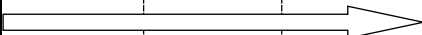


委託プロジェクト研究課題評価個票（終了時評価）

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

研究課題の概要

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

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

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

1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標

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

2. 事後に測定可能な委託プロジェクト研究課題としてのアウトカム目標（令和12年度）

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

【項目別評価】

1. 研究成果の意義

ランク： A

研究成果の科学的・技術的な意義、社会・経済等に及ぼす効果の面での重要性

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

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

① 最終の到達目標に対する達成度

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

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

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

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

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

② 最終の到達目標に対する今後の達成可能性

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

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

削減を実現する栽培システムを開発できる見込みである。

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

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

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

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

① アウトカム目標の今後の達成の可能性とその具体的な根拠

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

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

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

② アウトカム目標達成に向け研究成果の活用のために実施した具体的な取組内容の妥当性

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

実用化を検討している。

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

③ 他の研究や他分野の技術の確立への具体的貢献度

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

4. 研究推進方法の妥当性

ランク：A

① 研究計画の妥当性

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

② 研究推進体制の妥当性

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

③ 研究の進捗状況を踏まえた重点予算配分等、予算配分の妥当性

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

【総括評価】

ランク：A

1. 委託プロジェクト研究課題全体の実績に関する所見

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

2. 今後検討を要する事項に関する所見

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

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

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

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

③ 脱炭素型農業実現のためのパイロット研究プロジェクト【継続】

<対策のポイント>

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

<政策目標>

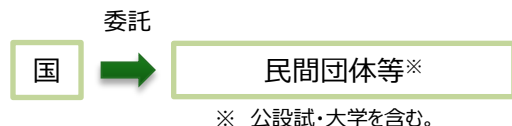
- 生産現場への導入が最適化された気候変動緩和等の技術を5種以上開発〔令和7年度まで〕
- 脱炭素型の農業生産モデル展開の核となる拠点地域を1か所以上構築〔令和7年度まで〕

<事業の内容>

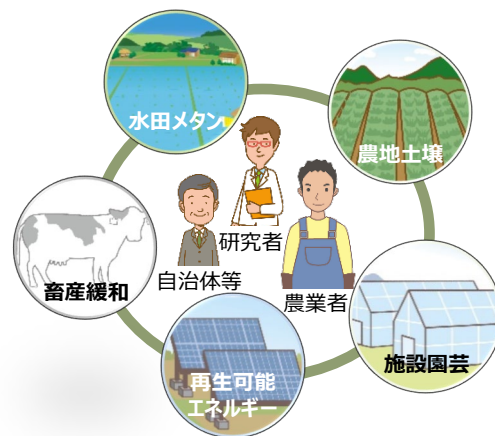
脱炭素型農業実現のためのパイロット研究プロジェクト

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

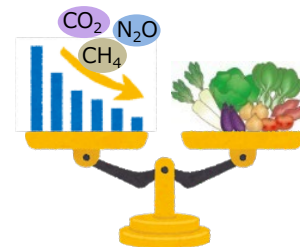
<事業の流れ>



<事業イメージ>

気候変動緩和等の技術の
On Farm開発

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

GHG削減と作物生産等が
両立する緩和技術等を開発

気候変動緩和等の基礎・基盤的技術を

- ・ GHG削減効果
- ・ 生物多様性、水環境
- ・ 生産性の向上

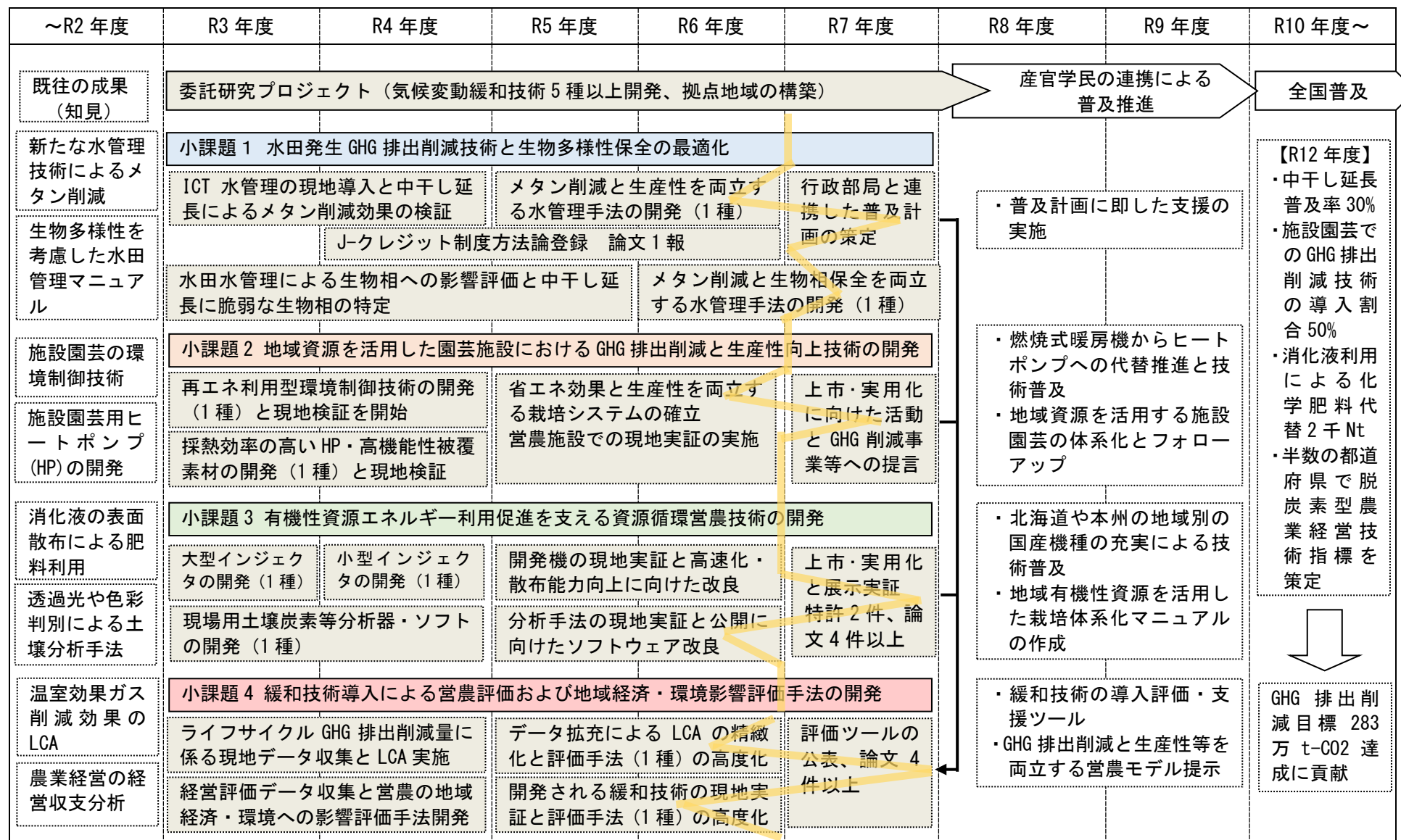
と両立した、地域の状況に適應する技術へと確立



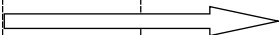
脱炭素型の農業生産モデルを展開

【ロードマップ（終了時評価段階）】

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



委託プロジェクト研究課題評価個票（終了時評価）

研究課題名	環境負荷低減対策研究のうち化学農薬の使用量低減プロジェクトのうち子実とうもろこしを導入した高収益・低投入型大規模ブロックローテーション体系の構築プロジェクト			担当開発官等名	農林水産技術会議事務局研究統括官（生産技術）
				連携する行政部局	大臣官房政策課技術政策室 農産局穀物課 畜産局飼料課
研究期間	R 5 年～R 7 年（3 年間）			総事業費（億円）	2. 4 億円（見込）
	基礎	応用	開発		
					

研究課題の概要

現在、水稻・大豆の輪作体系では、輪作年数の経過と共に収量や地力（土壌肥沃度）の低下が生じており、有機物資材の投入等による土づくりが課題となっている。また、輸入に多くを依存する麦、大豆および子実とうもろこし等は、ウクライナ情勢や為替の影響で価格が高止まりしており、供給への懸念が拡大している。

そこで、堆肥の投入量が多く、茎葉等の残さも有機物として活用可能な子実とうもろこしを水田輪作・畑輪作体系に組み込むとともに、堆肥等を活用した施肥管理技術を開発し化学肥料使用量の低減を図ることにより、生産性向上と地力維持を両立できる高収益・低投入型ブロックローテーション（※1）体系を構築する。

1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標

本研究での目標は、新たに子実とうもろこしを導入して、

1. 東北地域における高収益・低投入型大規模ブロックローテーション体系
2. 九州地域における高収益・低投入型ブロックローテーション体系
3. 関東地域における子実とうもろこし・ダイズ畑輪作体系

を構築し、化学肥料の使用量を30%低減するとともに経営体の収益を5%向上させることとしている。1, 2は水田輪作とし、1は現在、単作で、水稻、大豆の輪作を700haの規模で実施している地域、2は水稻、麦、大豆、麦などの二毛作を実施している地域、3は畑地化後の水田転換畑利用を想定した畑輪作を対象とする。各地域において、現地実証試験に加え、堆肥等の有機物施用を主体とし、化学肥料使用量の低減を可能とする土壌管理技術を開発導入し、輪作体系に子実とうもろこしを導入することによる生産性向上効果を明らかにする。さらに、早急かつ円滑な普及拡大の必要性を鑑み、これまでの作付け体系に子実とうもろこしを新たに導入する場合における、作業競合（※2）を回避するための栽培管理支援技術や、国産子実とうもろこしの流通体系を構築するための実証試験等を行う。

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）

子実とうもろこしを導入した輪作によるブロックローテーションにおいて、資材等の低投入と安定した収益性を実現するための技術を開発し、都道府県や普及組織と連携しながら普及活動を行い、2030年までに子実とうもろこしを導入したブロックローテーションの3,000ha以上の普及を目指す。

【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

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%低減を目指すとしている。

現在、水稻・大豆の輪作体系では、輪作年数の経過と共に収量や地力（土壌肥沃度）の低下が生じており、有機物資材の投入等による土づくりが課題となっている。また、輸入に多くを依存する麦、大豆および子実とうもろこし等は、海外の生産環境の不安定化により供給への懸念が拡大している。

本課題は、このような情勢に対応して、堆肥の投入量が多く、茎葉等の残さも有機物として活用可能な子実とうもろこしを水田輪作・畑輪作体系に組み込むとともに、堆肥等を活用した施肥管理技術を開発し、化学肥料使用量の低減を図ることにより、生産性向上と地力維持を両立できる高収益・低投入型ブロックローテーション体系を構築するものであり、重要性の高いプロジェクトと考えられる。

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. 東北地域における高収益・低投入型大規模ブロックローテーション体系 に関しては、

- 水稻、子実とうもろこし、大豆の大規模輪作体系における高速作業技術および低投入栽培技術の開発・実証、に向けては輪作2作目までにおける、各種作業性、収量性を確認し、収益性の確認のための暫定的な経営モデルを作成しており、
- 大規模ブロックローテーションにおける圃場管理技術の開発、に向けては堆肥活用により化学肥料使用量を目標の30%を大きく超えて削減した施肥法が土壌理化学性および各作物の収量に与える影響等を明らかにしており、
- 大規模ブロックローテーションを支える乾燥調製・流通体系の構築、に向けては共同乾燥施設における乾燥後の子実とうもろこしのかび毒や等級の予備評価等が実施されていることから、

当初の計画通り70%の進捗である。

また、当初は研究期間終了後に、技術の横展開・普及活動のため開発技術を導入した展示圃を現地に設置する予定だったところ、生産現場の関心の高さから、宮城県において前倒しで着手されており、社会実装に向けた取組の一部で計画以上の進展も見られる。

2. 九州地域における高収益・低投入型ブロックローテーション体系

に関しては、

- 春播き子実とうもろこしを導入した3年6作体系の開発・実証、に向けては九州北部での子実とうもろこし栽培における経済的最適窒素投入量の解明や、子実とうもろこしの導入を通して収益性を向上させる経営モデルの予測精度向上、労働報酬が32%増となる体系の提示等が図られ、
- 夏播き子実とうもろこしを導入した麦、大豆輪作体系の開発・実証、に向けては栽培技術の検証により化学肥料を全体で30%以上低減しても各作物の収量を維持できる成果が得られ、また効果・労力的に最適な子実とうもろこし残渣のすき込み方法および茎葉中の肥料成分の肥効パターン解明にかかる2年目データの蓄積が実施されていることから、当初の計画通り70%の進捗である。

