,500台を目指す。 （3）ドローンセンシング技術による機械防除システムと有機農業、減農薬栽培に対応したレコメンドアプリのユーザーによる栽培面積3万haを目指す。 （4）大区画ほ場における深水管理による有機水稻栽培管理マニュアルを活用した有機水稻栽培面積0.75万haを目指す。 （5）中山間地域における深水・生物資源等を活用した有機水稻栽培管理マニュアルを活用した有機水稻栽培面積0.75万haを目指す。 <p>以上のアウトカム目標を達成することで、有機栽培における除草に係る労力の50%削減を目指す。</p>					

【項目別評価】**1. 研究成果の意義****ランク：A****①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**

世界の潮流として農業においても環境負荷を低減する産業構造への転換が不可欠となっている中、我が国においても「みどりの食料システム戦略」では、2050年までに化学農薬使用量の50%低減及び耕地面積に占める有機農業の取組面積の割合を25%（100万ha）に拡大することを目指すとしており、具体的な取組として、水田の水管理による雑草の抑制があげられている。しかしながら、そのための労力が慣行の6.4倍と非常に大きくなることが課題である。本課題で作成するマニュアル、開発するアプリケーションソフトや機器等は、この課題の解消に大きく貢献するため、科学的・技術的な意義を有している。また、成果のうちアプリケーションソフトや機器類は、関連する産業に及ぼす影響も大きいことから、社会・経済等に及ぼす効果の面でも重要である。

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最終の到達目標に対する達成度**

2年目終了時点において、アウトプット目標に対して以下の達成状況である。

(1) 「深水管理に対応した農地基盤整備マニュアル」に関しては、

(a) 畦畔除草機の走行に適した畦畔形状の施工条件やその作業効率に関する知見

⇒これまでの研究の概要の1

(b) 深水管理を自動制御化することによる省力効果に関する知見

(c) 深水管理による用水量増大の要因に関する知見

(d) 多少の不陸に対応した深水管理の自動制御に関する知見

が得られたことから、当初の計画通り60%の進捗である。

(2) 「セミオート型の畦畔除草機」に関しては、

(a) 当初の計画における試作1号機によるほ場試験に加えて試作2号機によるほ場試験も行い、それらの結果に基づいて改良点を明確にするとともに、最終試作機への方向性を決定した

⇒これまでの研究の概要の2

ことから、当初の計画60%を超える80%の進捗である。

(3) 「ドローンセンシング技術による機械防除システムと有機農業、減農薬栽培に対応したレコメンドアプリ」に関しては、

(a) 国内各地で汎用的に解析が可能な雑草検知AIおよび画像を取得するための撮影高度・撮影時期に関する知見 (b) そのAIを活用した“要除草水準”に関する知見

の収集に遅れがあり次年度の継続課題であることから、当初の計画60%を下回る50%の進捗である。

(4) 「大区画ほ場における深水管理による有機水稻栽培管理マニュアル」に関しては、

(a) 深水・ペースト2段施肥体系に適した健苗育成法および最適密度に関する知見

⇒これまでの研究の概要の3

がマニュアルに掲載可能な高いレベルで得られた一方で、

(b) 省力機械除草や水管理によるコナギの抑制効果に関する知見

(c) ペースト肥料の無機化特性の定量的な知見

の収集に遅れがあり次年度の継続課題であることから、全体としては、当初の計画通り60%の進捗である。

(5) 「中山間地域における深水・生物資源等を活用した有機水稻栽培管理マニュアル」に関しては、

(a) 深水管理・揺動ブラシ式歩行型除草機に早期湛水を加えた栽培体系における水稻の登熟改善技術や生産費低減に関する知見

⇒これまでの研究の概要の4

(b) 乗用型高能率水田用除草機の作業性能に対するほ場均平化や除草回数削減の影響についての知見

(c) 刈払い方法の違いによる植生の多様化と害虫の抑制効果の知見

(d) 有機栽培技術の導入による実証経営体の収益性や労働時間等の変化に対する知見

が得られ、特にこのうち(a)はマニュアルに掲載可能な高いレベルであることから、当初の計画60%を超える70%の進捗である。

②最終の到達目標に対する今後の達成可能性とその具体的な根拠

上記のように、2年目終了時点におけるアウトプット目標に対する達成状況としては、一部に遅れがあるが、

- (3) (a)および(b)では、各地域で質の高いドローン空撮データを得るため、地域・栽培環境の違いによる稲及び雑草の生育ステージの差を分析するとともに、定植後日数に加えて積算温度も活用することで、ドローン空撮の適正時期やほ場の状態等を整理
- (4) (b)では、イネを損傷させることなく効率のよい機械除草を可能とする植付精度を早期に確立させるため、田植えシーズン以外でも試験を行える環境を構築
- (4) (c)では、(d)と連携を強めて研究協力を行う体制を構築

等により、いずれも次年度の目標と併せて次年度中に達成できる見込みであることに加え、次年度の研究実施計画についても昨年度の課題開始時の想定と大きく変わらないことから、最終の到達目標について、今後の達成可能性は高いと考えられる。

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、アウトカム目標に対する出口戦略を以下のように立てている。このため、アウトカム目標についても今後の達成可能性は高いと考えられる。

- (1) 深水管理に対応した畦畔整備やほ場均平度、必要な用水量等を検討し、農研機構農村工学研究部門がマニュアルにまとめ、農研機構が主催する協議会（東北6県の稲作関係の合同推進会議、神石高原有機農業推進協議会）や都道府県の普及関係組織等への配布や現地説明会の実施を通して、普及を図る。また、農地基盤整備に関する成果においては、現在農林水産省において改定が行われている設計指針「ほ場整備」において意見聴取者として参画し、研究成果の社会実装を図る。また、用水量に関する成果においても同様に、設計基準「農業用水（水田）」の改定をするための計画基礎諸元調査において、意見聴取者として参画し、研究成果の社会実装を図ることで、公共事業等による普及拡大を図る。
- (2) 三陽機器（株）によって市販化を図り、マニュアルへの記載や企業の営業努力と共に、有機農業に対応した基盤整備事業の拡大や有機農業の栽培面積の拡大に伴い、普及拡大を図っていく。
- (3) (株) オプティムにより自社で運営しているほ場分析システム「Agri Field Manager」に搭載して、普及を図る。マニュアルへの記載や企業の営業努力と共に、有機農業に対応した基盤整備事業の拡大や有機農業の栽培面積の拡大に伴い、普及拡大を図っていく。
- (4) 農研機構東北農業研究センターおよび秋田県農業試験場等と連携し、秋田県や各県の有機農業推進協議会、JA等に働きかけ、現地見学会や説明会を通じて有機水稲栽培管理体系の普及を図る。また、農機メーカーとの連携による農機展示会等を通じた普及を行う。さらに、参画大学機関ではオープンキャンパスやサイエンスカフェなどの教育現場を通じた普及も行う。
- (5) 農研機構西日本農業研究センターおよび島根県農林水産振興センター等と連携し、島根県や各県の有機農業推進協議会、JA等に働きかけ、現地見学会や説明会を通じて有機水稲栽培管理体系の普及を図る。

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

研究コンソーシアムには、普及・実用化に向けて、我が国の代表的な水田地域である大区画ほ場と中山間ほ場（秋田県、島根県）を有する公設試験研究機関（秋田県農業試験場、島根県農業技術センター）、生産者（株式会社 TANABE FARM、森田農園）、機械メーカー（三陽機器 株式会社）等が参画して研究開発を進めている。また、これまでに、学会、刊行物、シンポジウム、新聞等で17件の発表を行うなど、本プロジェクトで開発する技術の広報を実施しており、今後も研究成果の円滑な普及を見据えた、技術の受け手への情報提供を積極的に取り組む予定であることから、妥当であると考えられる。

③他の研究や他分野の技術の確立への具体的貢献度

研究成果のうち(2)「セミオート型の畦畔除草機」については、水田の畦畔に限らず、各種斜面の除草作業にも活用できると考えられる。(3)「ドローンセンシング技術による機械防除システムと有

機農業、減農薬栽培に対応した「レコメンドアプリ」については、将来的には他の作物や用途への展開を期待できると考えられる。

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きたか等）の妥当性

研究課題責任者、外部専門家（自然農法の専門家を含む）、行政部局（有機農業やほ場整備に関する施策を担当）で構成される年1回の運営委員会に加えて、コンソーシアム内での定例会議や、令和5年度には実証ほ場での現地検討会も実施されており、研究の進捗に合わせて研究計画の進め方や実施体制の見直しを適時検討しているため、妥当であると考えられる。

②研究推進体制の妥当性

国の研究機関である農研機構を中心として、我が国の代表的な水田地域である大区画ほ場と中山間ほ場に係る知見を有する公設試験研究機関、成果の製品化を目指す機械メーカー等が研究コンソーシアムに参画し、有機農業の取組面積拡大に向けて実用化を見据えた技術開発を行っている。さらに成果の普及先である大区画ほ場と中山間地域のほ場のそれぞれで営農する生産者（有機農業を实践する法人）が協力機関として参画し、現地実証試験に協力しており、技術開発やマニュアルの作成に必要な情報収集を速やかに行える上、上記①の運営委員会が進行管理を行っているため、妥当であると考えられる。

③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

現地実証試験を行う実行課題や人件費を必要とする民間企業が参画する実行課題に重点配分を行う等、研究成果の重要性を踏まえた予算配分が行われており、妥当であると考えられる。

【総括評価】

ランク：A

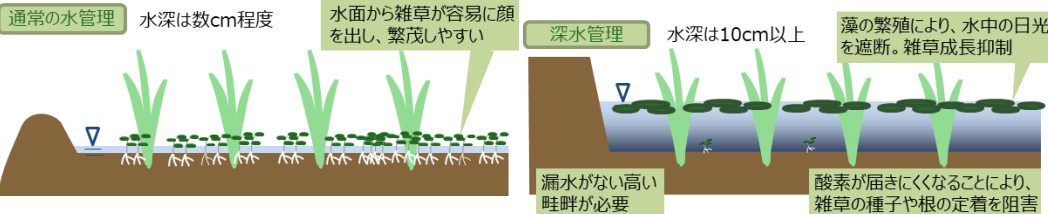

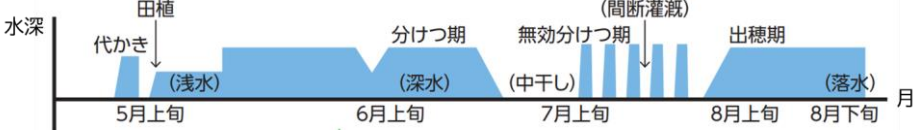
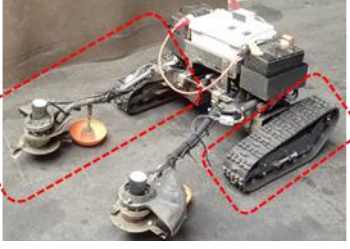

1. 委託プロジェクト研究課題全体の実績に関する所見

- ・環境負荷を低減する農業への転換に資する技術開発を目指しており、研究開始と同程度の意義を有している。また、研究成果の独創性、革新性、実用性も高い。
- ・ドローンセンシング技術の開発に一部遅れがあるが、他は計画どおりか、計画を上回る進捗であるため、アウトプット目標の達成可能性は高い。

2. 今後検討を要する事項に関する所見

- ・事業の推進体制については、様々な有機農業に関係する関係者が参画しているが、有機JAS認証団体等の関係者と繋がりを広げると、より有用な知見の共有ができると思われる。
- ・特許5件の取得は高く評価できる。こうした市販化のノウハウを含め特許の取得の取組については他のプロジェクトでも参考にしてほしい。
- ・技術の現場への実装について、地域における課題を整理し、実装までの道筋を明確にする取組を強化することが必要である。

[研究課題名] 有機農業推進のための深水管理による省力的な雑草抑制技術の開発

用語	用語の意味	※番号
深水管理	<p>水田の水深を通常の数cm程度よりも深い10cm以上とする水管理を指す。田面に酸素が届きにくくなることにより、雑草の種子や根の定着を阻害する効果があるといわれている。深水管理の導入による水深や水温の変化がイネの生育、肥培管理、雑草の抑制効果などに与える影響の定量的な把握は十分に行われていない。</p>  <p>通常の水管理 水深は数cm程度 水面から雑草が容易に根を出し、繁茂しやすい</p> <p>深水管理 水深は10cm以上 藻の繁殖により、水中の日光を遮断。雑草成長抑制</p> <p>漏水がない高い畦畔が必要 酸素が届きにくくなることにより、雑草の種子や根の定着を阻害</p> <p>＜通常の水管理と深水管理の違いのイメージ＞</p>	1
畦畔整備	<p>各種農作業のための通路としての機能の確保と漏水防止のために畦畔（あぜ）を整備すること。</p>  <p>＜畦畔整備のイメージ＞</p>	2
水管理	<p>水田の水深を稲の生育に合わせて、適切に管理すること。</p>  <p>水深 代かき (浅水) 分けつ期 (深水) 無効分けつき (中干し) 出穂期 (落水)</p> <p>5月上旬 6月上旬 7月上旬 8月上旬 8月下旬 月</p> <p>(間断灌漑)</p> <p>＜水管理のイメージ（農林水産省HPより）＞</p>	3
セミオート型の畦畔除草機	<p>ここでのセミオート型とは、基本はリモコンによって操作するが、作業者の負担の軽減のため、直線部分では自動走行することも可能な制御方式である。</p>  <p>草刈り部 走行部</p> <p>＜畦畔除草機のイメージ＞</p>	4
ドローンセンシング	<p>カメラを搭載したドローンによって水田等のほ場を空中撮影するとともに、画像の分析を行うこと。作物の生育状況や病虫害の発生状況等の可視化を目的に行われることが多い。ここでは雑草の面積率や乾物重量の可視化を目的としている。</p>  <p>＜ドローンによる空中撮影のイメージ＞</p> <p>＜画像の分析のイメージ＞ (左：元画像、右：分析結果)</p>	5

② 有機農業推進のための深水管理による省力的な雑草抑制技術の開発【継続】

- 「みどりの食料システム戦略」では、2050年までに**化学農薬使用量の50%低減**及び耕地面積に占める**有機農業の取組面積の割合を25%（100万ha）に拡大**することを目指しており、具体的な取組として、**水田の水管理による雑草の抑制**があげられている。
- 水田の雑草対策については、除草機の活用に併せて深水管理など耕種的な防除法を組み合わせることが重要とされているところ、**雑草抑制のための水管理技術、畦畔等の省力的な除草技術、これらの技術や除草機等の活用に必要なほ場整備手法を開発**し、化学農薬使用量の削減、有機農業の拡大を目指す。

生産現場の課題

- ・ 水田で有機農業面積を拡大したいが、除草剤を削減すると、雑草処理が大変。
- ・ 今の狭くて低い畦畔では深水管理ができず、除草などの維持管理も大変。



狭くて低い畦畔



水田の雑草イメージ



除草機による除草作業

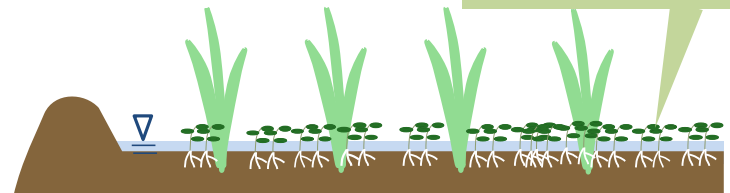
生産現場の課題解決に資する研究内容

- ・ 雑草抑制のための水管理技術。
- ・ 畦畔等の省力的な除草技術。
- ・ これらの技術や除草機等の活用に必要なほ場整備手法の開発。

<イメージ>

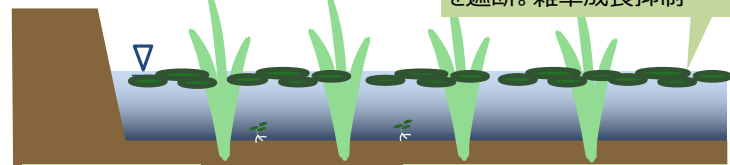
通常の水管理 水深は数cm程度

水面から雑草が容易に顔を出し、繁茂しやすい



深水管理 水深は10cm以上

藻の繁殖により、水中の日光を遮断。雑草成長抑制



漏水がない高い畦畔が必要

酸素が届きにくくなることにより、雑草の種子や根の定着を阻害

社会実装の進め方と期待される効果

- ・ 開発した技術を都道府県、市町村等の行政機関と連携して農家に普及。
- ・ 深水管理や省力的な除草作業に必要なほ場整備を推進。

- ・ 省力的な雑草抑制技術等により、水稲の有機栽培の除草に係る労働時間を5割削減。

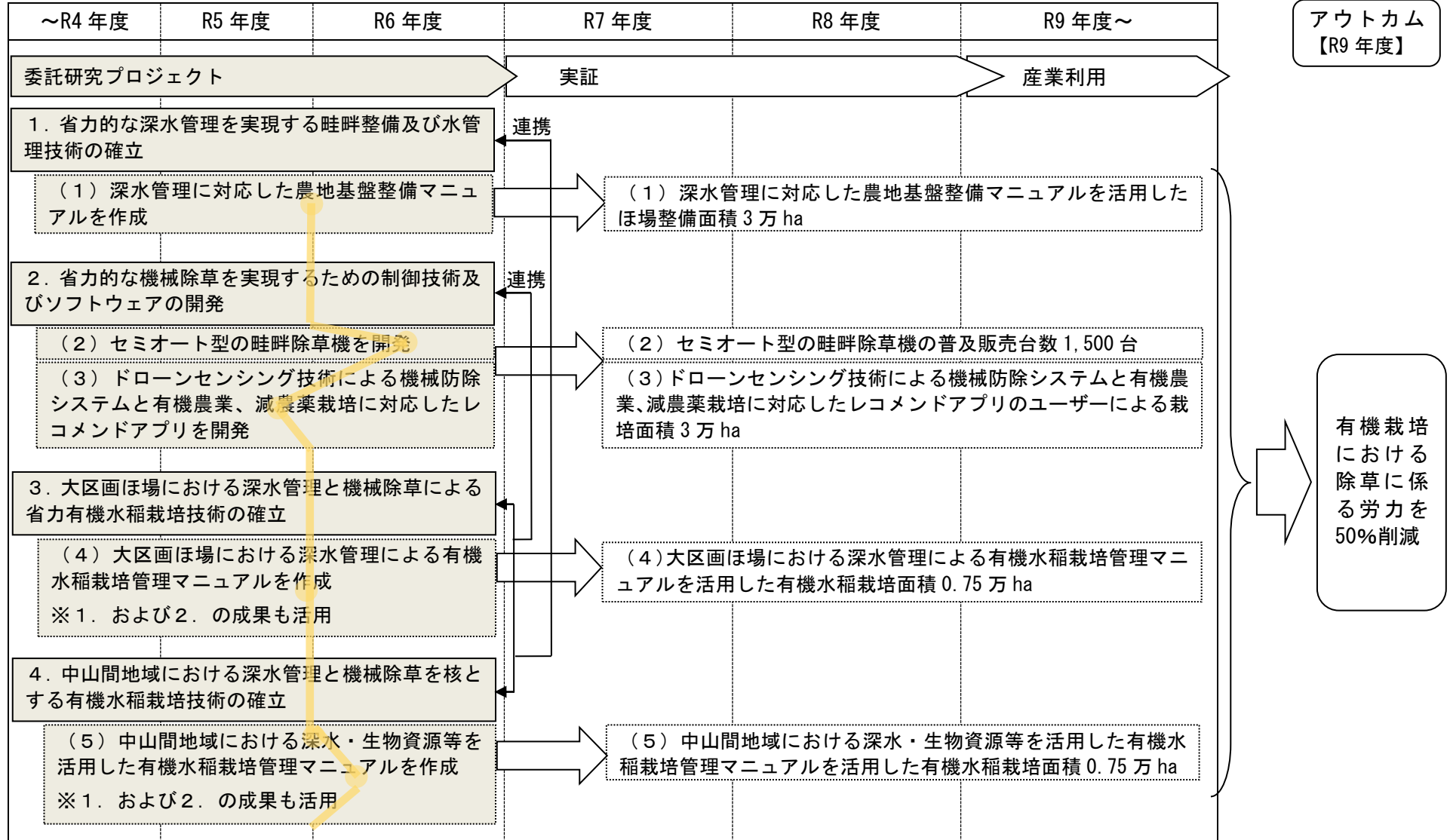


深水管理のイメージ



【ロードマップ（終了時評価段階）】

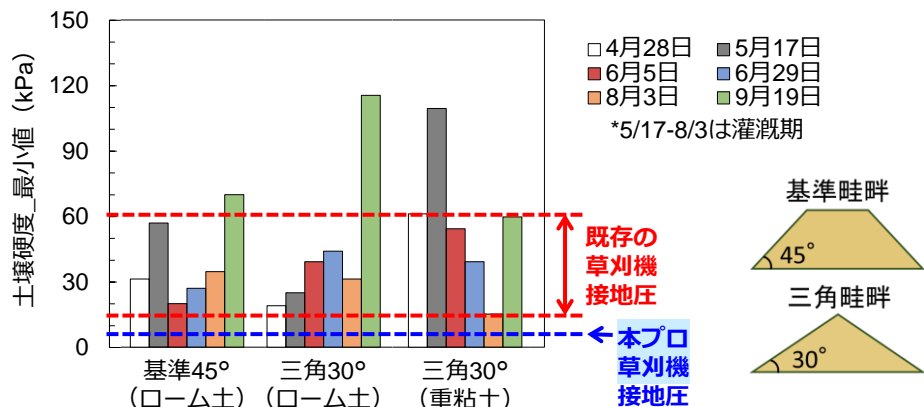
有機農業推進のための深水管理による省力的な雑草抑制技術の開発



有機農業推進のための深水管理による省力的な雑草抑制技術の開発【これまでの研究の概要】

1. 省力的な深水管理を実現する畦畔整備及び水管理技術の確立

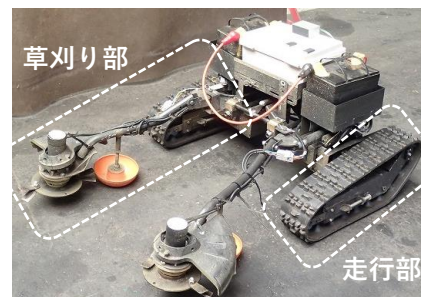
傾斜角と材料の違いによる畦畔の土壌硬度



深水管理に適した三角畦畔で走行可能性が高いのは本プロの草刈機

2. 省力的な機械除草を実現するための制御技術及びソフトウェアの開発

直線部分では自動走行も可能なリモコン式※の草刈機の試作

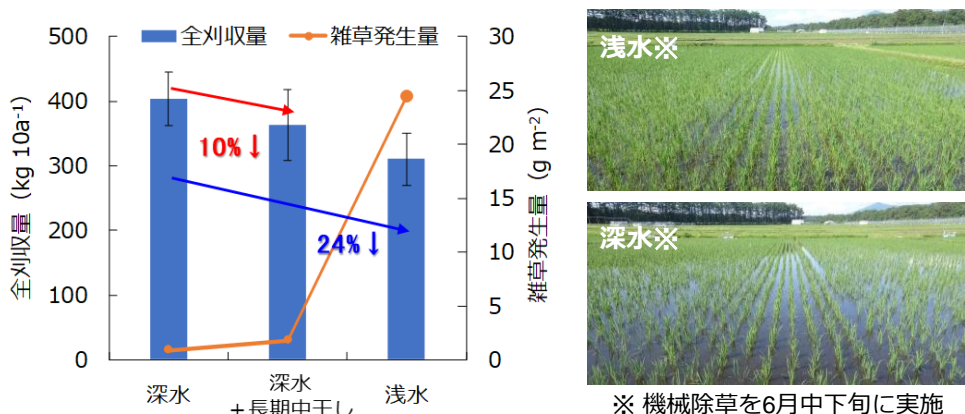


長さ	900~1100mm	最大車速	1.0km/h
幅	1000~1300mm	作業時間	4h
高さ	500~600mm	刈幅	200mm×2
重量	60kg		

※本プロではセミオートと呼称

3. 大区画ほ場における深水管理と機械除草による省力有機水稲栽培技術の確立

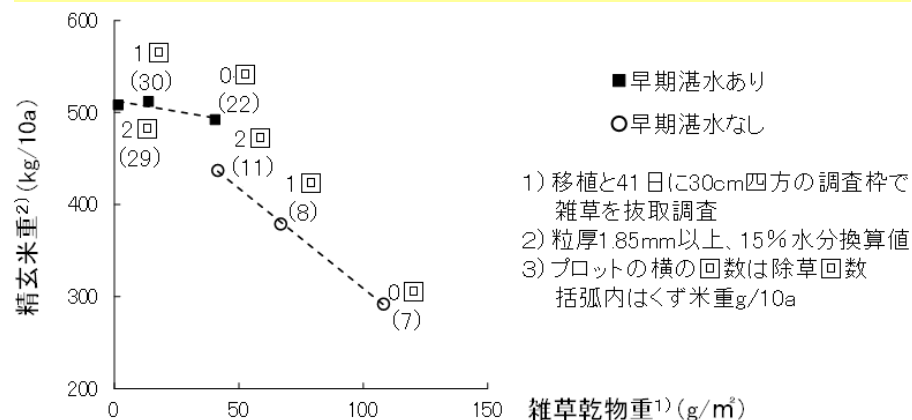
深水管理が収量と雑草発生量に及ぼす影響



深水管理によって収量を大きく低下させず雑草防除が可能

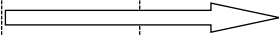
4. 中山間地域における深水管理と機械除草を核とする有機水稲栽培技術の確立

早期湛水の有無と除草回数、雑草量、水稻の精玄米収量の関係



早期湛水によって除草回数を半減させられる可能性あり

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	現場ニーズ対応型研究のうち有機農業の生産体系の構築に向けたプロジェクトのうち輪作体系における持続的な小麦生産の実現に向けた減化学肥料・減化学農薬栽培技術の確立	担当開発官等名	農林水産技術会議事務局研究企画課 農産局穀物課
		連携する行政部局	
研究期間	R 4～R 6（3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>

小麦栽培における減化学肥料・減化学農薬栽培技術の確立のため、赤かび病抵抗性および減化学肥料耐性育種素材を開発するとともに、前作物や堆肥を利用した減化学肥料栽培技術を確立する。

<課題①：赤かび病抵抗性および低化学肥料耐性育種素材の開発（令和4～6年度）>

赤かび病抵抗性（※1）の素材として、スペルト小麦の持つ小穂が開き降雨時に水がたまりにくい特性に関するq遺伝子（※2）の導入を進める。赤かび病抵抗性を、選別機（※3）を用いて定量的に評価するとともに、かび毒の測定により蓄積性を評価して、赤かび病抵抗性育種素材を選抜する。減化学肥料のための育種素材としては、小麦野生種が保有する土壌中の硝化細菌による硝化作用を抑制する生物的硝化抑制能力（BN I能、※4）は、窒素施肥量を低減できる可能性があり、近年海外で実証が進んでいる。そこで、野生種と小麦栽培種との交配から選抜したBN I能を有する系統について、多湿なわが国の栽培条件下で、減化学肥料の可能性を評価する。

<課題②：堆肥および前作物を利用した小麦の減化学肥料栽培技術の確立（令和4～6年度）>

水田で小麦作を行う主要6地域を対象として、減化学肥料栽培を実現するための鶏ふん等の堆肥（※5）、および大豆・トウモロコシ等の前作物（※6）の効率的利用方法を明らかにする。さらに、土壌診断やセンシング診断（※7）により土壌や作物体の状態を正確に把握し、最小限の化学肥料施用量を決定する方法を明らかにする。これらの結果をもとに、各地域に普及している輪作体系条件に応じて、収量・品質・収益性の現状維持と同時に窒素化学肥料20%削減を可能とする「小麦栽培における減化学肥料栽培マニュアル」を作成する。

1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標

- ① 育種素材の開発の課題に関しては、プロジェクト期間内は有望系統の赤かび病抵抗性や減化学肥料耐性の評価を実施する。
- ② 減化学肥料栽培の課題に関しては、「減化学肥料栽培マニュアル」を令和6年度末に作成し、令和7年度に公表する。

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）

- ① 赤かび病抵抗性に関しては、プロジェクト終了後、令和7～9年度に地方番号系統の作成、令和12年度以降の品種登録出願を目標とする。減化学肥料耐性に関しては、令和9～11年度に地方番号系統の作成、令和14年度以降の品種登録出願を目標とする。
- ② 減化学肥料栽培技術に関しては、令和12年までに、6地域の小麦栽培面積20%において、化学肥料使用量20%低減および収量品質と肥料コストの維持が同時に達成されることを目標とする。
- ③ 小麦栽培において、赤かび病抵抗性品種、低化学肥料耐性品種の導入、前作、堆肥の活用を組み合わせることより、「みどりの食料システム戦略」の2030年目標の化学農薬使用量10%低減、化学肥料使用量20%低減、2050年目標の化学農薬使用量50%低減、化学肥料使用量30%低減を達成する。

【項目別評価】**1. 研究成果の意義****ランク：A****① 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**

SDGsや環境を重視する国内外の動きが加速する中、「みどりの食料システム戦略」においては、2050年までの化学農薬使用量50%低減、化学肥料使用量30%低減が目標として掲げられている。しかし、わが国の小麦栽培においては、出穂期以降の降雨が多いため赤かび病が蔓延しやすく、また小麦は窒素化学肥料による増収効果が高い作物であるため、化学農薬や化学肥料の低減が難しい状況にある。その中で、赤かび病抵抗性素材、窒素施肥削減が期待できるBNI能素材の開発、および減化学肥料栽培技術の確立を推進する。

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最終の到達目標に対する達成度**

- ・赤かび病抵抗性に関しては、q遺伝子を保有する「はるきらりqNIL」の赤かび病の発病程度が低減したことから、q遺伝子の効果が確認された。
- ・BNI能に関しては、水田転換畑の減肥条件で収量が維持し、かつ子実蛋白が上昇することが確認された。
- ・減化学肥料栽培に関しては、6地域すべてにおいて、目標とする窒素化学肥料20%削減を達成した。

② 最終の到達目標に対する今後の達成可能性とその具体的な根拠

- ・赤かび病抵抗性に関しては、q遺伝子の効果が確認されており、その形態的形質による個体の選抜も可能であることから、順調に選抜が進む見込みである。
- ・BNI能に関しては、水田土壌や低窒素投入条件において効果が確認でき、今後、国産小麦のタンパク質含有率の平準化に向けて必要になるであろう、特に利用効率の低い生育後期の追肥を減肥できることが示せたため、目標達成の可能性は高い。令和5年度に用いた系統においては野生種の持つ不良形質が残っている可能性がある。令和6年度以降は、不良形質を取り除いた新系統を用いることによって、窒素肥料削減効果が実証される見込みである。
- ・減化学肥料栽培に関しては、令和5年度にほぼ目標を達成しており、令和6年度も同様の結果が得られれば、栽培マニュアルを作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****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**

赤かび病抵抗性に関してはすでに抵抗性に優れる系統が育成されており、低化学肥料耐性に関しても形質の優位性が明らかになりつつあることから、一般栽培品種に近づく農業・品質特性を有する小麦系統選抜の開発と品種登録出願により、アウトカム目標の達成は可能と考える。減化学肥料栽培に関しては、初年度に、6地域すべてにおいて化学肥料20%削減を達成しており、最終年度にも同様の結果が得られれば、「栽培マニュアル」が作成できる見込みである。このマニュアルを利用して、各地域で農業改良普及センターやJAの協力のもとに講習会を行うなどの普及活動により、アウトカム目標の達成は可能と考える。

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

現時点では、具体的な取組は実施していないが、プロジェクト終了後も、系統選抜と品種育成への取組を（他プロジェクトの支援のもとに）継続する予定であり、また、令和7年度から「栽培マニュアル」を利用した普及活動を開始する予定である。

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。ただし、「みどりの食料システム戦略」の達成に向けての本プロジェクトの小麦研究の取組は他作物への応用が期待される。

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きたか等）の妥当性

5名の外部専門委員と、関係する行政部局で構成する運営委員会を設置している。研究コンソーシアムを主体とする推進会議・現地検討会およびその内容を踏まえた年度末の運営委員会を開催している。それらの中で、運営委員の意見を取り入れながら、研究を推進している。研究は概ね当初の計画どおりに進捗しており、研究計画は妥当である。

② 研究推進体制の妥当性

小課題1では、作物研で赤かび病抵抗性系統の育成を進め、その評価を作物研と九沖研で分担している。北農研でBNI系統の育成を進め、その評価を北農研と西日本農研で分担している。その結果、赤かび病抵抗性、BNIとも有望系統が見出せつつある。小課題2においては、水田麦作地帯である北海道、茨城県、愛知県、山口県、香川県、佐賀県が、各地域の条件に応じた減化学肥料栽培に取り組み、中日本農研がとりまとめを担っている。その結果、6地域すべてにおいて、化学肥料20%減を達成し、それを基に栽培マニュアルのプロトタイプを提示したところである。また、上記した運営委員会において、研究実績報告書、研究実施計画書の検討し、研究推進体制の妥当性を検討している。課題間の連携のもとに計画は順調に進捗しており、研究推進体制は妥当である。

③ 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

赤かび病抵抗性素材の早期選抜の必要性から初年度に高額デジタル選別機を購入するなど、プロジェクト目標達成に向けての重要度や各課題の進捗状況から、予算配分の選択・集中を行っている。その結果、赤かび病抵抗性素材の選抜が進むなど目標達成が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全体の実績に関する所見

- ・SDGsや環境を重視する国内外の動きが加速する中、化学農薬や化学肥料使用量の低減が求められており、これらの対応が難しい小麦栽培における技術確立を目指す重要性は高い。
- ・研究は順調に進捗しており、アウトカム目標達成のための根拠、取組の妥当性、技術貢献度全てを十分に有しており、達成可能性は高い。

2. 今後検討を要する事項に関する所見

- ・どのような現場ニーズがあり、どういった成果が得られたのかを今後わかりやすく説明する必要がある。当該課題は冬作の小麦を対象としており、研究期間などで制約がある中で、現場ニーズ対応型研究として、得られた成果の意義を明確にし、強調すべきである。
- ・得られた研究成果のノウハウをマニュアル化するに当たっては、データ管理を含め知財として管理できるような形で展開されたい。

[研究課題名] 輪作体系における持続的な小麦生産の実現に向けた
減化学肥料・減化学農薬栽培技術の確立

用語	用語の意味	※ 番号
赤かび病	小麦の最重要病害の一つである。穂に病原菌が感染することで、収量・品質が低下する。かび毒を産生することから食品安全性の問題にもなり、かび毒量が基準値を超えた小麦は流通できない制度がある。	1
q 遺伝子	スペルト小麦の持つ遺伝子であり、隣接する小穂の間隔を大きくする作用がある。水が溜まりにくいいため、赤かび病に罹病しにくいと考えられる。	2
選別機	デジタルカメラによって小麦粒を個別に撮影し、その赤かび病の程度を評価・選別する機械。	3
BNI能	生物的硝化抑制能力のことで、植物自身が根から物質を分泌して、硝化を抑制する現象のこと。小麦野生種はBNI能を有しており、近年、BNI能を小麦品種に導入することに成功した。BNI能を有する小麦品種は窒素施肥量を低減できる可能性がある。	4
堆肥	広義には、有機資材（肥料）のこと。ここでは牛ふん、豚ふん、鶏ふんなどの家畜ふん堆肥を指す。化学肥料の代替として期待されるが、窒素の肥効が低く、不安定であるため、その活用方法についての研究が必要である。	5
前作大豆	水田においては、水稲後に小麦を栽培するのが一般的であるが、転作大豆後に小麦を栽培することも可能である。水稲後に比べ大豆後は窒素施肥を削減できることが知られているが、その要因や程度は不明な点が多い。	6
センシング診断	非破壊的に簡易に作物の生育状態を測定する方法。正規化植生指数NDVIなどが用いられる。	7

③ 輪作体系における持続的な小麦生産の実現に向けた減化学肥料・減化学農薬栽培技術の確立【継続】

- SDGsや環境を重視する国内外の動きが加速する中、「みどりの食料システム戦略」において、令和32年までに**有機農業の取組面積を100万haに拡大**する目標を掲げたところ。
- 水田では**稲・麦・大豆の輪作体系**で作付けされることが多く、有機栽培を行うに当たっては、特に**小麦の赤かび病の発生がネック**となっている。我が国では麦の生育後期に降雨が多いことから赤かび病が蔓延しやすく、一度化学農薬を使用すると、その後3年間には有機農産物認定が得られない。
- 将来の有機栽培の実現に向けた検討を進める一方で、近年、**赤かび病への抵抗性の優れた品種**が見出されていることから、当面は当該品種を活用しつつ、**令和6年度までに減化学肥料・減化学農薬栽培技術を確立**する。

生産現場の課題

- ・ 農薬を減らしたいが、赤かび病をはじめとした**病害が発生しやすく、防除がかかせない**。
- ・ **品質・収量を安定**させて収益を上げたい。
- ・ 体系化された**栽培マニュアルがない**ので、減化学肥料・減化学農薬栽培に取り組みにくい。



<イメージ>



赤かび病が発生すると、品質や収量が低下するだけでなく、流通不能となる可能性も。

生産現場の課題解決に資する研究内容

- ・ 主要な小麦生産地域において、堆肥等の有機資材の活用や輪作体系の導入等により、各生育ステージで化学肥料・農薬の**使用量や使用頻度を調整**することで、
 - ① 実需者が求める**安定した収量と品質**、
 - ② **最大のコストパフォーマンス**が得られる減化学肥料・減化学農薬栽培技術を開発。
- ・ 減農薬栽培を行う上で特に課題となる**赤かび病の抵抗性品種を活用**することで、どの程度農薬の使用量を低減し、生産コストを削減することができるかを明確化。

<イメージ>

- 環境保全、コストパフォーマンスの観点から、**施肥・薬剤散布の在り方を再検討**



社会実装の進め方と期待される効果

- ・ 有機資材等を活用した最適な栽培管理を行うことで、**実需者が求める安定した収量と品質を実現し、生産者の収益性が向上**。
- ・ 減化学肥料・減化学農薬栽培手法を**マニュアル化**し、各地域における最適な小麦の減化学肥料・減化学農薬栽培を**全国に普及**。

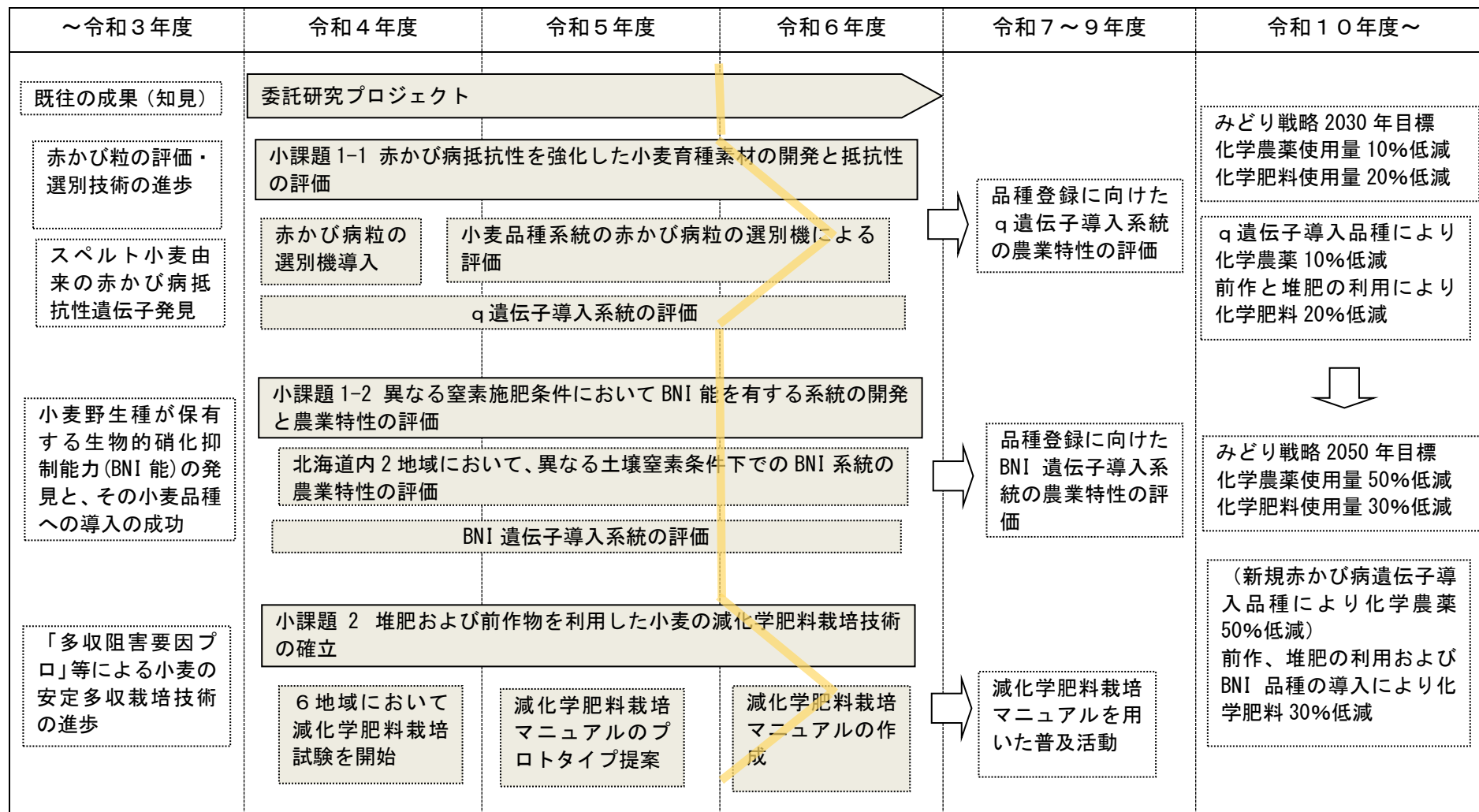
- ・ **環境への負荷を低減**しつつ、**品質や収量の安定した収益性の高い持続的な小麦生産体制**を実現。
- ・ 小麦生産における**化学肥料及び化学農薬の使用量を1割以上削減**。