3. 関東地域における子実とうもろこし・ダイズ畑輪作体系

に関しては、

- 子実とうもろこし・大豆畑輪作体系における鶏ふん堆肥を利用した化学肥料低減技術の開発と実証、に向けては前作とうもろこしや鶏ふん堆肥が土壌の理化学性および大豆の生育・収量に及ぼす影響の解明により、慣行体系と比較して化学肥料を60%削減できる見込みが得られ、
- 牛ふん堆肥や土壌養分を利用して栽培した子実とうもろこしの後作への有機物及び養分供給量の解明と後作ダイズにおける化学肥料低減効果の検証、に向けては前年度の結果を踏まえて設定した化学肥料低減量に基づいたダイズの施肥試験により、後作ダイズでの化学肥料低減効果が明らかになり、
- 子実とうもろこしを導入したブロックローテーションでの作業計画提示システムの開発、に向けては発育予測モデルのAPI（※3）化とその検証、子実とうもろこしのブロックローテーション導入に対応した作付け計画支援プログラムのプロトタイプ作成が進んでいることから、当初の計画通り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は予定通りである。現時点で研究推進上の問題も見られない。各地で化学肥料の使用量の低減効果の検証が進んでおり、東北、九州で目標となっている経営体の収益向上効果の確認に向けた経営モデルの作成が順調に進んでいることから、最終年度終了時には、最終目標を達成できる見込みである。

なお、コンソーシアムの積極的なアウトリーチ活動の結果、実証地周辺では生産者の関心が高まり、普及機関となっている古川農業協同組合により次年度に実証圃が設置されることなど、成果の迅速な社会実装が大いに期待できる状況となっている。

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

大規模ブロックローテーションの導入については、本プロジェクトの開始時から現地実証地である宮城県大崎市を中心に、参画機関の古川農業協同組合を通じて、当該地域の地域営農ビジョンに、現在の輪作体系への子実とうもろこしの導入や水稻乾田直播を基軸とする持続的輪作体系の実施を位置づける

ことが予定されている。地域の主要な構成員は、プロジェクトを実施しながら現地検討会や技術研修会を開催し、開発技術の効果などを現地で確認しつつ、地域での話し合いを通じて、地域営農ビジョンの実現に向けた行動計画等を策定することにより、農地の集積利用や、担い手の確保への対策技術として本技術が実施され、管内へ速やかに導入されるように誘導している。よって、本課題での開発・実証内容は他のJAや地域のモデルとなり、大規模ブロックローテーションを実施するための基盤技術として示される。

古川農協の管内では、水田輪作への子実とうもろこしの導入面積が2022年度で91ha、本年度は107haと順調に普及拡大しており数年以内に数百ha規模に拡大する見通しがある。また、2.の九州地域、3.の関東地域での小課題においても計画通りの成果が得られるとともに実証経営体への技術移転が図られており、現地周辺の農家から多数の問い合わせを受ける状況にある。この傾向が、本プロジェクトの成果を基に宮城県内および全国に横展開することで、2030年に3,000haとしたアウトカム目標の達成が十分に見込まれる。したがって、アウトカム目標の達成可能性は高いと考える。

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

研究開発に併行して、その現地実証試験を行い収量の安定性や向上効果等を確認し、実証経営体への技術移転を進めている。また、本課題の実施にあたっては既に、農業改良普及センターやJAとの連携体制を構築しており、実証地域以外への横展開を迅速に進める準備ができています。さらに、コンソーシアムとしては、現地見学会、技術講習会、成果報告会などのアウトリーチ活動を多く（2024年度に12月まで22件）開催し、その多くは新聞報道等にも取り上げられ（2024年度に12月まで17件）実証地域への情報発信を進めるとともに、関係機関、関係団体への周知も図っている。

このように、研究成果が生産現場に社会実装されるよう、現地実証試験と同時に普及活動を進めるなど、プロジェクト研究としては強く普及を意識した取組が着実に進められており妥当と考えられる。

③他の研究や他分野の技術の確立への具体的貢献度

本プロジェクトで開発するブロックローテーション体系の構築に資する技術は、本プロジェクトで構築した体系に加えて、様々な水田輪作体系へ応用が可能である。特に、ブロックローテーション向け作付け計画プログラムは広域にブロックローテーション体系を導入する際の作業計画のシミュレーションが可能であり、地域計画の策定に有効なツールとなり得る。また、子実とうもろこしだけでなくイアコーンなど他の飼料用途へも応用が期待できる。さらに、堆肥施用に伴い確認された化学肥料投入量削減による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。また、現在、国産の子実とうもろこしの流通体系が全国的にほとんど整っていない状況下で、新たな流通体系を構築するための実証試験の実施は挑戦的な取り組みであり、本プロジェクトで得られた成果は、今後の国産飼料の生産・利用の拡大に向けた取組に繋がることが大いに期待される。

4. 研究推進方法の妥当性

ランク：A

①研究計画の妥当性（的確な見直しが行われてきたか等）

外部有識者5名及び関係する行政部局で構成する「委託プロジェクト研究運営委員会」を設置し、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おり、妥当であると考えられる。

②研究推進体制の妥当性

上述の「委託プロジェクト研究運営委員会」のほか、研究機関の自主的な推進体制として、これまでに参画機関全体の推進会議を年2回（計4回）開催し、研究の進捗状況を確認するとともに、課題間での情報共有により、課題推進の加速化及び成果の最大化を図っている。また、作業技術、土壌肥料、栽培生理等の各分野の研究実績がある公的研究機関、迅速な社会実装に不可欠な民間企業が複数参画するコンソーシアムが構成されており、研究推進体制は妥当と考えられる。

③予算配分の妥当性（研究の進捗状況を踏まえた重点配分等）

各課題とも順調に進捗しており、適切な予算配分となっている。

1. 委託プロジェクト研究課題全体の実績に関する所見

- ・化学肥料使用量の低減を図ることで、生産性向上と地力維持を両立できる高収益・低投入型ブロックローテーション体系を構築するものであり、研究意義は高い。
- ・概ね研究は計画通り進捗しており、また、研究成果を複数の地域に実装する取組も進んでおり、研究目標を達成する可能性は高い。

2. 今後検討を要する事項に関する所見

- ・幅広い地域で実効性をもって普及させるためには、輪作に必要な機械設備の必要条件なども明らかにし、過剰な設備投資がなくとも迅速に本研究の成果を導入できる条件を明確化していただきたい。
- ・子実用とうもろこしを含めた国産飼料の流通体系が構築され、本研究成果が迅速かつ適切に活用されることを期待する。

〔研究課題名〕 環境負荷低減対策研究のうち化学農薬の使用量低減プロジェクトのうち、子
実用とうもろこしを導入した高収益・低投入型大規
模ブロックローテーション体系の構築プロジェクト

用 語	用 語 の 意 味	※ 番号
ブロックロー テーション	ブロックローテーションは、転換畑を2～4ha程度の作業単位、あるいは水系 単位にまとめ、それら団地ごとに水稻と麦類・大豆、その他の作物との輪換を行う ことで生産性を向上させる方式のこと。	1
作業競合	一定期間内に複数の作業が集中し、労働時間が過大となったり、負担面積の制約 を受けること。例えば水稻や大豆などの複合経営で、作期が近接して播種や収穫作 業などが同一時期に重複する場合に生じる。	2
API	Application Programming Interfaceの略。複数のアプリケーション等を接続（連 携）するために必要な仕組みのこと。	3

① 子実用とうもろこしを導入した高収益・低投入型大規模ブロックローテーション体系の構築プロジェクト【継続】

- 水稲・大豆の輪作体系では、輪作年数の経過と共に収量や地力の低下が生じており、有機物資材の投入等による土づくりが課題となっている。このため、堆肥の投入量が多く、茎葉等の残さも有機物として活用可能な子実用とうもろこしを水田輪作に組み込み、輪作全体での施肥管理技術により**化学肥料使用量の低減**を図ることで、**生産性向上と地力維持を両立**できる体系を構築する必要がある。
- さらに、子実用とうもろこしを組み込むことで生じる作業競合や、効率的な機械利用等を考慮した新たな作業体系を構築する必要があるため、地域作物等も含めた経営単位全体の収益性を向上させる輪作体系を検討し、**持続的な低投入型大規模ブロックローテーション体系**を確立することで、**みどりの食料システム戦略**で目指す「**化学肥料使用量の低減**」に貢献する。

目標達成に向けた現状と課題

- ・水田での輪作に、労働生産性が高く有機質資材の投入が可能な子実用とうもろこしを導入することは、農家の収益性向上や地力維持の観点から重要。しかし後作への影響も含めた適切な施肥管理に関する知見が不足。
- ・また、地域全体で取組む大規模ブロックローテーションにおいて、機械の効率的利用等を目指した最適な作目・作期・生産技術を体系化する必要。

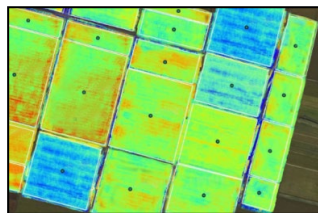


生産性向上のための技術

スマート技術による省力作業（左）
スナッパヘッドを装着したコンバイン（右）

必要な研究内容

- ・堆肥等で土壌に有機物を補給するとともに、施肥管理技術等により化学肥料使用量を低減する生産技術の開発。
- ・作業競合や地力維持、次期作への影響等を考慮した大規模ブロックローテーション体系の構築。
- ・収益性を最大化する営農計画案（最適な品種・作業組合せ、スマート農機の活用等）を提示するシステムの開発。
- ・地域のニーズに応じて麦類や地域作物を組み込んだ輪作や、畑作物のみを組み合わせた輪作体系の構築。



生育や土壌の診断技術



堆肥等を活用した栽培管理

2025年までのユースケース目標

ブロックローテーション
による生産性向上により
収益5%以上増

化学肥料の使用量を
30%低減

社会実装の進め方と期待される効果

(みどり戦略への貢献)

- ・生産技術のマニュアルを作成し、都道府県単位の行政施策等と連携することで、2030年までに子実用とうもろこしを導入したブロックローテーション体系を3000ha以上へ普及する。
- ・**有機質資材や子実用とうもろこし残さの活用等**により化学肥料の使用量を低減した**低投入型の生産の実現**。
- ・大規模経営体・地域における地力維持と収益性向上を両立した輪作により、**競争力のある経営**に寄与。