持続的な小麦生産の実現

【ロードマップ（終了時評価段階）】

輪作体系における持続的な小麦生産の実現に向けた減化学肥料・減化学農薬栽培技術の確立



【これまでの成果の概要】

研究目的：赤かび病抵抗性および低化学肥料での収量性を備えた小麦育種素材を開発する。堆肥、前作物、およびセンシング診断を利用した「減化学肥料栽培マニュアル」を作成する。

実施体制

代表研究機関：農研機構

共同研究機関：茨城県農総セ、愛知県農総試、山口県農林総セ、香川県農試、佐賀県農試セ

●小課題1：赤かび病抵抗性および低化学肥料耐性を備えた小麦育種素材の開発

●小課題2：堆肥および前作物を利用した小麦の減化学肥料栽培技術の確立



主要な研究成果

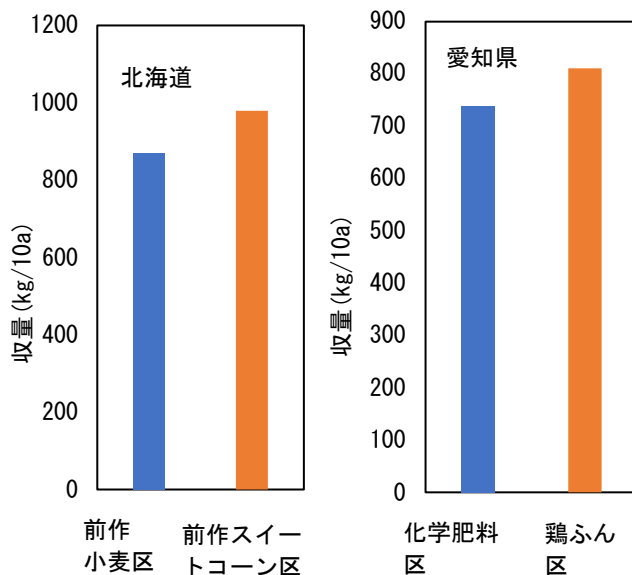


はるきらり
発病程度：5.3
罹病粒率：75%



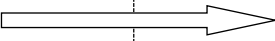
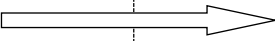
はるきらり qNIL
発病程度：2.9
罹病粒率：59%

q 遺伝子を導入した同質遺伝子系統は、赤かび病の発病程度が有意に低下した。



北海道では前作をスイートコーンとし残渣を敷き込むこと、愛知県では基肥に鶏ふんを用いることなどにより、6地域すべてにおいて、化学肥料20%削減、同等以上の収量を達成した。

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	現場ニーズ対応型研究のうち子実とうもろこし(国産濃厚飼料)の安定多収生産技術の開発			担当開発官等名	畜産局飼料課 農林水産技術会議事務局研究企画課
				連携する行政部局	畜産局飼料課（飼料生産計画班）
研究期間	R 4～R 6（3年間）			総事業費（億円）	0.95億円（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>

子実とうもろこしを対象に、国内各地域において安定的に800kg/10a以上の収量を実現するための生産技術を開発するとともに、令和元年に作成された「子実用トウモロコシ 生産・利活用の手引き（第1版）（https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/130345.html）」（以下、既存の技術マニュアル）を全面改訂し、開発技術の迅速な普及を図る。

<課題1：耐病虫害性・耐湿性を持つ高能力品種の選定>

- ・雌穂収量の高い品種の育成（R4年度）。
- ・寒地、寒冷地、温暖地、暖地（※1）の各地において高能力品種を選定する（R4～6年度）。

<課題2：ICT技術等を活用した堆肥活用型の多収肥培管理技術の開発>

- ・化学肥料使用量30%削減の条件のもとで安定的に子実収量を確保する肥培管理技術およびUAV（※2）を用いた生育診断技術の開発（R4～6年度）。

<課題3：低コストで環境への負荷が少ない乾燥技術の開発>

- ・収穫した子実を通風乾燥させ、穀物乾燥機への投入前の一時的な保存を可能にするとともに、乾燥に必要な燃料消費量を削減する技術を開発（R4～6年度）。

<課題4：高品質・安定多収栽培技術の現地実証>

- ・課題1で選定する品種及び課題2で開発する肥培管理技術を用いた生産現場での実証試験を実施（R4～6年度）。

<課題5：堆肥の活用が温室効果ガス排出や炭素貯留に及ぼす影響の評価>

- ・本プロジェクトで開発した技術を導入して生産した子実の温室効果ガス（GHG）（※3）排出量や炭素収支（※4）を明らかにする（R4～6年度）

1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標

課題1では、雌穂収量の高い品種を1品種以上育成する。また、寒地、寒冷地、温暖地、暖地の各地において、子実収量が高く、耐病虫害・耐湿性の高い品種を選定する。なお、品種選定にあたっては、寒冷地、温暖地、暖地においては水稻との作業競合を避けるため、田植え前に播種する早播き（※5）を対象に2品種以上、田植え後に播種する遅播き（※5）を対象に1品種以上を選定する。

課題2では、堆肥の利用により化学肥料を30%以上削減した条件で、子実収量が安定して800kg/10a以上となる肥培管理技術及びUAVを用いた生育診断技術を開発する。

課題3では、子実を汎用穀物乾燥機だけで乾燥する場合よりも燃料の消費量を20%以上削減する。

課題4では、高品質な子実とうもろこしの800kg/10aの収量が得られる安定多収生産技術を2地区で実証する。

課題5では、堆肥を利用した国産子実とうもろこし生産は輸入とうもろこしに比べGHG排出を削減できることを明らかにする。

以上の課題で得られた成果を基に既存の技術マニュアルの全面改訂を行う。

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 (R12年)

本プロジェクトで開発した技術を基に既存の技術マニュアルの全面改訂を行う。改訂版マニュアルを活用した普及活動により、国内各地域で子実とうもろこしの安定多収生産が行えるようになり、作付面積の大幅な拡大が可能になる。令和12年度に作付面積3万haに導くことで、24万トンのとうもろこし子実の生産が達成され、約143億円の経済的効果が見込まれる。

【項目別評価】

1. 研究成果の意義

ランク：A

①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

濃厚飼料の自給率を向上させるためには、配合飼料の約50%を占めながらほぼ全量を輸入に依存しているとうもろこし子実の国内生産拡大が不可欠である。国内においては、水田を生産基盤とした子実とうもろこし生産が展開しつつあるものの、病虫害・湿害等の各種生育阻害要因により収量が停滞していることから、対策技術を開発し、早急に普及させる必要がある。また「みどりの食料システム戦略」のもと、高い生産性と両立する持続的生産体系へ転換しつつ、子実とうもろこしの生産を行うためには、国内で生産される堆肥を積極的に活用し、化学肥料使用量の削減や炭素収支を改善していく必要がある。本プロジェクトでは病虫害・湿害等への耐性が高く、国内各地域で安定して多収が得られる品種の選定や、堆肥主体の肥培管理技術、低コストで環境負荷の少ない乾燥技術の開発などを行うとともに、子実とうもろこし生産に伴うGHG排出量や炭素収支を明らかにする。開発した成果は技術マニュアルで公開し、速やかに生産現場に普及させることで、輸入飼料への過度な依存から脱却した持続的な畜産物生産に寄与する。

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最終の到達目標に対する達成度

課題1では、寒地から暖地までの10試験地において、各6～32品種を供試し、有望品種候補を複数選定したことに加え、令和4年度には雌穂収量の高いとうもろこし品種「トレイヤ」を育成し、令和5年度に品種登録出願した。

課題2では、6試験地で試験を行い、化学肥料を30%以上削減した条件下でも目標収量が得られることを明らかにした。またUAVを用いた草高センシングによる生育診断に適した時期を検討したところ、絹糸抽出期1週間前であることを明らかにした。

課題3では、低温期での通風乾燥試験を実施し、子実水分の低下速度を明らかにするとともに、約1t規模の予備乾燥装置を試作した。なお、通風乾燥試験においては、加温により通風温度を一定とした条件で、子実水分の低下速度を調査する予定であった。しかし、外気温の影響が大きく、温度を一定にすることが困難であったため、通風温度は無加温とし、令和5年度は低温期（0～10℃）での子実含水率の低下速度を明らかにした。令和6年度は他の温度帯（10～20℃、20～30℃）の試験を実施する予定である。

課題4では、高能力品種等の導入および排水対策の徹底により1年目よりも10%以上増収することを確認した。現時点の収量は約700kg/10aと目標には到達していないものの、播種精度の向上を図るなど、必要な対策を明確にしておき、令和6年度には更なる収量増加が見込まれる。

課題5では、子実とうもろこし生産に伴うGHG排出量は、化学肥料のみ区>堆肥少量区>堆肥中量区>堆肥多量区の順に少なくなり、堆肥施用により、子実とうもろこし生産のGHG排出量を低減できることを確認した。

以上の通り、各課題はほぼ計画通り進捗している。なお、小課題3は若干の遅れがあるが、令和6年度は複数の温度帯で通風乾燥試験を行う計画であり、目標達成には影響がない見込みである。

②最終の到達目標に対する今後の達成可能性とその具体的な根拠

各課題は順調に進捗しており、最終年度に向け、以下の取組を行う。

課題1では、引き続き高能力品種の選定を実施し、複数年で安定して能力の高い品種を選定する。

課題2では、肥培管理試験を継続し、化学肥料を30%以上削減した条件下でも目標収量が安定して得ら

れること明らかにする。また、UAVを用いた生育診断技術の開発では、生育診断の精度を高めるとともに草高の評価から不足する窒素量を推定する方法の開発を行う。

課題3では、令和5年度に取得できなかった複数の温度帯で通風乾燥データを取得する。また、1地区で現地実証を行う。

課題4では、子実収量800kg/10aの達成に向け、高能力品種や肥培管理技術の導入、虫害対策、排水対策、播種精度の向上などに取り組み、2地区で実証試験を行う。

課題5では、各課題の成果を基に国産とうもろこし子実と、輸入品のGHG排出量を比較する。

また、これらの課題の成果を基にマニュアルを作成し、令和6年度末に公開することとしており、最終目標の達成は可能である。

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

本プロジェクトでは北海道から九州まで各地域に対応した栽培技術等を開発しており、これらの研究成果は、国内各地域での研修会や普及活動に利用できるよう、既存の技術マニュアルを全面改訂する形で取りまとめる計画である。既存の技術マニュアルが発行された令和元年から4年までの子実とうもろこしの作付面積は年間約1.5倍の割合で増加しており、本プロジェクト研究の成果で改訂される新たな技術マニュアルを活用した普及活動等の展開により、今後も同様の増加率が継続すれば、令和12年度には約3万haの作付けが達成され、年間24万tのとうもろこし子実の生産が可能になり、約143億円の経済的効果が見込まれる（とうもろこし子実の収量は8t/ha、1kgあたりの価格59.8円として算出（飼料月報令和3年度、令和4年度の単体飼料用とうもろこし価格の平均値より））。以上からアウトカム目標は達成可能である。

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

本プロジェクトでは研究開始段階から普及機関、生産者が課題に参加しており、実証試験を通じて生産者のニーズを的確に取り入れ、技術開発を進めている。また、作成する技術マニュアルは普及指導機関のみならず、生産者も利用できるように配慮したうえで、Webで公開し、広く成果の普及を図ることとしている。以上から、アウトカム目標の達成に向けた取組は妥当である。

③他の研究や他分野の技術の確立への具体的貢献度

本プロジェクトで開発するUAVを用いた生育診断技術は、子実とうもろこしだけでなく青刈りとうもろこし等の他作物への応用が期待できる。また、堆肥施用に伴い確認された環境負荷軽減効果は、他の飼料作物の栽培にも応用できる可能性があり、GHG排出量の少ない持続的な飼料生産技術の開発への波及が期待できる。

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きたか等）の妥当性

本プロジェクトでは目標の達成状況及び農薬等の登録状況の変化を計画に反映させている。課題1では令和4年度に雌穂収量の高いとうもろこし品種「トレイヤ」を育成し、1品種以上育成するとの目標を達成したことから、令和5年度以降は高能力品種の選定や水稻との作業競合の少ない品種の選定に集中して取り組んでいる。また、令和5年5月には飼料用とうもろこし（子実）を対象とした農薬（殺虫剤）の適用拡大が行われたことに対応し、目標収量800kg/10aに向けた現地実証試験では、虫害の少ない品種の利用に加え、新たに登録された薬剤を利用し、安定多収生産を目指すなど、研究計画について随時見直しを行っている。

②研究推進体制の妥当性

本プロジェクトは研究開始時点から普及機関、生産者が参画しており、実証試験を通じて生産現場での湿害・虫害や肥培管理等の技術的課題を的確に把握して試験計画に反映するとともに、各小課題で得られた研究成果を再び現地試験に活用するなど、研究成果の速やかな技術移転を常に意識した研究推進

体制を取っている。また、外部有識者及び関連行政部局で構成する運営委員会において、毎年度の進捗状況の報告及び計画の確認を行い、得られた助言についても計画に反映しており、研究推進体制は妥当である。

③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

各課題ともほぼ計画通りに研究が進捗しており、見直しに対応した予算配分としている。今後は技術マニュアルの改訂に向け、水稲との作業競合が少なく国内各地域での子実とうもろこし生産に適した高能力品種の提示、堆肥を活用した多収肥培管理技術、低コスト乾燥技術等の実証を行う。また、得られた試験結果を基に、開発した技術を導入した国産とうもろこし子実のGHG排出量を明らかにする予定であり、目標達成に向け、適切に予算配分を行っている。

【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

- ・飼料自給率の向上を図るためには子実とうもろこしの国内生産拡大が不可欠であり、本課題の必要性及び重要性は高い。
- ・北海道から九州まで各地域に対応できる技術を開発するとともに、マニュアルの全面改訂を予定しており、アウトカム目標の達成可能性は高い。
- ・輸入飼料への過度な依存から脱却した持続的な畜産物生産に寄与する成果が得られつつあると評価できる。
- ・育成者権の出願については高く評価できる。

2. 今後検討を要する事項に関する所見

- ・プロジェクト終了後、改訂マニュアルに基づく支援と普及がスムーズに実施されることを期待する。

[研究課題名] 現場ニーズ対応型研究のうち子実用とうもろこし(国産濃厚飼料)の安定多収生産技術の開発

用語	用語の意味	※番号
寒地、寒冷地、温暖地、暖地	年平均気温を基にした地域区分で、年平均気温8℃以下が寒地、8～12℃が寒冷地、12～14℃が温暖地、14～16℃が暖地となる。北海道から九州地方までの大部分がこの範囲に入る。	1
UAV	Unmanned Aerial Vehicleの略。無人航空機の総称でドローンなども含まれる。	2
温室効果ガス (GHG)	主要な温室効果ガス (Green-house Gas、GHG) としては二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素などがある。ガスの種類により、地球温暖化に与える影響が異なることから、通常は二酸化炭素に換算した値で示される。	3
炭素収支	GHGの排出量および蓄積量 (貯蔵量) の収支を示す。本プロジェクトでは農作業、肥料の施用、収穫物の輸送等に伴うGHG排出量と、作物によるGHGの吸収量や、堆肥施用に伴う農地への炭素貯蔵量などをもとに炭素収支を算出する。	4
早播き、遅播き	とうもろこしの播種時期を示す。早播きは3月半ばから4月にかけて種を播くもの、遅播きは5月末から6月に種を播くもの。一般的な田植えの時期は5月頃であり、早播きは田植え前、遅播きは田植え後に種を播くことを想定している。なお、早播きと遅播きとでは栽培期間中の気温や発生しやすい病虫害が異なるため、栽培に適した品種も異なる。	5

① 子実用とうもろこし（国産濃厚飼料）の安定多収生産技術の開発【継続】

- ▶ 水田を生産基盤とした子実用とうもろこし生産による地産地消の進展は、飼料自給率の向上とともに、**輸送に伴う温室効果ガス排出削減**にも貢献することが期待される。しかしながら、現状では**湿害や虫害などの各種生育阻害要因**による減収や品質低下が多発するなど、安定生産技術は確立されていない。
- ▶ 耐虫、耐病性を有する品種の選定、堆肥主体の栽培技術、低コスト乾燥技術等の開発、子実用とうもろこし生産が**温室効果ガスや炭素貯留など環境に与える影響**の調査等を通じ、**化学肥料と化学農薬使用量を低減した安定多収・高品質生産技術を実現**することで、みどりの食料システム戦略で目指す「高い生産性と両立する持続的生産体系への転換」に貢献する。

生産現場の課題

- ・ 転作水田での子実用とうもろこし栽培に取り組んだが、**湿害・虫害等**により収量と品質が安定しない。
- ・ 燃料を用いた子実の乾燥はコストが高い。温室効果ガス排出の要因にもなり環境への負荷が心配。



収量や品質不安定化の要因

湿害による雌穂の短小化（左）
虫害による雌穂の脱落（右）

生産現場の課題解決に資する研究内容

- ・ 耐病虫害性・耐湿性を兼ね備えた高収量品種の選定。
- ・ UAVを活用した生育モニタリング等に基づく栽培管理技術の高度化。
- ・ 低コストで環境への負荷が少ない乾燥技術の開発。
- ・ 化学肥料投入量を削減し、堆肥を主体とした栽培管理による高収量生産技術の開発。
- ・ 堆肥の活用が温室効果ガス排出や炭素貯留に及ぼす影響の評価。

高能力品種
の選定UAVを用いた
栽培管理堆肥主体の
栽培管理技術

生育阻害要因の
解決による
安定多収実現

化学肥料と化学農薬
使用量の低減

社会実装の進め方と
期待される効果

- ・ 子実収量800kg/10a以上を実現する安定多収生産技術のマニュアルを作成し、公設の指導組織等と連携して全国への普及を図る。

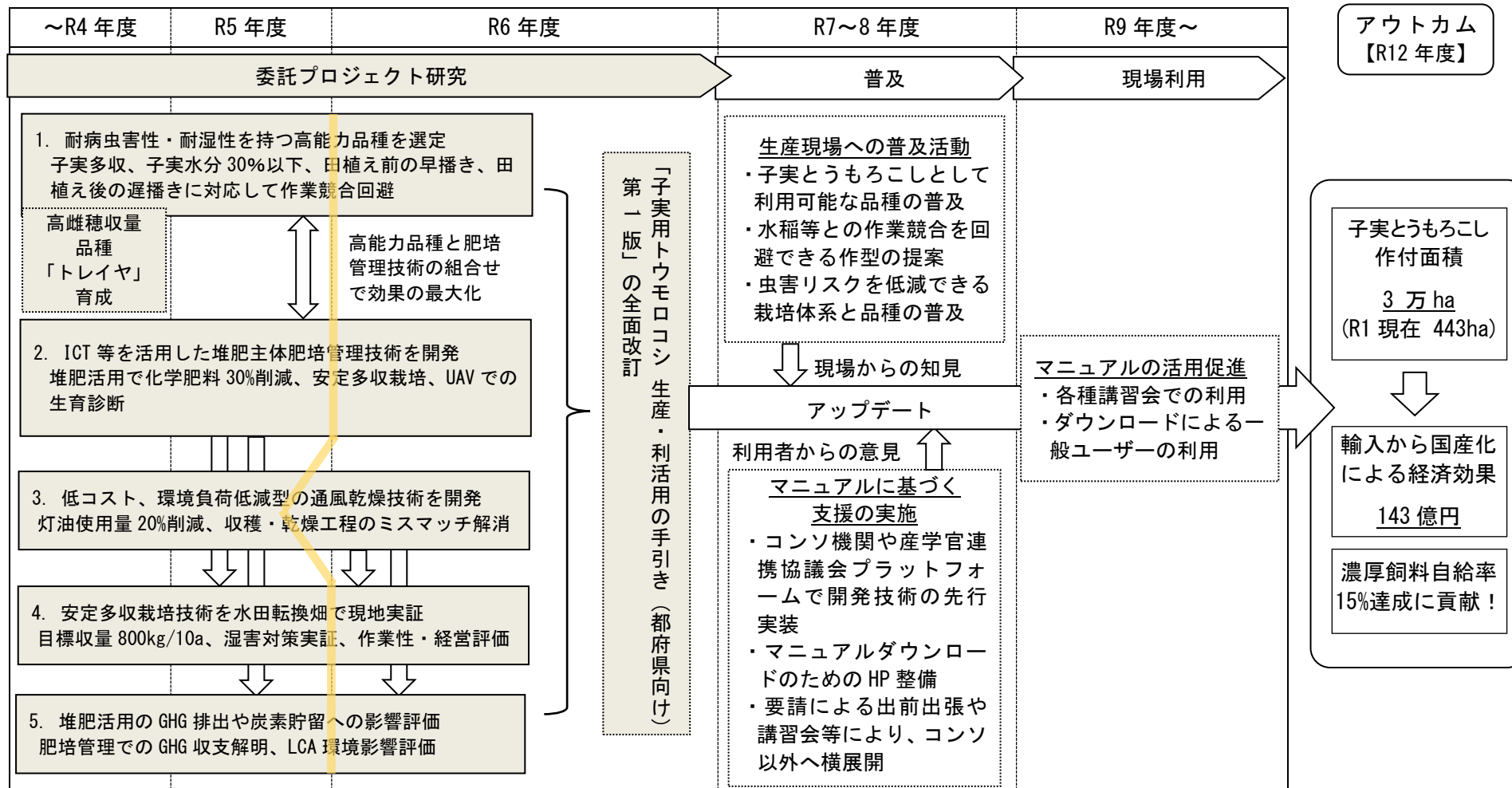
- ・ 化学肥料と化学農薬の使用量を低減し、気候変動リスクに対応した**持続可能な生産**の実現。
- ・ **輸入飼料への過度な依存から脱却**し、飼料輸入に伴う温室効果ガスの排出が低減される。



自給率向上と
環境に配慮した
持続性の両立

【ロードマップ（終了時評価段階）】

子実とうもろこし（国産濃厚飼料）の安定多収生産技術の開発



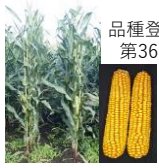
みどりの食料システム戦略実現技術開発・実証事業のうち農林水産研究の推進（委託プロジェクト研究） 子実とうもろこし（国産濃厚飼料）の安定多収生産技術の開発

研究概要

目標：収量800kg/10a(水分15%換算)の実現と技術マニュアルの作成

国産濃厚飼料としての子実とうもろこしの安定生産のため、高能力品種の開発・選定や、家畜ふん堆肥を利用して化学肥料の使用量を低減した安定多収・高品質生産技術を開発し、高い生産性と両立する持続的生産体系を確立する。

高能力品種の開発・選定



品種登録出願
第36881号

開発した高雌穂収量品種 「トレイヤ」

北海道での早晩性は“早生の晩”で、初期生育に優れ、乾雌穂重割合が高く、すす紋病抵抗性に優れる（R4年度育成、R5年度品種登録出願）

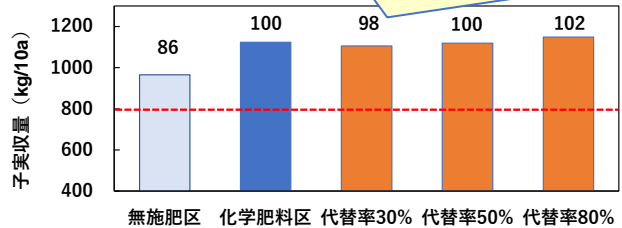
子実とうもろこし品種選定試験

	試験地数	供試品種数(延べ)	品種選定目標数	品種選定の着眼点
早播き	6	108	各地域 2品種以上	・収量が多い ・登熟後の水分が下がりやすい ・倒伏や病気に強い ・カビ発生や虫の被害が少ない
遅播き	4	29	各地域 1品種以上	

早播き：4月播種、遅播き：田植え後または麦収穫後播種

堆肥活用型多収肥培管理技術の開発

- ・化学肥料施肥量の30%以上を家畜ふん堆肥で代替しても、収量は低下せず**目標の800kg/10aを確保可能**
- ・家畜ふん堆肥を施用しても雑草量は増加しなかった



堆肥併用区での化学肥料代替率

家畜ふん堆肥を利用した場合の子実収量

(試験圃場で実施した坪刈り調査の5機関2年間の平均。図中の数値は化学肥料区を100として各区の収量を指数化したもの)

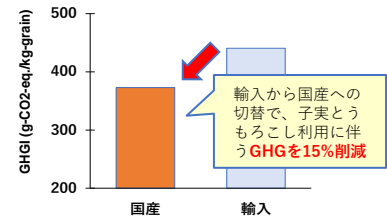
堆肥活用型 安定多収栽培技術の現地実証と経営・環境影響評価

- ・50haの水田経営で10haに子実とうもろこしを作付けた関東(暖地)での調査事例
- ・農業機械等の減価償却費は、耐用年数を7年、水稻や大豆と作付け面積で按分して計上
- ・生産費には乾燥機の減価償却費や燃料代などの乾燥コストも含まれる
- ・助成金は考慮していない

現地実証試験での子実とうもろこしの収量と生産費

栽培管理方法		従来体系	目標とする体系	
			R5現状	R6目標
条件	品種の早晩性	極早生 化学肥料 大型	早生	同左
	肥料の種類		堆肥主体	
生産費	収穫機の規模	中型	同左	同左
	収量(kg/10a)		531	
	(円/10a)	86,014	80,863	80,959
	(円/kg)	162	116	101

高能力品種の導入や家畜ふん堆肥主体の肥培管理および湿害対策の徹底により子実収量は**約700kg/10a**に到達。生産物1kgあたりの生産費を**46円削減**



子実とうもろこし1kgあたりの温室効果ガス（GHG）排出量の暫定値

「国産」は本プロジェクトの堆肥併用（代替率30%）の平均値、「輸入」は文献値、子実とうもろこしの収量は800kg/10aとした場合

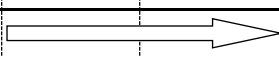
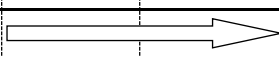
<今後の技術普及の方針>

気候区分（寒地、寒冷地、温暖地、暖地）や栽培条件（子実生産に適した高能力品種の選定、他作物との作業競合を避ける品種の提案、家畜ふん堆肥の利用等）に応じた**農業指導者や生産者向けの技術マニュアルに取りまとめてWeb上で公開**する。

<アウトカム目標>

マニュアル等を活用した普及活動や各種施策の相乗効果により、令和元年度に443haであった作付けが令和12年度には30,000 haに拡大され、年間24万トンのとうもろこし子実の生産が可能になり、約143億円の経済的効果が見込まれる。

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	現場ニーズ対応型プロジェクトのうち鶏及び豚の快適性により配慮した飼養管理技術の開発			担当開発官等名	農林水産技術会議事務局研究企画課 畜産局畜産振興課
				連携する行政部局	畜産局畜産振興課課（個体識別システム活用班）
研究期間	R4～R6（3年間）			総事業費（億円）	0.95億円（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>

アニマルウェルフェア（※1）の向上に資する飼養管理技術を開発することにより、採卵鶏及び豚の快適性と生産性を高め、国内外の消費者のアニマルウェルフェアに配慮した畜産物のニーズに対応することを目的とする。

<課題①：採卵鶏の快適性により配慮した飼養管理技術の開発（R4～R6年度）>

- ・既存のケージ飼育において快適性と生産性を同時に向上させる最適飼育条件の解明
- ・快適性を向上させる簡易エンリッチドケージ（※2）の有用性の解明

<課題②：妊娠豚の快適性により配慮した飼養管理技術の開発（R4～R6年度）>

- ・母豚の意思で出入りできるフリーアクセスストール（※3）の長短所の解明
- ・フリーアクセスストールにおける精密な個体管理技術の開発
- ・従来型の閉じ込め式ストールをフリーアクセスストールに低コストで改修できる技術の開発
- ・母豚のアミノ酸要求量と離乳子豚の損耗率との関係の解明

<課題③：生産者及び消費者の意識を反映したマニュアル作成（R4～R6年度）>

- ・アニマルウェルフェアに配慮した飼養管理の普及を進める上での課題の解明
- ・消費者がアニマルウェルフェアに配慮した畜産物を受け入れる要因の解明
- ・課題③の成果に加え、課題①から②の成果を踏まえた飼養管理マニュアルを作成

1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標

<課題①：採卵鶏の快適性により配慮した飼養管理技術の開発（R4～R6年度）>

既存のバタリーケージ（※4）の適切な飼育条件を明らかにし、最適な飼育による快適性と生産性を同時に向上させる生産技術を開発するとともに、開発する簡易エンリッチドケージの有用性を明らかにすることで、採卵鶏のアニマルウェルフェアに配慮した飼育管理において生産性が5%向上する技術を開発する。

<課題②：妊娠豚の快適性により配慮した飼養管理技術の開発（R4～R6年度）>

フリーアクセスストールでの妊娠豚の飼育における長所を明らかにする。既存の妊娠ストール（※5）をフリーアクセスストールに低コストで改修できる技術を開発するとともに、その飼育システムで適用可能な精密な個体管理技術を開発する。必須アミノ酸を通常より高めた飼料を母豚に給餌し、子豚の体重を増加させることで離乳時の子豚の損耗率を低減させる技術を開発する。これらの技術開発により、妊娠豚のアニマルウェルフェアにより配慮した飼育管理を実現するとともに、子豚損耗率を1割低減する技術を確立する。

<課題③：生産者及び消費者の意識を反映したマニュアル作成（R4～R6年度）>

課題③で得られた生産者と消費者にアニマルウェルフェアを普及するための対策と、課題①と②で得

られた成果を盛り込んだ飼養管理マニュアルを作成する。
このマニュアルを関係者に配布することで、採卵鶏と妊娠豚のアニマルウェルフェアにより配慮かつ生産性を同時に改善する低コストな飼養技術の普及を図る。

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）

採卵鶏において生産性を5%向上させ、かつ、アニマルウェルフェアを高める採卵鶏用飼育管理システムへの移行を、過密飼育が想定される農家の1割と仮定し、約13万トンの鶏卵の生産量の向上、生産額にして54億円（令和5年度12月時点の鶏卵価格）に貢献する。

妊娠豚についてフリーアクセスストール等の群飼システムを導入する生産者が1割増加することを想定し、また、子豚損耗率を1割低減させる飼養管理技術が普及することにより、出荷頭数が245千頭増加し、115億円（枝肉重量78kg、枝肉価格600円を想定）の生産額の向上に貢献する。

さらに、消費者のアニマルウェルフェア認知度を現状の2割から6割まで上昇させ、アニマルウェルフェアに配慮した畜産物の国内需要の確保を図る。

【項目別評価】

1. 研究成果の意義 **ランク：A**

①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

近年、国内外でアニマルウェルフェアが大きな広まりを見せており、みどりの食料システム戦略の中でも科学的知見を踏まえたアニマルウェルフェアの向上が明記されている。加えて、我が国のアニマルウェルフェアの水準を国際水準（WOAHコード）にし、アニマルウェルフェアに配慮した飼養管理を普及・定着させるとともに、将来の畜産物の輸出拡大を図るため、令和5年7月に農林水産省からアニマルウェルフェアに関する新たな指針が発出された。

アニマルウェルフェアに配慮した飼育を実現するためには、家畜の身体的及び心理的状态を科学的な根拠に基づいて判断する必要があるが、アニマルウェルフェアに配慮した飼育に関する基盤的研究が不足している。特に、採卵鶏及び妊娠豚のアニマルウェルフェアに配慮した飼育管理を実現するためには、種々の飼育管理方法での家畜の状態を科学的に評価する必要がある。

一方で、アニマルウェルフェアの向上に要する追加的コストを畜産物価格に反映させることは、現状、困難であるため、そのような飼育管理システムを低コストで導入できるための技術開発が重要である。これらの点から、採卵鶏及び妊娠豚について、低コストで効果的に家畜の快適性を高め、かつ、生産性や作業性も同時に改善できる飼養管理技術を開発する意義は大きい。

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最終の到達目標に対する達成度

「鶏及び豚の快適性により配慮した飼養管理技術の開発」では、採卵鶏及び妊娠豚の快適性に配慮し、かつ、生産性や作業性をも同時に改善できる低コストな飼養管理技術の開発を目的としている。本課題の最終到達目標としては、採卵鶏について「通常の行動様式を発現する自由」を向上し生産性が5%向上する飼育管理技術と、妊娠豚について「通常の行動様式を発現する自由」を向上し、かつ、産まれた子豚の損耗率を1割低減する飼養管理技術を開発するとともに、採卵鶏と養豚農家等向けの飼養技術マニュアルを作成することとし、これまでに以下の具体的成果が得られている。

<課題①：採卵鶏の快適性により配慮した飼養管理技術の開発>

ケージ飼育に関する既報の科学的知見を体系的にまとめ、科学雑誌に総説として投稿した。また、既報の知見から考えられた快適性と生産性を同時に向上させる最適な飼育条件が、産卵率等の生産性に与える影響について検証した。従来のバッテリーケージで2万羽を飼育する施設の改造を想定した場合、一般的なエンリッチドケージの導入に約1億円が必要となる一方、開発した低コストで簡易型エンリッチドケージに改修できる技術では約1千万円で導入できると試算された。活動量計による定量解析の結果より、簡易型エンリッチドケージで飼育は、密度が同じバッテリーケージと比較して、個体の活動量が増

える傾向が認められた。ケージ飼育での成果および簡易型エンリッチドケージでの活動量等の成果については、2件の科学論文として投稿準備中である。

<課題②：妊娠豚の快適性により配慮した飼養管理技術の開発>

フリーアクセスストールによる群飼育では、妊娠豚に肢蹄障害等がなく産次を通して良好な繁殖成績であり、異常行動発現頻度については従来ストールの場合よりも有意に低い結果であった。また、従来ストールを低コストでフリーアクセス型に改修する技術を開発し、プロトタイプを完成させた。その改修技術については、特許として出願する予定である。フリーアクセスストール等による群飼育での妊娠豚の省力的管理が可能なスマート技術の基礎技術を開発し、これまでに2件の特許出願を行った。次年度には、さらに1件の特許の出願を予定している。また、授乳期中の多産系母豚への現状のアミノ酸給与量では、母乳中に子豚の成長に十分なアミノ酸量がなく、適正なアミノ酸給与にすることより子豚の損耗率を低減できる可能性を示した。フリーアクセスストールでの飼育試験の成果および授乳豚へのアミノ酸給与試験の成果については、令和6年度に検証試験を行い、論文として投稿を行う。

<課題③：生産者及び消費者の意識を反映したマニュアル作成>

養鶏生産者への調査から、アニマルウェルフェアに配慮した飼育管理の導入を阻害する主な要因として、消費者のアニマルウェルフェアの認知度が低いことが挙げられた。消費者へのアニマルウェルフェアに配慮した畜産物生産に関するアンケート調査により、アニマルウェルフェアに配慮した畜産物を購買する意図のある消費者層を明らかにするとともに、市場形成のための方法論について検討した。加えて、アニマルウェルフェアに配慮した畜産物の潜在的な消費者が、20～25%程度存在することを明らかにした。生産者及び消費者へのアンケート調査の結果については、それぞれ論文投稿を準備している。マニュアルには、アニマルウェルフェアに配慮した飼育管理を導入するための技術だけでなく、生産者と消費者にアニマルウェルフェアを普及するための項目についても盛り込む。

これらの研究成果は順調に得られており、令和6年度にそれら成果をマニュアルに反映させることで、アウトプット目標の達成が可能となる。

②最終の到達目標に対する今後の達成可能性とその具体的な根拠

本事業の最終到達目標は、

- (1) 採卵鶏において「通常の行動様式を発現する自由」を向上しつつ、生産性が5%向上する飼育管理技術の開発、ならびに採卵鶏農家等向けの飼養技術マニュアルの作成
- (2) 妊娠豚について「通常の行動様式を発現する自由」の向上に資するストール改修技術の1件以上の開発とともに、産まれた子豚の損耗率を1割低減する妊娠豚の飼養管理技術の開発、ならびに養豚農家等向けの飼養技術マニュアルの作成

である。これまで、開発している採卵鶏のアニマルウェルフェアに配慮し、かつ生産性の向上が可能な管理方法を実施することで、産卵初期から中期において産卵率が10%程度増加、ストレス関連物質が半分以下に低下するなど快適性と生産性の向上が見られた。

養豚のアニマルウェルフェアでは、妊娠豚の5産次までにおいて、フリーアクセスストールを利用した群飼管理が生産成績と快適性の両方に良好な影響を与えることが示された。さらに、群飼管理を省力的に実施するスマート技術の基礎部分を開発した。また、母豚の適正なアミノ酸飼料の給与が子豚の成長を促進する可能性が示された。

飼養技術マニュアルには、低コストで効果的に家畜の快適性を高めつつ、生産性や作業性も同時に改善できる管理技術だけでなく、我が国でアニマルウェルフェアに配慮した飼育管理や畜産物を普及するための対策についても盛り込まれる。この普及対策については、生産者及び消費者へのアンケート調査の結果から明らかになりつつある。この結果については開発する技術が効果的に普及するポイントとしてもマニュアルに反映し、速やかな社会実装につなげる。

加えて、これまでに研究コンソーシアムは生産者等との意見交換を通じ、普及に必要な検討課題（日本の現状の畜舎への開発技術の適用方法等）を明らかにし、それらを最終年度の課題として加えている。いずれの課題も予定通りに進捗しており、継続的にデータ収集を行うとともに、普及に必要な対応

を実施することで、最終到達目標を達成できる。

**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

本事業のアウトプットとして作成するマニュアルには、鶏及び豚の快適性を実現し、かつ生産性を向上できる技術が掲載されるため、アウトカムの達成には、その技術を生産者等へ普及することが必要となる。まず、マニュアルを生産者団体等から生産者へ配布するとともに、ホームページ上で掲載し、広く周知する。加えて、本事業終了後3年を目途に、アニマルウェルフェアの科学的知見に基づく飼養管理として、畜産局畜産振興課の行政担当者と連携して地方自治体の普及員に向けた研修会や、消費者や生産者に向けたシンポジウムを開催するなど、普及に努める。子豚の損耗率を低下させる飼養技術については、（一社）日本養豚協会を通じて生産者へ、また、協同組合日本飼料工業会を通じて飼料メーカーへの普及を図るとともに、豚飼養の基礎となる日本飼養標準（豚）の改訂に反映させ、生産者へ普及を図る。開発する妊娠豚のスマート管理機器等については、令和9年度までに市販化する。

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

これまでに研究コンソーシアムはシンポジウムでの講演や展示会への出展などで農協や農場を保有する食品会社等の畜産関係団体、食品会社、IT、商社等と意見交換を行い、アニマルウェルフェアに関する社会の関心の高さを確認している。また、得られた情報は、コンソーシアムの構成員へフィードバックし、研究成果がより実用的かつ速やかに社会実装につながるよう努めている。加えて、これらの活動で得たつながりを通して、開発する飼養管理技術の普及を進める。さらに、コンソーシアムに参画するNECグループの販売網を用い、農協や大規模農場を保有する大手食品会社等へ幅広くアプローチし、本事業の成果の紹介や普及を行う。これらのことより、アウトカムを達成するための普及・実用化に向けた取組は妥当である。

③他の研究や他分野の技術の確立への具体的貢献度

他の研究や他分野の技術確立への波及については、該当しないと考えているところ。

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きたか等）の妥当性

毎年度開催される運営委員会、研究推進会議等において、進捗状況の確認や研究計画の確認を行っている。家畜の飼育試験については、各参画機関が設置する動物実験委員会による厳正な審査のうえで実施しており、研究成果は着実に得られている。進捗状況に応じて、養豚経営の知見を有する明治大学の研究者等の研究の加速化に必要な研究グループの追加等の適切な計画見直しを行っている。

②研究推進体制の妥当性

当該課題については、養鶏及び養豚の二つの畜種に関わる課題設定になっているため、外部有識者に養鶏と養豚の生産者を含めている。また、運営委員会及び研究推進会議（毎年度2回程度実施）にて進捗状況の確認を行っている。

アニマルウェルフェアを普及するにあたり行政との連携が不可欠であるため、行政担当者が研究推進会議に参加し、マニュアル化等に行政の意見が含まれるようにしている。また、迅速かつ確実な社会実装に向け、複数の公設試験研究機関でコンソーシアムが構成されており、研究推進体制は妥当である。

③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

各課題ともに計画通りに研究が進捗している。運営委員会からの指摘等を踏まえ各課題の重要性にあわせて予算配分を行っており、各課題ともに計画通りに研究が進捗している。次年度は、アウトカムを達成するために成果のマニュアルの作成と、マニュアルの配布先ならびに連携する関係団体を検討する必要があるため、課題3に重点的に予算配分を行う。

1. 委託プロジェクト研究課題全体の実績に関する所見

- ・アニマルウェルフェアに対する消費者の認知は高まっている印象があり、購買の選択をしたい場合、価格面が現状より低コストになることで市場が広がる。また、生産面では、直接的に価格に反映できないため、個々の民間企業ではなく、国の事業としての対応が適切である。
- ・アウトカム目標達成のための根拠、取組の妥当性、技術貢献度全てをほぼ十分に有しており、達成可能性は高い。