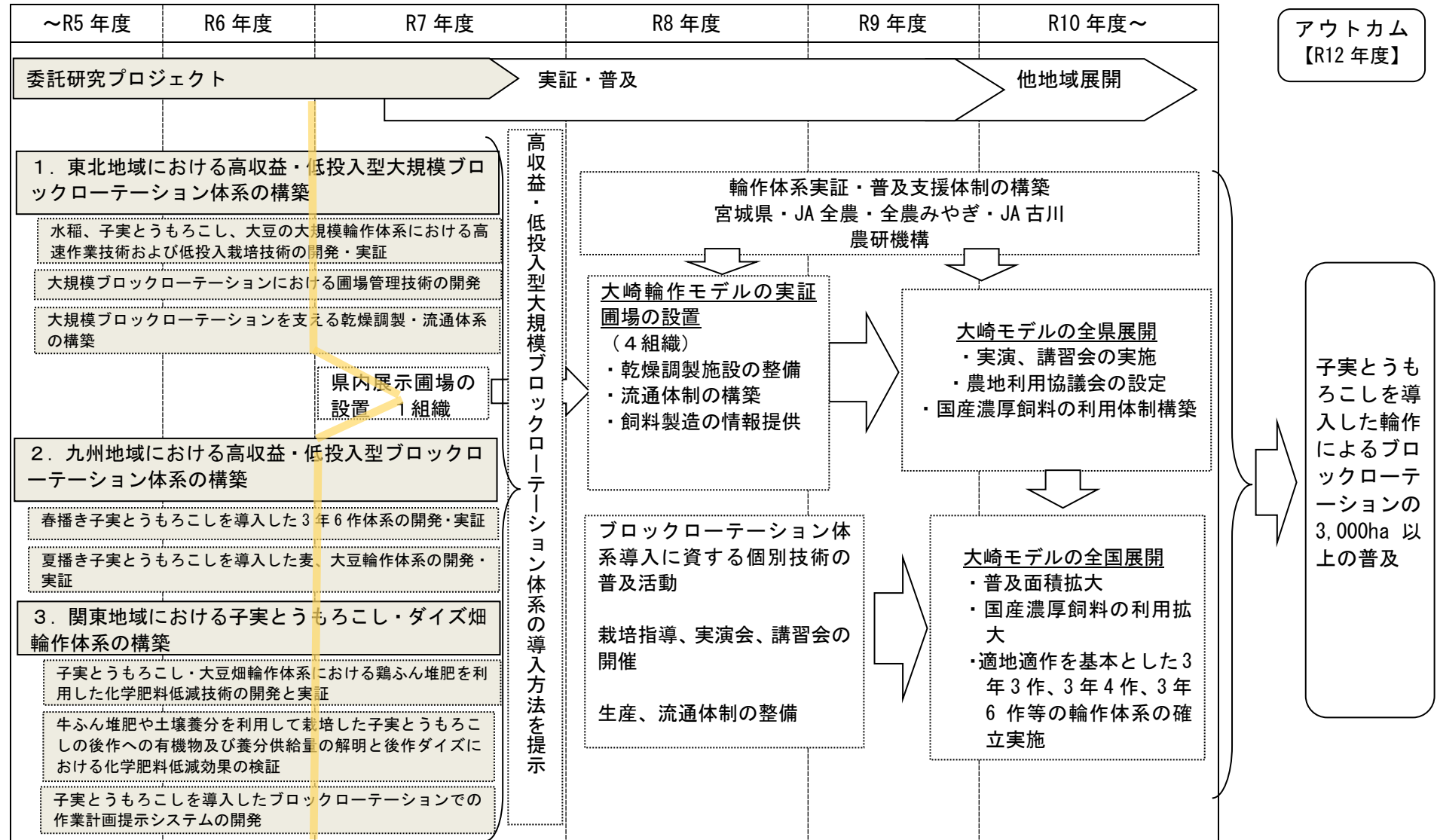


自給率向上と低投入・持続性の両立

2030年化学肥料使用量20%低減達成に貢献

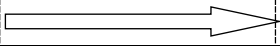
【ロードマップ（終了時評価段階）】

環境負荷低減対策研究のうち化学農薬の使用量低減プロジェクトのうち、子実とうもろこしを導入した高収益・低投入型大規模ブロックローテーション体系の構築プロジェクト



※大崎輪作モデル：本プロジェクトで開発した超高能率作業体系やブロックローテーション体系を基に、少人数を基本とし複数の組織による300ha程度（以上）の広域的かつ大面積の営農に対応可能とし、地域として持続可能な地域営農モデル

委託プロジェクト研究課題評価個票（終了時評価）

研究課題名	環境負荷低減対策研究のうち有機農業の取組面積拡大プロジェクトのうち園芸作物における有機栽培に対応した病害虫対策技術の構築			担当開発官等名	研究統括官（生産技術） 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 消費・安全局植物防疫課 農産局農業環境対策課
研究期間	R 5 年～R 7 年（3 年間）			総事業費（億円）	1. 6 億円（見込）
	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・農林水産業の生産力向上と持続性の両立の実現に向けて、有機農業への転換を進める上で、園芸作物における病害虫対策技術が不足している。このため、安定した有機農業経営の実現に資する、有機質資材等を活用した土壌病害対策技術のマニュアル化、国産天敵製剤（※１）および植物ワクチン（※２）の開発等により、有機栽培に対応した病害虫対策技術を構築する。 ＜課題①：土壌分析に基づく太陽熱養生処理（※３）によるサツマイモ基腐病の発生抑制（５～７年度）＞ ・太陽熱養生処理のサツマイモ基腐病発病抑制効果についての検討等を行い、マニュアルを作成する。 ＜課題②：腐植酸（※４）処理によるアブラナ科野菜根こぶ病の発生抑制（５～７年度）＞ ・腐植酸処理によるアブラナ科野菜根こぶ病発病抑制効果を検証し、主要産地における現地実証およびマニュアルの作成を行う。 ＜課題③：安価で使用性に優れた国産カブリダニ製剤の開発（５～７年度）＞ ・カブリダニ在来系統について天敵としての能力を既存の海外製剤と比較しながら評価し、農薬登録試験に供試可能な国産天敵製剤を開発する。 ＜課題④：バイオスティミュラント資材（※５）の開発（５～７年度）＞ ・アブラナ科作物の根こぶ病等土壌病害に対して抑制効果を示す、バイオスティミュラント資材のプロトタイプ（※６）の開発を行う。 ＜課題⑤：植物ウイルスワクチンの開発（５～７年度）＞ ・ウリ科作物に利用できる植物ウイルスワクチンを１種類以上開発する。					
１．委託プロジェクト研究課題の主な目標					
①露地野菜を対象とする安定的な土壌病害抑制技術を１つ以上開発し、マニュアル化する。					
②野菜や果樹等の園芸作物を対象とし、有機栽培における病害虫対策に利用できる国産天敵製剤、植物ウイルスワクチン、バイオスティミュラント資材をそれぞれ１種類以上開発する。					
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（2030年）					
2025年までに効果的な病害虫対策技術を複数開発することにより、2030年有機農業の取組面積目標（6.3万ha）に貢献。					

【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**

「みどりの食料システム戦略」では、有機農業の農地を2050年に全体の約25%（100万ha）にすると共に化学農薬の使用量（リスク換算）を2023年までに10%、2050年までに50%低減することを目標に掲げている。一方で東アジアにおける農業では気候的に病害虫の発生が多く、これを制御するために欧州や北米と比較して多くの化学農薬を使用している現実がある。この状況を打破し、有機農業への転換を進めるためには、日本の環境に調和した、化学農薬に頼らない病害虫の制御方法を開発し普及させていくこと、これら技術を組み合わせて総合的な管理技術を確立していく必要がある。

キャベツやハクサイ、ダイコンを含むアブラナ科作物はわが国の露地野菜で圧倒的に多い作付面積を持っており、根こぶ病対策技術の開発は重要である。一方で太陽熱養生処理と腐植酸処理は、本来は植物の健全な育成を助ける技術である。健康な植物は病害の感染を防ぐという意味では、その効果も病害抑制の一翼を担っていると考えられる。植物に対する様々なストレスを軽減し、健全な生育を促す資材としてバイオスティミュラントが世界的に注目されている。植物に対するストレスには病害の感染も含まれ、実際に効果があることが報告されていることから、バイオスティミュラントは有機農業における病害抑制資材として利用できるものと期待されている。

このような現状をふまえ、本課題は、土壤消毒技術や製剤の開発により、有機栽培に適合した安定的な土壤病害抑制技術を開発するものであり、農業者のニーズを的確に反映し、かつ、革新性、先導性、実用性の高い課題である。

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（原則としてロードマップに位置付けた数値目標に対する実績の割合）**

- ・現場での普及が見られる有機栽培における土壤病害対策技術について、科学的な見地からの検証を行い、石灰資材および腐植酸資材による効果の有効性を確認した。さらにマニュアル化に向け、必要となるデータの蓄積を進めており、概ね当初の計画通り進捗している。

- ・国産天敵製剤、植物ウイルスワクチンについては、市販化に必要とされる仕様を満たす製造方法を確定させるとともに、野外放飼試験や現地実証試験により、幅広い条件において有効性を確認しており、当初の計画を上回って進捗している。国産天敵製剤については、ミヤコカブリダニ製剤の基本仕様を決定し、数十万頭レベルでの増殖に成功しており、複数地域での実証試験を前倒しで実施予定である。

- ・バイオスティミュラント資材では、植物保護細菌（※8）とアミノ酸を組み合わせた資材施用法について、作用機作の解明を進め、プロトタイプ製剤の試作を前倒しで達成しており、当初の計画を上回って進捗している

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

- ・土壤病害対策技術については、太陽熱養生処理を施した有機栽培において、化学肥料を用いた慣行栽培と同等の収量を得た。腐植酸資材については、ハクサイ根こぶ病に対して目標以上の発病抑制効果を実証した。また、マニュアル作成に向け、現地圃場における事例収集や、他病害への適用性検討も進捗している。

- ・国産天敵製剤の開発では、ミヤコカブリダニ製剤の機能強化および数十万頭レベルでの増殖条件を確定させるとともに、ジェネラリスト（※9）カブリダニ製剤候補系統の絞り込みを進め、有望な形質を示す2つの系統候補を得ている。植物ウイルスワクチンの開発では、製造条件の改良をすすめ、現地において他剤との混用試験によりウイルス病の発生率が20%から5%以下に減少することを検証するなど、製剤化に向けて順調に進捗した。

- ・バイオスティミュラント資材の開発では、シュードモナス細菌とグルタミン酸の併用による病害抑制効果に関与する病害抵抗性遺伝子群を明らかにするとともに、プロトタイプ製剤を前倒しで試作し、溶解特性等の改良を進めている。

- ・以上により、いずれの課題においても研究は順調に進捗しており、引き続きデータの収集を進めつつ、マニュアル作成や製品化に向けた取り組みを行うことにより、最終目標を達成できる。

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

① アウトカム目標の今後の達成の可能性とその具体的な根拠

・太陽熱養生処理による病害対策技術では、生産者や普及支援者と連携しながら病害対策マニュアルの作成を進めている。腐植酸については、根こぶ病の発生が重要な問題となっている香川県を中心に、公設試普及指導員、JA営農指導員、農業生産法人と連携した取り組みが順調に進捗しており、2025年度までに効果的な病虫害対策技術を構築可能である。

・国産天敵製剤、バイオスティミュラント、ウイルスワクチンの開発においては、全ての課題において、製品化を担う民間企業が参画し、製品化を前提とした実証試験、市場性評価、コスト試算等を併せて行っている。いずれの課題においても実証試験の上、事業終了後3年程度で上市する予定としており、2030年度までに有機JAS資材として普及が進み、有機農業の安定化に貢献できることから、アウトカム目標の達成は可能である。

③ 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

・太陽熱養生処理および腐植酸による病害対策技術では、研究成果の普及のため、研究コンソーシアムに研究成果の普及を担う公設試および民間企業が参画しており、スムーズな社会実装を見込むことができる。国産天敵製剤、バイオスティミュラント、ウイルスワクチンの開発においては、研究コンソーシアムに製剤開発メーカーが加わり、製品開発と一体的に事業を進めており、取組は妥当である。

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

・本事業で開発される5つの病虫害対策技術および製剤は、他の栽培技術と組み合わせることが可能であり、本事業以外の有機栽培体系の研究にも応用可能である。また、栽培技術は、個別マニュアルとして纏められる予定であり、公設試や自治体を実施する技術マニュアルの作成等に活用され、有機農業の取組面積拡大に貢献することとしており、貢献は大きいと判断される。

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

① 研究計画（的確な見直しが行われているか等）の妥当性

・外部有識者6名及び関係する行政部局で構成する「委託プロジェクト研究運営委員会」を設置し、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おり、妥当であると考えられる。課題①では、環境要因の検証や接種試験の追加等、試験方法の見直しを実施し、2年目にサツマイモの主産地である鹿児島県による研究課題を追加した。課題③では、国産天敵製剤の早期普及を目指すため、3年目から実証試験地を増やす予定である。課題④においては、プロトタイプ資材の開発等が計画以上に進捗していることから、効果検証の目標を再設定している。

② 研究推進体制の妥当性

・上述の「委託プロジェクト研究運営委員会」のほか、研究機関の自主的な推進体制として、これまでに参画機関全体の推進会議を年1回（計3回）開催し、研究の進捗状況を確認するとともに、課題間での情報共有により、課題推進の加速化及び成果の最大化を図っている。

各個別研究課題の遂行に支障が生じた際には、個別的な研究指導、あるいはチーム単位の研修会等を実施して問題解決に努めている。課題④については、新しい製剤になるため、行政部局と適宜相談を行いつつ進めている。

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（選択と集中の取組など）

・重点化すべき研究課題を精査し、各実施課題に必要な予算措置を実施しており、予算配分は妥当である。課題①では、2年目より鹿児島県が新たに共同研究機関に加わり、太陽熱養生処理の検証試験にかかる予算を配分した。課題③では、国産天敵製剤の製品開発を加速化するため、3年目に現地実証試験の予算を新たに配分した。