2. 今後検討を要する事項に関する所見

- ・開発した技術の現場での導入可能性がどの程度か、改良の余地があるか等マニュアル完成前に現場の意見を収集し、必要に応じて改良すること等により早期の社会実装につながることを期待する。
- ・プロジェクト終了後も生産者及び消費者に対し、マニュアルを活用したアウトリーチ活動が展開されることを期待する。

[研究課題名] 現場ニーズ対応型プロジェクトのうち鶏及び豚の快適性により配慮した飼養管理技術の開発

用語	用語の意味	※番号
アニマルウェルフェア	「アニマルウェルフェアとは、動物の誕生から死に至るまでに関連した、動物の身体的及び心的状態をいう。」と定義されており、家畜を快適な環境下で飼養し、家畜のストレス等を減らすことが重要である。	1
エンリッチドケージ	バタリーケージ（※4）に砂浴び場、巣箱、止まり木などの設備を配置したケージ。砂浴び、身を潜めて産卵する、止まり木での休息など一部の通常の行動様式の発現がバタリーケージよりも可能となる。	2
フリーアクセスストール	豚が自由に入出りできるストールと、自由に歩き回ることができるスペースを配置した飼育システム。	3
バタリーケージ	金網で作られたケージに給餌機と給水ニップルが付いた単純な構造のケージ。「苦痛、傷害及び疾病からの自由」の点で優れているが、「通常の行動様式を発現する自由」は抑制される。	4
妊娠ストール	母豚が妊娠期間中に単飼される金属製の囲い。群飼時の闘争による摂食不均等などを生じさせず、的確な個体管理が可能であるものの、体を回転させることができず、ストール内の通風、放熱が十分ではない。	5

② 鶏及び豚の快適性により配慮した飼養管理技術の開発【継続】

- 欧州を中心にアニマルウェルフェアへの関心が高まる中、我が国においても、その関心は高まっており、今後、畜産物輸出の拡大や国内需要の確保を図る上でも、国内外の消費者の多様なニーズに対応できるよう、アニマルウェルフェアの向上を推進していく必要。また、家畜の快適性を高める飼養管理技術の開発は、みどりの食料システム戦略の「高い生産性と両立する持続的生産体系への転換」のうち「科学的知見を踏まえたアニマルウェルフェアの向上」にも大きく貢献する。
- アニマルウェルフェアの向上に要する追加的コストを畜産物価格に反映させることは困難であるため、低コストで簡易かつ効果的に家畜の快適性を高めた飼養管理に取り組みめるようにする必要があることから、特に課題となっている鶏及び豚について、その快適性を高めつつ、生産性や作業性を同時に改善できる飼養管理技術の開発を実施する。
- 開発した技術は、飼養技術マニュアルとして生産者にわかりやすく提示することで、アニマルウェルフェアの定着、向上を目指す。

生産現場の課題

- ・アニマルウェルフェアへの関心が高まっているため、対応を進めていきたいが、家畜の飼養管理方式はいろいろある中、それぞれ「5つの自由」の実現の程度に濃淡があり、どうすれば良いのか、分からない。
- ・アニマルウェルフェアの向上に要するコストを畜産物価格に反映することは難しいので、低コストで生産性や作業性を損なわない技術が欲しい。

「5つの自由」

(アニマルウェルフェアの状況を把握する上で役立つ指針)

- ・飢え、渇き及び栄養不良からの自由
- ・恐怖及び苦悩からの自由
- ・物理的及び熱の不快からの自由
- ・苦痛、傷害及び疾病からの自由
- ・通常の行動様式を発現する自由



生産現場の課題解決に資する研究内容

- ・採卵鶏や妊娠豚の飼養管理方式の違いが「5つの自由」の実現の程度や生産物の品質に与える影響とそのメカニズムを解明。
- ・鶏卵生産の主な飼養方式であるバタリーケージについて「通常の行動様式を発現する自由」の向上に資する低コスト技術を開発。
- ・養豚における妊娠豚へのストールの使用について、使用時期やストールサイズの最適化を図る等、「通常の行動様式を発現する自由」の向上に資する低コスト技術を開発。
- ・生産コストの低減を図るためには多産系母豚を活用する必要があることから、産まれた子豚の損耗率を低減する管理技術を開発。

<イメージ>

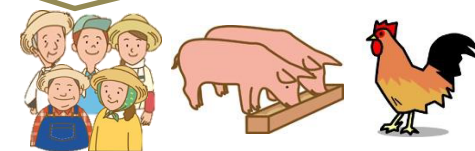


飼育設備の簡易改修

子豚の損耗率を低減する
管理技術の開発社会実装の進め方と
期待される効果

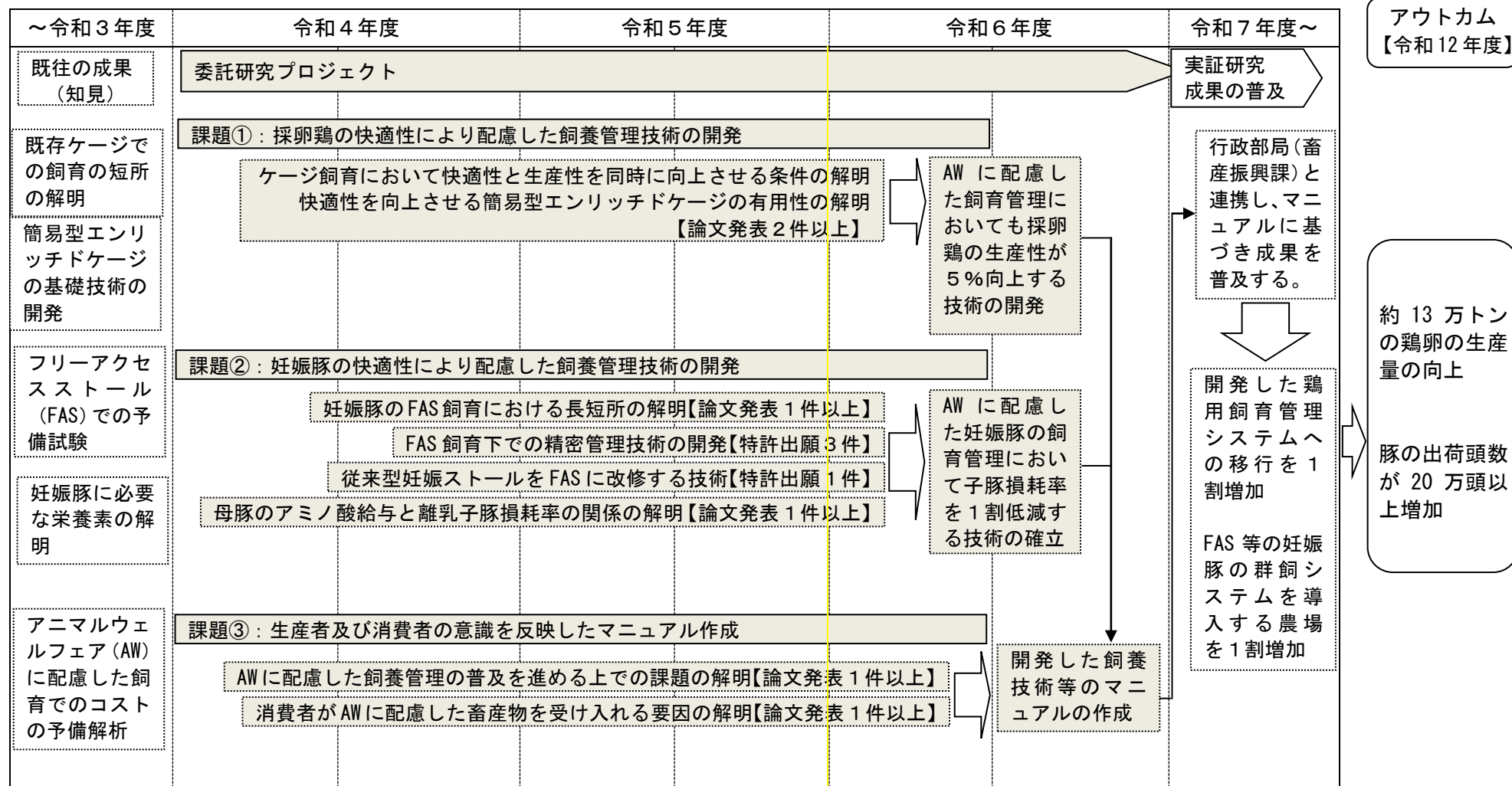
- ・飼養技術マニュアルを作成し、公設の指導組織等と連携し普及を図る。
- ・生産現場の意見をもとに技術を高度化し、マニュアルを改訂。

- ・採卵鶏の快適性が高まることで生産性が5%向上するとともに、子豚損耗率が1割低減。
- ・多様な消費者ニーズへの対応が可能。
- ・損耗率の低減により、温室効果ガスの排出削減に貢献。



【ロードマップ（終了時評価段階）】

鶏及び豚の快適性により配慮した飼養管理技術の開発



みどりの食料システム戦略実現技術開発・実証事業のうち
「鶏及び豚の快適性により配慮した飼養管理技術の開発」の主な成果

代表：東京農工大 共同研究機関：農研機構 麻布大 信州大 東海大 東京工業大 日獣大 長野県 山梨県 NEC

課題①：採卵鶏の快適性により配慮した飼養管理技術の開発（東京農工大、麻布大、日獣大、山梨県）

既存のバタリーケージにおける快適性と生産性を同時に向上させる最適飼育条件の解明と技術の開発

バタリーケージの適正管理技術の開発

350cm²/羽



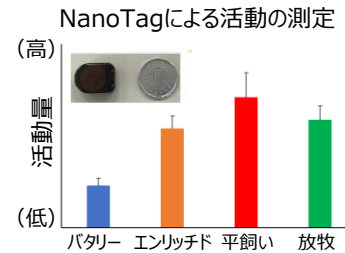
400cm²/羽



飼育密度を400cm²/羽以上で
生産性（産卵率等）増と・ストレスホルモン濃度減
を確認

簡易型エンリッチドケージの生産性評価

簡易型エンリッチドケージ



EU基準のバタリーケージとエンリッチドケージで飼育試験
・産卵率は同等（バタリー＝エンリッチド）
・活動量の増加や行動の多様性増（バタリー＜エンリッチド）
→有用性の高いエンリッチドケージを開発

課題②：妊娠豚の快適性により配慮した飼養管理技術の開発（信州大、東海大、長野県、NEC）

フリーアクセスストール（FAS）を利用した妊娠豚の快適性と生産性を同時に向上させる最適飼育条件の解明

従来型妊娠ストール



フリーアクセスストール（FAS）



フリーアクセスストールでの飼育のメリット

- ① 正常行動の発現が増加
- ② 群飼による闘争での廃用豚は無し
- ③ 母豚の体重も正常に管理可能

フリーアクセスストール飼育を導入の阻害要因

- ① 導入費用
- ② 群飼エリア等での個体管理
- ③ 子豚の発育が従来ストール飼育よりも遅延

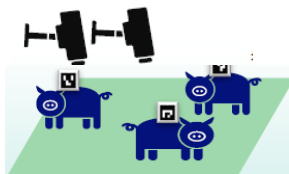
従来型からFASへの簡易改修



改修のポイントを抽出し、プロ
トタイプの完成
→低コストでFASの導入

スマート機器による精密管理

RGBカメラ/3Dセンサ



新規マーカ位置測位技術等で
群飼エリアでも個体の位置測位・
識別が可能に

母豚への適正なアミノ酸給与による
子豚の損耗率低減



必須アミノ酸リジンの濃度を高めた
飼料の給与で、離乳時の子豚の
体重・増体量が増加

課題③：生産者および消費者の意識を反映したマニュアル作成（農研機構、東京工業大）



開発した動物福祉に配慮した飼育管理技術

- 課題①：採卵鶏のバタリーケージ適正管理、簡易型エンリッチドケージの生産性評価
- 課題②：妊娠豚のストール改修、精密管理、子豚の損耗率低減管理

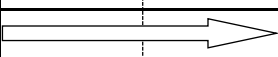
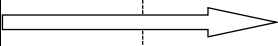
動物福祉を促進する対策

- 生産者が動物福祉に配慮した飼育管理の導入を阻害する要因への対策
- 消費者が動物福祉に配慮した畜産物を受け入れるための方法

生産性と消費者のニーズを満たした飼養管理技術マニュアルの作成
→自治体や生産者団体を通じて生産現場へ普及

動物福祉に配慮した採卵鶏の飼育管理により生産性が5%向上する技術の確立
動物福祉に配慮した妊娠豚の飼育管理により子豚損耗率が1割低減する技術の確立

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	現場ニーズ対応型研究のうち品種多様性拡大に向けた種子生産の効率化技術の開発			担当開発官等名	農林水産技術会議事務局研究企画課 農産局穀物課
				連携する行政部局	
研究期間	R 2～R 6（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

<種子生産の効率化技術の開発>

・種子生産（※1）を担う農家はとりわけ高齢化が著しく、独特の高度な栽培技術が求められ新規参入が難しいため、後継者不足となっている。その一方で、作期分散等のため取り扱う品種の数は増え続けており、種子生産現場は慢性的な人手不足となっている。そこで、本課題では、異品種・被害粒の混入がなく、発芽揃いの良い健全な種子の安定生産に資するため、種子生産現場で使いやすい省力的な高純度・高品質種子生産技術や若手農業者・新規事業者への技術継承を促す支援ツールを開発する。

<1-1：隔離栽培等による交雑防止技術の開発（令和2～4年度）>

・交雑のリスクをなくすため、隔離温室栽培、閉花受粉性の利用による水稻の交雑防止技術の開発を実施。

<1-1：効果的な種子伝染病害防除法（※2）の開発（令和2～6年度）>

・種子伝染性病害の防除のため、温湯消毒法、化学農薬、発病抑止型育苗培土等を組み併せた体系防除法の開発を実施。

<1-2：異型株（※3）・罹病株（※4）の効率的検出技術の開発（令和2～6年度）>

・種子生産圃場の見回り（※5）等に係る作業時間の削減のため、ドローン等による画像から異型株・罹病株の自動検出システムの開発を実施。

<1-3：充実種子生産のための栽培管理支援ツールの開発（令和2～6年度）>

・充実種子生産のため、スマホで撮影した画像から適切な追肥のタイミング等を提示できる栽培管理支援ツールの開発を実施。

<1-4：種子生産効率化の実証（令和2～6年度）>

・地域に適した効率的な種子生産のため、①～④で開発された技術の実証を行い、種子生産効率化マニュアルを作成。

1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標

交雑防止技術、効果的な種子伝染病害の防除法、異型株等の自動検出システム、種子生産者向けの栽培管理支援ツールを開発し、これらを体系的に整理することで、純度の高い健全で充実した種子生産を省力で可能とする種子生産効率化マニュアルを作成する。

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11年）

種子生産技術体系を整理した種子生産効率化マニュアル等を開発することで、種子生産圃場の見回り等に係る作業時間を開発技術導入前と比較して50%削減するなど、効率的で健全な種子生産を図り、種子生産現場の活性化を目指す。

【項目別評価】

1. 研究成果の意義

ランク：A

①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

画像データのAI処理により、イネの幼穂分化期、茎数を正確に予測する成果は、充実した種子生産のための追肥時期等を推測することを可能とする。また、ドローンによる圃場画像データのAI処理により異型株を検出する成果は、炎天下での異型株抜き取りの労力を短縮する。これらAIを積極的に利用した研究成果は、種子生産技術のスマート化を図るだけでなく、画像情報を利用した農業のスマート化に波

及効果を及ぼし、スマート農業の推進に大きな意義を持つ。

作成した種子生産マニュアルの利用により、種子生産農家の作業時間が軽減されるとともに、健全な種子の安定生産が期待され、若手農業者や新規事業者が種子生産事業に参入しやすくなり、高齢化が進む種子生産現場を活性化することができる。また、増加する品種数に対応できる種子生産体制が構築されることにより、実需者・消費者が求める品種の迅速な普及を進めることが可能となるなど、本課題の成果のもつ意義は大きい。

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 最終の到達目標に対する達成度

交雑防止技術の開発では、高純度種子を得るための隔離温室の遮光カーテン等の使用期間・時間を設定し、加えて高純度種子を用いることで異型株の発生が減少し、種子生産圃場での異型株の抜き取り時間を約60%減らせることを確認した（進捗率100%）。また、種子伝染病害防除法の開発では、ばか苗病では軽量培土（※6）と薬剤等を組み合わせた体系処理で発病度が0.11以下（無防除5.87）と低く抑えられること、もみ枯細菌病では軽量培土を用いることで60ポイント程度防除効果が高まることを確認し、さらに現地実証試験でそれぞれの有効性を確認した（進捗率90%）。種子生産圃場に持ち込まれた異型株の検出については、ドローンで撮影した圃場画像データの機械学習（※7）により、早生熟期や長稈の異株をそれぞれ0.85の精度で検出するシステムを開発し、さらに、異型株をタブレット上の地図アプリに表示するシステムを開発した（進捗率80%）。一方、罹病株（ばか苗病）の検出は、ばか苗病株の多様な形態と色彩から、実用的な検出システムの開発に至っておらず、今後、データやモデルの再検討を行う必要がある（進捗率40%）。

栽培管理支援ツールについては、各地域現地圃場において生育期間を通じて圃場画像をスマートフォンにより取得し、深層学習を進め、幼穂形成期等の生育ステージを判断できる汎用品種モデルを開発した。品種を限定しない汎用品種モデルでは、幼穂形成期の誤差が1.5日の精度を示した（進捗率90%）。これにより、充実種子を得るための最適な追肥時期等の決定支援が可能となる。

さらに、種子生産効率化マニュアルの作成に向けて、漏生イネ（※8）防除のための初期剤（※9）と一発剤除草剤（※10）を用いた体系の検討、種子損傷が少なくなるコンバインのこき胴回転数（※11）の検討を行い、効率的かつ優良な種子生産のためのデータの蓄積を進めた（進捗率90%）。また、大豆の種子生産においては、乗用管理機に自動操舵システムを取り付けることにより、播種作業、中耕培土作業が慣行の30%、57%にそれぞれ短縮し、品質も安定した種子生産が可能であった（進捗率90%）。麦類種子生産においては、Jコート一発肥料での種子生産の有効性を確認した。終了時の目標は概ね計画通り達成した。

②最終の到達目標に対する今後の達成可能性とその具体的な根拠

異型株等の検出システムについては、実証試験からの画像データのアノテーション（※12）等を引きつづき進め検出精度の向上及びデータやモデルの再検討を進める。栽培管理支援ツールは、複数品種・複数の場所で実証した後、ユーザー向け水稻AI生育診断アプリに実装することに汎用性を高めた支援ツールを開発する。また、異品種・被害粒の混入がない種子生産に向けて、隔離温室を利用した原原種生産における栽培条件、温室設定条件の検討、種子伝染性病害に対する化学農薬と温湯消毒等を組み合わせた体系防除法の開発も計画通りに進んでおり、開発した技術は実証課題を通して引きつづきデータを蓄積することにより、普及に移すための種子生産効率化マニュアルの作成は達成される。

以上のことから、研究は概ね計画の通りの進捗で進捗しており、アウトプット目標の「種子生産効率化マニュアルの作成」、「栽培管理支援ツールの開発」は達成される見込みである。また、「種子生産圃場見回りにかかる作業時間の50%削減」「異品種・被害粒の混入がなく、発芽揃いの良い健全な種子生産」については、高純度種子を用いることで圃場見回り時間を60%程度減らせることや軽量培土等を用いることにより種子伝染病害を大幅に抑えられることを確認しており、これらの技術を組み合わせることにより種子生産圃場での異型株等の発生を少なく抑え、加えてドローンによる異型株等の検出、栽培管理支援ツールを活用した種子生産に最適な追肥時期等の決定により達成される可能性は高い。

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

本課題の研究成果により、純度が高い種子を生産するための交雑防止技術や種子伝染病害防除技術、異型株除去に必要な労力を削減するAIによる異型株効率的検出技術および画像診断による種子生産のための栽培管理支援ツールアプリが開発される。また、開発した技術を普及に移すための種子生産効率化マニュアルも作成されることから、それらを県やJA等を通じて普及することで「種子生産圃場の見回り等に係る作業時間を開発技術導入前と比較して50%削減」、「異品種・被害粒の混入がなく、発芽揃いの良い健全な種子生産を達成」のアウトカム目標は達成可能と考えられる。

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

開発中の栽培管理支援ツールや異型株等の検出システムは、コンソーシアムメンバーの公設試やJA全農と連携して実証を行い、開発後速やかな種子生産現場への普及や種子生産への新規参入を容易にするように取り組んでいる。

③他の研究や他分野の技術の確立への具体的貢献度

該当なし

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きたか等）の妥当性

研究課題責任者、外部運営委員、関係する行政部局で構成された運営委員会を年1回開催している他、研究コンソーシアムが主催する計画検討会、成績検討会を実施している。計画検討会、成績検討会には外部運営委員も参加し、進捗状況の確認、研究計画の見直し、研究成果の共有と公表等が適宜行われる体制となっている。

②研究推進体制の妥当性

実証の課題は普及が想定される公設試や民間が参画した構成となっている。また、研究コンソーシアムの自主的な取組として、メーリングリストをし、情報共有や意見交換を随時行っている。以上のことから、研究推進体制は妥当である。

③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

各実行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おり、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全体の実績に関する所見

- ・種子生産における慢性的な人手不足の中、効率的かつ確実に種子生産を行うための技術開発の重要性は高い。
- ・アウトプット目標の達成は、アプリを含めた各種支援ツールが現場適用できるレベルまで到達できるかに掛かるが、これまでに概ね目標が達成できていることやマニュアル化も進められていることから、今後の達成可能性は高い。

2. 今後検討を要する事項に関する所見

- ・成果の実装に向け技術面やコスト面での課題がある中で、現場の高齢者が容易に活用できる配慮がなされる等円滑な実用化に向けた具体的な取組を進めていただきたい。
- ・コストダウンやコストパフォーマンスの向上に対する具体的な取組を期待する。

[研究課題名] 現場ニーズ対応型プロジェクトのうち品種多様性拡大に向けた種子生産の効率化技術の開発

用語	用語の意味	※番号
種子生産	育種事業で開発された新品種種子を農業者に供給するために増殖すること。育種家が育成した種子を一世代増殖した種子を原原種、それを増殖した種子を原種、さらにそれを増殖した種子を一般種子といい、一般種子が農業者へ供給される。原原種および原種は農業試験場等の品種育成機関で生産されることが多く、一般種子は主に契約農家で生産される。いずれの段階においても、他の花粉の受粉による交雑や、ばか苗病、もみ枯細菌病等の種子伝染性病害の混入の防止に細心の注意をはらい、発芽揃いのよい充実した種子を生産する高い栽培技術が要求される。	1
種子伝染病害防除法	種籾への薬剤塗布や薬液浸漬など、薬剤による防除が一般的である。水稻においては、ばか苗病やもみ枯細菌病が主要な種子伝染性病害であるが、薬剤耐性菌の出現が確認されており、温湯殺菌や生物農薬等、薬剤に依存しない防除法の開発が求められている。	2
異型株	種子生産対象とは品種が異なる個体。混入するとクレームの対象となるため、細心の注意を払って何度も水田圃場を見回る。草丈、葉色、出穂日、穂の形態等が異なる個体を発見したら、異型株として除去し、均一な特性を示す個体からのみ種子を取得する。	3
罹病株	病原菌に感染した個体。種子生産では病原菌の混入は許されないため、苗代と水田圃場を見回り、発見したらそのロットは廃棄となる。	4
種子生産圃場の見回り	均一で健全な種子を生産するために、草丈、葉色、出穂日等の草型・生育特性の異なる異型株や種子伝染病害に感染した罹病株を発見し、抜き取る必要がある。異型株・罹病株の発生状況や抜き取り作業のために田植え後から出穂後まで、何度も採種水田圃場を見回る必要がある。10アールの圃場あたり見回りと抜き取りに9時間程度かかり、特に出穂期には猛暑の中の作業となるため、高齢化する種子生産現場において大きな負担となっている。	5
軽量培土	ピートモス等が混合され通常の培土よりも有機物成分が多く含まれた軽量の培土のこと。	6
機械学習	機械学習とは、データを分析する方法の1つで、データから、「機械」（コンピューター）が自動で「学習」し、データの背景にあるルールやパターンを発見する方法。近年では、学習した成果に基づいて「予測・判断」することが重視されるようになった。	7
漏生イネ	収穫時等に圃場に落ちた籾が翌年以降に生育しているものを指し、特に前年と作付け品種を替えた場合に異品種混入の要因となる。	8
初期剤	田植え前から田植え5日後ころまでに散布する除草剤。雑草が出芽する前に水田内に除草剤を拡散させ、雑草出芽時に枯れることを狙う。初期剤の一部が植代時あるいは植代後に散布可能な除草剤として登録されている。従来は、初期剤の効果がなくなつたころに散布する中期剤（田植え20日～25日後頃）、中期剤以降にも残った雑草を防除するために使用する後期剤を用いた体系処理が主流だったが、1990年代以降は、一発剤（※10）を用いた省力化が主流になっている。	9
一発除草剤	1回の処理で初期剤と中期剤の両方の効果をカバーできる除草剤。田植え3日～7日後ころに使用することが多い。初中期剤あるいは初中期一発剤ということもある。	10
コンバインのこき胴回転数	こき胴とは籾を脱穀するコンバインのパーツのことであり、種子生産においては種籾の損傷を抑えるために低回転に設定することが求められる。	11
アノテーション	アノテーションとは、あるデータに対して関連する情報（メタデータ）を注釈として付与することであり、本課題においては取得画像に異茎株、罹病株、正常株等の情報を付加して機械学習の教師データを作成することを意味する。	12

⑪ 品種多様性拡大に向けた種子生産の効率化技術の開発【継続】

- 種子生産を担う農家はとりわけ高齢化が著しく、独特の高度な栽培技術が求められ新規参入が難しいため、後継者不足となっている。その一方で、作期分散等のため取り扱う品種の数は増え続けており、種子生産現場は慢性的な人手不足となっている。
- そこで、本課題では、**高純度・高品質な種子の省力的な生産技術を開発**する。
- 交雑防止、病害防除、異茎株・罹病株検出等の省力的な技術が容易になれば、種子生産農家の負担が軽減し、若手農業者や新規事業者が種子生産に参入しやすくなり、多様な需要に応える品種種子の安定生産が可能となる。

生産現場の課題

- ・ 真夏の異茎株抜き取りなど、異品種や病気の混入を防ぐ作業が大変！
- ・ 種子生産技術の後継者がいない。



<イメージ>



真夏の異茎株/罹病株の抜き取りに
10アールあたり9時間必要。

生産現場の課題解決に資する研究内容

- ・ 隔離栽培等による交雑防止、種子伝染病害防除法の組合せ、ドローン等を活用した異茎株・罹病株検出支援等により、稲・麦・大豆で省力的な高品質種子生産技術を開発。
- ・ 発芽率の高い充実種子を生産するための施肥・水管理を提案する支援ツールを開発。熟練者の技術が新規事業者にも継承可能。
- ・ 種子生産効率化を実証。

<イメージ>

① 隔離栽培等による
交雑防止

隔離温室

他の花粉の侵入を防止



防風網

② 種子伝染病害
防除法の組合せ

籾枯れ
細菌病
ばか苗病

③ 充実種子生産の
ための栽培管理
支援ツール開発④ ドローン等による
異茎株/罹病株の
効率的検出社会実装の進め方と
期待される効果

- ・ 地域の状況に合わせた技術体系で省力化を実証。
- ・ 地域ごとに種子生産効率化マニュアルを作成。

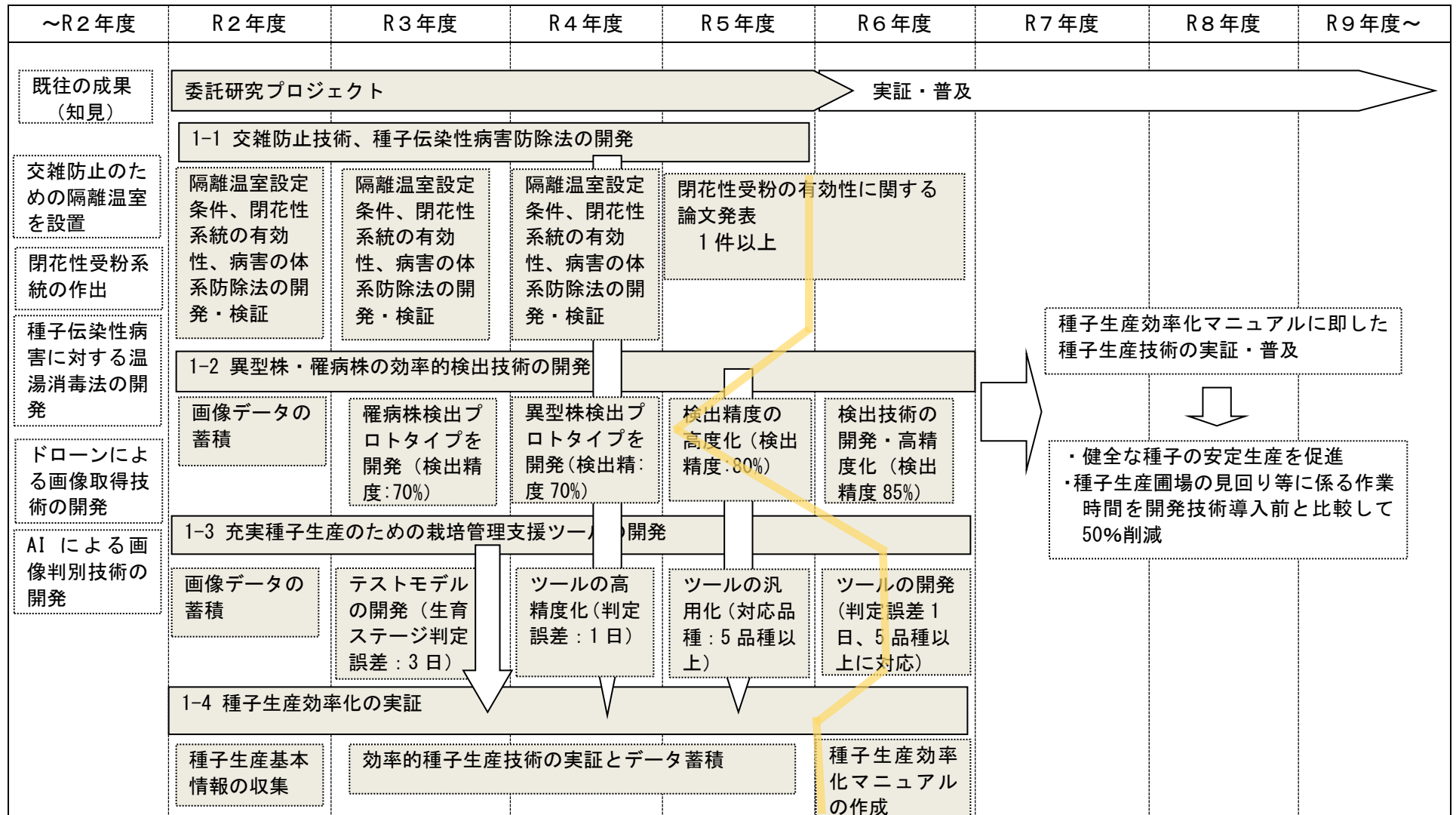
- ・ 種子生産圃場での見回り作業時間を50%削減。
- ・ 異品種・被害粒の混入がなく、発芽揃いの良い健全な種子生産を達成。






【お問い合わせ先】 農産局穀物課（03-6744-2010）

【ロードマップ（終了評価段階）】

品種多様性拡大に向けた種子生産の効率化技術の開発



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	現場ニーズ対応型研究のうちセンシング技術を駆使した畑作物品種の早期普及と効率的生産システムの確立	担当開発官等名	農林水産技術会議事務局研究企画課 農産局穀物課					
		連携する行政部局						
研究期間	R 2～R 6（5年間）	総事業費（億円）	1. 1億円（見込）					
	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; text-align: center;">基礎</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">応用</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">開発</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">  </td> </tr> </table>	基礎	応用	開発				
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＞

食料自給率向上の観点から、大豆・麦類の生産量の拡大は重要な課題であるが、生産現場では、農業従事者の減少に伴う規模拡大に適応できない品種・栽培技術が導入されていることや、近年の不安定な気象条件等による深刻な低収が問題になっており、安定的で収量性の高い生産技術の開発、導入が求められている。

そこで、栽培技術や栽培体系に応じた大豆・麦類の品種・系統を選定するとともに、気温や土壌水分、温度、作物の生育等のセンシングデータを活用し、水分変動に強い圃場改善技術の開発や、播種時期に応じた適切な栽植密度や肥培管理等栽培技術を開発する。選定品種・系統と栽培法を最適化した生産システムを確立し、大豆・麦類の生産性向上に貢献する。

＜課題①：早播適性大豆品種の開発及び地域に適した麦類・大豆品種の選定（令和2～5年度）＞
東海・近畿・九州地域を対象として、早播適性や難裂莢性を有する大豆系統を開発する。また、栽培地域における生育特性・収量・品質試験の結果をもとに麦類・大豆品種・系統の選定を行う。

＜課題②：大豆・麦類の生産性向上技術の開発・栽培技術マニュアルの作成（令和2～6年度）＞
排水対策、施肥技術等で大豆・麦類の収量性を向上させる栽培法を開発する。課題①で選定した品種・系統の安定生産を可能とする、地域の営農条件に適した栽培技術マニュアルを作成する。

＜課題③：大豆・麦類の安定生産技術の開発・実証（令和4～6年度）＞
課題①で選定した品種・系統と課題②で開発した栽培技術を組み合わせ、生産現場で実証する。

1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標

- ① 早播適性や難裂莢性を備え、作業幅の確保が可能な大豆品種・系統、収量が高い麦類品種など、各地域において栽培技術・栽培体系に応じた最適品種・系統を選定する。

- ② 排水対策、施肥技術等で収量性を向上させる栽培法を開発し、①の選定品種・系統が安定生産できる栽培技術マニュアルを作成する。

- ③ 品種・系統と栽培技術とを組み合わせた生産システムを現場で実証し、大豆で3割、麦類で1割単収を向上させる。

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11年）

大豆では3割、麦類では1割以上単収が増加することで、収益が2割向上し、全生産者の販売収益の合計は年あたり5億円改善。

【項目別評価】**1. 研究成果の意義****ランク：A**

①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

大豆・麦類は国民が消費する主要な穀類であるが、その大部分は輸入に頼っており、近年の気候変動による世界的に生産が不安定な状況下、安定して食料を確保するためには自給率を高める必要がある。

一方、国内生産は農業従事者の減少に伴う急速な規模拡大に適応できない品種・栽培技術が導入されていることや近年の不安定な気象条件等により、単収の低迷が続いている状況にある。また、実需者からは十分な量の安定的な原料供給を求める声は強く、各方面から単収の向上、安定化に資する技術開発が強く望まれている。

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最終の到達目標に対する達成度

品種・系統選定、栽培技術の開発及び栽培技術マニュアル作成、現地実証とも、計画どおりに進捗している。

②最終の到達目標に対する今後の達成可能性とその具体的な根拠

大豆については生育特性や収量試験の結果をもとに、各県で品種・系統の選定が終了している。本課題において早播適性等に優れる複数の系統が開発され、「九州175号」は令和6年度に品種登録出願する予定である。多収の小麦品種は令和3年に各県で選定済みである。

栽培技術については、深い落水口施工装置（※1）と本暗渠等と組合せた排水対策技術により大豆・小麦で2割以上収量向上、カットブレーカー（※2）導入により大豆・小麦で2割程度の収量向上、生育後期重点施肥法（※3）により小麦の1割以上収量向上など、収量向上に貢献する栽培技術の開発は進んでいる。また、衛星画像データ等により圃場の湿害や乾燥リスク評価が可能であること、ドローン等による大豆の生育期画像から葉色、成熟期等の推定が可能であること、ドローンによるNDVI値から小麦の収量を予測できることを示し、これを活用した作業技術や肥培管理技術の開発を進めるなど、センシング技術を駆使した取組が順調に進んでいる。

現地実証試験は、令和4年度から一部開始し、令和5年度では、大豆品種・系統と早播栽培、排水対策技術等を組合せることにより、「フクユタカ」の慣行栽培より2～3割増収、小麦では生育後期重点施肥法により1割以上の増収結果が得られている。複数年や異なる現地における実証試験を通して、栽培技術の課題把握に努め、大豆で3割、麦類で1割の増収が可能な技術を確立する予定である。

以上のとおり、研究は順調に進捗しており、研究目標の達成見込みは高いと考える。

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

本研究グループには、東海、近畿、九州の主要な大豆・麦類生産県が参画しており、当地域の稲麦大豆2年3作生産体系の栽培面積は全国の約6割を占めている。当地域の1/3（約6,000ha）に品種・技術が普及し、大豆・小麦の収量が増加した場合、年あたり5億規模の収益向上が図られる。

大豆単収120kg/10a（都府県平均）が3割、小麦単収400kg/10aが1割増加した場合、落札価格がそれぞれ約10,000円/60kg、50,000円/tであることから、収益は8,000円/10a（大豆6,000円/10a、小麦2,000円/10a）増加し、収量増加前の収益40,000円/10a（大豆20,000円/10a、小麦20,000円/10a）と比べて2割改善する。全国の2年3作体系の作付面積の2割（約6,000ha）に普及した場合、5億円規模の収益向上が見込まれる。

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

本研究グループには、稲麦大豆2年3作生産体系の割合が多い東海、近畿、九州の主要な大豆・麦類生産県が参画しており、技術の開発段階から各県公設試と普及組織とが連携して試験を実施している。速やかに技術が普及できるように栽培技術マニュアルを作成することとしている。

また、JAや実需者が協力機関として参画し、検討中の品種・系統の加工評価を実施するなど、普及開

始前から流通に向けた取組を進めている。

③他の研究や他分野への技術の確立への具体的貢献度

小麦については、センシング技術を活用し、生育診断に基づいた施肥技術が研究されている。この研究成果を活用することで、無駄な追肥を避けることができ、他の小麦に係る追肥に係る研究に寄与するのみならず、「みどりの食料システム戦略」における化学肥料の使用量の30%低減の目標に貢献するものである。

また、大豆については、天候等の影響で豊凶差が発生しやすく、国産大豆の安定供給のために今般、収量性の高い大豆品種の開発が進められている。その点で、本研究において開発する栽培技術をベースとして、多収品種を組み合わせることで、大豆の収量が加速度的に増加することが見込まれ「食料・農業・農村基本計画」における生産努力目標の達成に貢献するものである。

以上のとおり、アウトカム目標は達成可能であり、普及・実用に向けた体制も妥当であると考えます。

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きたか等）の妥当性

研究課題責任者、外部運営委員、行政部局で構成される年1回の運営委員会に加えて、研究コンソーシアム側が実施する設計会議、中間検討会、成績検討会に外部運営委員も参加し、適宜、試験の進捗状況を把握し、研究計画の見直しを速やかにできる推進体制となっている。

②研究推進体制の妥当性

課題構成は、国内大豆育種の主導的役割を果たしてきた農研機構の育種研究グループが品種開発課題を担当し、また、地域ごとに農研機構の栽培研究グループをとりまとめ役に配置し、実際の普及地域にある公設試で開発系統の評価、選定、栽培技術の実証試験を担当する構成で、各機関の強みを活かす体制となっており、研究推進体制は妥当であると考えます。

③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

各地域の技術開発の中核を担う佐賀県、三重県に重点的に予算配分するなど、状況に応じて柔軟な配分としていることから妥当性は高いと考えます。

【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

- ・大豆・麦類等は食生活の基盤であり、気候変動により適期がずれ込んできている観点からも、センシング技術を活用して栽培の効率化を図ることは極めて重要である。
- ・実証実験地域全てにおいて目標削減を達成しており、アウトプット目標の今後の達成可能性は高い。
- ・実用に繋がる成果が多く得られている。また、積極的に成果の公表を行っており、高く評価できる。

2. 今後検討を要する事項に関する所見

- ・当該地域の1/3への普及等高い目標の達成を目指した取組の強化を期待する。
- ・センシング技術については他の作目への展開も検討していただきたい。

[研究課題名] 現場ニーズ対応型研究のうちセンシング技術を駆使した畑作物品種の早期普及と効率的生産システムの確立

用語	用語の意味	※番号
落水口施工装置	圃場内に溜った水を圃場外に出すための水路を作る装置。本研究で開発している施工機は、額縁明渠（圃場に額縁状に掘った溝）から余剰水を圃場外に出すために、通常より深い位置に排水用のパイプを設置できる特徴を持っている。	1
カットブレーカー	水はけをよくするために、硬く締まった土の層に亀裂を入れる装置。トラクタや農耕用ブルドーザに装着して使用し、従来技術より深く、表面から70cmまでV字状に幅広く土壌を破碎できる。	2
生育後期重点施肥法	小麦の栽培では、基肥、穂肥、実肥など数段階に分けて施肥する栽培が行われるが、従来の施肥体系に比べて、生育の後半の穂肥や実肥の施肥割合を増やす施肥体系。各地で収量や蛋白含量が向上する報告がなされている。	3