1. 委託プロジェクト研究課題全体の実績に関する所見

- ・「みどりの食料システム戦略」に掲げた有機農業への転換を進める上で重要な研究成果であり、意義は大きい。
- ・ 予定通りの研究成果を上げており、研究目標の達成可能性は高い。一部の課題については当初の目標設定を達成した上に、さらに新たな目標を再設定して研究を進めており、高く評価できる。

2. 今後検討を要する事項に関する所見

- ・ 本事業で開発される病虫害対策技術や製剤は、他の栽培技術と組み合わせることが可能であり、本事業以外の有機栽培体系の研究にも応用可能であると考えられるため、他の栽培技術や栽培体系への具体的な応用を検討いただきたい。
- ・ 本研究によるマニュアルは汎用性も高く、今後の有機農業の生産安定と向上に資すると考えられるが、普及を早め、早期の課題解決に繋げるためにはマニュアル作成だけではなく、さらに進んでマニュアルの活用と定期的な更新も含めた積極的な取組が必要である。

〔研究課題名〕 環境負荷低減対策研究のうち有機農業の取組面積拡大プロジェクトのうち園芸作物における有機栽培に対応した病虫害対策技術の構築

用 語	用 語 の 意 味	※ 番号
国産天敵製剤	栽培環境において発生する害虫を捕食や寄生して農産物への被害を抑えてくれる有用な昆虫やダニをの在来種、系統を国内(自国)で製剤化したもの。	1
植物ワクチン	ある種のウイルスに感染している植物が同種もしくは近縁ウイルスの感染から免れる現象を利用して、弱毒化したウイルスを予め植物に接種しておくことでその後に侵入する強毒ウイルスの感染を防ぐ生物防除法。	2
太陽熱養生処理	国内の有機栽培において普及事例がある土壌消毒法で、堆肥などを施用してマルチをかけ、積算温度450～900度を目安に養生処理するもの。土壌生物相の変化と、作物生育の改善による、土壌病害発生の抑制が期待されている。	3
腐植酸（資材）	地力増進法に基づく品質表示の対象となる土壌改良資材のひとつ。養分の保持力増加および、リン酸固定を抑制する等により、作物増収効果が期待できる。	4
バイオスティミュラント資材	作物の活力、収量、品質および収穫後の保存性を改善するために、作物の生理学的プロセスを制御・強化する農業用資材。	5
プロトタイプ	製品化前の「試作モデル」を指す。様々なプロトタイプを作製して、効果を検証、フィードバックすることにより、市販化に向けた仕様が固まっていく。	6
有機JAS資材	日本農林規格（J A S）有機農産物（JAS1605）に適合する農薬は、次のア及びイの条件全てを満たすもの ア JAS1605の附属書B（規定）表 B.1 に掲載されており、その基準を満たすこと イ 組換えDNA技術を用いて製造されていないこと	7
植物保護細菌	植物の根の表面や土壌中に生息する細菌。多様な抗菌性二次代謝産物や菌体外酵素を産生し、周辺の病害微生物の生育を抑制する特徴を有している。	8
ジェネラリスト	「広食性」の意味。天敵には「スペシャリスト」と「ジェネラリスト」がいる。スペシャリストとは、特定の虫だけを食べる天敵。一方、ジェネラリストは複数の種類の虫を捕食する。	9

③ 園芸作物における有機栽培に対応した病害虫対策技術の構築【継続】

- 園芸作物の有機栽培では、野菜類で取組が着実に増加する一方で、効果的な病害虫対策技術が不足しており、病害虫対策による収量減の回避と収益性の安定が、有機農業の取組をさらに拡大していく上で課題となっている。
- このため、**土壌診断・有機質資材を施用した土づくり等による病害抑制対策の安定化**や、**安価な国産天敵製剤、バイオスティミュラント資材等**、品目共通で適用できる低コストかつ効果的な病害虫対策技術の開発を推進する。

目標達成に向けた現状と課題

- ・ 有機栽培に取り組みたいが、化学農薬を使わないと、病害虫の発生が心配。
- ・ 露地野菜などにも有機栽培に対応した病害虫対策があると良いのだが。



<課題>

- ・ 土壌病害は防除が困難であり、診断に基づく予防での対応が重要。
- ・ 品質・収量の安定や向上のためには、効果的に病害を抑制できる圃場管理技術が重要。
- ・ 露地でも使える天敵製剤が開発され、果樹等での利用が進みつつあるが、コスト面に課題。
- ・ 特定の病害に効果的な微生物資材等はあるが、未対応の病害虫に対して効果を発揮する資材の開発が課題。

必要な研究内容

露地野菜（特にカンショを含む根菜類）や果樹等の園芸作物を対象として、

- ・ 土壌診断・有機質資材の活用による土づくり等効果的に病害を抑制する圃場管理技術の検証
 - ・ 安価な国産天敵製剤の開発
 - ・ バイオスティミュラント資材、植物ウイルスワクチンの開発
- により、有機栽培に対応した効果的な病害虫対策技術を構築。

<イメージ>

社会実装の進め方と期待される効果
(みどり戦略への貢献)

- ・ 研究成果をもとにマニュアル等を作成して、農家に普及。
- ・ 有機栽培に対応した病害虫対策により、有機農業経営の収益性の安定を図る。

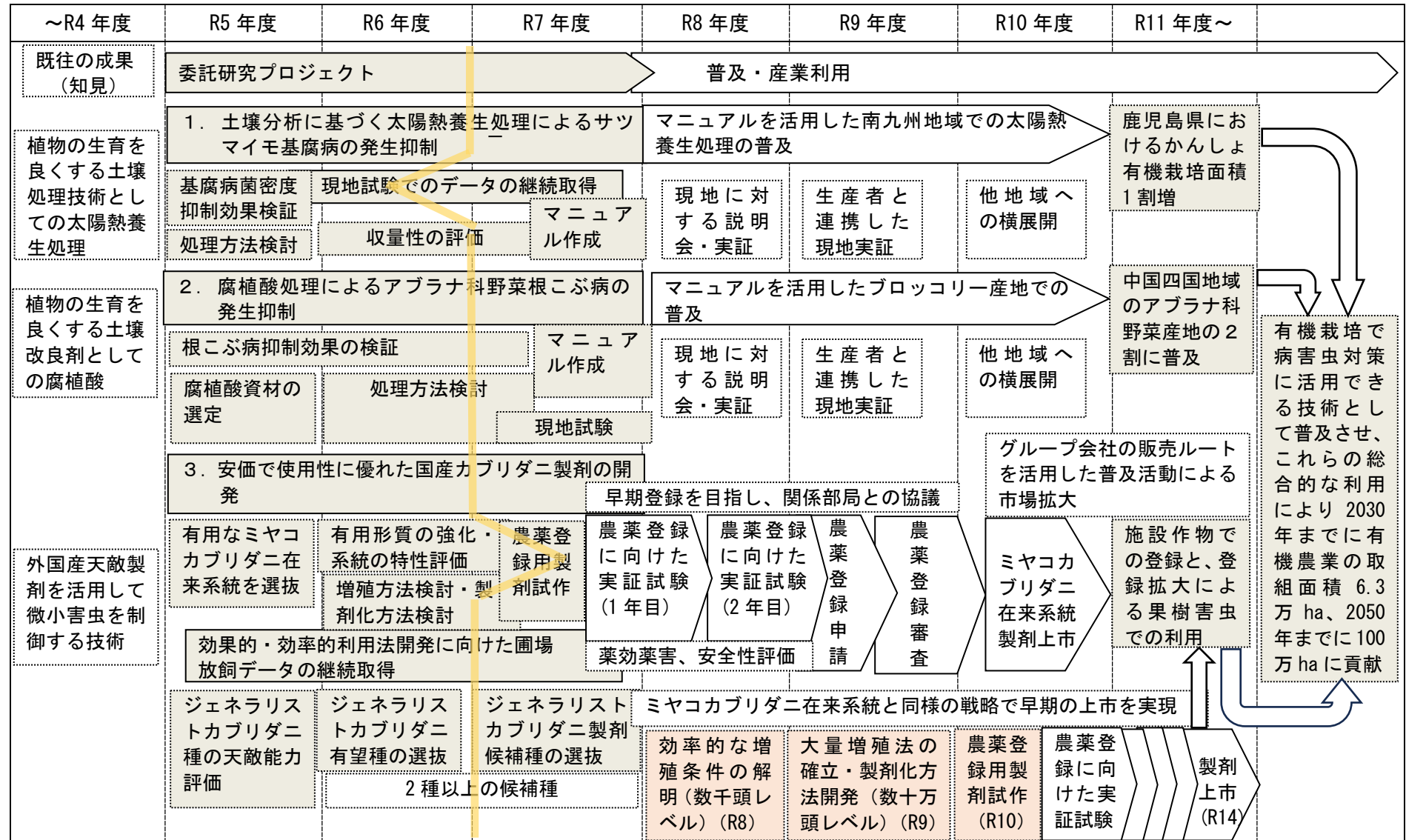
- ・ 2025年までに品目共通で利用できる効果的な病害虫対策技術を複数開発することにより、

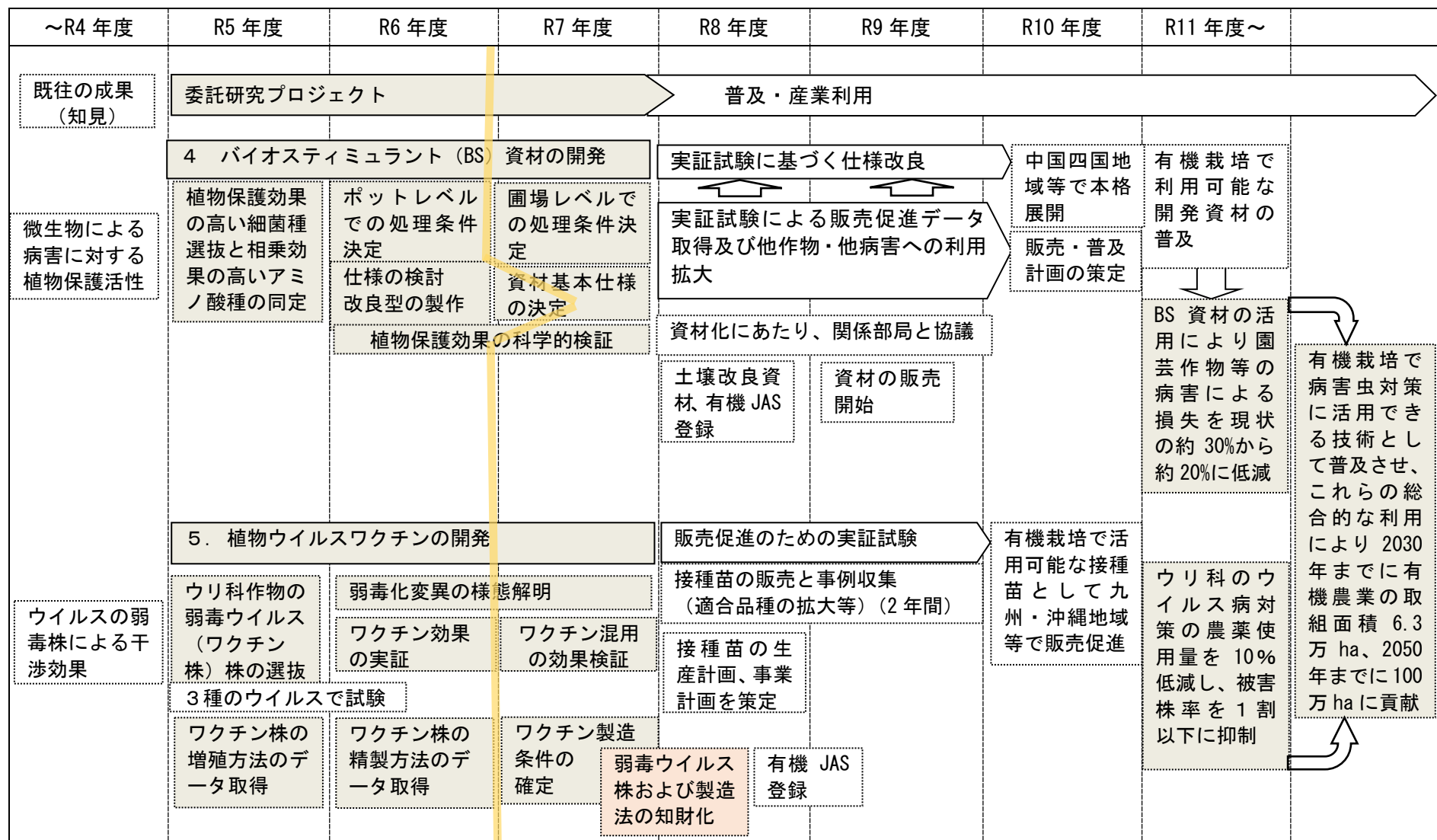
- ・ 2030年有機農業の取組面積目標（6.3万ha）に貢献。



【ロードマップ（中間評価段階）】

環境負荷低減対策研究のうち有機農業の取組面積拡大プロジェクトのうち園芸作物における有機栽培に対応した病害虫対策技術の構築





環境負荷低減対策研究のうち有機農業の取組面積拡大プロジェクトのうち「園芸作物における有機栽培に対応した病害虫対策技術の構築」
これまでの主な成果

研究概要

有機栽培に対応した病害虫対策技術として、国産天敵製剤、植物ワクチンおよびバイオスティミュラント資材を開発し、土壌病害の軽減効果を持つ有機質資材施用法を明らかにした。