⑫ センシング技術を駆使した畑作物品種の早期普及と効率的生産システムの確立【継続】

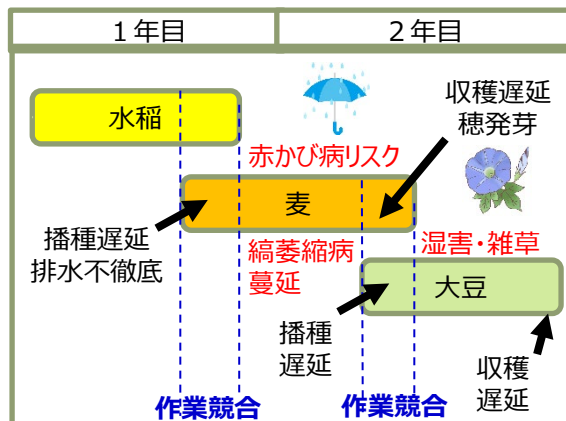
- 大豆や麦類では、一部の地域において深刻な低収が問題になっており、品種転換への要望が強い。しかし、新品種への置換え、普及には、多大な労力と年数をかけた試験の実施が不可欠であり、営農条件の急速な大規模化に対応した品種転換が進んでいない。
- 複数の有望品種を様々な生産ほ場において生産力を評価し、同時に多数のセンサーを設置して網羅的にデータを取得。低収事例および多収事例を徹底的に比較解析し、地域の環境条件に最適な品種と高位安定生産できる栽培技術を短期間に最適化。
- 品種と栽培技術をパッケージ化したマニュアルを作成。効果を現場で実証し生産システムを確立。麦類で1割、大豆で3割単収向上。

生産現場の課題

- 忙しくて、播種や収穫を適期にできない…。天候不順もあり、大豆や麦類の収量があがらない。
- 地域に適した品種に転換して、作付け体系も開発してほしい。

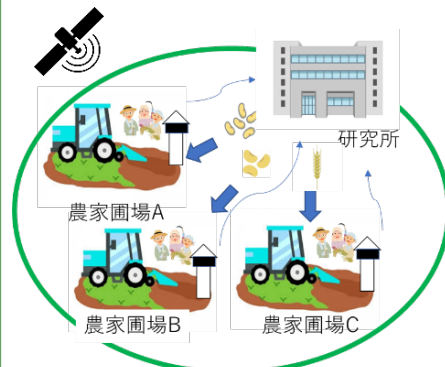


2年3作体系での低収要因

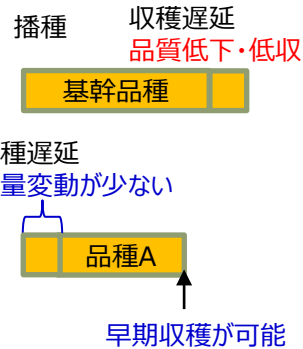


生産現場の課題解決に資する研究内容

- センシング技術（土壌水分、地温、空撮画像など）を駆使して、地域の環境条件に最適な品種を選抜すると同時に多収要因を徹底的に解明して高位安定栽培技術を短期間で最適化。
- 品種と栽培技術をパッケージ化し、マニュアルを作成。その効果を現場で実証し、生産システムを確立。



センシング技術を駆使して、品種と栽培法のセットを短期間に最適化



社会実装の進め方と期待される効果

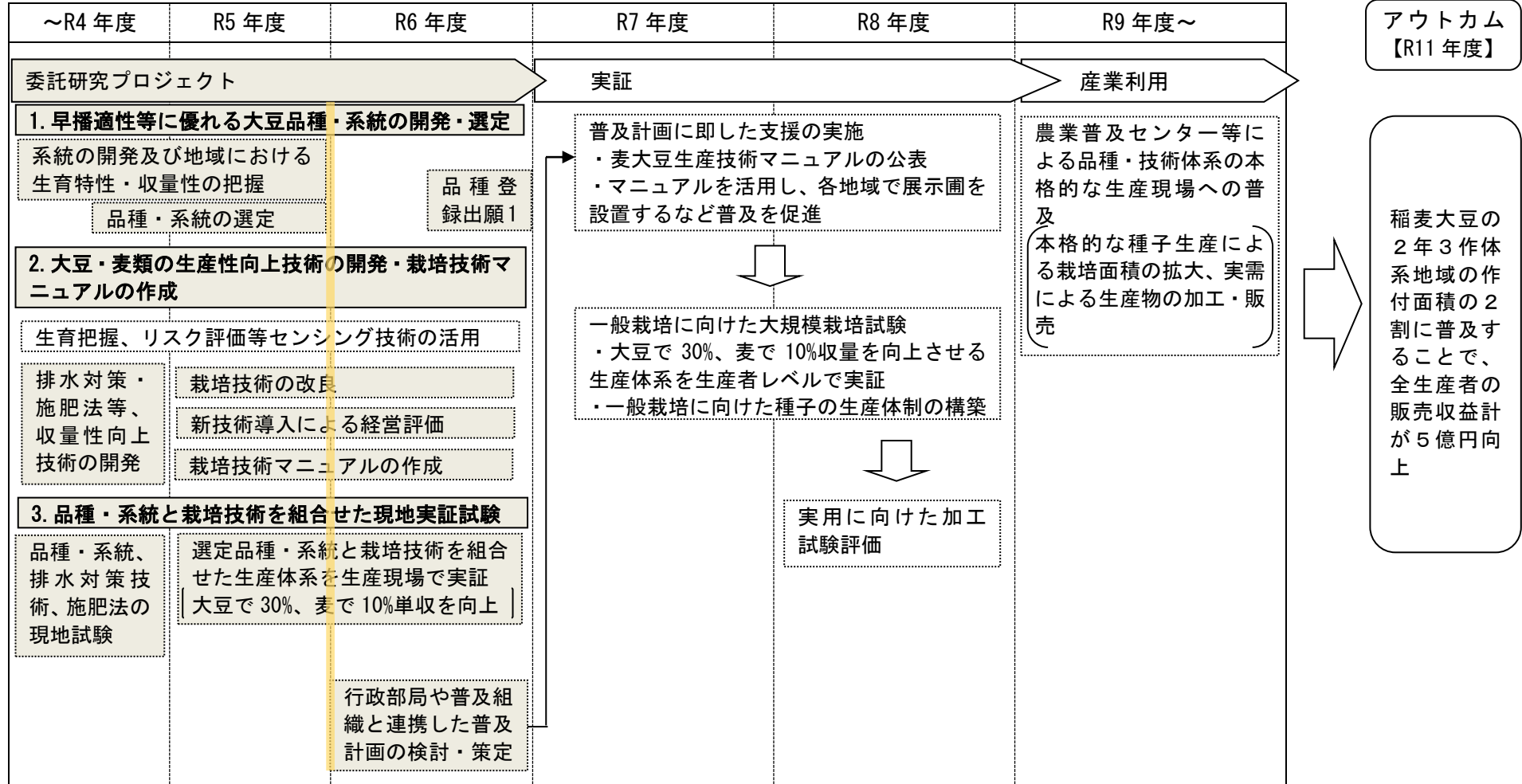
選定品種が高位安定生産できる栽培技術マニュアルを作成し、普及指導員等と連携して開発技術を普及。

- 新品種の導入とその性能を最大限発揮する生産システムを短期間に普及。麦類で1割、大豆で3割単収向上。
- センシング技術を駆使した革新的技術と生産システムが他地域にも波及。



【ロードマップ（終了時評価段階）】

センシング技術を駆使した畑作物品種の早期普及と効率的生産システムの確立



新しい品種・系統と圃場改善技術・肥培管理技術により単収向上 水田転換畑における大豆・麦類の安定生産技術



イメージ

栽培技術や栽培体系に応じた大豆・麦類品種・系統を選定するとともに、水分変動に強い圃場改善技術の開発や、肥培管理等栽培技術を開発しました。

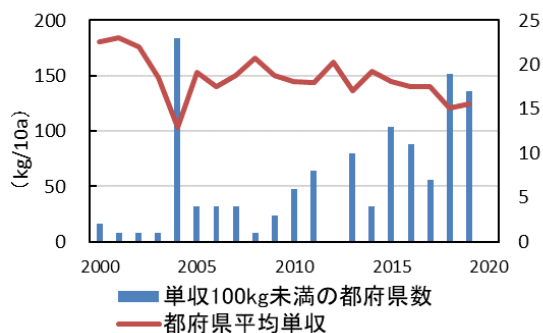
これらの技術の普及により、大豆・麦類の収量増加と安定生産に寄与することが期待されます。

研究背景

大豆・麦類の低収要因として、急速な生産規模の拡大に適応できない品種や栽培技術が導入されていることや、近年の不安定な気象の影響が挙げられます。そこで、本研究では、稲麦大豆の生産体系が行われている東海、近畿、九州地域を対象として、品種、播種時期、排水対策技術、肥培管理技術などをセットにした高位安定生産体系の確立に取り組みました。



大豆では、湿害や干ばつによる発芽不良や生育量不足、雑草害等により低収となっている



都府県大豆の平均単収と単収100kg未満の都府県数の推移

研究代表機関

農業・食品産業技術総合研究機構

プロジェクト名

センシング技術を駆使した畑作物品種の早期普及と効率的生産システムの確立

研究期間

令和2年度～令和6年度

〔共同研究機関：三重県農業研究所、愛知県農業試験場、岐阜県農業技術センター、岐阜大学、滋賀県農業技術振興センター、佐賀県農業試験研究センター、大分県農林水産研究指導センター〕

主要な成果

1

大豆の早播適性品種・系統や難裂莢性品種、小麦の多収品種の選定

➡ 早播適性品種・系統の導入により播種時期の拡大、難裂莢性品種の導入により収穫時期の拡大が可能。

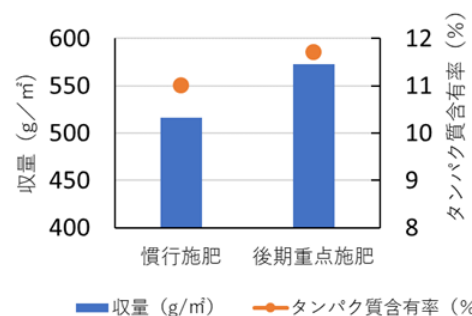


普及品種の標準播（左）と試験系統の早播（右）の比較試験

2

水分条件の最適化を目指した圃場改善技術、多収と高品質を両立する肥培管理等、品種・系統に応じた栽培技術を開発

➡ 排水対策による播種可能日数増加、一工程浅耕播種機による作業速度の3割向上、後期重点施肥法による小麦収量の1割以上増加が可能。



後期重点施肥による収量とタンパク質含有率への効果

三重県農業研究所（排水管理埋設装置及び排水管理埋設方法）

https://www.chubu.meti.go.jp/b36tokkyo/sesaku/chizai_businessmatching/seeds/04fy/8-7_miekenougyo.pdf

農研機構（湿害に強いダイズ「一工程浅耕播種法」の開発）

https://www.naro.go.jp/publicity_report/press/laboratory/karc/157480.html



トラクターで施工可能な深い落水口施工装置（写真上）
一工程浅耕播種機（左下）とテスト販売予定のアタッチメント（右下）

3



品種・系統と栽培技術を組み合わせた安定多収栽培技術をマニュアル化

➡ 品種や技術の普及により大豆・麦類単収向上が期待

農研機構（麦大豆作体系における大豆の早播儀技術導入マニュアル（仮題））
令和7年度公表予定



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	現場ニーズ対応型研究のうち生産現場強化プロジェクトのうち果樹等の幼木期における安定生産技術の開発			担当開発官等名	農産局果樹・茶グループ
				連携する行政部局	消費・安全局植物防疫課
研究期間	R 2～R 6（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					
<p>果樹の生産現場では果実需要に対して生産農家及び面積が減少傾向にあり、新植や改植時に省力樹形への更新を進めることで労働生産性を高め、もって経営面積の拡大を促すことで果実の供給量を維持する必要がある。しかし、新植や改植時の幼木期に凍害（※1）や急性枯死（※2）症状が発生し、また、多量の苗木が必要な高密度栽培が基本である省力樹形の普及に当たり苗木の供給不足となるといった問題が発生している。</p> <p>よって、これらの課題解決に資するため以下の課題を実施する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・果樹の急性枯死症状の発生要因の解明及び被害軽減技術の開発。 ・凍害の発生要因の解明及び対策技術の開発。 ・カンキツ、リンゴ、ブドウ苗木の安定生産技術の開発。 					
1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標					
<p>① 急性枯死症状対策として、病原細菌の生態解明と迅速診断法を含めて、急性枯死症状の多発園地において、枯死発生率を3割削減する対策技術を開発し、対策マニュアルを作成する。</p>					
<p>② 凍害対策として、発生要因の解明とともに多発圃場において幼木期の枯死発生率を3割削減する対策技術を開発し、対策マニュアルを作成する。</p>					
<p>③ 苗木の安定生産技術に関しては、カンキツでは、接ぎ木1年目に主枝候補枝を確保できる簡易な大苗育成技術を開発する。リンゴでは、M.9台木（※3）の効率的な生産技術の確立及び省力樹形用苗木の効率的な生産技術の開発により、成苗率を既存の手法より2割高める。ブドウでは、従来の接ぎ挿し法（※4）の改善と新たな緑枝接ぎ法（※5）による生産安定化に取り組み、成苗率を既存の手法より2割高める。</p>					
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30年）					
<p>令和8年までに幼木期の枯死発生率を3割削減可能な対策技術が開発・実証され、その後新植・改植の際に新技術の生産現場への導入が進むことにより、果樹経営支援対策事業で想定する未収益期間である5年間を想定した逸失粗収益の回避分として、急性枯死に関しては全国のモモ産地で約3億円、モモの凍害に関しては秋田県北部のみでも約1億円の経済効果が期待される。令和8年までに成苗（良質苗木）の生産効率を2割向上する安定生産技術の開発・実証され、その後苗木生産現場へ技術導入されていくことにより、ブドウの苗木生産に与える経済効果として年間1.2億円以上が期待される。本課題で扱っている他の樹種においても、急性枯死、凍害、苗木の安定生産のいずれに関しても、同様に逸失粗収益の回避が可能となり、更なる経済効果が期待できる。</p>					

【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

果樹生産においては、新植や改植時の幼木期の枯死や苗木の供給不足が、新品種や労働生産性の高い省力樹形への更新のボトルネックとなっており、省力樹形の生産面積を拡大することで生産性・収益性の向上を達成するためには障害となる課題解消が喫緊の課題となっている。急性枯死症状について、これまで不明であった病原細菌が近年ようやく特定された段階であるため、対策技術はまだ検討されていない。凍害の対策技術としては、幼木の主幹部に稲ワラ等の資材を被覆するか、クリでは「株ゆるめ」という冬季に根を切ることで凍害発生を抑制する技術が開発されているが、効果が限られており、十分な対策技術とはなっていない。苗木生産では、省力樹形・栽培であるカンキツの双幹形（※6）とリンゴの高密度わい化栽培（※7）に求められる多量の苗木の安定生産に向けて、カンキツ大苗とリンゴフェザー苗木（※8）の効率的な生産技術の確立が必要である。また、ブドウの苗木の成苗率は低く、醸造用ブドウをはじめ急増する苗木の需要を満たせておらず、安定生産技術の開発が求められている。このような中で本研究は、幼木期の枯死や苗木の供給不足に対応した技術開発により、果樹における生産性向上を図ることが期待され、現場の強いニーズに応える研究として重要性が高い。

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最終の到達目標に対する達成度**

急性枯死症状対策について、遺伝子発現解析により *Dickeya dadantii* の急性枯死症状の発病遺伝子に関するマーカー候補を選抜した。モモにおいて切り枝試験で発病の時期別差異、品種間差異の傾向を確認し、リンゴの実生苗において病原細菌の接種試験により萎凋症状を再現できた。また、樹体及び土壌サンプルから病原細菌を検出する手法を開発し、特許出願を行った。さらに、被害軽減対策の有望な要素技術として選抜した土壌改良を枯死多発圃場で実施したことにより、土壌の排水性の向上が示され、植え付け2年目のリンゴ樹において現時点（令和5年12月）で発症樹が9割程度減少すること、モモでは排水対策により発症樹が5割以上減少すること、ナシでは土壌改良区で枯死樹は見られず、発根量が増加することを確認している。以上のことから、概ね計画通りに進捗しており、研究目標の達成可能性は高い。

凍害対策について、モモ凍害発生圃地では、切り枝を用いた試験によって耐凍性が低下することを確認している。また、モモやクリにおいて窒素や堆肥施用の影響を明らかにし、適正な使用法を明らかにした。ナシ、モモ、クリにおける凍害発生圃地の多くでは土壌物理性不良が確認され、無処理区では2割から5割程度凍害による枯死が出ている圃地において気相率（※9）と透水性（※10）の改善対策を行うことにより、現時点（令和5年12月）で凍害による枯死は見られていない。以上のことから、概ね計画通りに進捗しており、研究目標の達成可能性は高い。

苗木の安定生産について、カンキツの1年生大苗育成において、現地圃場での発芽促進剤の活用等により、成苗率が現状より2割向上することを確認した。また、異常気象を回避可能な苗木育成技術として、ポット苗（※11）の育成についても1年生で主要作業時間の2割削減可能となることを確認した。リンゴのM.9台木の再養成法において、けい酸加里施用により苗木の基準合格率を目標としている現状より2割高めることを確認した。ブドウでは、接ぎ木法、挿し床（※12）の環境条件を明らかにすると同時に、現地育苗圃場における乾燥対策によって目標としている成苗率の2割向上を確認した。また、ブドウ苗木の生産量増加において重要である台木用母樹の軽労化栽培技術を開発した。以上のことから、概ね計画通りに進捗しており、研究目標の達成可能性は高い。

②最終の到達目標に対する今後の達成可能性とその具体的な根拠

急性枯死症状対策について、令和5年12月に暫定版のマニュアルを作成しており、これに基づき引き続き岩手県、福島県、岡山県、佐賀県での対策技術の現地実証を行い、適宜マニュアルの修正を進めつつ枯死発生率を含めた対策技術の経年効果を確認することで、最終目標の達成は可能であると考えている。

凍害対策について、令和5年12月に暫定版のマニュアルを作成しており、これに基づき秋田県、岐阜県、石川県において対策技術の現地実証を引き続き行い、適宜マニュアルの修正を進めつつ枯死発生率

を含めた対策技術の経年効果を確認することで、最終目標の達成は可能であると考えている。

苗木の安定生産について、令和5年12月に暫定版のマニュアルを作成しており、これに基づきカンキツ、リンゴ、ブドウ苗木における良質苗木の生産効率向上効果を引き続き確認し、実需者である苗木業者の意見も聴取しながら、マニュアルの修正を行うこととしており、最終目標の達成は可能であると考えている。

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

急性枯死に関しては、岡山県のモモ栽培面積665haに対して、被害発生圃場面積が約8ha、被害発生圃場の植栽樹における被害樹率が9.5%とされており、推定被害面積は0.76haと推定される。このモモ栽培全面積が順次改植されると仮定し、10a当たり生産量が2.5t（岡山県果樹振興基本計画「白鳳」）、平均卸売価格が692円/kg（令和2年青果物卸売市場調査結果）とすると、推定被害面積の粗収益は年間1,315万円と推定される。果樹経営支援対策事業で想定する未収益期間である5年間の逸失粗収益は6,574万円となり、これが対策技術で3割低減されると、1,972万円の経済効果となる。同様の被害が全国のモモ産地（10,400ha：平成30年）で起こると推定すると、経済効果は約3億円と推定される。新植・改植には長期間かかることから、目標達成年度は想定面積がほぼすべて改植される時期を想定している。

凍害に関しては、秋田県北部（鹿角市を中心）で、163戸中118戸でモモの生育障害が確認され、全栽培本数（11,401本）における枯死率は7%（約800本）とされている。推定被害面積は10a当たり20本植えとして、4haと推定される。急性枯死と同様に推定すると、推定被害面積の粗収益は年間6,903万円となる。未収益期間を5年間とすると逸失粗収益は約3.5億円となり、これが対策技術で3割低減されると、秋田県北部のみで約1億円の経済効果となる。

苗木の安定生産に関しては、「令和元年度果樹種苗生産の動向に関する調査報告書」（中央果実協会）を基に、以下のように推計した。調査した全184社のうち回答のあった51社におけるブドウ苗木の販売平均値は6,029本であったことから、回答事業者の年間販売総本数は約30万本である。苗木の販売価格を平均約2,000円/本と仮定すると、年間の販売金額は約6億円となる。需要に対して供給が不足している苗木生産効率が2割向上することで生産本数も2割増加すると仮定し、回答事業者以外の生産分も考慮すると、本技術によるブドウの苗木生産に与える経済効果は少なくとも年間1.2億円と推定される。

以上より、各課題において、アウトカム目標の具体的な根拠について現状のデータ等を用いた内容となっており、本課題で開発された技術を用いた改植は進むものと考えている。

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

普及・実用化に向けて、コンソーシアムに公設試験研究機関、大学が参画しているほか、参画県の普及組織等とも連携して研究開発を進めている。また、これまでに、学会、刊行物等で67件の発表を行うなど、本プロジェクトで開発する技術の広報を実施している。さらに、生産者及び苗木業者への講習会や研修会等において、これまでに得られた成果を情報提供した（103件）。今後も研究成果の円滑な普及を見据え、技術の受け手、地元関連JA、普及組織、生産法人などと連携した普及、営農現場での情報提供、連携を強化し、積極的に取り組む予定であり、アウトカム目標の達成は可能である。

③他の研究や他分野の技術の確立への具体的貢献度

本事業で開発した凍害対策については、今回取り組んだモモ以外のブドウ、カキ等の品目においても問題となっており、様々な品目で示されている生育に適正な土壌条件と合わせた形での対策技術の確立が期待される。

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きたか等）の妥当性

5名の外部専門家と、関係する行政部局で構成する運営委員会を設置し、行政ニーズや各課題の進捗状況を踏まえて令和5年12月に成果マニュアル（暫定版）の作成を行う等本成果について速やかに現地実装を進めることを念頭に実施計画の見直し等の適切な進捗管理を行っている。課題全体を通じて柔軟性の高い対応により、進捗状況に応じてメリハリの利いた的確な見直しが行われており、研究計画の妥当性は高い。

②研究推進体制の妥当性

外部有識者（5名）や農林水産省農産局及び技術会議事務局担当者を参集した運営委員会を5回実施し（*令和6年2月時点）、推進会議では研究プロジェクトの進捗状況を管理しつつ、研究実施計画の見直し等を行っている。また、関連課題や分野ごとに現地検討会等を適宜開催し、研究推進方向の確認や情報共有、情報交換に努めるなど、適切な推進体制としている。

③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

急性枯死症状及び凍害に関する課題は、果樹幼木期の生育安定に寄与する土壌要因の解明を含むため、コンソーシアム内の緊密な連携のもとに課題を遂行した。また、苗木安定生産技術の開発においては、技術の確立・定着のために現場と連携のもとに実証及び経営評価に取り組むこととしており、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。

急性枯死症状にかかる病滅細菌の迅速診断法について当初複数の診断法を組み合わせることを検討していたが、期間途中で単一の方法で診断可能になることが明らかとなったため、令和4年度に一部課題を終了する等各実行課題の進捗状況、研究成果に応じた予算配分の重点化を行っている。それぞれの実行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全体の実績に関する所見

- ・幼木期の枯死発生による逸失粗収益の回避ができると、果樹農家の収益改善のみならず、高齢化対応、新規参入のハードルを下げる効果も期待できる。また、解決には中長期にわたる総合的な検討が必要となり、国主導による研究が必要である。
- ・アウトカム目標達成に向けた計画が検討されており、今後の達成可能性は高い。
- ・各地域において講習会・研修会などを通じ研究成果を積極的に発信している。また、既に暫定版のマニュアルを作成し、今後適宜修正を進めつつ対策技術の経年効果を確認することとしており、研究推進方法は妥当である。

2. 今後検討を要する事項に関する所見

- ・試験期間での実証結果が、多様な気象条件を持つ日本各地の産地に適応できるかが今後のポイントであり、今後、実証期間で細やかな現地実装を期待する。

[研究課題名] 現場ニーズ対応型研究のうち果樹等の幼木期における安定生産技術の開発

用語	用語の意味	※番号
凍害	作物が低温に遭遇し、凍結、枯死する障害。落葉果樹では、樹体は晩秋から徐々に寒さに強くなり、厳冬期には低温耐性が最大となり、春に徐々に低温に対して弱くなっていく。樹体がかつ低温耐性よりも低温に遭遇する場合、凍害が発生すると考えられている。	1
急性枯死	リンゴ、モモ、ニホンナシ等の落葉果樹で、赤褐色の樹液の漏出を伴って樹勢が衰弱し枯死する症状。	2
M.9台木	リンゴのわい性台木の一つ。マルバカイドウを台木としたリンゴを普通樹と呼び、樹勢が強く樹が大きくなるが、樹をコンパクトにするわい化栽培ではわい性台木が利用され、国内で流通している台木の中でM.9台木は最もわい化度が高いとされている。長野県のフェザー苗木の生産ではこの台木が利用されている。	3
接ぎ挿し法	採取した台木の枝に穂木を接ぎ木し、接ぎ木部の活着と台木の発根を同時進行で行う方法。	4
緑枝接ぎ法	発根させた台木から発生した新梢（緑枝）に、穂木（緑枝、もしくは休眠枝）を接ぎ木する方法。	5
双幹形	主幹部30～50cm程度の高さから分岐させた2本の主枝を、V字型やY字型に仕立てる樹形。	6
高密度わい化栽培	リンゴでは、普通樹（マルバ台）の10aあたりの植栽本数は30本程度、通常のわい化栽培では100本程度に対し、高密度わい化栽培では300本程度の高密度で植栽する。本栽培では、側枝を下に下げて管理し、壁状の樹列を作ることで、作業性が向上し、収量も増加する。本栽培にはフェザー苗木が用いられる。	7
フェザー苗木	通常の1本棒状の苗木ではなく、そこから側枝（フェザー）を数本出させた苗木。	8
気相率	土壌中に占める空気の割合。土壌には土粒子の固相、液体部分の液相があり、気相を含めた三相の割合を三相分布という。	9
透水性	土壌の中の水の流れやすさ。気相が水で満たされて、液相と気相を含めた孔隙（すきま）が飽和状態になった時の水の流れやすさを指すことが多い。	10
ポット苗	苗木を圃場で育成するのではなく、苗木1本ごとに容器で分けて育成された苗。本事業では、底があるポットを使用せず、凹凸のあるプラスチック板を円筒に区切って苗を育成しており、従来のポットと区別するためコンテナ苗と称している。	11
挿し床	ブドウの接ぎ挿し法において、台木と穂木を接ぎ木したものを、活着および発根させるために保管する場所。枠の中に湿らせたおがくずやパーライトを入れ、そこから加温できるような挿し床が望ましい。	12

⑬ 果樹等の幼木期における安定生産技術の開発【継続】

- 果樹の生産現場では、労働力の確保が困難となる中、新植・改植による労働生産性の高い省力樹形への更新が必要となっているが、幼木期の枯死や苗木の供給不足がボトルネックとなり樹形更新が進んでいない。
- そこで、**幼木期の枯死への対策技術と、苗木の安定生産技術を開発**する。
- これらの技術により、幼木期の生育安定と、苗木の安定供給を実現し、生産性の高い樹形への更新を促進させる。

生産現場の課題

- ・新植・改植により生産性の高い省力樹形を導入したいが、病害や凍害による幼木期の枯死が心配。
- ・密植による早期成園化のためには、大量の苗木が必要だが、挿し木による台木の増殖や、接ぎ木の活着率が苗木の生産効率の阻害要因となっており、突発的な苗木需要への対応が困難。



<イメージ>

急性枯死症による枯死
(もも)凍害による幼木の枯死
(くり)

生産現場の課題解決に資する研究内容

- ・モモ急性枯死症、ナシさび色胴枯病等の果樹の幼木期に発生する急性枯死症状について、発生要因の解明と診断法の開発等を行い、被害軽減を可能とする対策技術を開発。
- ・幼木期の成育阻害要因の一つとなる、凍害の発生について、その発生要因や多発する環境条件を解明するとともに、対策技術を開発。
- ・挿し木の発根率や接ぎ木の活着率の向上技術、良質苗の安定生産技術等、苗木の安定生産技術を開発。

<イメージ>



発生要因解明

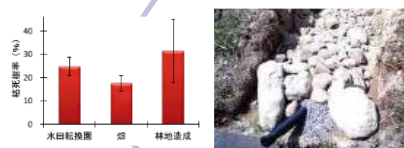


対策技術

急性枯死症対策



苗木の安定生産技術



多発条件解明



対策技術

凍害対策

幼木・苗木の
安定生産技術社会実装の進め方と
期待される効果

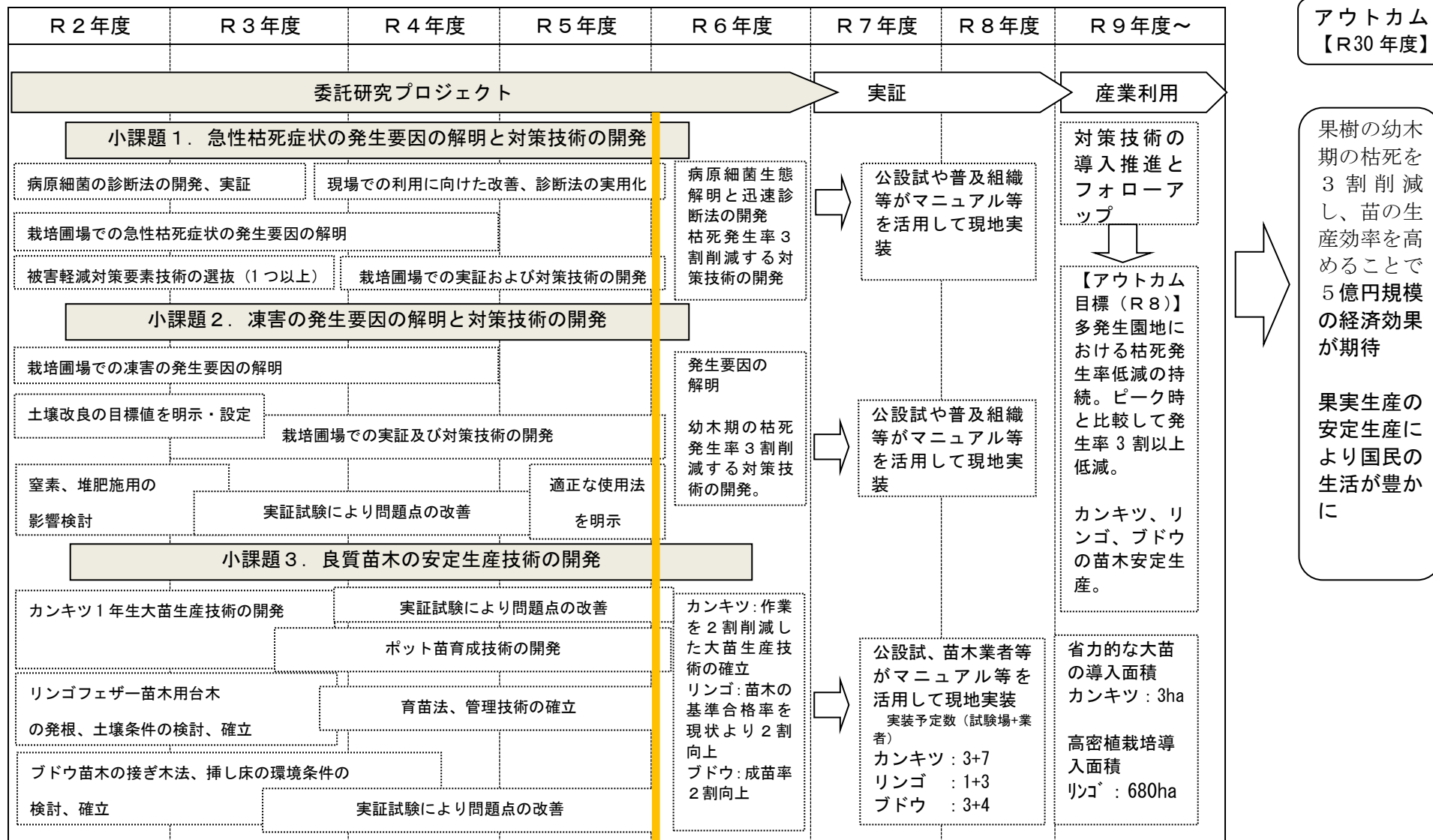
- ・果樹類の急性枯死症状や凍害による幼木期の枯死について、対策マニュアルを作成・公表し、産地への迅速な普及を図る。
- ・苗木の安定生産を可能にする技術体系を、マニュアル化して公表。

- ・幼木期の枯死発生率を3割削減し、労働生産性の高い省力樹形への更新を促進。
- ・良質な苗木の生産効率を2割向上し、安定した苗木供給を可能に。



【ロードマップ（終了時評価段階）】

果樹等の幼木期における安定生産技術の開発



「果樹等の幼木期における安定生産技術の開発」

研究概要

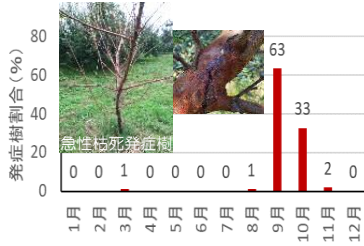
果樹の生産現場では、新植や改植時に凍害や急性枯死による幼木期の枯死が多く、苗木の供給不足が問題となっている。そこで、①果樹の急性枯死症状の発生要因の解明および被害軽減技術の開発、②凍害の発生要因の解明およびの対策技術の開発、③カンキツ、リンゴ、ブドウ苗木の安定生産技術の開発の3つの課題を実施する。

達成目標

幼木期の急性枯死や凍害による枯死発生率を3割削減するとともに、苗木の生産効率を2割向上することで果実の安定生産に寄与する。

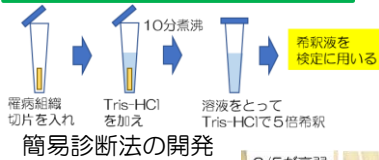
①急性枯死症状の発生要因の解明と対策技術の開発

土壌の過湿と高温が発生の主要因



モモ急性枯死の発生時期

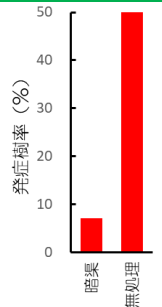
病原細菌の検出法の開発
人工接種法の開発



人工接種法の開発



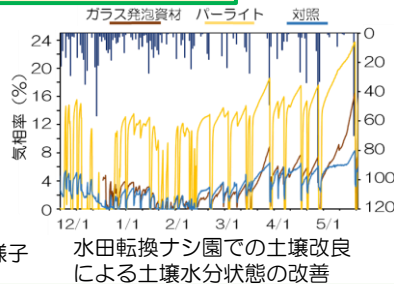
土壌改良等で排水性を高め、3割発生抑制



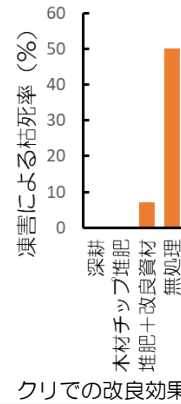
排水対策として暗渠敷設 リンゴでの排水対策効果

②凍害の発生要因の解明と対策技術の開発

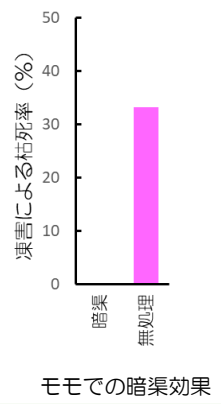
土壌の過湿、透水不良で凍害発生が増加
→土壌改良、排水対策により凍害発生を3割削減



クリ園での改良効果



クリでの改良効果



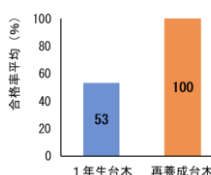
モモでの暗渠効果

③良質苗木の安定生産技術の開発

カンキツ1年生大苗、ポット苗育成技術の開発
作業を2割削減した大苗生産技術の普及



1年生フェザー苗木の生産効率の2割向上
リンゴ台木の合格率が
けい酸加里施用で2割向上



再養成台木利用による苗木合格率向上



ブドウ苗の成苗率の2割向上
接ぎ挿し法の改善及び新たな苗木育成法の開発による成苗率の向上



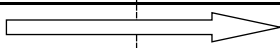
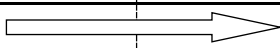
挿し床の適切な温度管理及び苗ほでの乾燥対策による接ぎ挿し法の改善

新たな苗木育成法の開発

今後の方針

- 実需者の意見を反映した対策マニュアルの作成を行う。
- 公設試、普及組織、苗木業者等がマニュアル等を活用して現地実装を進めていく。

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	現場ニーズ対応型研究のうち 大規模飼料生産体系における収 穫作業の人手不足に対応する技 術開発			担当開発官等名	畜産局飼料課 農林水産技術会議事務局研究企画課
				連携する行政部局	畜産局飼料課（飼料生産振興班）
研究期間	R 2～R 6（5年間）			総事業費（億円）	2.4億円（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＞

牧草・飼料作物の生産現場では、熟練オペレーターの人手不足が著しく、収穫作業時にハーベスターと運搬用トラックが併走するような高度な運転操作技術を要する、組み作業（※1）の実施が困難になりつつある。また、北海道のような広大な農地においては、目的のほ場位置や自車位置を把握することが難しく、土地勘のない運搬用トラックのオペレーターの参入を難しくしている。そこで本研究では、

- ・高度な運転操作技術が要求される組み作業の運搬用トラックにおいて、自車位置のズレを運搬用トラックのオペレーターに知らせ、適切な位置に誘導し、ハーベスターとの併走を容易にするための併走サポートシステム
- ・土地勘のない運搬用トラックのオペレーターに対し、広域な農地に点在するほ場の位置や、一般的な地図システムには捕捉されない農道等も含めた作業ほ場及び収穫物の集積地までの最適ルートを表示するナビゲーションシステム

を開発し、練度が低いオペレーターや土地勘のないオペレーターの収穫作業への参入障壁を下げ、柔軟な人手確保を可能にし、粗飼料生産性の向上と人手不足の解消を図る。これらの開発システムについては、ユーザビリティ（※2）の高いアプリケーションとして商品化し、生産現場への導入を目指す。

1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標

1) 運搬用トラック併走サポートシステムの開発

・運搬用トラックオペレーターに対し、ハーベスターへの併走を容易にするために、ハーベスターからトラックまでの距離を3D-LiDAR（※3）で常時計測し、モバイル端末に高速通信する基礎技術を開発する。さらにトラックに搭載したスマートフォン、タブレット等を通じてトラックのオペレーターに位置情報を伝えるとともに、音声通知も加えた誘導・接触回避システムを構築する。また、ハーベスターに設置したLEDパネルで併走位置を分かり易く表示する。開発したシステムは令和7年度までに市販化する。

なお、当初計画では併走サポートシステムの開発において、ハーベスターのシュート（※4）からトラックの荷台に対して収穫物を自動照準で吹き込むシステムの開発を計画していたが、このシステムだけでは運搬用トラックの併走位置の大きなずれには対応できず、依然として熟練の運搬用トラックオペレーターが必要になることから、練度の低いオペレーターでも対応できるように、上述の誘導・接触回避システムの開発に特化することとした。

2) 運搬用トラックナビゲーションシステムの開発

土地勘のない運搬用トラックのオペレーターでも効率的な作業を可能にするため、一般的な地図システムには捕捉されていない農道を含めた「収穫作業ほ場と収穫物の集積地までのルート検索機能」、「トラックの位置情報表示機能」、「ナビゲーション機能」、「危険箇所等の情報共有機能」を有するシステムを開発する。開発したシステムは令和7年度までに市販化する。

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 (R13年)

運搬用トラックの伴走サポートシステム及びナビゲーションシステムの導入により、練度が低いオペレーターや土地勘がないオペレーターでも容易に収穫作業へ参入することが可能となり、雇用創出効果が発生することで、年間約5億円の経済波及効果が期待される。また、規模拡大が可能になることにより、飼料作物の作付面積が増加し、約90億円の経済的効果が期待できる。これらの開発技術は、粗飼料生産現場における円滑な人手確保に資するとともに、良質な粗飼料生産を通じた収益性の向上にもつながり、地域の基幹産業の活性化が期待される。

【項目別評価】

1. 研究成果の意義

ランク：A

①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

酪農経営における飼料生産現場では、他の産業同様に高齢化や労働者不足により、作業の効率化や自動化が必要となっている。特に飼料生産において、稲作や畑作に比べ、耕地の傾斜や不定形であること、作業機械が多数あることなどから作業の効率化等による人手不足対策の検討が遅れている。特にハーベスターと組み作業を行うトラックオペレーターの確保は、熟練の技術も必要なことから人員確保が難しい状況となっている。このため、酪農経営の基盤となる良質な国産粗飼料の調製が困難になりつつある。さらに、北海道のような広大な農地においては、トラックオペレーターが目的のほ場位置や自車位置を把握することが難しく、土地勘のないオペレーターの参入を難しくしている。

本プロジェクトでは、既存のハーベスター及びトラック等に設置でき、経験の少ないトラックオペレーターでも収穫時の組み作業を可能にする伴走サポートシステム及び土地勘のないトラックオペレーターに対して収穫ほ場から収穫物の集積所まで効率的な輸送ルートを示すナビゲーションシステムの開発・商品化を目指しており、生産現場のニーズを的確に反映している。