主要成果

国産天敵製剤の開発

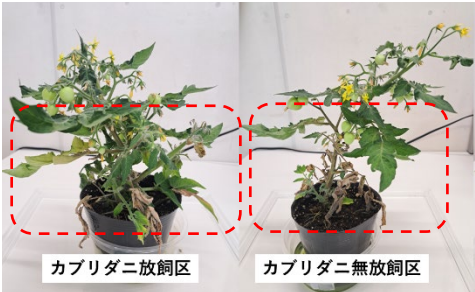
- 農薬登録が可能な製剤を作製



ミヤコカブリダニ在来系統から、多様な栽培環境で導入しやすい優良製剤候補を選抜、製剤化して果樹や施設作物において効果を実証した

	有機JAS体系	慣行防除体系	天敵保護防除体系
優良在来製剤候補系統	○	○	○
既存海外製剤	×	×	○

- ジェネラリストカブリダニの天敵としての有用性を確認した



有望カブリダニ放飼でトマトサビダニによる葉の枯死や落葉被害を抑制

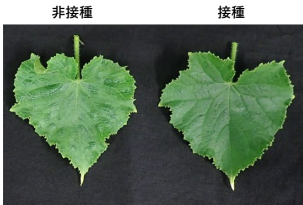
果樹や野菜類で問題となるサビダニ等微小害虫への効果を確認し、製剤化に有望な2種を選抜した

植物ワクチンの開発

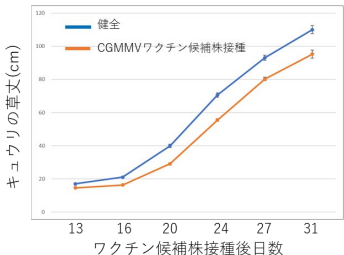
- ワクチン候補株を作出

CGMMVワクチン候補株の効果

CGMMVワクチン候補株が生育に及ぼす影響



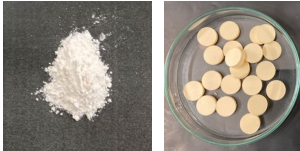
モザイク病を発病 発病なし (防除価71.4)



ウリ科作物のウイルス2種から弱毒株を作出、強毒株に対する干渉効果をポット試験で確認した。

バイオスティミュラント資材の開発

- 植物保護細菌とアミノ酸のプロトタイプ剤を作製

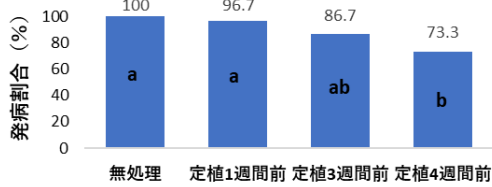


植物保護細菌 (左) とアミノ酸 (右) のプロトタイプ剤を作製した

アミノ酸施用が植物保護細菌の定着性を向上させることを明らかにした

有機質資材施用による土壌病害軽減

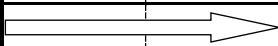
- 定植3週間前の腐植酸処理により根こぶ病の発病程度が低減する
- サツマイモ栽培で太陽熱養生処理は化学肥料と収量が同等である



処理時期による効果の違いを確認した

→ これらを病害虫防除のパーツとして組み合わせて、園芸作物における、有機栽培に対応した病害虫対策方法をカタログ化

委託プロジェクト研究課題評価個票（終了時評価）

研究課題名	環境負荷低減対策研究のうちエリートツリー等の活用・木材による炭素貯蔵最大化プロジェクトのうち大径材の活用による国産材製品の安定供給システムの開発			担当開発官等名	農林水産技術会議事務局研究開発官（基礎・基盤、環境）
				連携する行政部局	林野庁木材産業課
研究期間	R 5 年～ R 7 年（3 年間）			総事業費（億円）	1．1 億円（見込）
	基礎	応用	開発		
					

研究課題の概要

国内の人工林の高齢級化により供給が増加している大径材（※1）は、有効な加工・利用方法が確立されておらず需要が低迷している。大径材の利用拡大のためには、製材にかかる手間が膨大、大断面の製材品の乾燥が困難、製材品を横架材（※2）等に活用するための強度性能評価が不十分といった、生産効率や品質面での課題を解決する必要がある。そこで、本研究では、大径材利用技術を実用化し用途に対応した国産材製品を安定供給するため、以下の4つの課題を設定し、丸太選別、製材、乾燥、強度特性評価の各段階において、効率化と付加価値向上に重点を置いた技術開発を行う。

1. X線CT（※3）を用いて丸太内部の腐れや節を判定する技術を開発するとともに、乾燥効率化のためガンマ線（※4）を用いた含水率分布評価技術の精度向上を図り、丸太品質評価技術を高度化する。
2. 丸太形状の簡易測定とAIを活用した挽き材面性状判定技術の開発により、熟練作業員が長時間を要している木取り決定に係る部分の作業効率化を図る。
3. 迅速かつ木材の強度低下を最小限に抑える心去り平角（※5）の最適乾燥技術を開発するとともにAIを活用した内部割れ（※6）の簡易測定技術を開発する。
4. 大径材の新たな用途として、軸組構法（※7）および枠組壁工法（※8）の横架材に大径材から生産される製材品を利活用するための強度特性評価技術を開発する。

1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標

- ① 国産材製品の製材コストを 15%以上低減する。
- ② 乾燥材の強度低下による不良率を10%以下にする。

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（R12年）

開発技術を導入して住宅の横架材等における国産大径材の利用割合が増加することにより、2030年の国産製材用材の供給量目標1,900万m³達成に貢献する。

【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

国内の人工林の高齢級化により供給が増加している大径材は、節が多く年輪幅が広いなど、いわゆる並材と呼ばれるグレードの一般材丸太が主体である。従来の大径材利用においては、多くの場合高齢級の良質材を対象として和室の造作材などの生産が行われてきたが、一般材の大径材はそうした付加価値の高い製材品の生産には不向きであり、有効な用途と加工方法が確立されておらず利用が進んでいない。長引く国産材丸太価格の低迷に大径材利用の課題が加わり、伐期に達した人工林の伐採が進まず、伐採しても再造林のコストが捻出できないという状況が生じている。国産材資源の循環利用を進め、炭素貯蔵の最大化を実現するためには、大径材利用の課題を解決することが不可欠である。本研究では、このような大径材利用の現状をふまえ、大径材から生産される製材品を一般建築用材、特に国産材の利用比率の低い横架材や枠組壁工法用部材として利活用するための技術開発を行う。大径材から横架材等の一般建築用材を主体に生産する場合には、良質材から造作材を生産する場合のように製材に手間をかけると採算が取れないことから製材能率向上を図る必要があり、また、製材品の曲がり抑制や可能な場

合には節の少ない製材品を生産するなど、製材品の歩留まりと付加価値向上を図ることも重要である。さらには、乾燥時の内部割れ発生など、製材品の強度性能担保に関する問題も顕在化してきている。本研究の成果は、これらの生産効率や品質面での課題を解決して大径材の利用を促進し、国産製材用材の供給量増加に貢献する。

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（原則としてロードマップに位置付けた数値目標に対する実績の割合）

本研究では、ガンマ線やX線CTを応用した丸太品質評価技術の高度化とAIの活用による製材・乾燥技術の高効率化により、①国産材製品の製材コストを15%以上低減すること、②乾燥材の強度低下による不良率を10%以下にすること、をアウトプット目標としている。

アウトプット目標①については、丸太形状の簡易測定システム（※9）およびAIを活用して節の有無などの挽き材面性状を自動判定するシステムの導入により、送材車付き帯鋸盤による大径材の製材作業の中で長時間を要している挽き材面の幅および性状を認識して木取りを決定する作業の効率化を図る。具体的には、製材作業時間を22%以上短縮することで製材品ベースの製材コスト15%以上低減を達成可能と試算している。今年度までに簡易測定システムの導入のみでも製材作業時間14.8%の短縮を確認できており、計画通りに進捗している。このように、3年間の事業期間の中間評価時（2年目）までの計画を順調に達成していることから、達成度を67%とする。

アウトプット目標②については、現状は内部割れを原因とする強度低下による不良率が30%であるところを、乾燥途中で行う蒸煮処理(中間蒸煮)で内部割れを抑制することにより、乾燥材の不良率10%以下を目指している。今年度までに、内部割れをほぼ抑制できる蒸煮処理の条件を見出すことができおり、今後実際の現場での運用を踏まえて蒸煮条件を精査することとしており、計画以上に進捗していることから、達成度を80%とする。

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

アウトプット目標①については、試作したAIを活用した挽き材面性状判定システムの効果検証を最終年度に行う計画としており、丸太形状の簡易測定システムの導入効果に加えて、挽き材面性状の判定と木取りの決定に要する作業時間を短縮することで、アウトプット目標の達成は可能と見込んでいる。挽き材面性状の判定の導入効果の試算については、前倒しで今年度より着手しており、最終年度の目標達成に向けた準備は整っている。

アウトプット目標②については、現場での実装に向けて実際の運用を考慮しながら内部割れを抑制できる蒸煮処理の条件を精査する計画であり、アウトプット目標の達成は可能と見込んでいる。AI画像解析による内部割れの測定モデルの構築についても前倒しで実施し、精度検証に着手している段階であり、計画以上に進展している。

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

近年、円安のトレンドやウッドショックなどを背景に輸入材の供給が減少し、外的要因に左右されない国産材利用の動きが加速している。これまで国産材製材品の利用においては、品質や安定供給の面での課題が指摘されてきたが、本研究の成果により、強度性能など品質を担保した平角（※10）等の構造材や節が少ないなど付加価値の高い板材等を、供給が増加する国産大径材から効率的に生産することが可能となる。これにより、国産材の利用比率の低い軸組工法住宅の横架材や枠組壁工法住宅の部材、さらには中大規模建築物等の内装木質化など住宅・非住宅における国産大径材の利用の増加が期待できることから、2030年の国産製材用材の供給量目標1,900万 m^3 達成に貢献できる。

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

強度性能を担保した製材品を生産するための乾燥技術について、最終年度には、製材工場と連携して実証試験を行うとともに、乾燥機メーカーを対象にした乾燥施設協会主催の木材乾燥研究会や製材工場等の担当者を対象にした木材乾燥講習会において研究成果を公表し、開発した乾燥技術の普及を図る。また、各種展示会や学会発表、成果発表会を通じて、学識経験者、行政担当者、一般消費者へ広く研究成果を普及する。このように、研究成果の公表と普及を積極的に進めていることから、アウトカム目標

達成に向けた研究成果活用のための取組は妥当である。

③他の研究や他分野の技術の確立への具体的貢献度

ガンマ線による含水率分布評価技術は、丸太段階だけでなく人工乾燥前の大断面製材品の含水率分布評価によるロット選別等への利用も可能である。丸太形状の簡易測定とAIを活用した挽き材面性状判定技術は、広葉樹等の製材の効率化にも応用できる。