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最終の到達目標に対する達成度

1) 運搬用トラック伴走サポートシステムの開発

ハーベスターに取り付ける3D-LiDARとカメラ、位置情報表示のためのLEDパネル、タブレット端末、システム統制用PC、アプリケーションからなるシステムを構築し、ハーベスターとトラックの相対位置の検知、トラックの荷台画像の表示、音声、LEDパネル及びタブレット端末による運搬用トラックの誘導システムを構築している。令和4年度にはプロトタイプを完成させ、飼料生産現場での実証試験を開始するとともに、令和5年度にはシステム統制用PCの小型化（体積を従来の16.7%にサイズダウン）、旋回時のハーベスターとトラックの接触回避機能の付与、カメラへの耐水、防振性能の付与及び年間の収穫時期を通じた稼働試験を実施するなど製品化に向けた技術開発を進めている。

2) 運搬用トラックナビゲーションシステムの開発

令和4年度に従来のナビゲーションアプリには無い農道を含めたルート検索・ナビゲーション機能などを備えたプロトタイプを開発し、令和5年度からは複数地域において実証試験を開始し、ユーザーニーズに応じた改良を行い、農道を含めたルート探索機能、作業機のグループ表示機能、危険箇所などの情報登録・共有機能などの実装に至っている。

両課題とも、令和6年度も引き続き実証試験を行い、製品化に向けた改良及び不具合の解消を行う予定であり、最終目標の達成に向けて順調に進捗している。なお、ナビゲーションシステムは、生産現場での実証試験に基にした機能の改善が計画を上回って進捗しており、早ければ令和6年度末に市販化される見込みである。

②最終の到達目標に対する今後の達成可能性とその具体的な根拠

運搬用トラック伴走サポートシステム及びナビゲーションシステム双方ともにプロトタイプが完成しており、飼料生産現場における実証試験を繰り返し、ユーザーの意見の取り込みや、不具合の解消を行っており、令和7年度までの市販化に向け、計画通り進捗している。また、開発したシステムの社会実装を促進するため、飼料生産組織に向けた研修会での情報提供や、普及のための現地検討会等を開催しており、最終目標の達成は可能と考えられる。

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

本プロジェクトは生産者との意見交換や情報収集の中で出されたニーズに基づいて行われており、開発した技術は粗飼料生産現場での実証試験を通じて、必要な機能の選定や改良を行っている。本技術は労働力不足に直面しているコントラクター（※5）や、TMRセンター（※6）等の飼料生産組織や酪農経営において幅広く導入可能なものであり、アウトカム目標は達成可能である。具体的には、開発した運搬用トラックの伴走サポートシステムを導入することで、非熟練オペレーターが収穫作業へ従事した場合でも、熟練者と同程度の作業を行うことが可能となり、雇用創出効果が発生する。牧草及び飼料用とうもろこしの収穫時期を6か月、給与額を30万円/月と想定し、北海道の各コントラクター及びTMRセンター（約300組織）が1人ずつ増員すると仮定した場合、約5億円/年の経済波及効果がある。

また、柔軟な人手確保が可能になることで規模拡大が可能となり、牧草及び飼料用とうもろこしの作付面積の増加が見込まれる。北海道を対象に牧草、飼料用とうもろこしの作付面積がそれぞれ4%増加すると見込んだ場合、作付面積は牧草で2.1万ha、飼料用とうもろこしは2千ha増加し、その結果、約90億円/年の経済的効果が期待できる（牧草の収量 33.5t/ha、乾物率25.0%、価格43円/乾物kg、飼料用とうもろこしの収量 53.0t/ha、乾物率27.1%、価格50円/乾物kgで試算）。また、収穫作業の遅延による牧草等の飼料価値の低下が抑制されることで、良質な粗飼料の安定供給が可能となり、酪農経営の収益性の向上も期待される。なお、開発するシステムは、北海道以外の地域においても利用可能であり、中間評価時の指摘を踏まえ、開発したシステムを他地域へも周知する。

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

開発した技術の普及・実用化を推進するため、研究コンソーシアムには研究機関の他、JA及びTMRセンター（生産者）が参画しており、連携して実証・モニタリングを行っている。また、伴走サポートシステム及びナビゲーションシステムともに民間企業がコンソーシアムに加わっており、開発したシステムは令和7年度までに市販される予定である。本システムの普及活動については、令和4年度までに産学連携イベントや、北海道内での普及セミナー等を3回行っている。令和5年度においては「全国コントラクター等情報連絡会議研修会」で技術紹介を実施した。市販化モデルが完成する令和6年度においては、実証試験に合わせた普及セミナーの開催、産学官連携イベント、アグリビジネス創出フェアへの出展、販売促進資料の作成・配布などを通して、北海道内外の関係者への開発されたシステムの有用性について周知を図ることにしており、適切な取り組みがなされると判断している。

③他の研究や他分野の技術の確立への具体的貢献度

伴走サポートシステムは、運搬トラックの自動運転への応用が期待される。また、ナビゲーションシステムは、収穫作業ほ場と収穫物の集積地までの輸送が必要な様々な農作物（例：テンサイ）の収穫作業への応用が期待される。

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きたか等）の妥当性

本課題の研究目標は、非熟練オペレーターをサポートするシステムを開発し、低コストでの導入を可能とすることにより、粗飼料生産現場における労働力不足を解消することであり、その達成に向けて着実に研究を推進している。外部専門家や関係行政部局等で構成される運営委員会や研究推進会議により進捗状況を確認することに加え、シュートの自動照準システムの開発計画を中止したが、その一方で、プロトタイプの性能評価・改良を行う上で、新たに必要とされた音声通知機能やハーベスターに取り付けるLEDパネルを利用した誘導システムの開発に予算を配分して取り組むなど、計画の見直しを適切に行っている。また、各システムが持つべき仕様について、実証試験で得られたユーザーの意見を取り入れて見直しを行っており、研究計画は妥当である。

②研究推進体制の妥当性

外部有識者及び関連行政部局で構成する運営委員会にて、進捗状況及び毎年度の研究計画の確認を行うとともに、システムの市販化に向け民間企業をコンソーシアムに加えるなど、研究プロジェクトの進捗状況に応じて研究実施計画や課題構成を逐次見直しており、研究推進体制は妥当である。

③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

各課題とも計画通りに研究が進捗しており、今後は製品化を前提とした生産現場における実証試験を通じて、耐久性のテストや不具合の解消を行うための課題に予算を重点配分することとしており、目標達成が見込まれることから予算措置は妥当である。

【総括評価】

ランク：A

1. 委託プロジェクト研究課題全体の実績に関する所見

- ・高齢化や労働者不足が深刻な飼料生産現場での課題解決に資する研究課題であり、その成果は研究開始時と同程度の意義を持つ。
- ・研究は概ね計画通りに進捗し、一部は前倒しで市販化されるシステムもある等アウトプット目標の達成可能性は高い。また、開発したシステムの実装に向けた各種取組も着実に実施されていることから、アウトカム目標の達成可能性は高い。

2. 今後検討を要する事項に関する所見

- ・類似の技術は既に自動車業界など他業界では低コスト実用化されている。様々な条件の違いはあるが、デザインレビュー等を通じてこれらの技術と比較することによって、本研究課題の強みは何か、真に開発すべき技術は何かをより明確化することを強く期待する。
- ・研究の意義は理解できるが、コストの掛かる技術であり、将来の技術の普及先、コストに見合う技術なのか等現場のニーズを把握し、普及の見通しを明確にして研究を進められたい。
- ・開発されたシステムの製品化に当たっては、知財化することは必要である一方、高コストによる普及の阻害も懸念されることから、知財化と普及の促進をバランスが取れるような展開を期待したい。また、研究終了後の民間企業のフォローアップも継続して対応していただきたい。

[研究課題名] 現場ニーズ対応型プロジェクトのうち大規模飼料生産体系における収穫作業の人手不足に対応する技術開発

用語	用語の意味	※番号
組み作業	牧草や飼料用とうもろこしの収穫において、収穫を行う作業機（ハーベスター）と収穫物を積み込むトラックが併走して作業を行うこと。ハーベスターにより集められた収穫物が、シュート（本欄の4を参照）からトラックの荷台に向けて吹き出される。それぞれにオペレーターが必要であり、適度な距離を常に保ちながら作業を行う必要があることから、高度な技術が要求される。	1
ユーザビリティ	開発するアプリケーションの使い勝手のこと。画面表示の方法や音声入出力等をよりユーザーにとって使い勝手のよい形に改良すること。	2
3D-LiDAR	3次元状に光を照射し、センサー周辺の距離からその場所の形状や位置の把握に活用されるセンサー。	3
シュート	ハーベスターで収穫した牧草、飼料用とうもろこし等を運搬用トラックに吹き込むための吹き出し口。	4
コントラクター	飼料の収穫等を請け負う外部受託組織。1農家あたりの飼養頭数の増加に伴い、飼料生産部門を外部に委託する畜産農家が増えている。	5
TMRセンター	TMR（Total Mixed Rationの略、完全混合飼料：サイレージ、乾草、濃厚飼料、ミネラル等をバランス良く混合した飼料）を製造し、畜産農家に供給する施設。	6

⑭ 大規模飼料生産体系における収穫作業の人手不足に対応する技術開発【継続】

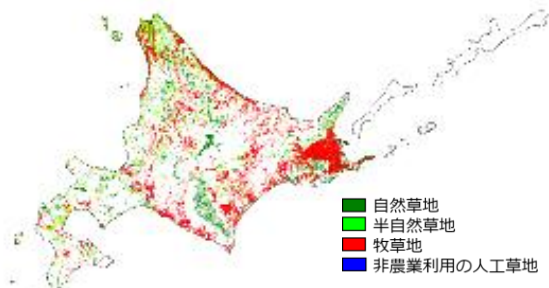
- 近年、牧草・飼料作物の収穫現場では熟練オペレーターの人手不足が著しく、収穫機と運搬用トラックを併走させる運転技術が必要な組み作業の実施が困難になりつつある。
- そこで、新人オペレーターでも収穫組み作業への参加を可能とするため、**牧草及び飼料作物の収穫作業において、収穫機と併走する運搬用トラックの運転支援システムを開発**する。
- 開発した支援システムにより、酪農およびコントラクターの人手不足を解消し、適期収穫による牧草品質・収量の向上で経営の安定化を実現する。

生産現場の課題

- ・酪農分野は高齢化が進み、熟練したオペレーターが不足。
- ・収穫作業が集中するため、運転ドライバーが不足し、適期収穫が困難。



<イメージ>



大規模かつ分散している草地・飼料畑。
熟練オペレーターの不足から、適期収穫が困難。

生産現場の課題解決に資する研究内容

作業機間の相対位置を表示するデバイスを高度化し、起伏のある草地においても、収穫機と正確に併走を可能とする運搬用トラックの運転支援システムを開発。

<イメージ>

牧草収穫の組み作業の様子



運転支援システムを搭載した運搬用トラック

※組み作業で熟練オペレーターを要する理由

1. 飼料収穫におけるトラック併走は併走～斜め後方の位置で正確な相対距離を保つ必要。
2. 草地は凹凸が多いが、そのような場合でも適切な位置関係を保つための技術が必要。

社会実装の進め方と期待される効果

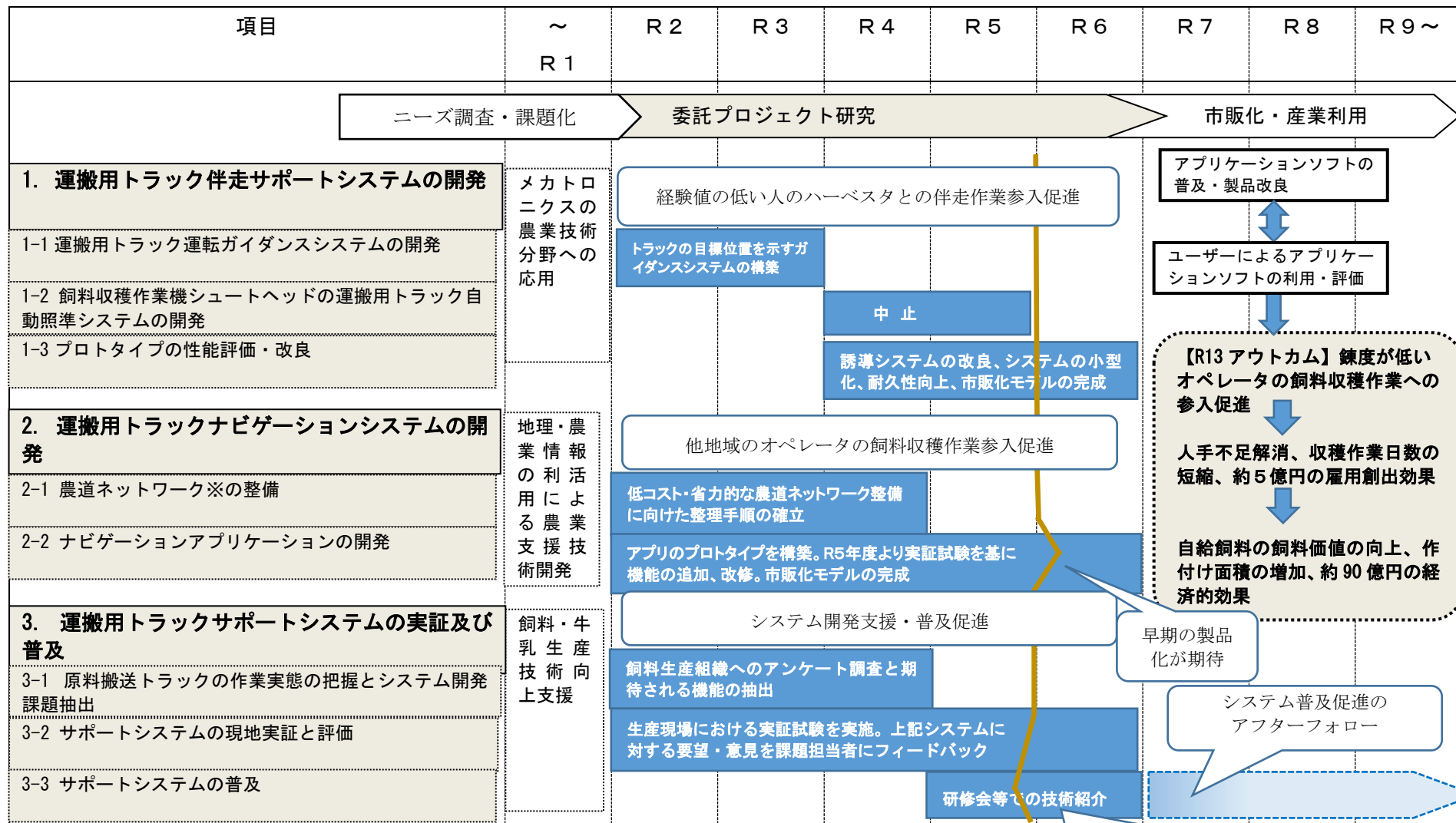
開発した技術について、自動車・農機メーカー等と連携して、全国の畜産農家に普及。

- ・新人オペレーターでも収穫作業に参加可能となり、人手不足が解消される。
- ・適期収穫が可能となることで、牧草収量が10%増加し、畜産農家の経営強化に貢献。



【ロードマップ（終了時評価段階）】

＜大規模飼料生産体系における収穫作業の人手不足に対応する技術開発＞



※一般のナビゲーションシステムでは網羅できていないような細い農道等も含めた道路情報のこと。

実証試験・システム普及：令和6年2月7日に研修会で紹介

現場ニーズ対応型プロジェクトのうち大規模飼料生産体系における収穫作業の人手不足に対応する技術開発

研究概要



写真1 ハーベスタから運搬用トラックへの牧草の積み込み。熟練の技術が必要となり、近年、トラックオペレーターの確保が困難になっている

飼料生産現場での人手不足に対応した原料運搬用トラックのサポートシステムを開発

- ①ハーベスター伴走サポートシステム
⇒ 経験の少ないトラックオペレーターでもハーベスターとの伴走を容易にする
- ②トラックのナビゲーションシステム
⇒ 土地勘のない他地域のオペレーターでも地元のオペレーターと同様に運搬できるようになり、収穫・調製作業の効率やサイレージの品質向上が期待できる
- ⇒ 上記のシステムを市販化し、飼料生産現場での人手の確保を容易にし、国産粗飼料の生産基盤を強化する

研究背景

- ★人手不足、天候不順等により、収穫適期内での収穫・調製作業が困難に
 - ⇒ 作業効率悪化による収穫可能面積の減少、飼料価値の低下
 - ⇒ 酪農経営での乳生産低下、購入飼料費の増加による経営悪化
- ★本取組み：人手不足解消対策 ⇒ 未経験者の収穫・調製作業への従事促進



写真2 トラックから吹きこぼれるサイレージ原料
経験値の浅いオペレーターには協調作業が困難



写真3 一般のナビゲーションに載っていない農道を走行するサイレージ原料運搬トラック。土地勘の低いオペレーターは迷子になりやすい

研究代表機関

帯広畜産大学

プロジェクト名

大規模飼料生産体系における大規模飼料生産体系における収穫作業の人手不足に対応する技術開発

研究期間

令和2年度～令和6年度

主要な成果

1 ハーベスター伴走サポートシステムの開発

➡ ★3D-LiDARによりハーベスターと運搬用トラックの位置を計測(写真4)



★トラックを適正な位置に誘導

- ①モバイル端末の音声
- ②ハーベスター上のLEDパネル(写真5)



★作業初心者の原料吹きこぼし減少、ハーベスターとの位置調整作業の負担軽減、衝突防止
⇒オペレーターの作業効率向上、精神的負担軽減

【開発機関名】北見工業大学・株式会社システムサプライ



写真4 左：ハーベスターとの協調作業
右：3D-LiDARによるトラック位置の計測



写真5 ハーベスターに取り付けるLEDパネル。丸印がトラックの位置を示し、オペレーターを適切な位置に誘導する

2 運搬用トラックナビゲーションシステムの開発

➡ ★農道ネットワーク構築法の確立(写真6)



★ナビゲーションシステムの開発

【主要機能】一般のナビでは補足されていない農道を含めたルート検索機能、トラックの位置情報表示機能、ナビゲーション機能、情報共有機能

【特徴】①一般的な地図システムには表示されない農道を含めた最適ルート表示、②複数車両の位置表示による作業進捗状況の把握、③全国各地で導入可能、④Android、iPhoneに対応



★土地勘の低いオペレーターの収穫作業参入促進

【開発機関名】国際航業株式会社



写真6 農道ネットワークシステム
赤色で示した道がルート検索の対象に

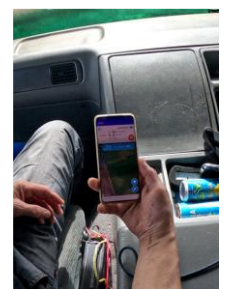
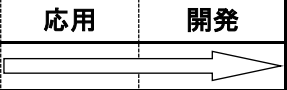
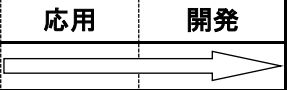


写真7 左：ナビゲーションシステム表示画面
右：ナビゲーションシステム実証試験の様子

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	現場ニーズ対応型研究のうち生産現場強化プロジェクトのうち省力的かつ経済的効果の高い野生鳥獣侵入防止技術の開発			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	大臣官房政策課技術政策室 農村振興局農村政策部鳥獣対策・農村環境課鳥獣対策室 林野庁森林整備部研究指導課
研究期間	R 2～R 6（5年間）			総事業費（億円）	0.8億円（見込）
研究開発の段階	基礎	応用	開発		
					

研究課題の概要

近年、農山村地域における高齢化等を背景とする鳥獣害対策の担い手の減少や防護柵の老朽化に伴い、柵の設置や定期的な見回り、補修等の維持管理が作業・コストの両面で大きな負担となっている。また、近年普及しつつある果樹の低樹高栽培（※1）等、省力型の生産技術体系に対応した鳥獣の侵入防止技術の開発が喫緊の課題である。

そこで、鳥獣侵入防止対策の省力化・低コスト化を進めるため、以下の技術開発を行う。

<課題①：将来の農業生産を獣害から守る、新たな防護柵の技術体系の開発（令和2～6年度）>

・防護柵の老朽化等の問題に対応するため、広域で設置された柵の維持管理や補修を判断する調査手法とシステム、金属や樹脂等を用いた高齢者でも扱える簡易な補修技術や新たな柵、侵入防止効果の向上や管理の省力性等を図る新たな柵等、主にシカ、イノシシを対象とした技術開発を実施。

<課題②：果樹の省力型生産体系に対応した中型哺乳類の侵入防止技術の開発（令和2～6年度）>

・中型哺乳類による低樹高栽培された果樹の被害防止のため、アライグマ等の運動能力の解明、リンゴ等の省力型樹形に対応する被害・侵入防止技術の開発、鳥獣害対策実施後の機械作業性の検証や経営効果の評価を実施。

1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標

① 令和6年度末までに、以下のアウトプット目標を達成する。

- ・地域の防護柵管理を適切に進めるための防護柵管理の将来像を可視化するマップとフォーマットを開発。
- ・高齢者でも容易に取り扱える簡易補修資材・補修技術を開発。
- ・防御と捕獲の機能を併せ持つ防護柵や管理コストを抑える新たな防護柵システムの開発。

② 令和6年度末までに、以下のアウトプット目標を達成する。

- ・省力型樹形に対応する中型哺乳類の侵入防止技術の開発と経営的評価も踏まえた技術導入マニュアルを作成。

2. 事後に測定可能な委託プロジェクト研究課題としてのアウトカム目標（R11年）

① 開発した技術の導入により、鳥獣防護柵の設置や維持管理に係る作業時間及び費用を、それぞれ従来技術と比較して2割削減する。また、開発技術の普及により、全国の鳥獣防護柵の維持管理に係る作業時間を計16万時間/年、費用を1.6億円削減する（防護柵の整備距離40万km、作業人数1名、作業時間2時間/km、労働費1,000円/時とし、作業時間及び費用が2割削減されるとして試算）。

② 開発した技術の導入により、アライグマ等の中型哺乳類を対象とした果樹省力型生産体系に対応した鳥獣害対策の実施に係る作業時間及び費用を従来技術と比較して2割削減するとともに、適切に対策を実施した場合の果樹経営における収益を2割以上向上する。また、開発技術の普及により、果樹（リンゴ）の被害額として約2千万円/年（アライグマによるもの）、約3億円/年（他の獣類を含んだもの）を軽減する（果樹被害金額（令和元年度）アライグマ：10,415万円、獣類：217,125万円、被害金額のうちリンゴの割合3割、技術の普及見込みを5割として試算）。

【項目別評価】**1. 研究成果の意義****ランク：A****① 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**

農山村地域における高齢化等を背景に、鳥獣害対策の担い手が減少しており、また、野生鳥獣による全国の農作物への被害金額は、近年はほぼ横ばい（令和2年度：161億円、令和3年度：155億円、令和4年度：156億円（農林水産省「全国の野生鳥獣による農作物被害状況について（令和4年度）」））で推移しているなど、依然として鳥獣害対策技術の開発は重要な課題である。

こうした中、防護柵の設置が全国的に進展しており、防護柵による被害軽減効果も表れている。その反面、設置からの経年劣化、設計や強度の問題等により、多くの地域で侵入防止効果の維持が困難となりつつある。防護柵の老朽化に関する全国的なデータはないものの、本課題で実施した調査では3割程度に防護柵の破損や老朽化が見られており、今後、その割合はさらに増加すると推測され、全国的にも同様な状況にあると考えられる。また、防護柵は、老朽化が進んでいなくても野生鳥獣により破損している可能性や、防護柵周辺の除草など定期的な維持管理作業が必要であるが、この維持管理に要する作業時間やコストが大きな負担となっている。

また、果樹生産においては、低樹高化、機械作業化等の果樹のスマート農業が推進されているが、従来のスマート農業の技術開発においては、スマート化の阻害要因である獣害対策の視点が欠けている。特に、特定外来生物（※2）のアライグマは全国的に分布が拡大しており、低樹高化されたリンゴ等の果樹生産に大きな影響を与えるおそれがあるものの、これまでその運動能力や行動様態の解明は不足しており、科学的知見に基づく新しい栽培体系での被害防止技術の開発が必要である。

上記の状況を踏まえ、本課題で開発した防護柵の効果を維持するための省力的かつ低コストな技術は、鳥獣害対策の担い手不足の中でも生産現場が効率的・効果的に対策を実施できるものであり、また、アライグマの運動能力等に関して得られた科学的知見を基に被害防止装置等を開発した点において、科学的・技術的な意義は大きい。さらに、成果の普及により、農林業被害の低減と農山村地域の振興への貢献が期待でき、社会的・経済的な効果の面でも重要性は高い。

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 最終の到達目標に対する達成度**

課題①の新たな防護柵の技術体系の開発については、既設の防護柵の更新や補修の判断に必要な評価、将来予測に必要な要素を選定し、県域、市町村域、集落域それぞれの調査を実施した。また、これらを踏まえ、自治体が使用可能な調査フォーマットとして県版と市町村版を各1点開発した。さらに、開発したフォーマットによる調査を県や市町担当者が簡便に共有可能なクラウド型のデータ共有システムを開発し、その共有データに本研究で開発した指標による分析結果を実装させた。

補修技術では高齢者でも容易に取り扱える防護柵の補修資材を1点開発し商品化を達成した（「これまでの成果の概要1」を参照）。これまで野生鳥獣による防護柵下部の破損は、金網をステンレス線で支柱に結束して穴をふさいでおり、作業性や強度に問題があったところ、開発した補修資材ではネジで容易に金網を取り付けられ強度も安定した。また、軽量の樹脂素材の防護柵を開発した。

さらに、電気柵の漏電の要因となる柵下部に繁茂する雑草に対応するため、低コストな鉄鋼スラグ舗装を活用し、通電性、抑草効果および電圧低下の通知機能を有する新たな電気柵システムや、侵入検知機能を有するフェンスシステムを各1点開発し、現在、農地基盤整備事業と連動して実証が進んでいる。上記のとおり、課題①は計画通り行っている。

課題②の中型哺乳類の侵入防止技術の開発については、設計基盤となるアライグマの運動能力の解明に基づき、省力型樹形に対応する果樹の被害防止装置の開発とその提示試験に基づく装置の改良が計画通り進んでいる。また、経営的評価を踏まえた技術導入マニュアルに必要な項目の調査やシミュレーションも計画通り行っている。

② 最終の到達目標に対する今後の達成可能性とその具体的な根拠

課題①の新たな防護柵の技術体系の開発については、既に開発した補修技術は商品化を達成し、現在8万点が普及している。今後も簡易補修技術を2点以上開発し、商品化やマニュアル化を達成できる見込みである。管理コストを抑える新たな防護柵については、抑草効果と通電性を併せ持つ電気柵を大規

模な農地基盤整備事業と併せて導入することにより、獣害に強い未来型農村整備として実証と普及を合わせた取り組みが進んでいる。捕獲機能を有する防護柵技術や通知機能付きのフェンスシステムについても開発は順調であり、実装も期待できる。これらから最終到達目標は達成可能と考えられる。

課題②の中型哺乳類の侵入防止技術の開発については、その設計基盤のためのアライグマの運動能力について2項目の試験を完了させ、その結果を踏まえて省力型樹形に対応した被害防止装置の改良を行った。また、防護柵の設置時間を短縮する補助具も開発した。現地実証も複数のリンゴ主産県の公設試験場等の協力を得て実施し、技術導入マニュアルの作成に必要な経営的評価に必要な対策コストや収益に係る項目はおおむね取得できた。これらのことから、計画は順調に進捗しており、最終到達目標は達成可能と考えられる。

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

アウトカム目標①については、高齢者でも扱える柵の簡易補修技術として簡易補強金具を開発し、既に製品化しているほか、柵下部からの雑草の抑制と通電機能を併せ持ち、かつ低コストな鉄鋼スラグ（※3）舗装等を活用した電気柵システムを開発し、現地実証を進めている。これら技術により見回りの労力が削減できた集落では、防護柵維持に係る労働費は約5割減と大幅に削減されている。また、技術を実装した集落の農業被害はほぼ解消し、被害金額はゼロを達成している。今後、これらの開発した技術について、柵の設置や維持管理に係る作業時間及び費用をとりまとめ、研究期間内に技術マニュアルを作成し、鳥獣害対策の関係会議等を通じて生産現場まで普及を行う予定である。

アウトカム目標②については、アライグマの運動能力等の解明を進めるとともに、リンゴ等の省力型生産体系に対応したアライグマの被害防止装置を開発し、野外実証を進めている。また、当該装置を使用した場合の作業性の検証や経営的評価も行っており、機械作業への支障が少なく、鳥獣害対策を組み込んでも収益を向上できる果樹の生産体系を提案できる見込みである。現時点のシミュレーションでも、開発技術の実施によって、従来技術実施時より2割以上収益向上が見込める条件の提示ができており、対策の作業時間と費用を従来技術より2割削減できている。今後、①と同様に、技術マニュアル等により普及を行う予定である。

さらに、本課題は、地域の公設試験研究機関や鳥獣害対策の資材メーカー等と連携した技術の体系化と実証を進めており、開発技術の迅速かつ確実な生産現場への導入ができる実施体制としている。

以上のとおり、成果の普及が見込まれ、アウトカム目標の達成可能性は高いと考えている。

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

アウトカム目標達成のためには、本課題の研究成果が生産現場に速やかに普及する体制が必要となる。このため、地域の公設試や資材メーカーが研究コンソーシアムに参画しているほか、リンゴ産地の農協、公設試の協力を得て省力型果樹に対応した実証を進めている。また、学会発表やシンポジウムの開催、鳥獣害対策の担い手を対象とした研修会等で成果を普及している。今後も成果の円滑な普及を見据え、技術マニュアルの作成や生産現場への情報提供を積極的に取り組む予定であり、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

侵入検知機能を有するフェンスシステムについては、本課題に参画している民間企業が、侵入検知用のセンサーを応用し、大分県で特別保護樹木の監視に必要な傾き検知技術を開発中である。

アライグマの侵入防止技術の開発については、低樹高栽培されたリンゴを対象に進めているが、ブドウなど他の樹種や作物においても活用できると考えられる。また、アライグマが家屋に侵入し破損させる等の被害が生じているほか、人獣共通感染症の拡大の懸念がある。アライグマの体表面には、SFTS（※4）などの感染症を媒介しうるマダニが大量に付着している場合があり、本課題で得た、くぐり抜け能力等の科学的知見は、こうした被害の防止技術の開発や人獣共通感染症の対策にも貢献すると考えられる。

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きたか等）の妥当性

毎年度、開催され外部専門家（野生動物管理を専門とする大学の研究者等）と関係行政部局（鳥獣被害対策の担当等）で構成される運営委員会、研究コンソーシアムが自主的に開催する推進会議等において、進捗状況や成果、研究計画の確認を行っている。また、協力機関である民間企業（開発した成果の製品化等を実施）や現地実証を行っている集落、自治体、JAとも実証を通じた密接な情報共有を図り、課題の抽出と開発技術の改善を進めている。さらに、運営委員会における意見を踏まえ、より効果的に実証を行えるよう、研究期間の3年目にリンゴの産地である宮城県の公設試を研究機関に追加する研究計画の見直しを行った。

② 研究推進体制の妥当性

運営委員会及び推進会議等において進捗状況の確認や行政ニーズを把握しているほか、着実に研究成果が得られるよう進捗管理を行っている。また、迅速かつ確実な社会実装に向け、代表機関である国立研究開発法人（農研機構）、大学のほか、複数の地域の公設試と資材メーカーによる研究コンソーシアムが構成されており、研究推進体制は妥当である。

③ 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

各実行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。それぞれの実行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全体の実績に関する所見

- ・野生鳥獣被害は全国共通であり、対策は進められているが、設備の経年劣化は今後も増加が予想される。国主導で優良事例の水平展開を図ることで対策の迅速化・効率化が図られる。
- ・研究は計画どおりに進捗しており、既に商品化を達成するなど優れた成果も挙げており、アウトプット目標の達成可能性は高い。
- ・実用に繋がる成果が多く得られている。また積極的に成果の公表や特許出願も行っており高く評価できる。

2. 今後検討を要する事項に関する所見

- ・侵入検知機能を有するフェンスシステム等技術の連携に加え、土地利用や土地管理等を含めた総合的な野生鳥獣管理対策との連携・統合もぜひ進めていただきたい。
- ・外来種、野生鳥獣の被害は多様化もしているため、個別技術の開発といった対策だけでなく、長期的な視野に立った総合的な対策が必要である。また、マニュアルの定期的な改訂とともに、関連省庁との連携も含めた広範な議論の深化を期待する。

[研究課題名] 現場ニーズ対応型研究のうち省力的かつ経済的効果の高い野生鳥獣侵入防止技術の開発

用語	用語の意味	※ 番号
低樹高栽培	果樹における管理作業の省力化等を図るため、わい性台木等の利用により樹高を低くする栽培技術。負担の大きい脚立の上り下り等の作業の必要が無くなる。	1
特定外来生物	「特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律」（外来生物法）に基づき、外来生物（海外起源の外来種）であって、生態系、人の生命・身体、農林水産業へ被害を及ぼすもの、また及ぼすおそれがあるものの中から指定される。 哺乳類では、アライグマのほか、ヌートリア、クリハラリス、キョン等が特定外来生物として指定されている。	2
鉄鋼スラグ	鉄鋼の製造工程で生じる副産物で、鉄鉱石から鋼を作り出す還元・精錬段階で生まれるシリカ（SiO ₂ ）などの鉄以外の成分が、石灰（CaO）と熔融・結合したもの。	3
SFTS	重症熱性血小板減少症候群（Sever fever with thrombocytopenia syndrome:SFTS）とは、SFTSウイルスを病原体とし、ウイルスを保有しているフタトゲチマダニ等のマダニに直接かまれること、もしくは、マダニに咬まれて感染した動物の体液等により感染する。 主な症状は、発熱と消化器症状（おう吐、下痢）が中心で、臨床的に有効性が確立された抗ウイルス薬はまだなく、症状に応じた対処療法が行われる。	4

⑮ 省力的かつ経済的効果の高い野生鳥獣侵入防止技術の開発【継続】

- 近年、農山村地域における高齢化等を背景とする鳥獣害対策の担い手の減少や侵入防止柵の老朽化に伴い、柵の設置や定期的な見回り、補修等の維持管理が作業・コストの両面で大きな負担となっている。また、近年普及しつつある果樹の低樹高栽培等、省力型の生産技術体系に対応した鳥獣の侵入防止技術の開発が喫緊の課題である。
- そこで、鳥獣侵入防止対策の省力化・低コスト化を進めるため、**安価で軽量かつ耐久性の高い資材を用いた柵、高齢者でも容易に取り扱える簡易補修技術、低樹高栽培された果樹園における中型獣類の侵入防止技術等を開発**する。
- 開発した技術により、地域における侵入防止対策の維持・向上が可能となり、持続的な鳥獣被害の低減化を実現する。

生産現場の課題

- ・ 柵の設置コストや高齢者による柵の維持管理が大変。
- ・ 柵の老朽化や、低樹高栽培の果樹へのアライグマによる食害も問題になっている。



<イメージ>



イノシシによるイネ被害



大人数での柵の設置作業



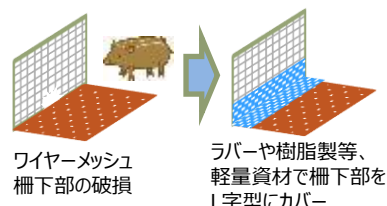
補修が必要な柵下部の破損

生産現場の課題解決に資する研究内容

- ・ 補修・更新の判断に必要な既設の柵等の強度や耐久性等の評価手法及び高齢者でも容易に取り扱える簡易補修技術の開発。
- ・ 安価で軽量・耐久性の高い資材を用いた柵の開発及び効果的な設置・管理手法の開発。
- ・ リンゴ等果樹の省力型の生産技術体系に対応したアライグマ等中型獣類の侵入防止技術の開発。
- ・ 鳥獣の侵入防止や柵の管理作業軽減の効果を高めた柵システムの開発。

<イメージ>

【簡易補修技術の開発】



ワイヤーメッシュ柵下部の破損

ラバーや樹脂製等、軽量資材で柵下部をL字型にカバー

【通電性を向上させた電気柵システムの開発】



電気柵の基礎部分に通電性が高い鉄鋼スラグ等を利用

社会実装の進め方と期待される効果

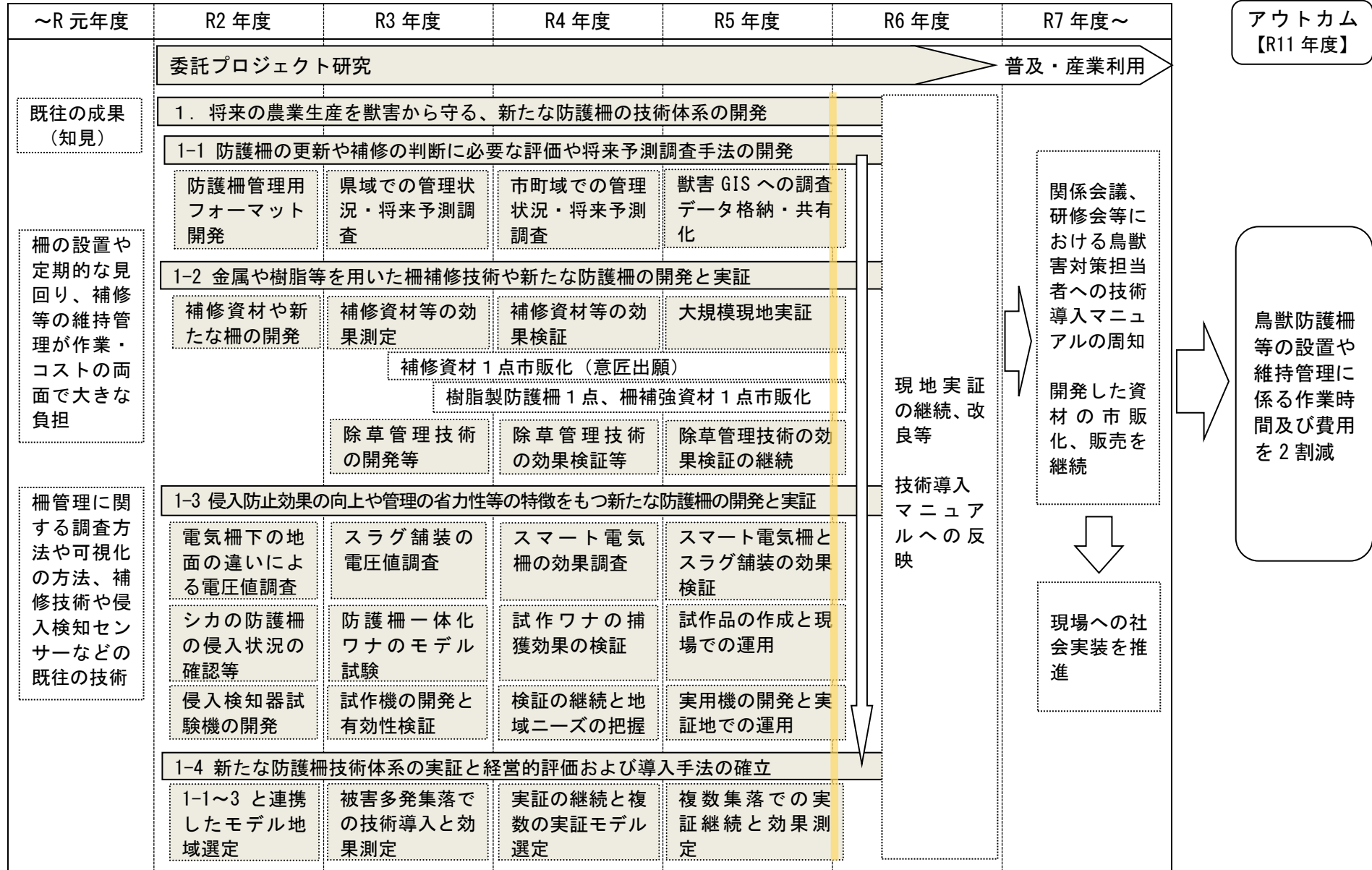
普及指導員や市町村等と連携し、省力化・低コスト化を可能とする鳥獣侵入防止技術を取りまとめたマニュアルを全国に普及。

- ・ 柵の設置や維持管理に係る作業時間及びコストを各2割削減。
- ・ 持続的な鳥獣被害の低減化。
- ・ 農林業の発展、農山村地域の振興。



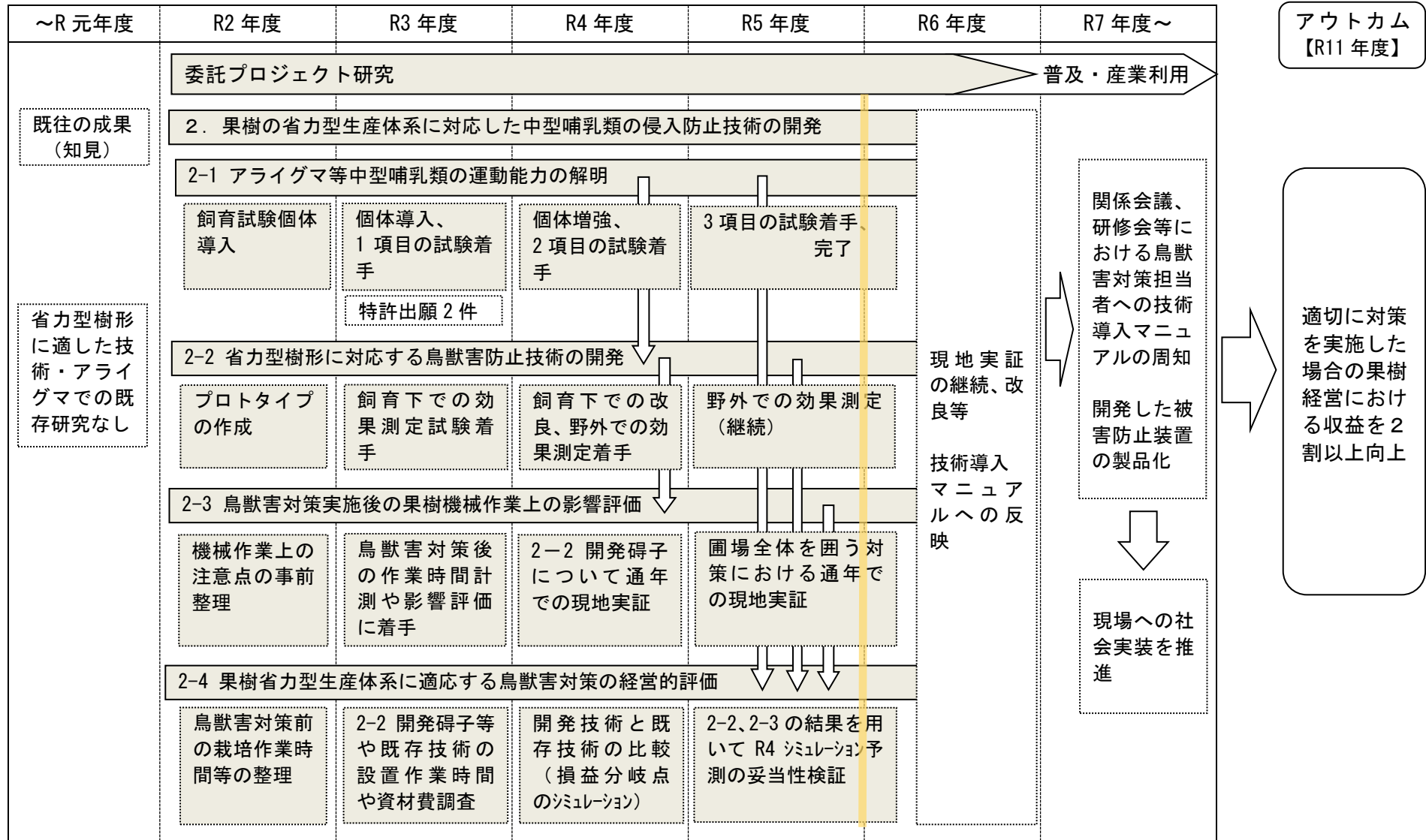
【ロードマップ（終了時評価段階）】

省力的かつ経済的効果の高い野生鳥獣侵入防止技術の開発



【ロードマップ（終了時評価段階）】

省力的かつ経済的効果の高い野生鳥獣侵入防止技術の開発



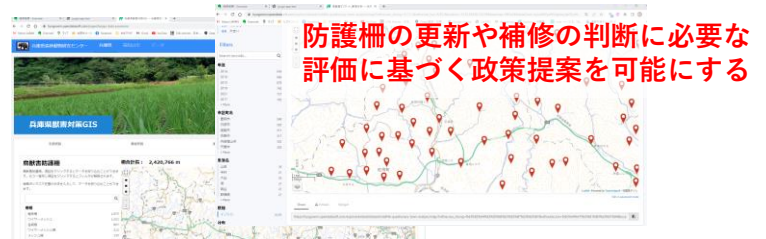
省力的かつ経済的効果の高い野生鳥獣侵入防止技術の開発

1. 将来の農業生産を獣害から守る、新たな防護柵の技術体系の開発

兵庫県立大学、山梨県、和歌山県、(株)末松電子製作所、(株)アイオーネイチャーラボ

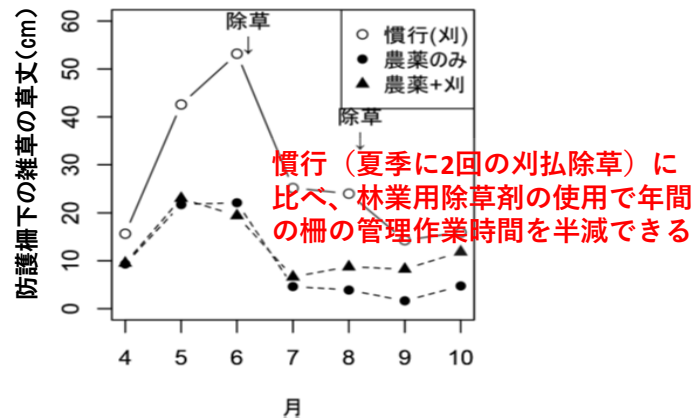
主要な成果

1 防護柵管理の現状や将来を把握するフォーマットと共有するシステムを社会実装(1-1)



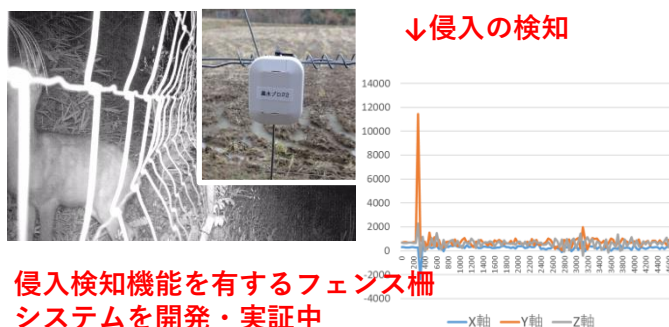
2 防護柵下部の簡易補強金具や除草剤を併用した維持管理技術を開発(1-2)

簡易で強固な補修技術により防護柵の的確な補修が進む



3 柵破損部に取り付ける捕獲ゲートを実証(1-3)

防御と連携した加害個体捕獲が進む



省力的かつ経済的効果の高い野生鳥獣侵入防止技術の開発

2. 果樹の省力型生産体系に対応した中型哺乳類の侵入防止技術の開発

農研機構、宮城県農業・園芸総合研究所 協力:JAつがる弘前

主要な成果

1 運動能力の解明を効率的に実施するための実験装置開発 (特願2020-187027)

運動能力2項目を解明



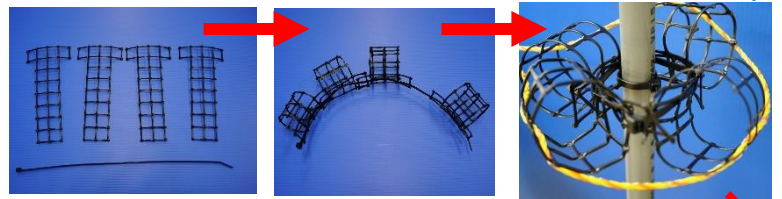
二重扉や左右二部屋に分けられる構造で、アライグマを逸出させることなく容易にケージ間や行動実験区との間で移動できる。この装置により、計画より早く2項目目の運動能力試験に着手が可能となった。

※資材費816円/m以上の既存技術と比較した場合に2割削減が可能

アライグマ成獣は直径11cmの円をくぐれない

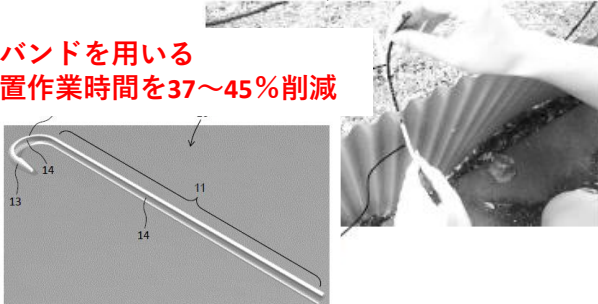
樹木に直接取り付けられる電気柵の碍子 (資材費653円/m)

2 省力型樹形に対応する中型哺乳類の被害防止装置の開発



3 簡易柵の設置作業時間を2割以上削減する装置開発 (特願2020-187077)

結束バンドを用いる 柵設置作業時間を37~45%削減



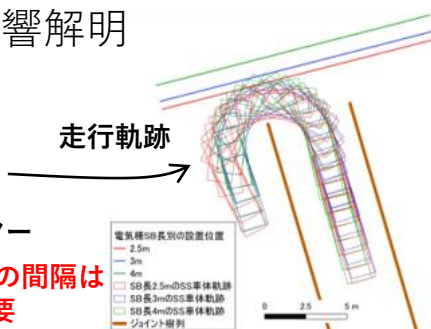
省力栽培の現地圃場(※)において実証 ※リンゴ主産県の青森県、岩手県、宮城県

4 鳥獣害対策の実施による機械作業上の影響解明

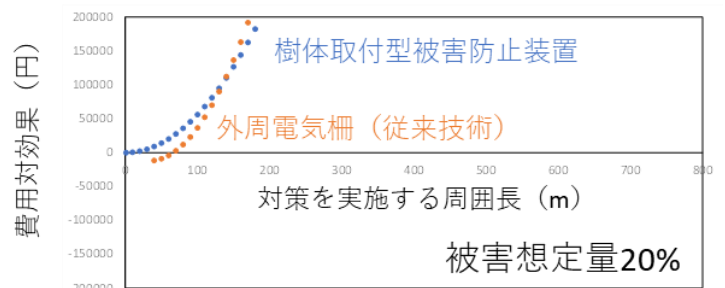


スピードスプレーヤー

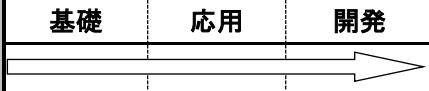
樹列と圃場外周柵との間隔は3~3.5m確保する必要



5 既存技術と比較して収益が2割向上する条件をシミュレーション



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	革新的環境研究プロジェクトのうち農林水産分野における炭素吸収源対策技術の開発			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（技術班、地球温暖化対策班） 大臣官房政策課技術政策室 農産局穀物課 農産局果樹・茶グループ 農産局農産政策部農業環境対策課 林野庁森林整備部研究指導課 林野庁林政部経営課特用林産対策室 水産庁増殖推進部研究指導課 水産庁漁港漁場整備部整備課
研究期間	R 2～R 6（5年間）			総事業費（億円）	8. 0億円（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>

パリ協定（※1）に基づく成長戦略としての長期戦略（※2）（令和元年6月閣議決定。以下「長期戦略」という。）では、今世紀後半のできるだけ早期に「脱炭素社会」を実現するとともに、2050年までにカーボンニュートラル実現に向けて施策に取り組むこととされている。長期戦略では、吸収源対策（※3）について、温室効果ガス（GHG）（※4）の排出量と吸収源による除去量との均衡を実現するため十分な吸収源を確保することとし、森林、農地、ブルーカーボン（※5）を含む自然環境、バイオマス製品による貯留等、持続的で新たな価値を創出する農林水産業を通じた取組を進めることが明記されている。炭素吸収源対策を推進するため、以下の研究開発を行う。

<課題①：農地土壌の炭素貯留能力を向上させるバイオ炭資材等の開発>

炭素吸収源として令和2年から温室効果ガスインベントリ（※6）へ登録されたバイオ炭（※7）の農地等での利用を促進するため、施用しやすく、炭素貯留効果と土壌改良効果が高い資材を開発する。また、各種バイオマスを原料としたバイオ炭の特性を明らかにし、各種土壌に施用したときのGHG削減効果の評価等を行う。

<課題②：ブルーカーボンの評価手法及び効率的藻場形成・拡大技術の開発>

炭素吸収源としてのポテンシャルの高いブルーカーボンの温室効果ガスインベントリ登録に向け、藻場（※8）タイプ別のブルーカーボン評価手法の開発及びブルーカーボンの全国評価を行う。また、ブルーカーボン生態系の維持・再生の阻害要因の解明とその対策技術の開発を行い、二酸化炭素吸収と生態系保全機能を併せ持つ藻場の形成・拡大を効率的に行う技術を開発する。

<小課題1：藻場タイプ別の吸収係数評価モデルの開発とCO₂吸収量の全国評価（令和2～6年度）>

- ・我が国の藻場を構成する海草・海藻タイプ別の二酸化炭素隔離・貯留プロセスを組み込んだ吸収量評価モデルを作成し、全国評価を実施。

<小課題2：ブルーカーボン生態系の増強技術の開発（令和2～6年度）>

- ・藻場のCO₂吸収量の算定に必須な活動量（吸収源面積）の向上のため、藻場形成・拡大に向けた技術開発を実施。ブルーカーボン生態系の阻害要因への対策技術と新規の増養殖技術の開発を行い、CO₂吸収機能と生態系保全機能を両立できる藻場の形成・拡大を効率的に行う技術の社会実装試験を重点海域で実施。

<課題③：木質リグニン（※9）由来次世代マテリアルの製造・利用技術の開発>

炭素吸収源である木質バイオマス由来のマテリアル利用、特に、自動車部材等への用途の拡大を図るため、国産森林資源由来の新素材「改質リグニン（※10）」を活用し、従来のバイオ素材で実現されていない高い性能（熱可塑性（※11）を持ち、スーパーエンブラ（※12）相当の強度と耐熱性）と環境適合性（リサイクル性や生分解性（※13））を有するバイオベース材料を開発する。

1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標

<課題①：農地土壌の炭素貯留能力を向上させるバイオ炭資材等の開発>

- ・施用しやすく炭素貯留効果と土壌改善効果が高いバイオ炭資材及び施用技術を2種以上開発
- ・各種バイオ炭施用におけるGHG収支および土壌炭素貯留効果を算定

<課題②：ブルーカーボンの評価手法及び効率的藻場形成・拡大技術の開発>

- ・全国の藻場を21タイプに分け、各タイプに即した藻場タイプ別評価モデルを作成し、令和5年度までにブルーカーボンの全国評価による二酸化炭素吸収量の算定を終える。
- ・二酸化炭素吸収と生態系保全機能を併せ持つ藻場の効率的な形成・拡大技術を2種以上開発し、複数の試験海域で二酸化炭素吸収量を26%以上向上。

<課題③：木質リグニン由来次世代マテリアルの製造・利用技術の開発>

- ・リグニンスーパーエンブラの製品適用の可能性及び環境対応性能を実証し、リグニンスーパーエンブラの製造プロセスを確立する。

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）

<課題①：農地土壌の炭素貯留能力を向上させるバイオ炭資材等の開発>

- ・バイオ炭資材の普及により、バイオ炭の利用量（※14）を令和元年時点のバイオ炭の炭素貯留効果による排出削減量（5.56千トンCO₂（日本国インベントリ報告書））の3倍に増加させる。

<課題②：ブルーカーボンの評価手法及び効率的藻場形成・拡大技術の開発>

- ・開発された藻場タイプ別評価モデルを用いて各省庁と連携を取ることで、令和7年までに海草・海藻類のインベントリ登録を目指した動きに寄与する。
- ・開発された藻場形成拡大技術に含まれる種苗生産技術を用いて、種苗生産可能な海藻種を20%増加させ、人工種苗を用いた海藻生産量を50%増加させる。
- ・開発した藻場形成拡大技術を用いて、海草・海藻類を対象とした漁業者等によるカーボンクレジット創出量を2倍以上増加させるとともに、吸収源としての天然藻場・人工藻場面積増加率を50%向上させる。

<課題③：木質リグニン由来次世代マテリアルの製造・利用技術の開発>

- ・リグニンスーパーエンブラを用いた5種類の製品が実用化する。

【項目別評価】

1. 研究成果の意義




ランク：A

（1）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

GHGの排出削減目標という国際的な約束を達成するための公共性が高い研究開発であり、中長期的、全国的視点に立って取り組む必要がある。さらに、本課題で取り組む研究内容は、基盤技術の開発から、基盤技術を応用に結び付ける研究開発であるとともに、他の研究分野と比較し、民間や公設試の研究開発インセンティブが働きにくいことから、国が主導し、国立研究開発法人、大学、民間など幅広い研究勢力を結集して取り組むことが求められる。あわせて、COP28などにより地球温暖化対策に国際的な関心が高まっており、スピード感をもって総合的に推進することが必要である。

<課題①：農地土壌の炭素貯留能力を向上させるバイオ炭資材等の開発>

(1) 最終の到達目標に対する達成度

最終の到達目標（令和6年度）に対する各年度（3月末時点）における進捗目標値	R2年度	R3年度	R4年度	R5年度	R6年度
	20%	40%	60%	80%	100%
【目標1】 施用しやすく炭素蓄積効果と土壌改善効果が高いバイオ炭資材および施用技術を2種以上開発	20%	50%	60%	80%	
	特許出願1件など開発が予定より進んでいる				
【目標2】 各種バイオ炭施用におけるGHG収支および土壌炭素貯留効果を算定	20%	40%	80%	80%	
 					
 【アウトカム目標（令和12年度）】 バイオ炭資材の普及により、バイオ炭の利用量を現在（2019年時点）の3倍に増加させる。					
（凡例） ■ 予定より遅れている ■ 予定通り ■ 予定より進んでいる					

(2) 最終の到達目標に対する今後の達成可能性とその具体的な根拠

①-1 施用しやすく炭素貯留効果と土壌改善効果が高いバイオ炭資材及び施用技術を2種以上開発

農地土壌の炭素貯留・肥効・N₂O排出削減に資するバイオ炭混合肥料の開発に取り組み、令和5年度末までに配合比率を改良した3種類のバイオ炭混合肥料のN₂O排出傾向を培養実験で確認するとともに、圃場試験（茨城県南部、神奈川県）において、地域の代表作型で、試作肥料のN₂O排出傾向、肥効の検証が完了見込み。また、鶏ふんベースのバイオ炭を連用した場合の作物・土壌への影響を圃場レベルで検証するとともに、鶏ふん炭複合肥料の肥料効果の検証を行い、鶏ふん炭に含まれる肥料要素可溶性の生成温度依存性を解明し、1件の特許を出願。これにより、施用しやすく炭素貯留効果と土壌改善効果が高いバイオ炭資材を2種以上開発できる見込み。

北海道、北陸、西日本、九州において、地域・気候帯・栽培体系ごとに入手可能なバイオ炭候補を選定し、バイオ炭施用による土壌炭素貯留と栽培適性の検証を複数年で進めている。これにより炭素貯留効果と土壌改善効果が高い施用技術を2種以上提示できる見込み。

①-2 各種バイオ炭施用におけるGHG収支および土壌炭素貯留効果を算定

令和5年度までにIPCCガイドラインの炭素貯留量の算定式と工業分析値を用いた日本独自の算定式の関係性を明らかにし、原料や製炭温度の異なる多様なバイオ炭の炭素貯留量の算定を精緻化する。

バイオマス資源ごとの利用可能量を整理したバイオ炭生産資源データセットを調整中。令和6年度末までにバイオ炭の生産ポテンシャル推定の算定式を決定・精緻化し、バイオ炭による土壌炭素貯留ポテンシャルの推定と、マップ化が完了する見込み。「日本土壌インベントリ」（農研機構ウェブサイト）より都道府県別の潜在的なバイオ炭生産量の表示とダウンロードが可能となる。

上記のバイオ炭施用による土壌炭素貯留量の算定式は、多年度にわたって各地域で実施しているバイオ炭施用試験でのGHG収支の実測値とともに、令和6年度までに「土壌CO₂見える化サイト」（農研機構のウェブ算定ツール）に反映する。

以上のように、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と考えられる。

<課題②：ブルーカーボンの評価手法及び効率的藻場形成・拡大技術の開発>

(1) 最終の到達目標に対する達成度

②-1 藻場タイプ別の吸収係数評価モデルの開発とCO₂吸収量の全国評価

ブルーカーボンを国の温室効果ガスインベントリに登録することに貢献することを前提にしているプロジェクト研究のため、ブルーカーボン評価モデルはIPCC湿地ガイドライン（※15）に準じた形式とし、かつ海域別の精緻な二酸化炭素吸収量を算定する必要がある。そのモデル構築と吸収量算定には、海域別、藻場タイプ別の吸収係数（各藻場タイプが単位面積当たり吸収する年間二酸化炭素量）を構成するパラメータ及び藻場タイプ別の面積の全国集計値が必須となる。

中間評価の時点で吸収係数については、藻場タイプ別のCO₂隔離量パラメータ、隔離後に分解されずに貯留プロセスへ移行する有機炭素量を算出するための4つの残存率パラメータ（堆積、深海輸送、溶存・粒状難分解）を含むすべてのパラメータの算定が終了している。

その後、各省庁の担当部局と連携をとりながら、国のGHGインベントリ報告書に登録するために必要となる、藻場のCO₂貯留量の時系列評価を可能にする評価モデルを令和4年度に完成させ、モデルパラメータと残存率を評価するために必要な藻場タイプ別の全国藻場分布マップ作成も終了した。これらの成果を用いて、藻場による年間CO₂貯留量の全国評価の算定を実施した。さらに、これらの成果が活用された結果、令和6年1月22日に開催された環境省の温室効果ガス排出量算定検討会において、天然の海草・海藻藻場の算定方法が承認され、令和6年4月のインベントリ登録に向けて大きく前進した。

②-2 ブルーカーボン生態系の増強技術の開発

漁場環境整備として実施されてきた藻場造成は100年におよぶ歴史があり、近年では磯焼け対策を主軸にハード面・ソフト面双方において様々な手法・技術が開発されてきている。しかしながら、CO₂吸収源機能の側面から藻場を形成・拡大する技術開発は未着手であり、漁場整備による藻場造成の目標と組み合わせ、コベネフィットが得られる技術開発を進める必要がある。令和3年度に確立した藻場形成のヒステリシスを考慮した新しい4つの基盤技術（人工海藻+加入プレート技術、深層藻場形成技術、小型海藻再生技術、養殖による隔離技術）をベースに、各重点海域の環境条件に合わせた技術を2種以上開発すべく、現在8つの重点海域で試験を実施して各海域で十分な進捗が見られている（令和6年度中に達成見込み）。

（2）最終の到達目標に対する今後の達成可能性とその具体的な根拠

②-1 ブルーカーボンの全国評価による二酸化炭素吸収量を算定

藻場のCO₂貯留量評価モデル、残存率等のモデルパラメータについてはすべて令和4年度に完成させ、藻場タイプ別の全国藻場面積の解析も終了したことにより、藻場による年間CO₂貯留量の全国評価の算定値が確定した。現在、評価モデルから得られた全国の藻場タイプ別吸収係数を用い、国の温室効果ガスインベントリへ藻場による二酸化炭素吸収量の登録が検討されていることから、本小課題に関する最終成果はすべて達成される見込みである。

②-2 二酸化炭素吸収と生態系保全機能を併せ持つ藻場の効率的な形成・拡大技術を2種以上開発

本課題開始時に想定していた以上の環境変動の影響が深刻化しており、藻場生態系のヒステリシス変化を考慮した4種の基盤技術を個別に使うだけでは藻場を維持・拡大できない海域が多くあった。そのため、中間評価後はこの4つの基盤技術を統合した新たな基盤技術として各海域で試験を実施している。そのうち、海草・海藻それぞれを対象とした技術試験において、到達目標値を達成した技術が現時点で2種出ている。対象海域によっては藻場を構成する種が多年生の生活史である場合もあり、さらに藻場は冬期から翌年春期に成長・形成されるため、各海域の最終成果は令和6年度春に得られる予定である。したがってこれらの技術検証を着実に推進し、最終年度に2種以上の技術を選定できる見込みである。

<課題③：木質リグニン由来次世代マテリアルの製造・利用技術の開発>

（1）最終の到達目標に対する達成度

本課題は、③-1. 地域リグニン高機能素材供給システムの開発、③-2. 改質リグニン系次世代バイオベース材料の開発、③-3. 環境適合性評価と地域導入システムの開発により、「リグニンスーパーエンブラの製品適用の可能性及び環境対応性能を実証し、リグニンスーパーエンブラの製造プロセスを確立する」ことを達成目標としている。

③-1については、製品物性を向上させる改質リグニン処理法と生産効率を高める改質リグニン製造法の開発を完了した。具体的には、既存の改質リグニンを加熱処理することにより、改質リグニン系樹脂の耐熱性・機械的強度・電気絶縁性・柔軟性の向上に成功した。また、製造時の温度条件と処理時間を最適化することにより、改質リグニンの製造収率を約2倍に高める製造プロセスを開発した。一方、供

給システムの構築については、コスト等の問題により調査方法を再検討したため進捗に遅れが生じているが、問題は解決済みであり、目標達成には問題ない見込みである。

③-2については、改質リグニンと種々のエンブラとの複合化条件を解明し、高機能な複合材や試作品の製造を完了した。具体的には、改質リグニンとポリアセタール(POM) (※16) との混練により耐熱温度150℃以上の高耐熱性バイオマスプラスチックを開発した。また、成形加工性に優れる熱可塑性の改質リグニン含有の炭素繊維複合材 (※17) や従来品の1.5倍以上の弾性率を有する繊維強化プラスチック(FRP) (※18) の開発に成功した。これらの材料を用いた試作品として、高い強度等が要求される工業製品(ギア部品や自動車外装品等)について、量産化が可能な射出成形やプレス成形による加工法を確立した。また、内閣府PRISM予算を獲得(令和3年度-令和4年度)し、バイオマス度を3倍(重量割合60%)に高めた改質リグニン含有の炭素繊維複合材を開発し、製品物性をクリアした自動車外装品等の試作に成功した。

③-3については、環境中での改質リグニンの分解性評価法や副産物利用技術の開発、改質リグニン製品製造に係るGHG排出量の評価を完了した。具体的には、難分解性成分のリグニンは既存の生分解性評価法では評価できないことを明確化するとともに、白色腐朽菌(※19)を用いた生分解性評価法を確立し、添加した改質リグニンの50%以上が減少することを明らかにした。また、改質リグニン製造プロセスで生じる廃液を木材の寸法安定化剤に再利用する手法を開発した。さらに、改質リグニン製品のライフサイクルアセスメント(LCA) (※20)を行い、改質リグニン原料のGHG排出量の原単位を明らかにするとともに、産業プラントでの大規模製造により原単位を約50%削減可能であることを示した。

本課題では6件の特許権出願が行われており、研究成果の創出とともに知的財産権確保の観点からも適切に研究が推進されている(改質リグニン含有樹脂関係で2件、改質リグニン含有複合材関係で3件、改質リグニン製造の副産物利用関係で1件)。

以上のように、各課題とも概ね順調に研究成果が得られており、最終到達目標に対する達成度は高い。

(2) 最終の到達目標に対する今後の達成可能性とその具体的な根拠

③-1について、最終年度は、高機能複合材の基となる改質リグニン系樹脂の物性データを取りまとめ、素材供給に適した製造技術を確立する。また、改質リグニン製造時における原料の搬入、製品の搬出等の最適条件を見出し、品質やコストを最適化する改質リグニン供給システムを提示する。

③-2について、最終年度は、改質リグニン複合材及び成形品の製造法を確立するとともに、製品のリサイクル技術の開発を進める。特に、リサイクル材料で物性値を確保する方法を開発することで、繰り返し再生可能なマテリアルリサイクル技術を提示する。

③-3について、最終年度は、白色腐朽菌を用いた改質リグニンの生分解性評価結果を取りまとめ、改質リグニン製品の生分解性を担保する生分解性評価法を開発する。さらに、本課題で開発した改質リグニン製品の性能面やコスト面、脱炭素社会への貢献の観点から、既存製品の代替可能性について取りまとめ、社会実装された場合のGHG排出削減効果を定量的に示す。

以上により、リグニンスーパーエンブラの製品適用の可能性及び環境対応性能の実証が完了し、リグニンスーパーエンブラの製造プロセスが確立すると考えられることから、最終到達目標の達成可能性は高い。

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

<課題①：農地土壌の炭素貯留能力を向上させるバイオ炭資材等の開発>

（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

J-クレジット（※21）の申請、取得を促進するため、主要原料由来のバイオ炭の組成をJIS M8812に基づいて分析し、営農体系別のGHGの削減量や炭素貯留量を整理し、我が国独自の炭素貯留データベースの構築を進めている。本データベースの情報は、日本国インベントリ報告書のバイオ炭の算定係数ならびにJ-クレジット方法論に反映させる。

代表的な農作物ごとのバイオ炭の施用方法や効果等を取りまとめた施用ガイドライン（第1版）が令和6年度に完成する見込み。この施用ガイドラインをもとに、J-クレジットの社会的周知を進め、バイオ炭による二酸化炭素削減モデル地域づくりを促進することで、炭素貯留実績を積み上げる。

オープンクローズ戦略のもと、令和7年の大阪・関西万博に向けて上記モデル地域での活動を紹介するウェブサイトを立ち上げ、J-クレジットの社会実装のためのアウトリーチ活動及び広報活動を精力的に行っている。また、出口戦略として、バイオ炭を活用したカーボンマイナス（※22）のプラットフォーム（※23）である日本バイオ炭コンソーシアムを立命館大学内に令和4年12月に設立した。ビジネス・エコシステム（※24）の設計・実装を進めるため、研究会（分科会）や公開シンポジウム等を定期的に開催し、活発な情報交換を行った。これにより、確実に製炭業者・バイオ炭クレジット購入企業・商社・農家・NPO等の各種団体へバイオ炭の取組が広がっている。

以上の取組により、令和12年度（2030年）までに全国200ヶ所程度でJ-クレジット申請を進め、20千トンCO₂近い炭素貯留を実現する。さらに、活動量（バイオ炭の農地施用量）を原料別バイオ炭の毎年の農地への施用量の調査を確実に進めて精緻化することで、「バイオ炭資材の普及により、バイオ炭の利用量を現在の3倍に増加させる」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

令和2年9月末にJ-クレジット方法論AG-004「バイオ炭の農地施用」が登録された。これにより、日本の農地へのバイオ炭の施用によって農業者が利益を得る道筋ができたことから、バイオ炭の社会実装に様々な参加者を呼び込むことが可能になった。バイオ炭による農地炭素貯留を早期に社会実装するため、全国6か所をバイオ炭利用モデル地区とし、J-クレジット申請の効率化、バイオ炭を施用して育てた農作物の地域ブランド化、企業の農地炭素貯留活動への参画（協力金の提供）促進といった取組を進めている。

本取組の発信、普及を引き続き実施し、令和12年度（2030年）には全国47都道府県において、それぞれの地域の約3～6か所にバイオ炭施用の取組拠点（COOL VILLAGE）を置き、各都道府県で平均180～300トンCO₂、合計8.6～17.3千トンCO₂の貯留を目指す。

（3）他の研究や他分野の技術の確立への具体的貢献度

全国でバイオ炭による年間16.68千トンCO₂（令和元年時点のバイオ炭による吸収量5.56千トンCO₂の3倍）の炭素を貯留する本プロジェクトの目標は炭素の貯留量としては限定的であるが、成果が全国展開された場合には、J-クレジット認証に加えて、「クルベジ」のような環境に配慮した農作物のブランド化のスキーム展開を見込むこともできる。こうしたブランディングの定着によって、長期にわたり、農家の利益を見込むことができるため、地域企業や地域住民が協力した新たなブランディング・地域農業のモデルとなることが期待される。

また、鶏糞を原料とするバイオ炭の開発においては、鶏糞には肥料として有用な要素が多く含まれるほか、炭化により臭気成分の分解、減容化、肥料成分の濃縮等が生じることから、肥料代替資材に適しており、鶏ふん由来のバイオ炭資材の利用が広まることで、畜産由来のGHG排出量削減につながることも期待できる。

＜課題②：ブルーカーボンの評価手法及び効率的藻場形成・拡大技術の開発＞

（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

本課題で開発したブルーカーボン評価手法は、IPCC湿地ガイドラインに準拠させており、海草藻場の算定手法の範囲内で海藻類の算定も実施できるように考案されている。また、吸収係数に関わる部分では海域別の詳細なパラメータとその値を準備し、委託先代表機関の水産研究・教育機構から算定ガイドブックとして公開済みである。そのため、国の温室効果ガスインベントリに本評価手法が反映される場合は最も精緻なTier3（※25）対応が可能である。数値の算定プロセス等の研究成果は論文として公表すべく作業を行うとともに、インベントリ算定に向けて国交省・環境省へのデータ提供も合わせて進めているため、我が国のインベントリ登録への貢献は十分可能であると考ええる。

また、藻場拡大技術の一つとして、これまでいくつかの地域で種苗生産されていた種もあるが、体系的に整理されていなかった温帯性コンブ類のフリー配偶体を用いた種苗生産技術を確立させ、その内容のマニュアルを論文として公表する準備を進めている。温帯性コンブ類に含まれる種は分布水深が多様であり、カジメのように深い水深帯を好適生息環境とする種も含む。そのため、本課題で確立する技術である複層養殖手法を使うことにより、海域を三次元で利用することが可能となる。それにより、単位面積当たりの海藻生産量を飛躍的に増加させることが可能となった。

これらの技術によって漁業者等が進める気候変動対策としての藻場維持・拡大や海藻養殖の二酸化炭素貯留量の算定対象が増加し、また単位面積当たりの海藻生産量（すなわち二酸化炭素貯留量）が増加し、水産業における吸収源対策が飛躍的に進むことが期待される。クレジット創出はクレジットを発行する団体が決める側面があるものの、算定手法等の周知を通して、漁業者等によるカーボンクレジット創出量に貢献できると考える。

これら本課題の成果に基づく各アウトカム目標が一体となって進捗することにより、達成可能であると考ええる。

（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

アウトカム目標として温室効果ガスインベントリ登録やカーボンクレジットの創出等に貢献するためには、算定手法と吸収係数や吸収ポテンシャルなどの数値を広く普及することが必要であるが、「藻場による二酸化炭素貯留量算定ガイドブック」を委託先代表機関である水産研究・教育機構からプレスリリースを行い、すでにホームページ上で公開済みである。公開後は各紙面やシンポジウム等でガイドブックの解説も行っており、さらに多くの分野への普及を期待しているところ、漁業関係者や地方自治体、企業、NPO等の各方面から利用に関する質問がすでに多く寄せられており、普及が迅速かつ順調に進んでいることを確認している。

加えて、Jブルークレジット（※26）を発行するジャパンプルーエコノミー技術研究組合の運営主体である港湾空港技術研究所の研究者に本課題へ参画してもらうとともに、研究代表者もジャパンプルーエコノミー技術研究組合の活動に参画し、Jブルークレジットの算定手法との連携を密にして進めている。

また、本課題の藻場形成・拡大技術の開発においては、その技術活用の所轄となる各都道府県の水産関係部署及び漁業協同組合が参画し、技術の試行から実証試験まで共同で実施しているため、普及・実用化の際の問題点や改善点を共有し、迅速に現場へ反映させていくことが可能である。これらの活動により、アウトカム目標の達成に向けた研究成果の迅速な社会実装が期待できる。

（３）他の研究や他分野の技術の確立への具体的貢献度

代表機関である水産研究・教育機構はカーボンクレジットの研究を取り扱っていないため、この分野で他の研究や他分野の技術確立への具体的貢献度としては、現時点ではブルーカーボンクレジットについて、その算定手法の作成とクレジット発行を唯一行うジャパンプルーエコノミー技術研究組合との連携が不可欠である。本課題で開発したブルーカーボン評価手法により、これまで評価できていなかった海草・海藻種も吸収源対象として含むことができる。これにより多様なカーボンクレジット創出が可能になれば、漁業者や地方自治体が地先の藻場形成・拡大を実施するだけでなく、企業やNPOなどが沿岸の藻場形成・拡大への参画が加速し、あるいは独自で海藻養殖を実施し、排出源対策としてカーボンクレジット創出などを行うことが予想される。

これらの活動に関心の高い企業は、カーボンクレジットの創出と合わせて、生産される海藻バイオマスの活用を検討している。世界各地では海藻バイオマスのカスケード利用による多様な利用技術（バイオマス燃料、バイオマスプラスチック、飼料、肥料など）の開発が進められており、本研究で開発された藻場形成・拡大技術は、バイオマス活用に関して水産業から材料化学・物質工学分野へも貢献すると考える。

<課題③：木質リグニン由来次世代材料の製造・利用技術の開発>

(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

本課題のアウトカム目標は「リグニンスーパーエンブラを用いた5種類の製品の実用化」である。リグニンスーパーエンブラ製品の実用化に向け、既に企業とともに製品開発を進めており、一部では試作品の製作を終えている。また、改質リグニンの製造及び供給体制については、スギ原料が豊富に存在する中山間地域での商用プラント建設に向けて、自治体や森林組合、製材所等との協力体制の構築を進めており、アウトカム目標の達成は可能と考えられる。

また、改質リグニン製品による炭素吸収への貢献を試算したところ、リグニンスーパーエンブラ製品の実用化時において、年産0.5万トンの改質リグニン製造プラントを想定すると、原料としてスギ端材を約1.4万トン使用し、リグニン成分だけで約2.4千トンCO₂/年、副産パルプの利用も合わせると約5.8千トンCO₂/年の製品への炭素貯蔵が見込まれる。これらのCO₂量は年間に家庭から排出される量のそれぞれ約640世帯分及び1500世帯分に相当する（令和3年度ベース）。さらに、本課題でターゲットとしたスーパーエンブラと炭素繊維複合材の2030年代の市場規模は2020年比でそれぞれ約1.7倍及び約2.8倍と見込まれており、改質リグニン含有素材への代替による化石資源の使用削減と温室効果ガス排出削減の増大が見込まれる。

(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

リグニンスーパーエンブラ製品の実用化に向けて、延べ20社を超える企業とともに共同研究、サンプル提供、製品開発を実施している。一部では試作品の製作を終え、18点のサンプルを展示会に出展する等製品化に向けて進展している。また、リグニンスーパーエンブラ製品の市場開拓に向けて、各種展示会に毎年複数回出展し、開発技術のアピールや社会的ニーズの把握に努めている。さらに、研究開発責任者が代表として、民間企業130社以上（有料会員）が加入するリグニンネットワークを運営しており、会員セミナー等において本課題の研究成果の発信・普及に努めている。このように、リグニンスーパーエンブラを用いた製品の実用化に向けた技術移転活動を活発に進めており、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

本課題で開発した改質リグニン系複合材技術は、高強度・高耐熱性によるスーパーエンブラ製品でのバイオマス度向上による脱炭素化の達成を狙っていたものであるが、改質リグニンの含有による紫外線耐性の向上などの特性も見出されており、屋外で利用される汎用プラスチック製品への応用も期待できる。また、本課題で開発した生分解性試験用のプロトコル（※27）は、改質リグニンのみならず、多くのリグニン系材料の生分解性評価に展開することが可能であり、世界でも未だ確立されていないリグニン系材料の環境適合性評価の確立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

<課題①：農地土壌の炭素貯留能力を向上させるバイオ炭資材等の開発>

(1) 研究計画（的確な見直しが行われているか等）の妥当性

各分担研究の進捗に合わせて年3回以上の研究者全体報告会、うち1回は現地見学を含めた推進会議を開催するとともに、外部専門家、関係行政部局が参加する運営委員会での検討を通じて、研究計画の進め方や役割分担の見直しを適時実施している。

(2) 研究推進体制の妥当性

実施期間の前半は、新型コロナウイルス感染防止対策の影響もあり、研究指導や協議のほとんどがオ

ンラインでの実施を余儀なくされたため、研究分担者の増加や研究内容の再配分等の調整を行うなど、研究指導体制の強化策を講じる必要があったが、その結果、計画に沿った成果が得られたことから、研究推進体制は妥当である。なお、令和4年度以降は、社会実装に向けて、研究実績を全国へ展開していくための現地指導・波及体制を強化するため、地域モデルを作るための全国の地方自治体関係者や地元の事情に精通した研究者および肥料メーカーが参画する体制を構築した。

(3) 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

研究者全体報告会や運営委員会を通じて、各研究の進捗や重点事項に応じた次年度研究計画と予算配分を検討している。実施期間の後半は主に各地域における課題の発掘やJ-クレジットの普及、消費者の買場開発が急がれるため、広報および地域行政へのアプローチ・地域農業者や民間研究機関等への接触を多く行っており、成果が確実に得られるよう予算を有効活用している。課題間連携によるバイオ炭施用ガイドラインの取りまとめも進めており、そのための最終年度の予算配分も確保している。

<課題②：ブルーカーボンの評価手法及び効率的藻場形成・拡大技術の開発>

年2回の研究者全体での研究推進会議を通じて、研究計画の着実な推進と成果とりまとめを実施している。最終年度は成果の普及啓発を活性化し、確立した技術による二酸化炭素貯留量の定量化をすすめる。また、J-ブルークレジット申請を行う地域が出た場合はその援助など、各海域での漁業関係者や地方自治体への現場実装に関わる取組を実施する。

(1) 研究計画（的確な見直しが行われているか等）の妥当性

新型コロナウイルス感染症による非常事態宣言等の出張制限が続き、現地調査・試験の代替手法の構築等、多くの見直しを実施したが、特に評価手法の確立に関する研究計画は行政の進捗に合わせて予定より前倒しで実施してきた。各実行課題の進捗管理を随時行うとともに、年2回の全体推進会議を実施し、目標達成に向けて的確に計画を進行させている。

(2) 研究推進体制の妥当性

研究推進にあたって、外部専門家4名や関係行政部局等で構成する運営委員会を設置し、進行管理を行った。運営委員会や、研究コンソーシアムが自主的に開催する推進会議において、進捗状況を管理しつつ、状況に応じて研究実施計画や課題構成の見直しを行ったほか、国土交通省が主催するブルーカーボン検討会でのインベントリ化推進の状況や本課題への要望等を共有することで、各実行課題が足並みをそろえて研究を進めている。

(3) 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

二酸化炭素貯留量の算定を小課題1とし、藻場の効率的な形成・拡大技術の2種以上開発を小課題2として構成している。3年目で小課題1の目標が達成されたため、4年目以降は小課題2における技術開発の現地試験サポートへ回り、特に現場での詳細な吸収源評価を担当している。そのため3年目（令和4年度）までは小課題1に重点配分し、3年目以降は普及や社会実装にもかかわる小課題2へ重点配分先を変更している。