4. 研究推進方法の妥当性

ランク：A

①研究計画（的確な見直しが行われているか等）の妥当性

3名の外部専門家と、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。また、研究コンソーシアムとして自主的に中間検討会や推進会議を開催し、コンソーシアム全体の情報共有や意見交換、研究推進体制の検討等を行っている。さらに、各小課題でもweb会議等を活用して定期的な打ち合わせや情報共有を行いながら進めていることから、研究計画及びその進行管理は妥当である。

②研究推進体制の妥当性

研究コンソーシアムには、森林総研を中心に、大学、地方公設試験場、民間企業が参画している。この研究推進体制のもと、例えば現地検討会では、民間企業が試作し地方公設試験場に設置して試験を行っている含水率測定装置の性能確認を行うとともに、最終年度に乾燥技術の実証試験を行う製材工場で意見交換を行った。このように、常に現場のニーズを把握しながら研究を進めていることから、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（選択と集中の取組など）

各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。例えば、AIシステムの試作が必要な実施課題や多くの試験体の購入が必要な機関への予算を重点的に配分してきた。このことにより、それぞれの小課題は計画通り進捗しており、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

- ・国産材の安定供給のための大径材活用に貢献する研究成果であり、意義は大きい。また、研究目標の実現に向けた各種の取組が順調に進んでおり、目標の達成可能性は高い。
- ・森林の活性化に大径材利用技術の実用化と国産材製品の安定供給は重要であり、研究と共に社会で技術を活用してもらうことが重要な事業である。

2. 今後検討を要する事項に関する所見

- ・国産材の利活用の促進、持続的な木材資源の維持・確保は重要である。そのため、適切な高齢級樹木の利用促進を図るとともに、樹木資源の齢級構成の最適化についてモニタリングが必要である。

[研究課題名] 環境負荷低減対策研究のうちエリートツリー等の活用・木材による炭素貯蔵最大化プロジェクトのうち大径材の活用による国産材製品の安定供給システムの開発

用 語	用 語 の 意 味	※ 番号
大径材	直径が30cm以上の丸太。	1
横架材	柱などの垂直な部材に対して直角に渡す部材のこと。梁や桁など。	2
X線CT	X線を用いて物体内部を非破壊で3次元観察する技術のこと。X線コンピュータ断層撮影の略。	3
ガンマ線	放射線の一種。透過力が高い。工業用には厚さ計や密度計として使用されている。	4
心去り平角	平角のうち、髄を含まないもの。	5
内部割れ	木材内部に生じ、材面からは確認できない割れのこと。	6
軸組構法	梁・桁等の横架材と柱からなる構造。	7
枠組壁工法	北米由来の建築工法で、2インチ×4インチをはじめとする断面の製材（規格材）が使用されることからツーバイフォー（2×4）工法とも言われる。	8
簡易測定システム	2Dスキャナーにより送材車上の丸太や材面の形状を測定するシステム。	9
平角	断面が長方形で、短辺が7.5cm以上の製材品。主に、木造住宅の梁や桁に用いられる。	10

農林水産研究の推進（現場ニーズ対応型研究）

大径材の活用による国産材製品の安定供給システムの開発

【研究概要】

1. 研究目的

丸太品質評価技術の高度化とAIの活用による製材・乾燥技術の高効率化により、大径材から用途に対応した国産材製品を安定供給するための加工・利用システムを開発する。

2. 研究背景

国内の人工林は高齢級化が進み、大径材の供給が増加している一方、大径材は有効な加工・利用方法が確立されておらず、需要が低迷している。

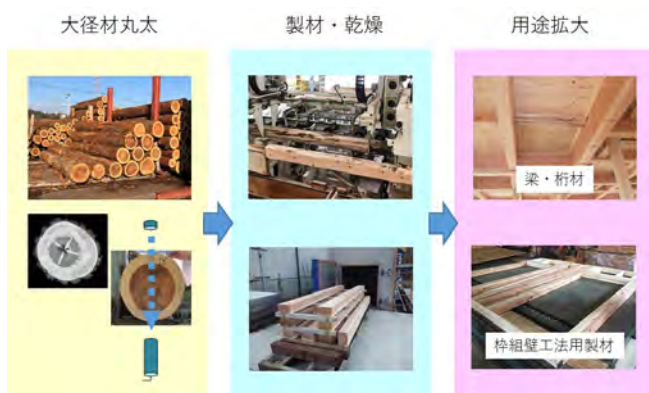
大径材の利用拡大のためには、製材にかかる手間が膨大、製材品の乾燥が困難、製材品を横架材等に活用するための強度性能評価が不十分等の生産効率や品質面における課題を解決する必要がある。



大径材は製材に手間がかかり乾燥が困難

3. 研究内容

- ①丸太品質の製材前評価のため、ガンマ線による含水率分布測定とX線CTによる節・腐れの検出技術を開発する。
- ②大径材の製材能率向上のため、AIによる挽き材面性状判断情報を導入した木取りアルゴリズムを開発する。
- ③強度性能を担保した心去り角製品の乾燥技術およびAIを用いた内部割れの簡易測定技術を開発する。



大径材の加工・利用技術をシステム化

4. 達成目標・期待される効果

達成目標

- ・国産材製品の製材コストの15%以上の低減
 - ・乾燥材の強度低下による不良率の10%以下への低減
- に資する大径材の加工・利用技術を開発

期待される効果

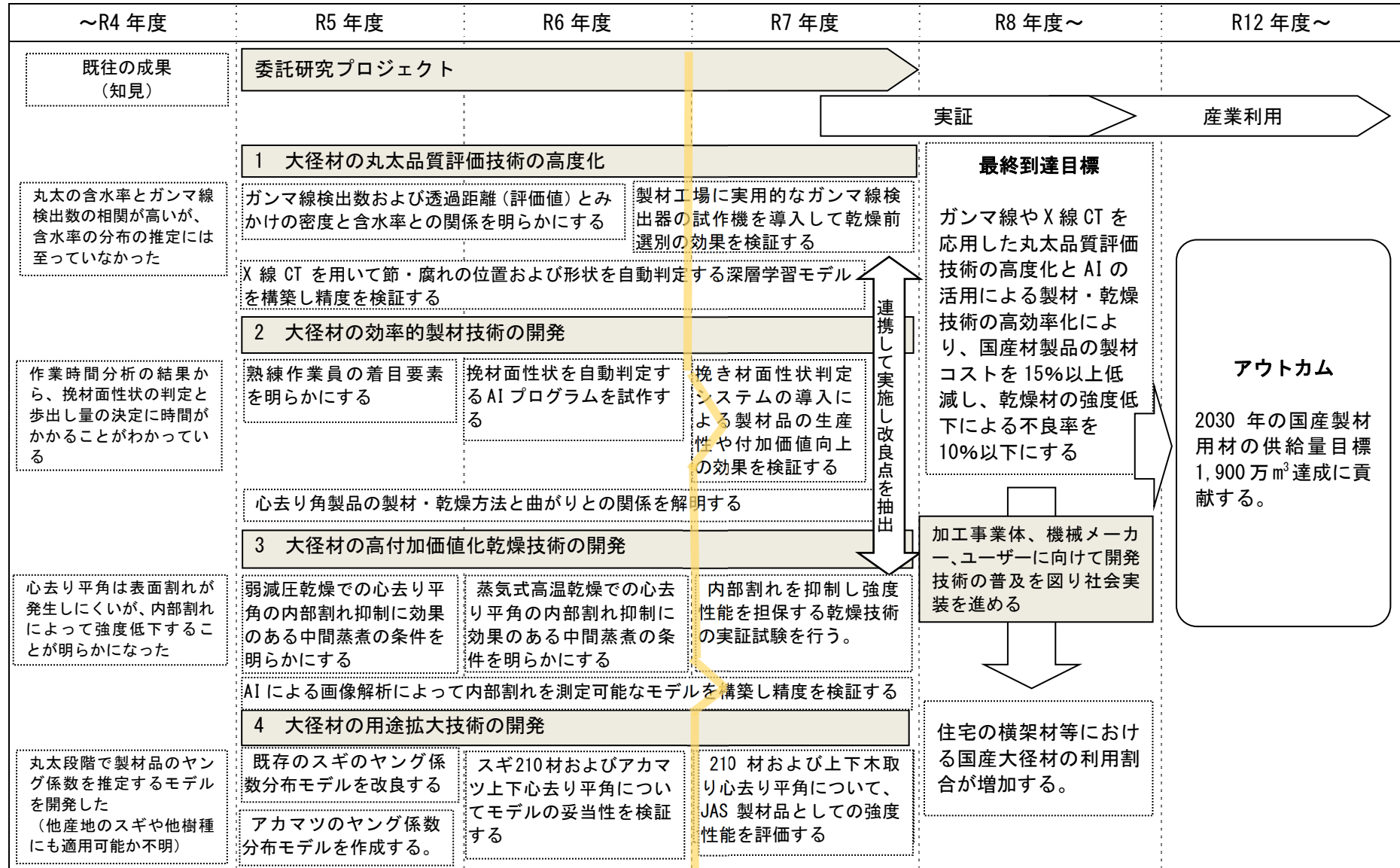
開発技術を導入して住宅の横架材等における大径材の利用割合が増加することにより、2030年の国産製材用材の供給量目標1,900万m³達成に貢献する。

研究代表機関：国立研究開発法人 森林研究・整備機構

共同研究機関：静岡県農林技術研究所、マイクロメジャー（株）、兵庫県立農林水産技術総合センター、オーアイ・イノベーション（株）、名古屋大学、岐阜県森林研究所、石川県農林総合研究センター林業試験場、島根県中山間地域研究センター、木構造振興株式会社

【ロードマップ（終了時評価段階）】

環境負荷低減対策研究のうちエリートツリー等の活用・木材による炭素貯蔵最大化プロジェクトのうち
大径材の活用による国産材製品の安定供給システムの開発



研究概要

国内の人工林の高齢級化により供給が増加している大径材の利用を促進するために、丸太選別、製材、乾燥、利用の各段階における効率化と付加価値向上に重点を置いた技術開発を行い、大径材の加工・利用技術をシステム化する。

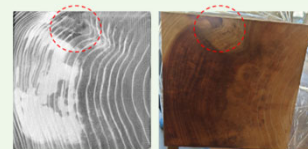
大径材の丸太品質評価技術の高度化

森林総合研究所、マイクロメジャー
静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター

- ・ 実用的なガンマ線検出器を試作し、製材前に丸太の密度や含水率分布を推定する技術を開発した。
- ・ X線CTを用いた丸太内部の節・腐れの自動判別技術を開発した。



ガンマ線による丸太測定



腐れを含む材のX線CT画像と横断面画像

大径材の効率的製材技術の開発

- ・ 丸太形状の簡易測定システムとAIを用いた挽き材面性状判定技術による送材車付き帯鋸盤の高性能化により、製材作業時間が短縮し製材品の付加価値が向上することを明らかにした。
- ・ 心去り角の曲がり低減技術により製材歩留まりが向上することを確認した。



簡易測定システムによる形状測定

森林総合研究所
名古屋大学
オーアイ・イノベーション

国産材製品の製材コスト
を15%以上低減

大径材の高付加価値化乾燥技術の開発

- ・ スギ心去り平角の蒸気式高温乾燥および弱減圧乾燥において、中間蒸煮を活用して内部割れを抑制する技術を開発した。
- ・ AIによる内部割れの簡易測定技術を開発した。



蒸気式高温乾燥試験

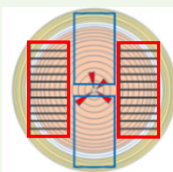
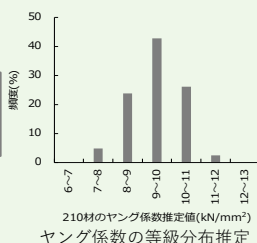
森林総合研究所、岐阜県森林研究所
石川県農林総合研究センター林業試験場
島根県中山間地域研究センター
木構造振興（株）

乾燥材の強度低下による
不良率を10%以下に

大径材の用途拡大技術の開発

森林総合研究所
兵庫県立農林水産技術総合センター

- ・ 丸太内のヤング係数分布モデルの妥当性を検証した。
- ・ アカマツ大径材から得られる枠組壁工法用構造用製材(210)およびスギ大径材から得られる軸組構法用の上下心去り平角の強度性能を評価し、横架材としての性能を明らかにした。



上下心去り平角と
枠目ラミナの採材図

今後の方針

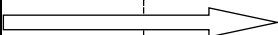
ガンマ線検出器の効果検証、乾燥技術および製材技術の実証試験を実際の製材工場で行い、実用化を目指した改良点を抽出し、社会実装に近づく成果を得る。

乾燥機メーカーが参画する乾燥施設協会の研究会や製材工場等の担当者を対象とした各種講習会において、テキストへの掲載などにより開発技術の普及を図る。

強度性能など品質を担保した平角等の構造材や、節が少ないなど付加価値の高い板材等を国産大径材から効率的に生産することが可能となる。

2030年の国産製材用材の供給量
目標1,900万m³達成に貢献

委託プロジェクト研究課題評価個票（終了時評価）

研究課題名	環境負荷低減対策研究のうちエリートツリー等の活用・木材による炭素貯蔵最大化プロジェクトのうち炭素貯留能力に優れた造林樹種の効率的育種プロジェクト	担当開発官等名	農林水産技術会議事務局研究開発官（基礎・基盤、環境）
		連携する行政部局	林野庁森林整備部整備課 林野庁森林整備部研究指導課
研究期間	R 3 年～R 7 年（5 年間）	総事業費（億円）	2. 1 億円（見込）
	基礎	応用	開発
			

研究課題の概要

人工林の高齢化に伴うCO₂吸収・固定能力の低下の課題に対応し、炭素貯留能力に優れたスギ等を早期に選抜し造林することにより森林吸収源対策に貢献するため、ゲノム情報等を活用し、炭素貯留能力に優れたスギ等の系統を短期間で作出するための育種技術を開発するとともに、スギを対象に炭素貯留能力に優れた系統を作出する。

<小課題①：スギ等の遺伝子情報の収集・基盤整備と形質を予測するためのDNAマーカー（※1）の開発>

- 炭素貯留能力に関連する形質を予測するためのモデル構築およびDNAマーカーの開発を実施

<小課題②：炭素貯留能力に関連する形質の評価の高度化>

- 炭素貯留能力に関連する形質の評価手法の高度化と組織構造等のデータの取得と解析を実施

<小課題③：ゲノム編集技術（※2）を活用したスギの炭素貯留能力を増減可能にするための基盤技術の創出>

- ゲノム編集技術により、スギにおいて炭素貯留能力の増減を可能にする技術開発を実施

1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標

スギ以外の樹種1種以上について、ゲノム情報の活用による選抜手法を開発

スギを対象に炭素貯留能力に優れた系統を3系統以上作出

スギにおいてゲノム編集技術により、炭素貯留能力の増減を可能にする技術を開発

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17年）

本研究で開発した炭素貯留能力に優れた品種については研究開発終了後5年以内に、開発した選抜手法によって作出される開発品種・系統については10年を目途に、原種の生産・配布を開始し、都道府県と連携しつつ採種園・採穂園（※3）に導入する。このように造林現場で求められるエリートツリー（※4）等の苗木生産を加速させることで、2050年の林業用苗木に占めるエリートツリー等の活用割合9割以上の達成に貢献する。ゲノム編集スギについては研究開発終了後3年を目標に外来遺伝子を除去するための次世代化を進め、その後、野外栽培に向けて主務省へ情報提供する。野外栽培試験はまずは隔離圃場で行うことを想定し、ゲノム編集技術の林木育種への利用について、適切な情報提供や意見交換を行うことで、消費者・関係業界の理解促進を図ることを想定している。

【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

地球温暖化の抑制のために森林は炭素吸収源として大きな役割を果たしている。我が国の森林は、国土の約7割を占めており、その4割は人工林であるため、森林によるCO₂吸収・固定能力の最大化を進める上で適切な人工林管理が必要である。現在、人工林は高齢化が進んでおり、このまま高齢化が進行した場合、CO₂吸収・固定能力が低下すると予測されている。このため、林野庁の「森林・林業・木材産業分野の研究・技術開発戦略（令和4年）」では、カーボンニュートラル実現への貢献に向け

て、成長に優れ炭素貯留能力の高いエリートツリー等の開発や、ゲノム育種に必要な情報の整備、その情報を活用した育種の高速化、ゲノム編集等バイオテクノロジーによる育種技術の開発、無人航空機等の活用による効率的な表現型評価技術の開発等を推進することとしている。また、2021年に農林水産省が策定した「みどりの食料システム戦略」でも、森林によるCO₂吸収の最大化と資源の循環利用の実現を大きな柱としている。これらに対応するためには、炭素貯留能力に優れる系統を早期に選抜できる育種技術を開発することにより、これまで数十年を要してきた林木の品種開発を大幅に短縮し、炭素貯留能力に優れた系統の作出を促進することが重要である。

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

〈小課題①：スギ等の遺伝子情報の収集・基盤整備と形質を予測するためのDNAマーカー開発〉

スギ、ヒノキ、カラマツ、コウヨウザンの4樹種について、ゲノム育種を進める上で必要となるゲノム基盤を整備するために、染色体に対応した精度の高いゲノム配列となる全ゲノム情報や発現遺伝子の情報を収集し、より精度の高いゲノム基盤を構築した。収集したゲノム情報をデータベース

(BreedingTrees-by-genes) に格納し、DNAマーカーの開発に必要なゲノム上の遺伝子情報や遺伝的変異の検索や解析を可能とする機能を実装した。

構築したゲノム基盤を利用して、スギではDNAマーカーによって取得した遺伝子型情報と、小課題②より得られた複数の世代にわたる約400系統以上の成長および材質の表現型情報を利用することで、炭素貯留能力に係るゲノミック予測モデル（※5）を作成した。カラマツ、ヒノキ、コウヨウザンの3種については、DNAマーカーがなかったため、大量ジェノタイピング基盤（※6）を構築し、小課題②より得られた複数世代にわたる成長形質および材質に関する形質情報をもとに、炭素貯留能力に係るゲノミック予測モデルを作成し、スギと同等あるいは形質によってはスギ以上に予測精度を得られる成果を得ることができた。これにより、スギおよびスギ以外の1樹種以上においてもゲノム情報の活用による選抜手法が開発できる見込みである。

〈小課題②：炭素貯留能力に関連する形質の評価の高度化〉

カラマツ、ヒノキ、コウヨウザンの3樹種については、複数世代にわたる育種材料をもとに炭素貯留能力に関する成長形質および材質（密度）のデータ収集を行い、小課題①の課題に供試した。具体的には、カラマツでは第一世代精英樹（※7）254系統、第一世代精英樹の交配家系集団18家系326個体、ヒノキでは第一世代精英樹269系統、第一世代精英樹の交配家系集団30家系448個体、コウヨウザンでは自殖家系96個体および遺伝資源集団283個体の形質情報を取得した。

スギについては、軟X線デンシトメトリのデジタル化による材密度のハイスループットな評価技術を開発することで、第一世代および第二世代精英樹を合わせて536系統の材密度指標に関して、従来法より10分の1の時間で詳細な形質情報の取得を達成した。成長関連形質では、樹高や樹冠幅に加えて、樹冠形状や葉群密度等の新たな表現型評価技術を開発するとともに、形質間相互の関連性を解析し、樹冠面積と空間利用効率（単位面積当たり成長の良さの指標）の寄与が地上部成長量に対して高いことを解明した。さらに小課題①で開発した遺伝子型情報を活用した選抜技術と、上記で収集した成長性と材密度に関連した複数形質・複数世代を統合した表現型評価技術を総合して、炭素貯留能力に優れたスギ1系統を先行して作出した。さらに解析を進めることで、最終年度には炭素貯留能力に優れたスギ系統を3系統以上の作出見込みである。

〈小課題③：ゲノム編集技術を活用したスギの炭素貯留能力を増減可能にするための基盤技術の作出〉

炭素貯留能力を改変するため、計8種の標的遺伝子についてゲノム編集したスギ個体を作成した。そのうち1遺伝子に変異が導入された個体については、特定網室で栽培し、木部組織の顕微鏡観察を行ったところ、細胞壁厚が厚くなる傾向が確認された。加えて、その他の1遺伝子については無菌個体で組織観察を行ったところ、木部組織の形成阻害が確認された。また、塩基置換による変異を誘起できる技術を開発するため、Target-AIDベクターが導入されたスギ個体を特定網室で栽培し、期待される除草剤耐性の形質が確認された。さらに、当初の計画より先行して、交配により外来遺伝子が除去可能か検証するための次世代化についても開始した。本研究課題の実行によって、炭素貯留の場として重要な細胞壁の形成に関わる遺伝子情報が針葉樹で初めて明らかになったほか、スギにおけるゲノム編集技術の開発（ノックアウトおよび塩基置換技術）によって、炭素貯留能力の改変に活用できる可能性を示した。

以上の通り、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

スギ以外の樹種 1 樹種以上について、ゲノム情報の活用による選抜手法を開発する目標については、ヒノキおよびカラマツにおいて複数世代にわたる成長および材質に関する形質情報をもとに、炭素貯留能力に係るゲノミック予測モデルを作成し、スギと同等あるいは特定の形質によってはスギ以上に予測精度を得られる成果が得られている。このことから、染色体に対応したより精度の高いゲノム情報を利用して、DNAマーカー情報の精査と予測モデルの再解析を実施することで、最終目標であるスギ以外の 1 樹種以上においてもゲノム情報の活用による選抜手法の開発が達成できると考えている。

スギを対象に炭素貯留能力に優れた系統を 3 系統以上作出する目標については、大規模ゲノム情報と複数世代と複数形質で得られた表現型情報を統合的に解析することで、令和 6 年度までに炭素貯留能力に優れたスギ優良系統を 1 系統作出できており、同様の解析をさらに進めることで、最終目標である 3 系統以上の作出が可能であると考えている。

スギにおいてゲノム編集技術により、炭素貯留能力の増減を可能にする技術を開発する目標については、複数の候補遺伝子についてゲノム編集スギを作製し、そのうち 2 つの標的遺伝子において、炭素貯留の場として重要な細胞壁が厚くなる傾向や、木部組織の形成阻害が確認されている。このことから、今後、さらに形質評価を進めることで、ゲノム編集により炭素貯留能力を改変できる遺伝子を特定できると考えている。また、Target-AIDにより塩基置換が可能であることを、除草剤耐性形質の付与をモデルケースとして明らかにしたことから、多様な変異様式に対応したゲノム編集技術の高度化を達成できると考えている。

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

本課題により開発する炭素貯留能力に優れた系統について、林野庁補助事業「エリートツリー等の原種増産技術の開発事業」で開発した原種増産に関する技術を活用して効率的に増産することで、研究開発終了後、5 年以内に開発品種・系統の原種配布を開始する見込みである。これらの原種は、都道府県と連携し、採種園・採穂園に導入し早期の種苗生産を目指す。ゲノム編集スギにおいては、研究終了後 3 年を目標に外来遺伝子を除去するための次世代化を行う目標としており、野外栽培可能な炭素貯留能力に優れたゲノム編集スギについて開発期間中から主務省との事前相談を開始し、開発後速やかに野外栽培に向けた情報提供を開始する。以上の取り組みにより、2050 年の林業用苗木に占めるエリートツリー等の活用割合 9 割以上の達成に貢献するというアウトカム目標の達成は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

本プロジェクト研究について、令和 3 年度林業研究・技術開発推進ブロック会議育種分科会（北海道、東北、関東・中部、近畿・中国、九州）において、開発される品種の利用者にあたる都道府県の林木育種事業・研究担当者に情報提供するとともに、令和 6 年 6 月に開催した令和 6 年度関東地区特定母樹等普及促進会議においては、特定母樹等が植栽されている試験地において現地検討会を開催し、特定母樹の成長の優良性に対する理解を広める取組を行った。また、林木育種成果発表会（令和 5 年 2 月 8 日）においても得られた研究成果について発表するとともに、第 1 回成果発表シンポジウム「カーボンニュートラルへの貢献に向けて炭素貯留能力に優れたスギの育種をどのように高度化するか」（令和 6 年 11 月 26 日）を開催し、本プロジェクトで実施した研究の成果や開発した技術の広報を実施した。最終年度にも、樹木を対象としたバイオテクノロジー研究、ゲノム育種研究に関する 2 回の成果発表シンポジウムを開催する予定としている。第 1 回成果発表シンポジウムの内容については、我が国の森林技術に関する情報を発信している雑誌に特集記事として掲載予定となっている。また、これまでに研究論文 7 件、学会発表 66 件を発表。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な貢献度