このように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。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。

<課題③：木質リグニン由来次世代マテリアルの製造・利用技術の開発>

(1) 研究計画（的確な見直しが行われているか等）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て運営委員会を開催するほか、課題全体や小課題単位で推進会議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、民間企業が密接に連携して研究に取り組んでおり、開発材料の提供や評価など小課題間での協力体制も構築されている。また、内閣府PRISM予算の活用による技術開発の加速化、民間企業130社以上が加入するリグニンネットワークの運営による開発技術の社会実装の推進に取り組んでおり、研究成果の最大化に向けて適切な研究推進体制となっている。

(3) 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

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、必要性を勘案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

- ・カーボンニュートラル実現に向けた農林水産業の現場における基盤・応用技術開発に関する研究であり、研究成果の意義は近年益々高まっている。
- ・農・林・水3つの課題それぞれにおいて優れた成果が公表されており、アウトプット目標の達成可能性は高い。また、Jクレジットの社会実装に向けた各種取組、温室効果ガスインベントリ登録への貢献、次世代マテリアル製品開発に向けた民間企業との連携等アウトカム目標達成のための具体的取組が既に広範に順調に進んでおり、今後の実現可能性は高い。

2. 今後検討を要する事項に関する所見

- ・コストや経済効果の検討を行うことにより効果的な社会実装に繋がることを期待する。また、今後、得られた効果を製品化する際には分かりやすく消費者にアピールすることが重要である。
- ・民間企業を含め様々な分野が連携した推進体制が優れており、グッドプラクティスとして横展開を期待する。
- ・環境技術は長期的な取組が求められるため、全国展開する際には、地域毎の実情に合わせた現場への実装を含め、長期的視点を持った継続的な取組を期待したい。
- ・当該分野の研究に関しては生物多様性との関係も重要である。本研究成果が生物多様性に対しどう影響するのかの検討も強化していただきたい。

〔研究課題名〕 革新的環境研究プロジェクトのうち農林水産分野における炭素吸収源対策技術の開発

用語	用語の意味	※番号
パリ協定	京都議定書に代わる新しい地球温暖化対策の国際ルール。2015年12月にパリで開催されたCOP21で採択、16年11月に発効。産業革命前からの気温上昇を2℃より十分低く抑えることが目標。すべての国が削減目標を作り、達成に向けた国内対策を取る必要がある。	1
「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」	「パリ協定」に基づき、全ての締約国は、長期的な温室効果ガスの低排出型の発展のための戦略を策定、通報するよう求められている。我が国では、「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」（令和元年6月11日閣議決定）において、脱炭素社会の今世紀後半の早期実現を最終到達点とし、2050年までに80%の温室効果ガスの排出削減を実現するよう大胆な施策に取り組むことが示されている。	2
吸収源対策	二酸化炭素をはじめとする温室効果ガスを大気中から取り除く働きを維持・拡大する取組。吸収源の代表的なものとしては、森林の光合成による炭素固定、緑肥や堆肥など有機物の農地への施用による炭素貯留、エネルギーを大量消費して製造される物質を木材やバイオマス由来の物質に代替することによる炭素貯留も吸収源である。また、海洋生物の光合成などの作用によって取り込まれ、海洋生態系内に蓄積される炭素（ブルーカーボン）が注目されている。	3
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。人間活動による主なGHGには、二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素などがある。GHGは、Greenhouse Gasの略。	4
ブルーカーボン	海洋生物の光合成などの作用によって取り込まれ、海洋生態系内に蓄積された炭素。	5
温室効果ガスインベントリ	一国が一年間に排出・吸収する温室効果ガスの量を取りまとめたデータ。	6
バイオ炭	バイオマス（生物由来の有機物）を燃焼しない水準に管理された酸素濃度の下、350℃以上の温度で加熱して作られた固形物（2019年IPCC改良ガイドラインに基づく）。土壌中でも分解されにくいいため、効率の良い炭素貯留（吸収源対策）の技術であり、バイオ炭の施用はわが国の地球温暖化対策計画にも位置づけられている。また、農地に施用することで、土壌の通気性や透水性・保水性およびpH矯正等土壌改良効果も見込まれる。	7
藻場	単一もしくは複数種の大型海藻や海草が群落を形成している場所の呼び名。	8
リグニン	リグニンはセルロース等とともに植物の細胞壁を構成する主要成分のうちベンゼン環が多数結合した構造を持つ成分の総称で、植物の強度を担う役割を持つと考えられている。紙パルプ産業ではセルロースを取り出して利用しているが、リグニンは取り出す時に変質しやすく植物の種類によりバラツキも大きいため工業材料としての活用はわずかである。しかしながら、その構造の有用性から新たな利用法の探索が続いている。	9
改質リグニン	リグニンのばらつきとリグニン由来物の加工性の低さを植物種の絞り込みと、グリコール系の薬液を用いることで解決した日本で生まれた新素材。正しくはポリエチレングリコール（PEG）改質リグニンであるが、略称の改質リグニンとして知られる。リグニンの構造が安定な日本固有樹種であるスギを原料にした開発が先行しており地域に素材産業を創出する技術として期待されている。リグニン系素材としては世界最高レベルの加工性能を持ち、電子材料や繊維強化材用の樹脂など高機能材料としての活用が期待されている。	10

熱可塑性	熱を加えると柔らかくなり、冷やすと硬くなる性質のことであり、熱可塑性の樹脂は短時間での加工が可能のため、製品の量産に向いている。また、一度硬くなっても熱を加えれば再度柔らかくなるため、再加工も可能である。	11
スーパーエンプラ	機械的強度や耐熱性を向上させた一般の工業用途の「エンジニアリングプラスチック（エンプラ）」に対し、特に強度に優れ、耐熱性（連続使用温度150°C以上）、耐候性、耐溶剤性等の特定の機能が強化されたプラスチック。	12
生分解性	菌類やバクテリアなどの微生物の働きによって、最終的に水とCO ₂ に分解される特性のこと。	13
バイオ炭の利用量	バイオ炭の農地施用における炭素貯留量により算出。2019年時点のバイオ炭の炭素貯留効果による排出削減量は5.56千トンCO ₂ （日本国インベントリ報告書）。2030年までに全国200ヶ所程度でJ-クレジット申請を進めるほか、活動量（バイオ炭の農地施用量）の精緻化により、20千トンCO ₂ 近い炭素貯留が可能と想定されるため、アウトカム目標は「バイオ炭資材の普及により、バイオ炭の利用量を現在の3倍に増加させる」に設定している。	14
IPCC湿地ガイドライン	IPCCとは、気候変動に関する政府間パネル（Intergovernmental Panel on Climate Change）の頭文字をとった略語。パリ協定など、国連が主導して気候変動対策の枠組みを定めた国連気候変動枠組条約があり、この条約に批准している国々は自国のCO ₂ などの温室効果ガスの排出及び吸収のインベントリ（目録のこと）を条約事務局に報告する責務がある。インベントリを作成する際、その算定方法はIPCCが作成したガイドライン（2006年公開）に準拠する必要がある。2014年にブルーカーボン生態系を含む湿地の算定に対するガイドラインの追補版が公開され、その追補版が湿地ガイドラインと呼ばれている。	15
ポリアセタール	高い機械的強度と自己潤滑性、耐摩耗性を有するエンジニアリングプラスチックの一つであり、ギアなどの機械部品や家電製品の筐体など幅広い用途で使用されている。	16
炭素繊維複合材	樹脂に炭素繊維を混練した高機能材料。高強度・軽量であることから、航空機や自動車、スポーツ用品など幅広い分野で利用されている。	17
繊維強化プラスチック	樹脂に細かな繊維を混練することで物性や耐性を強化した素材。耐久性、耐熱性など様々な性質が強化され、工業部品から家庭用品まで広く使用されている。	18
白色腐朽菌	自然界に生息するきのこの仲間で、リグニンを分解し木材を白く変色させるためにこの名前と呼ばれる一群のこと。	19
ライフサイクルアセスメント	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。	20
J-クレジット	省エネルギー機器の導入や森林経営などの取り組みによる、CO ₂ などの温室効果ガスの排出削減量や吸収量を国が認証し、発行される「クレジット」のこと。カーボンオフセットを推進したい事業者に売却して、取組側が利益を得ることができる。この制度を活用したプロジェクトを実施するため、技術ごとにプロジェクトの適用範囲、排出削減・吸収量の算定方法及びモニタリング方法などを規定する方法論が必要である。2020年9月末にJ-クレジット方法論AG-004「バイオ炭の農地施用」が登録された。	21

カーボンマイナス	二酸化炭素の大気中への排出（カーボンプラスまたはポジティブ・エミッション）に対して、二酸化炭素の貯留（吸収）により、大気中にあるCO ₂ を削減するマイナスの排出のこと。ネガティブ・エミッションとも言う。なお、二酸化炭素を大気から回収・貯蔵する技術はネガティブ・エミッション技術（Negative Emission Technologies、NETs）と定義されている。	22
プラットフォーム	プラットフォームは、一般に、多様な主体を結合させて価値を生む産業活動基盤をいう。 本事業において、農地炭素貯留を社会実装し、発展させて行くためには、バイオ炭生産者と貯留者（農業者等）の供給サイドと、J-クレジットの活用（購入）者や農作物を環境保全ブランドとして活用し消費者に供給する飲食業・小売業者等の活用サイドとの連絡・連結が不可欠である。「カーボンマイナスのプラットフォーム」は、これらの供給サイドと活用サイドのステークホルダーを一つに集結してバイオ炭品質保証やJ-クレジット管理、環境保全ブランド管理等、炭素貯留データベース管理等を共通認識の下で行い、各ステークホルダー間の共創及び競争、その情報交換等により新しい価値を創造する場として設定している。	23
ビジネス・エコシステム	自然科学のエコシステム（生態系）のコンセプトが経営学で導入されたもので、組織は生態系における一員と捉えられ、協力的挑戦を行い他者と共生、価値を創造するパートナーとする俯瞰的な経営戦略観を示す概念である。 本事業においては、カーボンマイナスの実現に向けて、バイオ炭の社会実装に関わる様々な参加者が、相互協力的に発展するシステムを指す。	24
Tier3	IPCC湿地ガイドラインにおいて、排出・吸収量を算定する手法の複雑さを示す。3段階で示されており、Tier1が最も基本的な手法（共通の式と数値を用いる方法）で、Tier2、Tier3と進むにつれて独自の算定式や数値を使うために精緻さが増す。そのため、高いTierの方が算定結果はより正確になるとされる。	25
Jブルークレジット	国土交通大臣認可の技術研究組合であるジャパンプルーエコノミー技術研究組合が認証・発行・管理している新たなカーボンクレジット制度。国が主導しているクレジットはコンプライアンス（義務）・クレジットとも呼ばれるが、民間企業が進めるクレジットはボランティア（任意）・クレジットと呼ばれる。どちらもクレジット市場で売買される。Jブルークレジットはボランティア・クレジットに分類。	26
プロトコル	手順や手続きを意味しており、分子生物学や生化学などの実験においては、実験の手順及び条件等について記述したもの。	27

⑤ 農林水産分野における炭素吸収源対策技術の開発【継続】

背景と目的

- ▶ 農林水産業は炭素吸収源として重要な役割を担う。農地への炭素貯留や、海草・海藻による炭素貯留（ブルーカーボン）は、「長期戦略」（注）に明記されている吸収源であり、科学的根拠の下でこれらを温室効果ガスインベントリに追加することが課題となっている。また、重要な炭素吸収源である森林の整備を促進するため、付加価値が高い木質成分利用素材の創出と利用拡大が求められている。
- ▶ 脱炭素社会の実現に向けて、農地、森林、海洋が持つ炭素吸収量を最大にするための社会実装を見据えた技術を開発する。

研究内容

農業

- ・ バイオ炭を活用した農地土壌への炭素貯留能力を向上させる資材等の開発

林業

- ・ 脱炭素社会の基幹バイオ素材となる木質リグニン由来スーパーエンジニアリングプラスチックの製造・利用技術の開発

水産業

- ・ ブルーカーボン評価手法の高度化とブルーカーボンの全国評価
- ・ ブルーカーボン阻害要因の解明と対策及び効率的な藻場形成・拡大技術の開発、新たな海草・海藻養殖技術の開発

到達目標

- ・ 施用しやすく炭素蓄積効果と土壌改善効果が高いバイオ炭資材及び施用技術を2種以上開発
- ・ リグニンスーパーエンブラの製造プロセスを確立
- ・ ブルーカーボンの全国評価による炭素貯留量を算定するとともに、効率的な藻場形成・拡大技術を2種以上開発

（注）「長期戦略」：パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略（令和元年6月11日閣議決定）

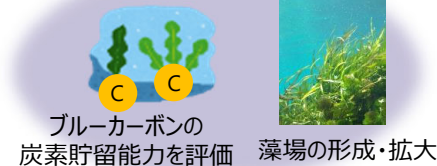
農業分野



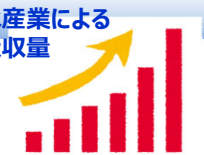
林業分野



水産業分野



農林水産業による炭素吸収量増加へ



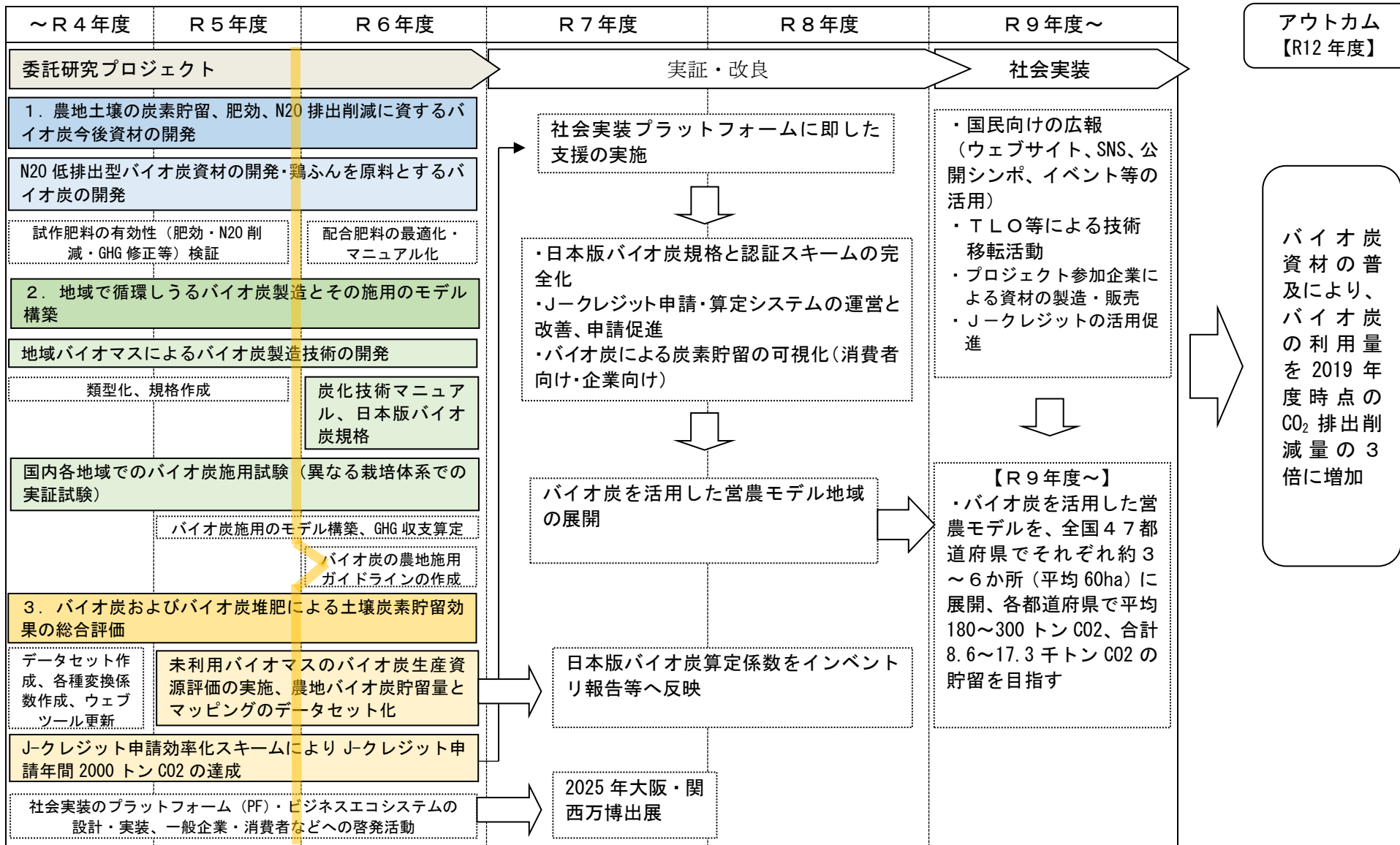
期待される効果

- ・ 炭素吸収源対策を強化し、カーボン・オフセットによって温室効果ガス排出削減の目標達成に貢献
- ・ 木質バイオマスのマテリアル利用を本格的に実用化、森林の整備・更新を促進

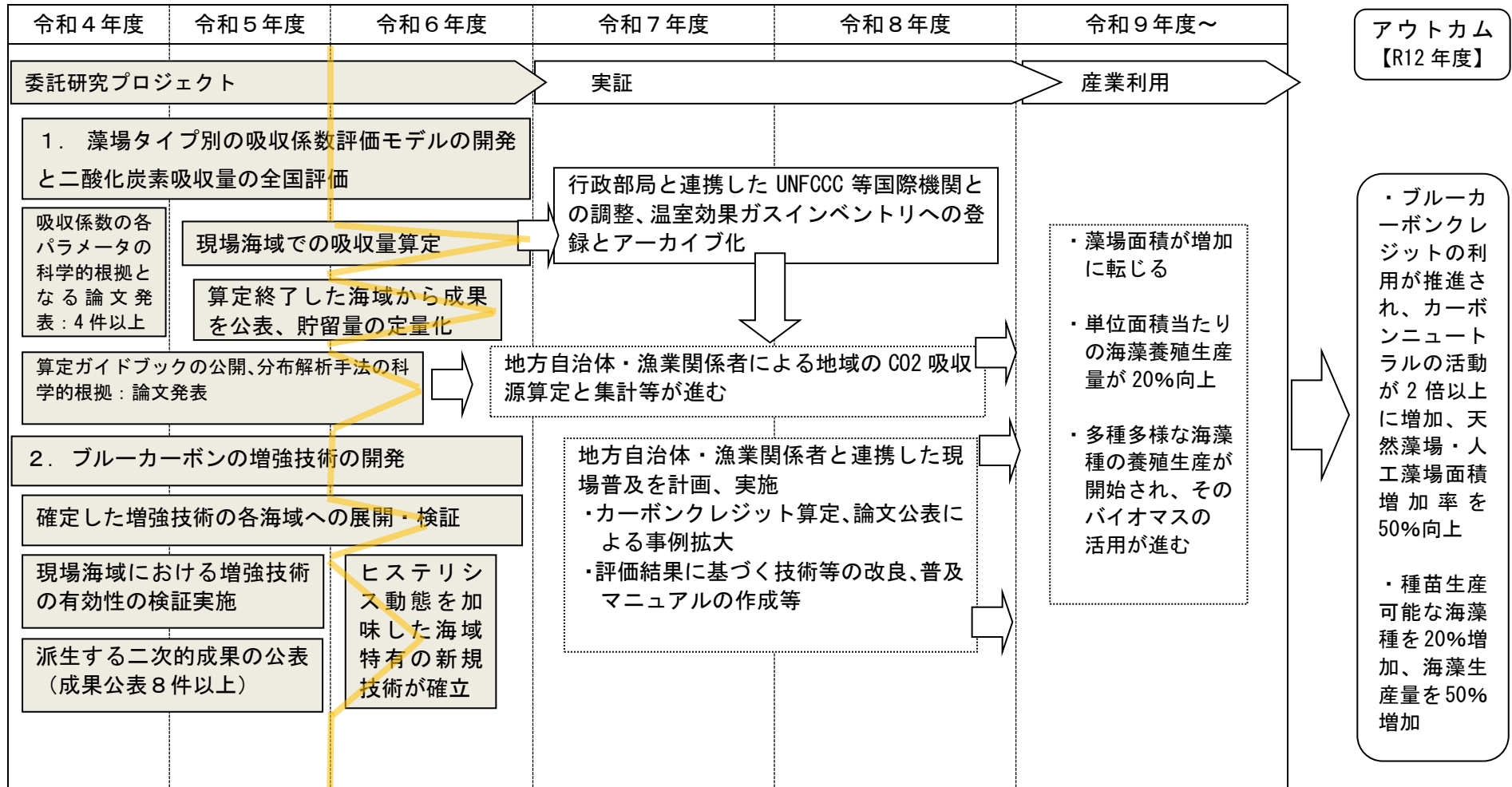
【ロードマップ（終了時評価段階）】

脱炭素・環境対応プロジェクトのうち、農林水産分野における炭素吸収源対策技術の開発

＜①農地土壌の炭素貯留能力を向上させるバイオ炭資材等の開発＞

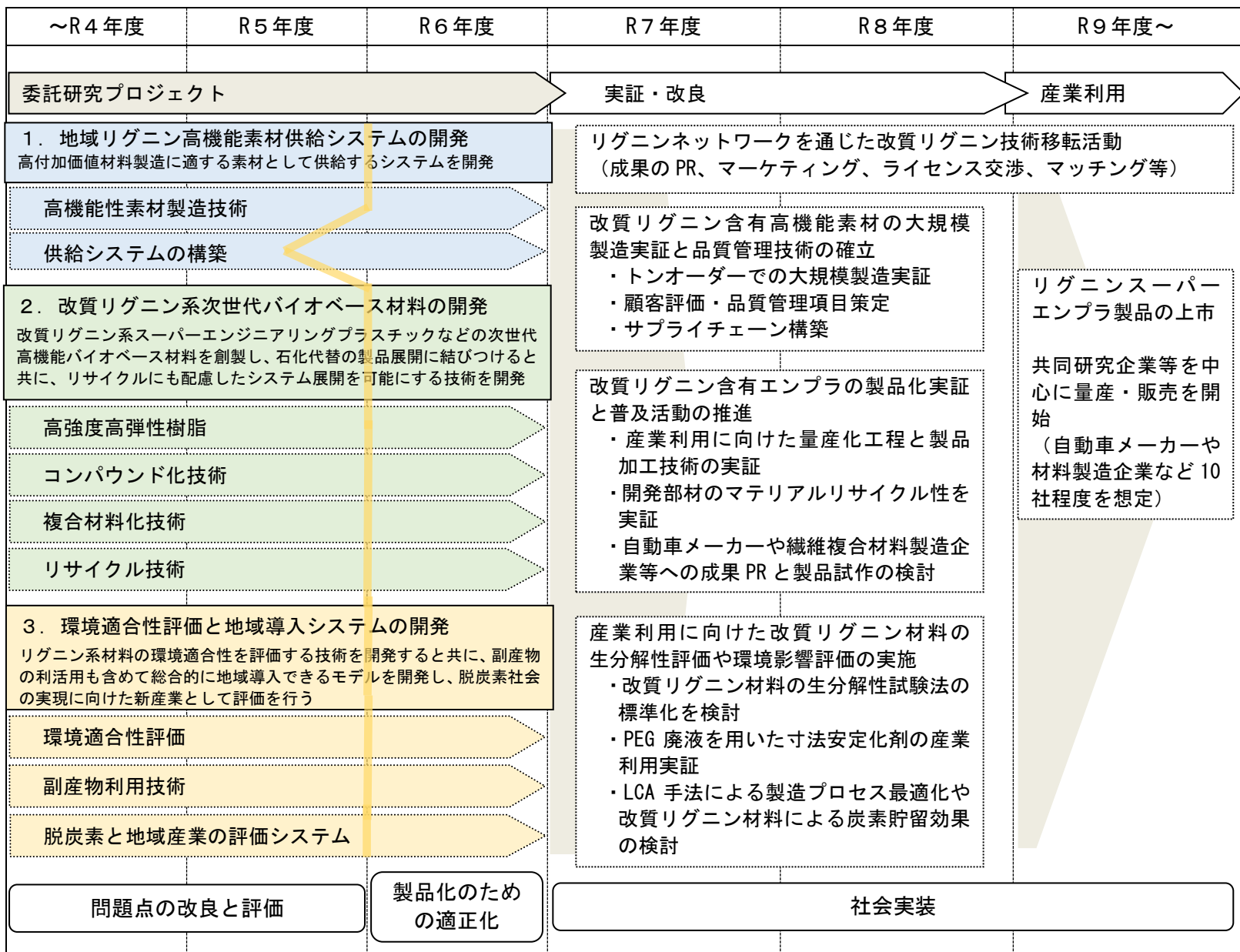


<②ブルーカーボンの評価手法及び効率的藻場形成・拡大技術の開発>



アウトカム
【R12年度】

<③木質リグニン由来次世代材料の製造・利用技術の開発>



アウトカム
【R12年度】

リグニンスーパーエンブラを用いた5種の製品が実用化

 物性・価格・環境適合の面で購入に値する製品の量産・販売

脱炭素社会の実現と国内の地方創生に同時に貢献

農地土壌の炭素貯留能力を向上させるバイオ炭資材等の開発

2050年ゼロエミッション農業の実現のためには、排出量削減対策のみならず、吸収源開発が必要不可欠。バイオマスから変換したバイオ炭は、低コストかつ十分な規模で行うことのできる吸収源技術の一つ。

本事業では、J-クレジット認証制度を活用したバイオ炭による炭素貯留の拡大を、実証試験から社会実装プラットフォームの設計・実装までスピード感をもって推進。バイオ炭の安定供給技術を開発するとともに、現場実証に基づくバイオ炭の炭素隔離と環境改善効果などの総合評価を行い、バイオ炭またはバイオ炭堆肥を活用した営農モデルの普及を目指す。

① 炭素貯留、肥効、N₂O排出削減に資するバイオ炭資材等の開発

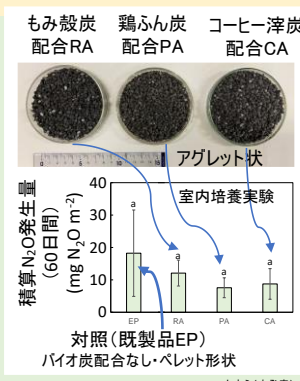
目標：堆肥とバイオ炭を混和したペレット堆肥をN₂O低排出型資材として開発、可搬性のある有機質肥料で気候変動緩和に対応する栽培体系を提示。

【N₂O低排出型バイオ炭資材の開発】

- ・N₂O削減が図れる豚ふん、牛ふんと硫酸、尿素の混合比の割り出し(～R3)、配合比最適化(～R6)。
- ・栽培試験(つくば、三浦、平塚)による作業性、肥効性およびN₂O削減効果(つくば)の検証(～R6)。

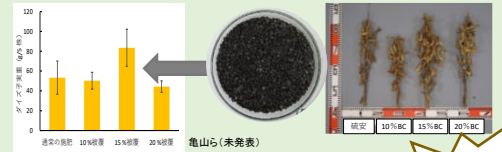


N₂O低排出型バイオ炭の開発(3種類バイオ炭で配合比を最適化、栽培試験で検証中)



【鶏ふんを原料とするバイオ炭開発】

- ・鶏ふん炭に含まれる肥料要素可溶性の生成温度依存性を解明(～R3) 特許出願(2021-139801)。
- ・鶏ふんベースの混合比の検証と造粒方法の検討、圃場試験(～R6)。
- ・作業性が良く肥料効果の高い鶏ふん炭資材の開発(～R6)。



特許開示
2023-33812

② 地域で循環するバイオ炭製造と施用モデルの構築

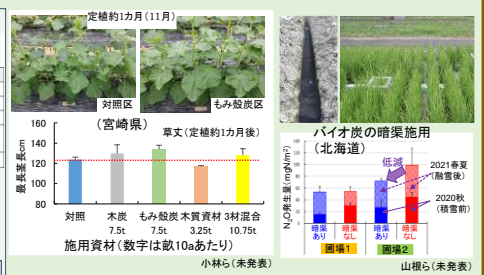
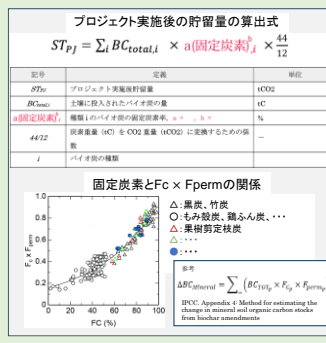
目標：地域、気候帯、栽培体系ごとに入手可能なバイオ炭資材候補を選定。炭化、栽培試験を通じて土壌への固定炭素量と栽培適性を解明、“無理なく”バイオ炭を活用した営農モデルの指針を提示。

【地域バイオマスによるバイオ炭製造技術開発と日本版バイオ炭規格作成】

- ・竹炭、木炭、もみ殻炭の規格作成を完了(R3)、竹炭の係数をインベントリ報告書へ反映(R5)。
- ・刈り芝や果樹剪定枝など多種類の標準炭および市販炭を用いて日本版バイオ炭規格を作成、炭素貯留量の新たな算定式を提示(～R6)。

【日本国内の各地域でのバイオ炭施用実験】

- ・北海道、北陸、西日本、九州の気候帯の異なる農地においてコムギ、イネ、野菜等でのバイオ炭施用試験を継続、収量とGHGデータを取りまとめ、代表栽培体系で算定(～R6)。



- ・日本国内の各地域でのバイオ炭施用実験を進め、代表栽培体系においてGHG収支および土壌炭素貯留効果を算定する。
- ・施用事例について「バイオ炭の施用ガイドライン」で取りまとめる

・日本版バイオ炭の推定係数および算出式を提示

③ バイオ炭・バイオ炭堆肥による土壌炭素貯留効果の総合評価

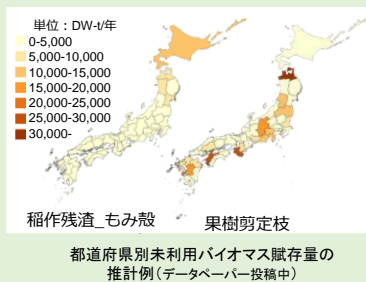
目標：全国規模のバイオ炭活用ポテンシャルから、農地土壌炭素貯留量を把握。課題間連携によりバイオ炭の農地施用ガイドラインを作成、利用可能なバイオマス賦存量および炭素貯留を「見える化」し、J-クレジットの推進に寄与。

【バイオ炭生産資源評価と農地炭素貯留のマッピング化】

- ・バイオマス資源ごとの利用可能量を整理したバイオ炭生産資源データセットの構築完了(～R5)。
- ・農地炭素貯留のマッピング化(～R6)。

【J-クレジット組織化(社会実装)とLCA】

- ・課題間連携で農地施用ガイドラインを作成(～R6)
- ・J-クレジット初申請・初認証(247トンCO₂) (R4)、申請拡大中
- ・J-クレジット申請効率化スキーム(～R6)
- ・社会実装のプラットフォーム(PF)およびビジネス・エコシステム的设计・実装(～R6)



バイオ炭の施用ガイドライン

- ・A4約60頁を見込む
- ・第1～5章
- ・施用事例など

立命館大学日本バイオ炭研究センター
日本バイオ炭コンソーシアム
社会実装のプラットフォームとして「日本バイオ炭コンソーシアム」を設立

QRコード

※赤字はR6年度終了時までには実施が完了(見込み)のもの。下線は最終達成目標。

<最終達成目標>

- ・施用しやすく炭素貯留効果と土壌改善効果が高いバイオ炭資材及び施用技術を2種以上開発。
- ・各種バイオ炭施用におけるGHG収支及び土壌炭素貯留効果を算定。

<アウトカム目標>

- ・バイオ炭資材の普及により、バイオ炭の利用量を現在の3倍に増加させる。

ブルーカーボンの評価手法及び効率的藻場形成・拡大技術の開発

- 炭素吸収源としてのポテンシャルの高いブルーカーボン生態系の温室効果ガスインベントリ登録に貢献可能な、藻場のブルーカーボン貯留量算定手法を開発し、全国評価を実施
- ブルーカーボン生態系の維持・再生の阻害要因の解明とその対策技術の構築、二酸化炭素吸収と生態系保全機能を併せ持つ藻場の形成・拡大技術を開発

小課題1. 藻場タイプ別の吸収係数評価モデルの開発とCO₂吸収量の全国評価

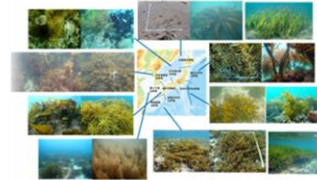
- IPCC湿地ガイドラインに準拠した海草藻場・海藻藻場・海藻養殖によるCO₂貯留量算定手法を世界に先駆けて新規確立
- 海草・海藻藻場のCO₂貯留量を評価するための21の藻場タイプ・9海域別のすべてのパラメータ算定を終了、算定ガイドブックを公開
- 現状の藻場分布によるCO₂吸収量の全国評価を終了、算定値を確定済み



生態系	炭素プール	(1) 新規増加	(2) 維持	(3) 消失
海草藻場 + 海藻	バイオマス			考慮しない
	枯死有機物			考慮しない
	土壌	堆積物中有機炭素、難分解性粒状有機炭素（浅海底残存）、 難分解性溶存有機炭素、深海輸送有機炭素		Tier 3

海草類：6タイプ	アマモ型、タチアマモ型、スガモ型、亜熱帯小型、亜熱帯中型、亜熱帯大型
冷温帯性コンブ類：2タイプ	マコンブ型、ナガコンブ型
暖温帯性コンブ類：3タイプ	アラメ型、カジメ型、ワカメ型
ガラモ類：2タイプ	温帯性ホンダワラ型、亜熱帯性ホンダワラ型
小型海藻類：4タイプ	緑藻類、紅藻類、褐藻類、サンゴ藻類
海藻養殖：4タイプ	コンブ類養殖、ガラモ類養殖、ノリ養殖、ワカメ養殖

海草・海藻藻場のCO₂貯留量算定ガイドブック

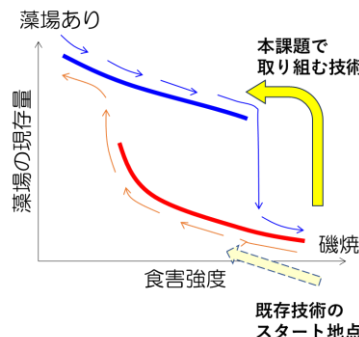
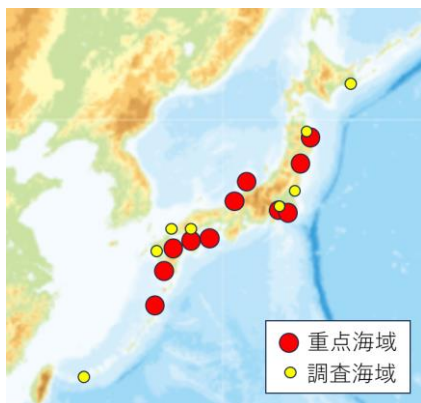


国立研究開発法人
水産研究・教育機構

現在進行中である藻場の温室効果ガスインベントリ登録に採用される見込み

https://www.fra.go.jp/home/kenkyushokai/press/pr2023/files/1101bluecarbon_guidebook.pdf

2. ブルーカーボン生態系の増強技術の開発



- 全国の藻場維持・拡大技術が必要な海域に重点海域と調査海域を設定
- 藻場のヒステリシス動態を加味した新規の藻場維持・拡大技術の開発に向け、11の重点海域で実証試験を実施。
- 二酸化炭素吸収と生態系保全機能を併せ持つ藻場の効率的な形成・拡大技術を2種以上開発し、CO₂貯留量が50%以上向上

温帯性コンブ類のフリー配偶体種苗生産手法をマニュアル化、投稿中

【技術開発の目的】

脱炭素社会の実現と中山間地域へのバイオ産業創出を推進するため、国産森林資源由来の新素材「改質リグニン」を用いて、高い性能（スーパーエンブラ相当）と環境適合性を有する新たなバイオベース材料の開発

【アウトプット目標】

リグニンスーパーエンブラの製品適用の可能性及び環境対応性能を実証し、リグニンスーパーエンブラの製造プロセスの確立

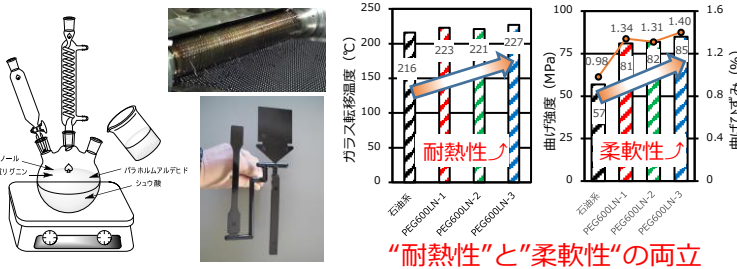
【アウトカム目標（令和12年度）】

リグニンスーパーエンブラを用いた5種類の製品の実用化

① 地域リグニン高機能素材供給システムの開発

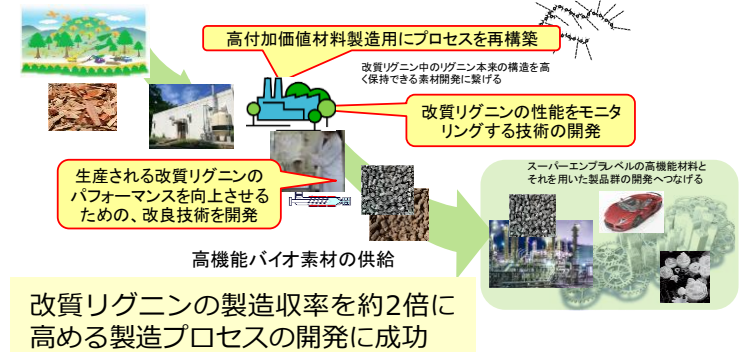
地域の森林資源から改質リグニンを製造する技術を高度化し、改質リグニンのパフォーマンスを向上させ、高付加価値材料製造に適する素材として供給するシステムを開発

【改質リグニン系樹脂の高性能化】



石化化学系のフェノール樹脂より性能が向上した改質リグニン系フェノール樹脂の開発に成功

【地域リグニン高機能素材供給システムの提示】



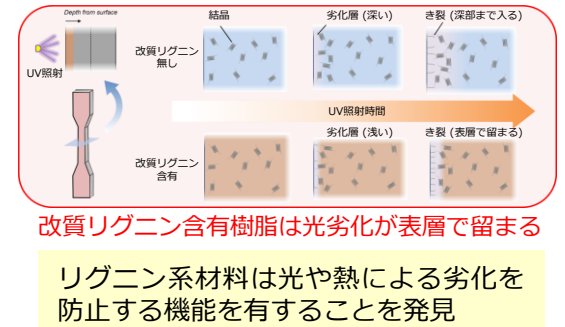
② 改質リグニン系次世代バイオベース材料の開発

スーパーエンブラ相当の高い強度と耐熱性(150°C)の高性能バイオマスプラスチックを開発し、石化代替の製品展開に結びつけると共に、リサイクルにも配慮した改質リグニン系次世代バイオベース材料を開発

【改質リグニン系高性能バイオベース材料の開発と製品加工法の確立】



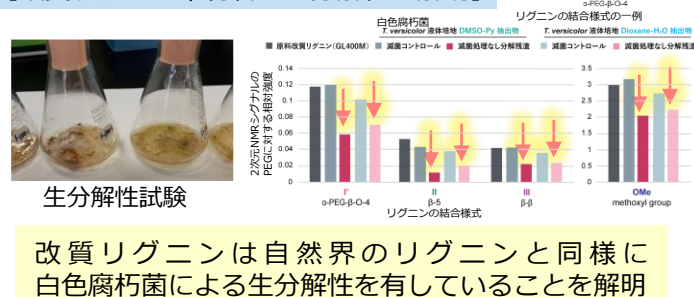
【改質リグニン系材料のリサイクル技術の提示】



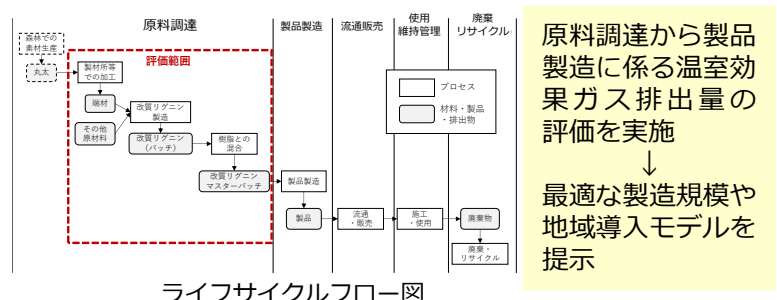
③ 環境適合性評価と地域導入システムの開発

改質リグニン系材料の生分解性評価法を開発すると共に、脱炭素社会の実現と地域産業創出に向けた技術評価システムを開発

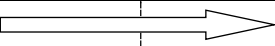
【改質リグニン系材料の生分解性の解明】



【改質リグニン系材料の製造プロセスのLCA評価】



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	アグリバイオ研究のうちゲノム編集技術を活用した農作物品種・育種素材の開発（国民理解促進のための科学的知見の集積）			担当開発官等名	農林水産技術会議事務局研究企画課
				連携する行政部局	消費・安全局農産安全管理課 水産庁増殖推進部研究指導課
研究期間	R 2～R 6（5年間）			総事業費（億円）	2. 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>

農林水産省では、「みどりの食料システム戦略」の実現に不可欠なゲノム編集（※1）技術等の先端技術の社会実装に向けて、専門家と国民・関係業界とのサイエンスコミュニケーション（※2）や消費者とのオープンラボ交流会を実施するとともに、国民向けに先端技術をわかりやすく伝える動画等のコンテンツを作成し、広く国民に情報発信するアウトリーチ事業を実施している。

しかしながら、ゲノム編集を使った品種改良においては、オフターゲット（※3）や外来遺伝子の残留の懸念からゲノム編集製品に対し心配の声があることも事実である。また、養殖したゲノム編集魚が流出して生物多様性に影響を及ぼすのではないかと懸念の声もある。

本委託事業では、上記のアウトリーチ活動とは別に、これらの課題に関する知見を得るために研究を行うことを目的としている。

本委託事業で集積した科学的知見は、上記のアウトリーチ活動や他団体の行っている活動等に広く活用できる資料として整理する。

<課題①：オフターゲット変異を科学的に理解するための知見集積（令和2～6年度）>

・ゲノム編集技術によるオフターゲット変異の発生実態や、育種における自然又は人為的な変異発生の実態についての科学的知見を収集する。

<課題②：ゲノム編集作物等における外来遺伝子除去の効率的な解析手法の開発（令和2～6年度）>

・ゲノム編集作物等の外来遺伝子の有無についての解析を容易にするため、外来遺伝子の解析手法であるk-mer法（※4）についてバレイショや魚類における有効性を検証し、簡易な手法の一般への公開を進める。また、オフターゲット変異の解析に必要な全ゲノム解読情報を整備する。

<課題③：ゲノム編集魚等の生物多様性影響についての基礎的知見の集積（令和2～6年度）>

・ゲノム編集魚等の生物多様性影響に関する基盤的情報として、文献調査や交雑シミュレーション（※5）、モデルとなるゲノム編集魚の生態学的・生物学的知見の収集及び陸上養殖のためのゲノム編集魚の流出防止及び精子や受精卵を不活化する条件の検討を行う。

1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標

① 3種以上の作物を対象に、それぞれ10系統以上について従来育種法における変異を調査し、その発生様式（頻度、位置の傾向、変異の種類等）を明らかにする。また、得られた知見を整理し、サイエンスコミュニケーション用の資料としてまとめる。

② ゲノム編集作物等の外来遺伝子の有無を解析するための手法を開発し、3生物種以上でその有効性を検証した上で、一般が利用できる形で手法を公開する。全ゲノム配列構築法を確立し、3生物種以上について高精度なゲノム配列を作成する。

③ 2種以上のゲノム編集魚をモデルとしてゲノム編集魚の生態学的及び生物学的知見を収集するとともに、生物多様性影響に関連する特性について定量化のための基礎手法を開発する。3種以上の魚について、得られた知見を整理し、サイエンスコミュニケーション用の資料としてまとめる。

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 (R11年)

25億円規模の市場の形成が可能となるよう、ゲノム編集作物等についての国民理解や社会受容を進める。

- ① オフターゲット変異等に関して得られた成果に基づくコミュニケーション等を行うことで、ゲノム編集作物が従来育種による作物と同等であると国民が理解し、受容できる基盤づくりに貢献する。
- ② 外来遺伝子の有無を解析するための手法の活用により、ゲノム編集作物等の使用が円滑に進み、市場形成が促進される。
- ③ ゲノム編集により作出した水産物の円滑な利用を通じ品質の向上や安定供給を図り、輸出や地域経済の活性化に貢献する。

【項目別評価】

1. 研究成果の意義

ランク：A

①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

ゲノム編集技術は特定の遺伝子に高い精度で変異を生じさせることが可能で、地球温暖化への対応や、農業競争力の強化につながる新品種の開発を加速化する新技術として大きく期待されている。一方、先端技術であるゲノム編集の社会実装を円滑に進めていくには、国民理解を丁寧にて得ていくことが必要であり、国民の疑問の多い点であるオフターゲット変異や外来遺伝子の有無等に関する科学的知見を収集するとともに、これらの知見を活用して国民に情報提供するためのサイエンスコミュニケーションを進めることが急務である。

本事業は、ニーズに応じたスピーディな品種開発・提供を可能とし、重要技術であるゲノム編集により開発される作物等の社会実装に貢献するものであることから、農林水産業・食品産業、国民生活のニーズに応える重要な研究である。

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

<課題①>

これまでに、文献調査及び次世代シーケンス解析によりイネ、バレイショ、リンゴの自然変異及び各種の育種技術による変異の発生実態に関する知見の収集を行った。また、イネ、シロイヌナズナ、バレイショ、リンゴについて既存の知見を整理し、サイエンスコミュニケーションに活用できる資料としてまとめた。新規に知見を得るゲノム編集農作物及びゲノム編集魚におけるオフターゲット変異の発生実態の解析等については、既に知見が得られつつある又は解析の目的が立っていることから、最終の到達目標は達成される見込みである。

<課題②>

これまでに次世代シーケンサーで解読されたゲノム情報を基に外来遺伝子の有無を解析するための手法である「k-mer法」を開発し、イネ、コムギ、バレイショで本手法が有効であることを実証した。本手法を汎用的なPCで実行できるソフトウェアの開発を進めており、本プロジェクト終了時までには公開できる見込みである。また、イネ、バレイショ、リンゴについて全ゲノム配列構築法を確立し、イネ、リンゴについては染色体レベルの高精度なゲノム配列が完成しつつあり、課題①における突然変異の検出にも利用されている。残りのバレイショも含めて、プロジェクト終了時までには目標を達成できる見込みである。

<課題③>

マダイ、トラフグ、クロマグロの生物学的特性に関する文献調査を行って基礎知見を収集するとともに、クロマグロの交雑シミュレーション解析を行い、養殖魚由来の個体が天然集団に与える影響につい

て検証した。また、メッシュの逃亡防止網等の設置や親魚飼育水槽の排水路に卵回収ネット及び紫外線照射装置を設置することで、個体や卵の流出防止や精子の不活化が可能であることを確認した。令和3年度に陸上養殖によるゲノム編集マダイ及びトラフグの販売が始まり、それらに関するサイエンスコミュニケーション資料もまとめたことで目標を達成し、令和3年度に前倒しで終了した。

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

本課題より1年先行して開始した農林水産研究推進事業委託プロジェクト研究「ゲノム編集技術を活用した農作物品種・育種素材の開発」において設定されたアウトカム目標（令和11年度までにゲノム編集作物で25億円の市場が形成される）の達成が可能となるよう、ゲノム編集作物等についての国民理解や社会受容を進めるとしている。令和6年1月の時点で、既に3種のゲノム編集作物・魚の販売が開始し、委託プロジェクト研究でニーズの高いゲノム編集作物を開発中であるほか、上記プロジェクト研究以外でも開発中であることから、本事業において、ゲノム編集の疑問に応えるための科学的知見を収集し、国民理解のためのサイエンスコミュニケーション活動を継続的に進めていくことで、ゲノム編集作物の社会受容が一層進むことが見込まれ、アウトカム目標は達成できる可能性は高い。

②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

本事業での研究成果を活用してサイエンスコミュニケーション活動を円滑に進めていくため、サイエンスコミュニケーターとワークショップを行い、コミュニケーションの対象、方法、場（WEBサイトも含む）に応じた適切なデータの質、量及びその取扱いについて意見交換を行った。また、令和3年度にゲノム編集マダイ及びトラフグの販売が開始されたことを受け、これらに関するサイエンスコミュニケーション用の資料作成を前倒しで進めた。ゲノム編集農作物についてもサイエンスコミュニケーション資料の作成を進め、その内容を科学的に立証するために得られた知見を論文や学会等で公表した。このように、研究成果の活用を見据えた取組は妥当である。

③他の研究や他分野の技術の確立への具体的貢献度

本事業では、ゲノム編集作物・魚のオフターゲット変異や外来遺伝子の有無、生物多様性に対する影響についての科学的知見が得られる見込みである。これらの知見は、農林水産研究推進事業委託プロジェクト研究「ゲノム編集技術を活用した農作物品種・育種素材の開発」や内閣府のSIP、ムーンショット等で取り込まれるゲノム編集を活用した品種開発の社会実装に資するとともに、本事業で得られた知見を整理したサイエンスコミュニケーション資料は、研究の終了を待たずに、農林水産省が行うアウトリーチ活動に活用することとしており、本事業の研究成果の他の研究への波及効果は大きい。

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

年2回以上の運営委員会及び推進会議、課題担当者間の打合せ会議等を実施して各実行課題の進捗状況を確認し、次年度の研究計画等を委員や行政の意見を取り入れて毎年変更してきたところである。本事業の研究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、研究計画は妥当である。

②研究推進体制の妥当性

本事業は外部専門家や関係行政部局等で構成する運営委員会で研究が進行管理されており、運営委員会では研究計画を逐次見直している。また、研究コンソーシアムの自主的な推進体制として、年に2回推進会議を開催してコンソーシアム内の情報共有や意見交換、推進体制の検討などを行っており、さらに研究代表と小課題責任者らが随時Webで研究推進等について議論している。以上から、研究推進体制は妥当である。

③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

令和3年度で小課題3を前倒しで終了させ小課題1と2に予算を集中させる等、運営委員会からの指摘や委託プロジェクト全体で課題の進捗状況、研究成果の有効性及び研究計画の変更による緊急性等を踏まえ、円滑に研究を推進できるように必要とする課題へ予算の重点配分を行っている。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、予算配分の措置は妥当である。

【総括評価】

ランク：A

1. 委託プロジェクト研究課題全体の実績に関する所見

- ・社会的な関心の高いゲノム編集技術の国民的理解を促進するための知見集積に関する課題であり、研究成果の意義は高い。
- ・研究は概ね計画どおりに進捗し、普及・実用化のロードマップも妥当であるため、アウトカム目標の達成可能性は高い。情報交換や研究結果の立証等社会実装に向けた取組も妥当である。
- ・サイエンスコミュニケーションの強化に資する点で重要な課題であり、積極的に成果の公表を行っていることは高く評価できる。

2. 今後検討を要する事項に関する所見

- ・得られた成果をどのようにサイエンスコミュニケーションの資料として活用していくのかを農水省全体で議論されることを期待する。
- ・国民の理解を得るために国民の疑問がどこにあるのかということを把握しつつ、多様な層へのアピールができるよう、情報や得られた知見等を分かりやすく説明するための素材として活かしていただきたい。

[研究課題名] アグリバイオ研究のうち
ゲノム編集技術を活用した農作物品種・育種素材の開発
(国民理解促進のための科学的知見の集積)

用語	用語の意味	※ 番号
ゲノム編集	生物が持つゲノムの中の、特定の塩基配列 (DNA配列) を「狙って変化させる」技術。	1
サイエンスコミュニケーション	サイエンス (科学) に関する情報について科学者と一般市民がやりとりし、意識を高めていくことを目指した活動。	2
オフターゲット	狙った場所以外のDNA配列が変化し、意図しない変異が生じること。	3
k-mer法	次世代シーケンサーを使って組換え体やゲノム編集個体の全ゲノムを解読した大量塩基配列データを、外来性DNAの塩基配列と効率よく比較照合し検出する方法。ゲノム編集生物の取扱においては、一度導入された外来遺伝子の残存を確認する手法として利用される。	4
交雑シミュレーション	交雑により生じる集団のゲノム構成の変化を予測すること。本プロジェクトで用いたのはNOAA (米国海洋大気庁) が開発したOffshore Mariculture Escapes Genetics Assessment (OMEGA) model であり、養殖魚と天然魚との交雑と、それによる天然集団への影響を予測する。仮想データのみを用いた解析であるが、戦略的イノベーション創造プログラム (SIP第1期) での成果や米国のヒレナガカンパチなどの研究事例がある。	5

② ゲノム編集技術を活用した農作物品種・育種素材の開発【継続】

＜対策のポイント＞

ゲノム編集技術は品種改良のスピードを速めたり、従来では困難であった品種を開発できるため、農林水産物の生産性向上や高付加価値食品の供給、輸出拡大等に向けた育種技術の一つとして期待されています。

一方で、ゲノム編集技術は比較的新しい技術であり、不安に感じる方もいるため、安心してゲノム編集農作物の利益を享受できるよう、**オフターゲット変異の発生メカニズムに関する知見を集積するとともに、外来遺伝子が除去されたかどうかを効率的に解析する方法の高度化**を行います。

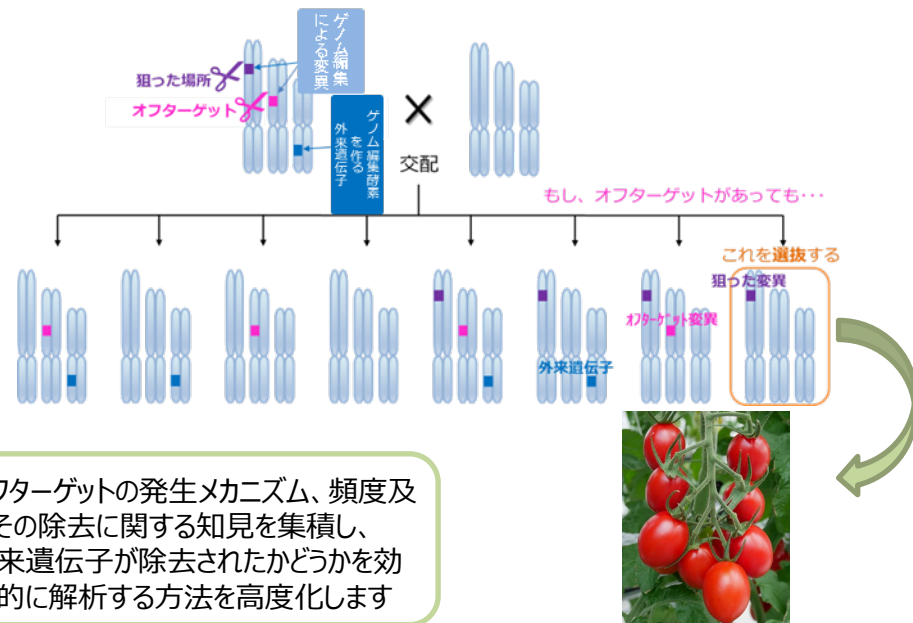
＜政策目標＞

・オフターゲット変異や外来遺伝子の検出方法などに関する知見の集積

＜事業の内容＞

1. ゲノム編集酵素による**オフターゲット変異の発生メカニズム、頻度及びその除去に関する知見を集積**します。
2. 外来遺伝子を導入したゲノム編集農作物について、最新の解析技術を用いてこの**外来遺伝子が除去されたかどうかを効率的に解析する方法を高度化**します。

＜事業イメージ＞



＜事業の流れ＞



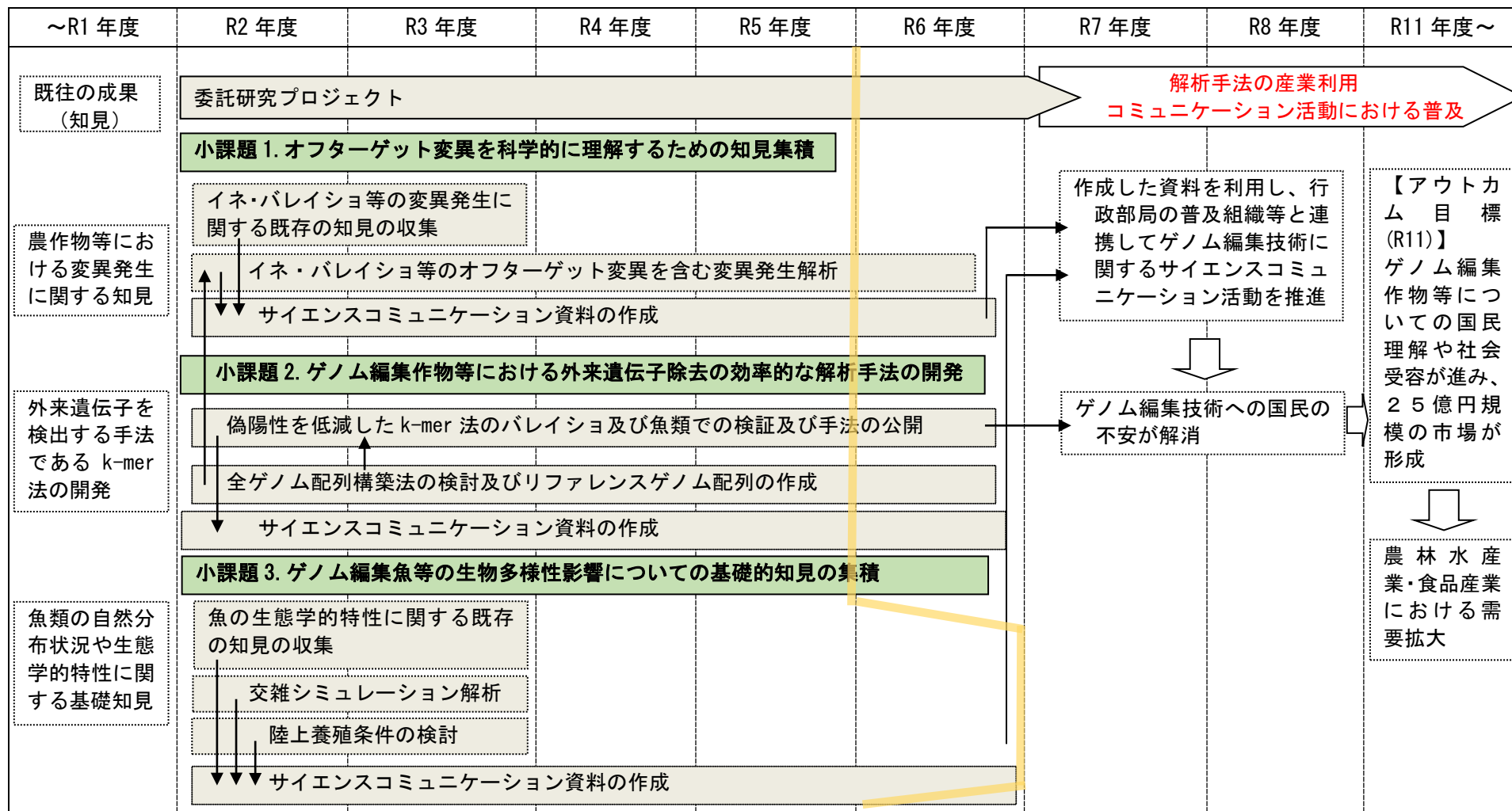
※ 公設試・大学を含む。

GABA高蓄積トマト

【お問い合わせ先】 農林水産技術会議事務局研究企画課（03-3502-7408）

【ロードマップ（終了時評価段階）】

ゲノム編集技術を活用した農作物品種・育種素材の開発(国民理解促進のための科学的知見の集積)



ゲノム編集技術を活用した農作物品種・育種素材の開発 (国民理解促進のための科学的知見の集積)

小課題1. オフターゲット変異を科学的に理解するための知見集積

(これまでの主要な成果) 自然変異及び培養変異等の育種技術による変異の発生実態に関する知見を、次世代シーケンス解析と文献調査により収集・整理しました。

また、ゲノム編集する際のターゲット配列の選定や、ゲノム編集条件の工夫によってオフターゲット候補領域に変異が検出されない又は低減できることを示しました。

自然変異及び培養変異等の育種技術による変異の発生実態に関する知見

植物種	変異方法	変異数
イネ	自然変異	約40か所
	組織培養	約20,000か所
	化学変異	約1,300~3,000か所
	放射線	約4,000か所
バレイショ	自然変異	バレイショの自然変異の頻度に関する知見は本プロジェクト内で解析中
	組織培養	突然変異育種の試みは報告されているが、変異数等の知見は不足している
	化学変異	約10,000か所
	放射線	エックス線照射によるアミロース変異体をターゲットとした報告では、0.02~0.1%の変異体発生頻度が報告された
リンゴ	自然変異	・品種利用できるような枝変わりは、47,000枝に一枝程度発生する ・4種の「ふじ枝変わり」と「ふじ」間では約6万の多型が見られた

各種の育種技術によって変異がどれくらいの数入っているのかを文献調査で分析し、それぞれ変異が相当数入ることを明らかにしました。(文献の不足している項目は本プロジェクトで解析中)

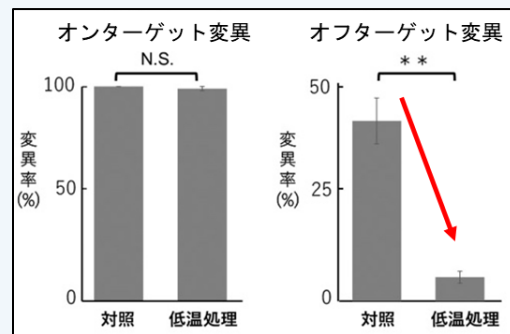
オフターゲット変異発生実態に関する知見

ゲノム編集を行う際には、変異を起こしたい遺伝子の配列の中で切断を入れるターゲット配列を選定しますが、ターゲット以外の配列に似た配列があるとそこにオフターゲット変異が起こる可能性があります。

リンゴをモデルとした検証では、ターゲット配列と4塩基以上異なる配列であれば、オフターゲット変異が検出されないことを示しました。

ターゲット配列	
ACCTGATCGAGTAACTACAG	
オフターゲットを起こす可能性のある配列	オフターゲット変異の有無
ACCTGAAGGAGTTACTACAT	無
ATCAGATTGAGGAECTACAG	無
ATCTGCTCAAGCAACTACAG	無
ACATGAGCGTGTAAGTACAG	無

※赤字がターゲット配列と異なる塩基



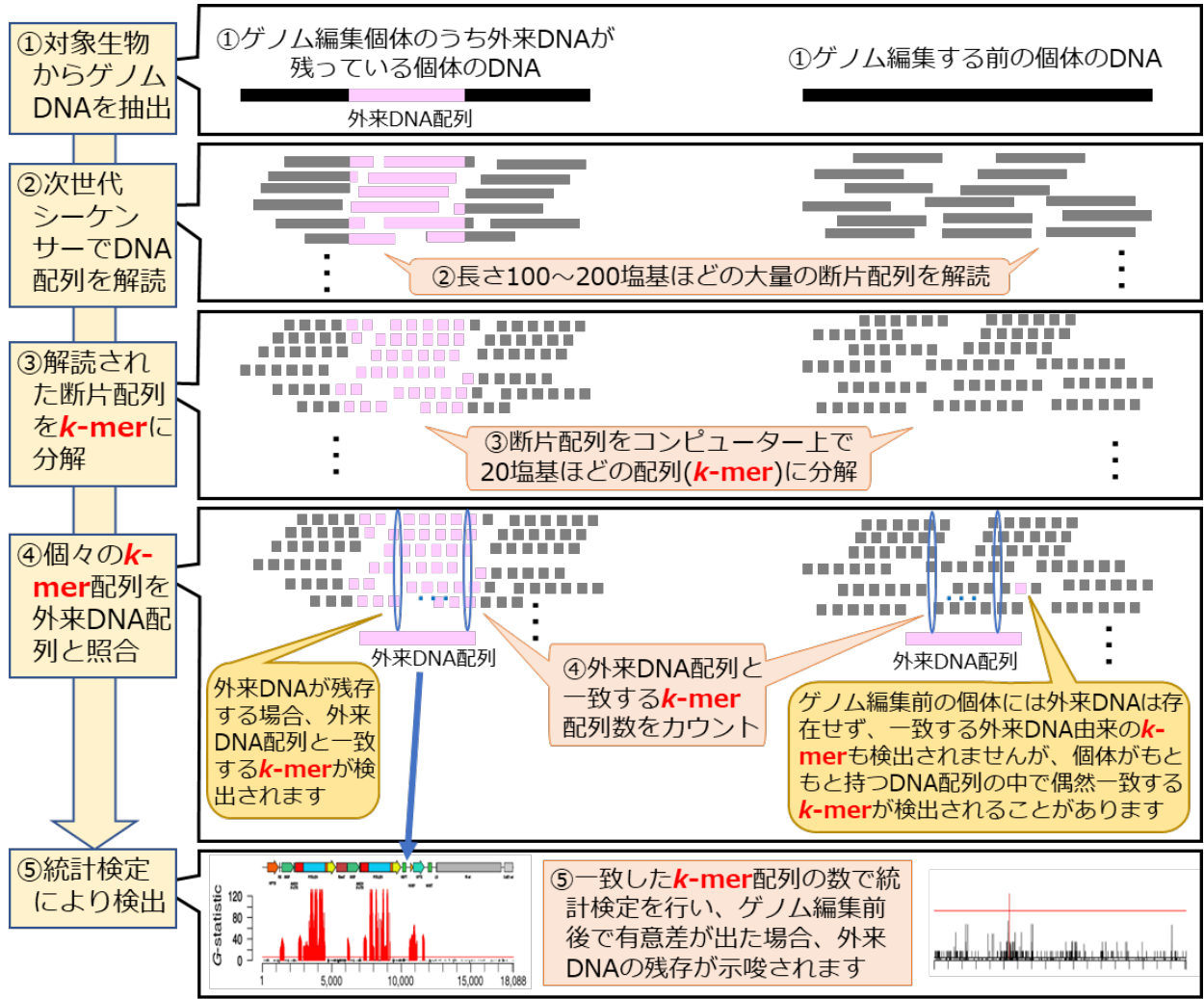
また、メダカにおいてゲノム編集の際に低温下(16℃)で処理を行うと、オフターゲット変異だけを著しく低減できることを示しました。

ゲノム編集技術を活用した農作物品種・育種素材の開発 (国民理解促進のための科学的知見の集積)

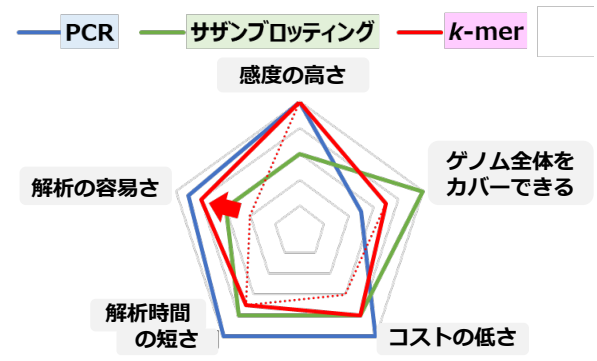
小課題2.ゲノム編集作物等における外来遺伝子除去の効率的な解析手法の開発

(これまでの主要な成果) ゲノム編集作物等の外来遺伝子の有無について、従来のPCRやサザンハイブリダイゼーションで課題のあった、数十塩基程度の短い外来遺伝子断片の網羅的解析も可能な新手法の**k-mer法**を開発し、簡単に解析できるソフトウェアも開発しました。また、**k-mer法**を説明するコミュニケーション資料を作成しました。

k-mer法の手順説明図



k-mer法とPCR及びサザンブロッティングとの比較



現状では、それぞれの方法に長所と短所があり、外来遺伝子の除去を確認するためには、2つ以上の方法を組み合わせて、解析することが望ましい。

汎用的なパソコンでもk-mer法の解析が可能なソフトウェアも開発



小課題3.ゲノム編集魚の生物多様性影響についての基礎的知見の集積

(これまでの主要な成果) ゲノム編集魚が生物多様性に影響を与えないように、陸上養殖におけるゲノム編集魚の流出防止の条件検討を行い、魚や配偶子(卵や精子)の回収や不活化する条件を明らかにしました。

卵回収と精子の不活化装置を備えた陸上養殖の産卵水槽の例



a: 産卵水槽 (水量5kL) , b: 排水パイプ, c: 受水槽 (水量0.4kL) , d: 卵回収ネット (目合い0.5×0.5 mm) , e: 紫外線殺菌装置, f: 排水回収ネット (目合い0.3×0.3 mm)

産卵水槽の排水路に卵回収ネット及び紫外線照射装置を設置することで、卵の回収と精子の不活化が確認されました。

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	アグリバイオ研究のうち次世代育種・健康増進プロジェクトのうち品種識別技術の開発			担当開発官等名	研究企画課 研究開発官(基礎・基盤・環境)
				連携する行政部局	輸出・国際局知的財産課 農産局果樹・茶グループ 農産局園芸作物課花き産業・施設園芸振興室 農産局地域作物課
研究期間	R 2～R 6（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

我が国で育成された優良な植物新品種が意図せず海外へ流出し、無断で栽培される事例が発生する中、育成者権を保護するとともに、我が国の生産者をこれらの育成者権侵害品から守るためには、税関における水際での阻止等が必要である。

このため、挿し木など栄養繁殖により増殖が可能で苗の海外への持ち出しが容易である、カンキツ、ブドウ、リンゴ、キク及びびサツマイモの5品目に対し、海外における栽培事例がある、もしくは今後海外での栽培事例が発生することが予想される我が国の優良品種（21品種）を簡易かつ迅速に識別することができる識別技術の確立を行う。

具体的には、

- 1 優良品種識別キット開発のための技術・情報の整備
- 2 簡易迅速な優良品種識別キットの開発

として、優良品種を識別するためのDNA多型^{*1}を検出し、品種を簡易・迅速に識別するキットの開発を行う。

1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標

令和6年度末までに、挿し木など栄養繁殖により増殖が可能で苗の海外への持ち出しが容易である、カンキツ、ブドウ、リンゴ、キク及びびサツマイモの5品目に対し、海外における栽培事例がある、もしくは今後海外での栽培事例が発生することが予想される我が国の優良品種（21品種）を簡易かつ迅速に識別することができる識別キットを開発する。

2. 事後に測定可能な委託プロジェクト研究課題としてのアウトカム目標（R11年）

現在海外において無断で栽培されていることが判明している主要な品目について、簡易かつ迅速な品種識別技術を普及し、育成者権を保護するとともに、税関における水際での阻止等を確実にすることで、我が国の優良品種の海外における無断栽培を抑止。

（我が国が育成したブドウ品種が海外に流出すると、年間で100億円以上の損失が生じると試算）

【項目別評価】

1. 研究成果の意義

ランク：A

①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

我が国で育成された優良な植物新品種が意図せず海外へ流出し、無断で栽培される事例が発生する中、育成者権を保護するとともに、我が国の生産者をこれらの侵害品から守るためには、侵害品を水際で阻止し、経済的な損失を防止することが必要であり、迅速かつ簡易に品種識別ができる技術の開発が重要である。

現在実用化されている主な品種識別技術は、分析に「生葉」が必要であること、識別に1週間程度の時間を要すること、DNA抽出や分析に当たって多くの設備が必要となること等、多くの課題がある。

本課題で開発予定の技術については、輸入時などの水際での阻止を確実に実施するため、果実などの可食部分から迅速（数時間）かつ簡易に品種を識別できる技術であることから、これまでの技術よりも先導性・実用性が高い。

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最終の到達目標に対する達成度

令和5年度までに、カンキツ7品種、サツマイモ2品種の9品種の識別キット開発を達成済みであり、品種識別技術マニュアルの公開を行ったところ。残る12品種（カンキツ1品種、ブドウ4品種、リンゴ2品種、キク2品種、サツマイモ3品種）の識別キットの開発に必要な技術の検討を進めており、リンゴについては、近年育成された新品種の2品種を追加で検討を進めており、いずれの品目も概ね当初計画通り達成しているところ。

②最終の到達目標に対する今後の達成可能性とその具体的な根拠

最終目標としている21品種のキット開発に向けては、現在、12品種について、キット化に必要な検討を継続するとともに、当初計画のとおり、妥当性試験を進めることとしており、令和6年度には、目標を超える23品種の識別キット開発が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

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

アウトカム目標を「現在海外において無断で栽培されていることが判明している主要な品目について、簡易かつ迅速な品種識別技術を普及し、我が国の優良品種の海外における無断栽培を抑止」することとしており、目標及びその測定指標は明確である。

本課題では、DNA多型情報及び品種識別技術のマニュアルを公開し、対象とする品種のDNA情報並びに識別法を整備していることを明らかにすることで、後発の新品種に対応した識別キット開発が速やかに実施される基盤となることが期待される。また、これにより海外への無断栽培の抑止につながるるとともに、開発キットを本研究の参画者である(株)ファスマックより販売することで、特に、税関等の検査機関での容易なキット入手と技術の普及が見込まれ、目標は十分に達成可能である。

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

本課題で得られた成果のうち、公的な要素が強く公開することがより社会還元につながると判断された内容については、論文及び学会発表での公知化を行っている。

また、本課題で開発されたキットは、本研究の参画者である(株)ファスマックよりキット開発後に順次販売を開始している。あわせて品種識別技術のマニュアルを作成することで、技術の速やかな普及・実用化が可能であり、道筋は妥当であると考えられる。

③他の研究や他分野の技術の確立への具体的貢献

DNA多型情報については、データベースを作成し、識別マーカーの増加など識別精度をより高める際の基盤情報として提供することを予定しており、他の研究及び他分野の技術の確立への貢献度は高い。

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きたか等）の妥当性

3名の外部専門家と、関係する行政部局で構成する運営委員会を設置し、行政ニーズや各課題の進捗状況を踏まえて実施計画の見直し等の適切な進行管理を行っている。こうした進行管理により、特に緊急性の高いブドウ（シャインマスカット）の品種識別キットの開発の優先度を上げるなど研究計画が改善され、アウトカム目標の達成可能性を高めている。

②研究推進体制の妥当性

本課題における研究推進にあたっては、プログラムディレクター、プログラムオフィサーを設置

し、外部専門家や関係行政部局等で構成する運営委員会で進行管理を行っている。

運営委員会では、研究課題の進捗状況を管理しつつ、状況に応じて研究実施計画や課題構成を逐次見直すことが可能であり、適正な推進体制である。

③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

5年間の研究費総額はおよそ1.6億円を見込んでいる。

本課題では、品種識別技術の開発に必要な人件費、DNA解析に要する消耗品費等を計上しており、課題推進に向けて適切に予算配分を行っているところ。

また、予算の減額の発生に対しては、ゲノム解析を行う品種を精査し数を減らして対応する等を行っているが、当初目標については十分達成が可能な進捗となっていることから、予算配分は妥当と考えている。

【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

- ・優良植物新品種の海外持ち出し無断栽培対策は喫緊の課題であり、国主導で進めるべき課題である。
- ・将来、育成者管理機関により海外へのライセンス事業が開始した際に、無断増殖への対応が懸念されるため、このような品種識別技術の開発は不可欠である。
- ・識別キット開発と普及への道筋が明確に示されており、アウトカム目標の達成可能性は高い。
- ・種苗法に基づき侵害であることの現場での立証はこれまで困難であったため、簡易でかつ迅速に識別できるキットの開発は、研究意義、実用性も高く重要であり、高く評価できる。

2. 今後検討を要する事項に関する所見

- ・今後、開発した品種識別キットの販売、技術を普及させるための支援等が肝要である。

[研究課題名] アグリバイオ研究のうち品種識別技術の開発

用 語	用 語 の 意 味	※ 番 号
DNA多型	ゲノムの塩基配列の構造の違い。	1

品種識別技術の開発【継続】

背景と目的

- ▶ 我が国で育成された品種が海外へ流出し、無断で栽培される事例が発生する中、このような農産物の輸入を水際で防ぐこと等により、育成者権の侵害を防ぐことが必要。
- ▶ しかしながら、品種の識別には専門的な設備や多くの時間を要することから、水際や現場での効果的・効率的な品種識別ができない状況。
- ▶ このため、**水際等で簡易かつ迅速な品種識別を行うための基盤技術を開発**する。

研究内容

海外への流出が問題となっている品目について、

- ・ レトロトランスポゾン※を用いた手法等を活用し、迅速に品種識別ができる基盤技術を開発するとともに
- ・ 水際等で活用できるよう、簡易キット化する。

※ DNA因子の一種。レトロトランスポゾンが動くことで作られた配列のコピーは品種によって異なる場所にあるため、当該部位の箇所を調べることで、品種の識別が可能。

到達目標

育成者権の侵害を簡易かつ迅速に発見する品種識別のための基盤技術の開発。

期待される効果

我が国で育成された品種の海外への無断持ち出しに対する抑止力。

海外において無断で生産された品種の水際での輸入阻止。



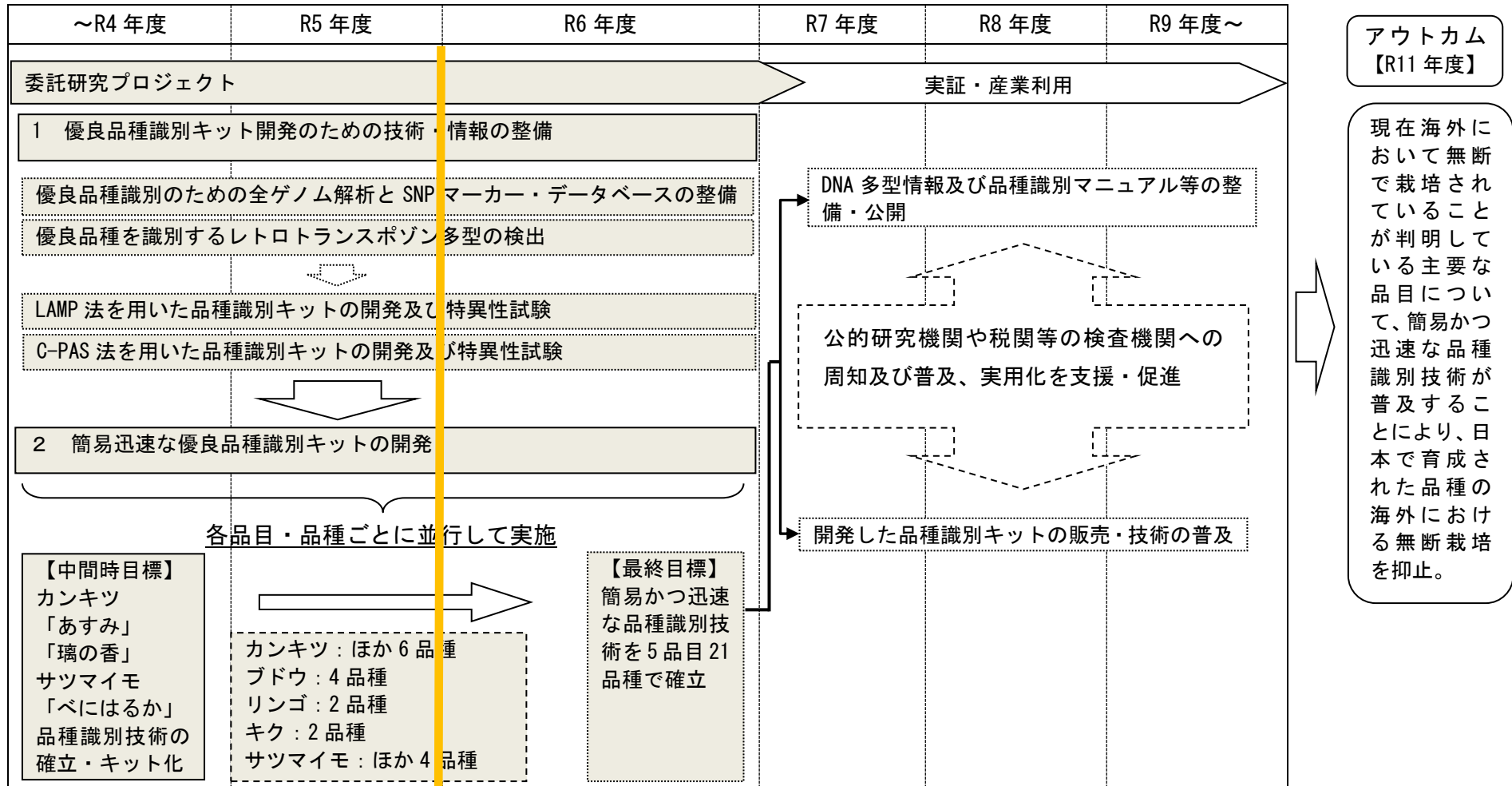
品種識別のための基盤技術開発



品種識別キットを用いた
現場における簡易かつ迅速な品種識別

【ロードマップ（終了時評価段階）】

アグリバイオ研究のうち次世代育種・健康増進プロジェクト
品種識別技術の開発



品種識別技術の開発

これまでの成果の概要

中課題1：優良品種識別キット開発のための技術・情報の整備

全ゲノム解析とSNPマーカー開発



5品目について複数品種のリシーケンス・SNPデータベース整備
キクのSNPマーカー

LAMP法を用いた品種識別キット開発



従来のPCRに比べて短時間に検出・高額機器を必要としない

ブドウ・サツマイモ・リンゴ・カンキツで開発

レトロトランスポゾン多型の検出



C-PAS法を用いた品種識別キット開発

ブドウ・サツマイモ・リンゴ・カンキツで開発

基盤情報の提供

簡易識別キットの提供

品種識別マーカーの開発

開発キットの精査・マニュアル化

中課題2：簡易迅速な優良品種識別キットの開発

カンキツ

C-PAS/PCR法

4品種・キット市販
マニュアル公開



「あすみ」「璃の香」「媛小春」「紅まどんな」

4品種・妥当性確認試験実施

ブドウ

妥当性確認試験・「シャインマスカット」LAMP/C-PASで実施中。他3品種はPCR/C-PASで実施準備



サツマイモ

C-PAS/PCR法

2品種・キット市販
マニュアル公開



「べにはるか」「ふくむらさき」

3品種・妥当性確認試験 実施準備

リンゴ

C-PAS/PCR法

「ローズパール」など4品種の妥当性確認試験 実施準備



キク

SNPマーカー (C-SAND)

「精の一世」「精の光彩」を識別するSNPマーカー開発