本課題の成果として公開した針葉樹4樹種のリファレンスゲノム（※8）情報や、ゲノム編集技術を活用した植物細胞の二次壁形成にかかる遺伝子機能に関する情報は、被子植物を含めた植物の進化に関連する生物分野の幅広い科学技術研究や、草本も含めた他の植物の炭素貯留能力の効率的な改変技術などの技術開発研究への活用への貢献が期待される。具体的には、公開したヒノキ、カラマツ、コウヨウゼンのゲノム情報は、公共データベース（NCBI: National Center for Biotechnology Information）において、現段階でリファレンスゲノムとして最も相応しい情報に指定されており、国内を含む各樹種の進化学や遺伝学的研究、さらに遺伝育種学的研究を行う上で必須の基礎情報となっている。また本課題で開発したレーザー搭載ドローンによる樹木の三次元計測技術を活用したハイスループットな個体・系統の成長関連形質の評価技術は、森林調査研究の精緻化への貢献が期待される。

4. 研究推進方法の妥当性

ランク：A

①研究計画（的確な見直しが行われているか等）の妥当性

2名の外部専門家や関係行政部局等で構成される運営委員会を設置し、研究コンソーシアムが自主的に開催する研究推進会議に加えて、小課題責任者をはじめとする各課題担当者間の打ち合わせ会議等により進捗状況や研究成果、研究計画の確認と検討を行っている。本課題の各小課題は計画通りまたは計画以上に進捗しており、最終目標の達成も見込まれることから、研究計画は妥当である。

②研究推進体制の妥当性

外部専門家および関係行政部局等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、研究計画・推進体制の見直し等の進行管理を行うとともに、研究成果の共有と公表等について、指導等を行っている。また、研究コンソーシアムの自主的な推進体制として推進会議等を随時開催し、コンソーシアム内の情報共有や意見交換、推進体制の検討等を行っている。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（選択と集中の取組など）

各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。ゲノム編集技術に関する基盤技術の作出については、試薬等の必要なコストを考慮して予算的な重点化を行った。各課題ともに計画通りまたは計画以上に進捗しており、最終目標の達成も見込まれることから、予算配分額は妥当である。

【総括評価】

ランク：A

1. 委託プロジェクト研究課題全体の実績に関する所見

- ・炭素貯留能力に優れた造林樹種の育種は喫緊の課題であり、その意義・重要性は高い。
- ・研究は計画通りに進捗し、多くの優れた学術的成果も公表される等予定通りの研究成果を上げており、研究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

- ・本研究での成果をもとに、実証試験等の開発段階の研究へ進展させることが望まれる。
- ・花粉症対策に関連した育種についても検討されたい。

[研究課題名] 環境負荷低減対策研究のうちエリートツリー等の活用・木材による炭素貯蔵最大化プロジェクトのうち炭素貯留能力に優れた造林樹種の効率的育種プロジェクト

用 語	用 語 の 意 味	※ 番号
DNAマーカー	ゲノム中の任意の遺伝子について、個体間での塩基配列の違いや遺伝子発現量の違いを目印としたもの。DNAマーカーは、個体の識別や特性の予測等に用いられる。	1
ゲノム編集技術	ゲノムDNAを切断するハサミのような酵素（DNA切断酵素）を利用して、狙った遺伝子に突然変異を起こすことができる技術。	2
採種園・採穂園	苗木の種子を採種するための樹木園を採種園、挿し穂による苗木を生産するための穂（若い枝）を採取する樹木園を採穂園と呼ぶ。	3
エリートツリー	スギ・ヒノキ等の造林樹種で、成長等の形質が優れた個体を一般林地から選抜したものを「第1世代精英樹」と呼び、この精英樹同士を交配してできた子供からさらに選抜したものを「第2世代精英樹（エリートツリー）」と呼ぶ。選抜に当たっては、成長量だけでなく、材の剛性や幹の通直性に著しい欠点がないこと、雄花着花量が多くないこと等も基準となっている。	4
ゲノミック予測モデル	任意の個体の遺伝的能力を予測するための予測式。予測モデル構築後は、DNA分析の結果から個体の特性を予測することが可能となる。	5
ジェノタイプピング基盤	スギなどの樹種ごとに、種内の系統間の遺伝的な違いをDNA分析することが可能なDNAマーカーのセット（このプロジェクトでは、樹種ごとに大量のDNAマーカーを整備）を用いてDNA分析を行い、得られた遺伝子型情報の総体。	6
精英樹	スギ・ヒノキ等の造林樹種で、成長等の形質が優れた個体を一般林地から選抜したものを「第1世代精英樹」と呼び、この精英樹同士を交配してできた子供からさらに選抜したものを「第2世代精英樹（エリートツリー）」と呼ぶ。選抜に当たっては、成長量だけでなく、材の剛性や幹の通直性に著しい欠点がないこと、雄花着花量が多くないこと等も基準となっている。	7
リファレンスゲノム	その生物種を代表するゲノム配列であり、その生物種の個体間で配列を比較するための参照配列として用いられる配列情報のこと。	8

炭素貯留能力に優れた造林樹種の効率的育種プロジェクト

1. 研究目的

人工林の高齢化に伴うCO₂吸収・固定能力の低下の課題に対応し、炭素貯留能力に優れたスギや早生樹等を早期に選抜し造林することにより、カーボンニュートラル実現のための森林吸収源対策に貢献することを目的とする。

2. 研究背景

脱炭素社会の実現に向けて、炭素吸収源として人工林の役割を最大限活用するために、炭素貯留能力や成長等に優れたスギ等の優良種苗に転換し、森林吸収源対策を促進することが必要である。

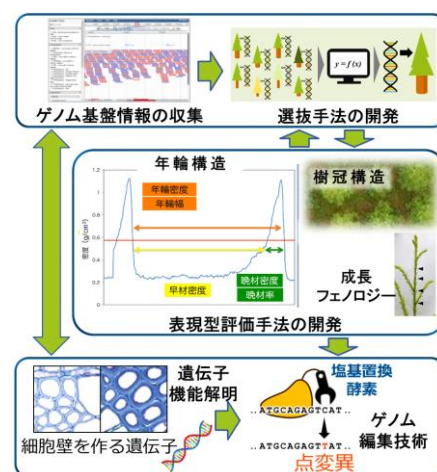
そのため、優良系統を選抜するとともに、それらの効率的な選抜を可能とする技術の開発が求められている。



スギ優良系統

3. 研究内容

- ① スギ等のゲノム基盤情報の収集及び整備と炭素貯留に関わる新たな表現型評価手法の開発
- ② ゲノム情報と炭素貯留に関連する表現型を用いた選抜手法の開発
- ③ モデル植物等の炭素貯留能力に関与する遺伝子変異をスギにおいてゲノム編集技術により再現



研究の構成

4. 達成目標・期待される効果

達成目標

- ・ スギにおいて炭素貯留能力に優れた3系統以上の作出及びゲノム編集技術による貯留能力増減技術の開発
- ・ スギ以外の樹種1種以上で選抜手法を開発

期待される効果

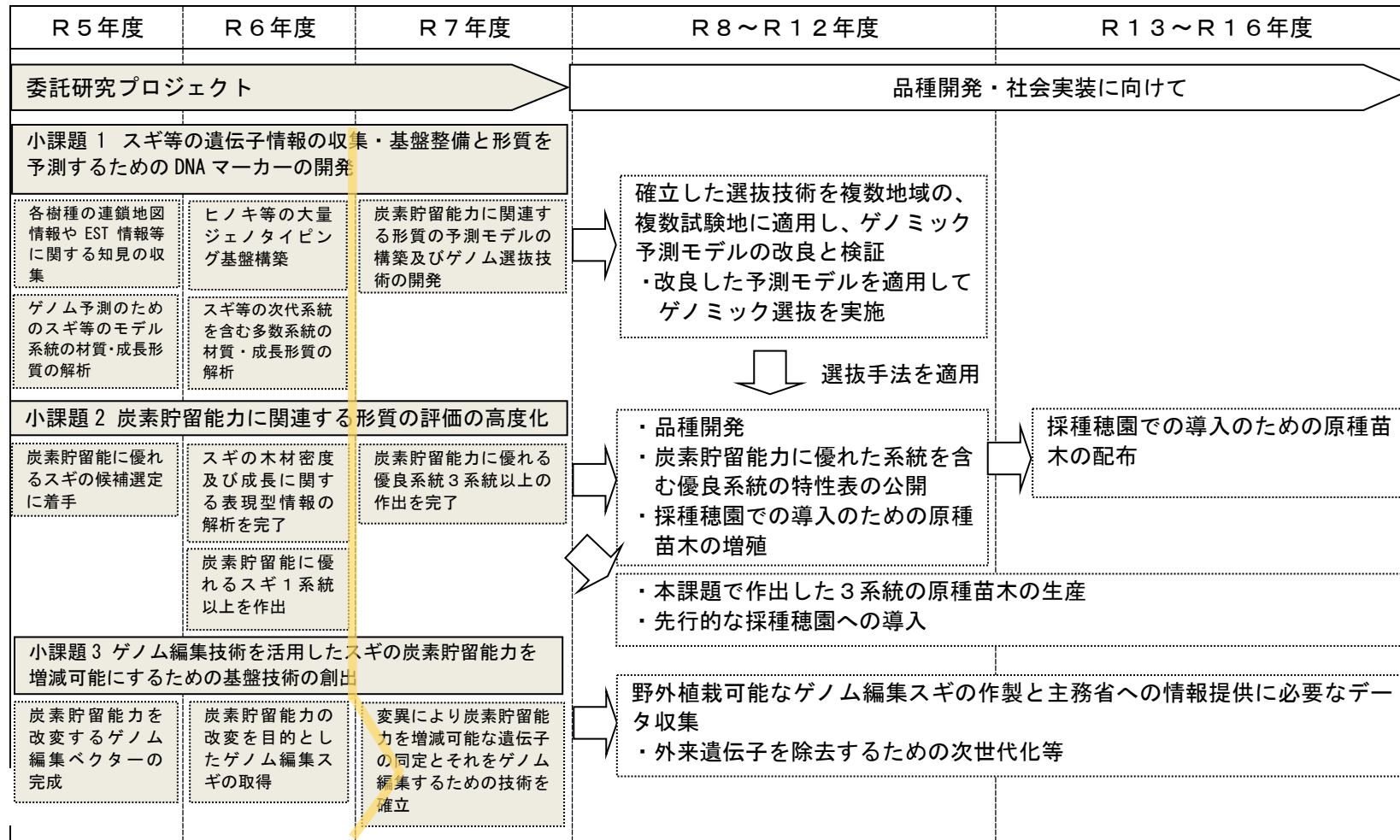
- ・ 森林のCO₂吸収能力向上に貢献
- ・ 育種基盤の整備による森林資源の循環利用推進

研究代表機関：森林研究・整備機構

共同研究機関：(公財)かずさDNA研究所、京都大学、静岡県立農林環境専門職大学、静岡県

【ロードマップ（終了時評価段階）】

環境負荷低減対策研究のうち
エリートツリー等の活用・木材による炭素貯蔵最大化プロジェクトのうち
炭素貯留能力に優れた造林樹種の効率的育種プロジェクト



アウトカム
【R17 年度】

・都道府県と連携しつつ、炭素貯留能力に優れた品種が導入された採種園等からの苗木の普及

・野外植栽可能な炭素貯留能力に優れたゲノム編集スギについて開発期間中から主務省との事前相談を開始し、開発後すみやかに野外栽培に向けた情報提供を開始する。

環境負荷低減対策研究のうちエリートツリー等の活用・木材による炭素貯蔵最大化プロジェクトのうち炭素貯留能力に優れた造林樹種の効率的育種プロジェクト

地球温暖化の抑制のために森林は炭素吸収源として大きな役割を果たしている。CO₂の吸収・固定能力や、木材としての性能に優れ、さらに地域に適した特性を併せ持ったエリートツリーや成長に優れた樹種である早生樹に転換し、森林によるCO₂の貯留を促進することが必要

本プロジェクトでは、森林によるCO₂吸収・固定能力の最大化と育種基盤の整備による森林資源の循環利用を進めるため、ゲノム情報等を活用し、炭素貯留能力に優れたスギ等の系統を短期間で作出するための育種技術を開発する。

小課題① 遺伝子情報の収集・基盤整備と形質を予測するためのDNAマーカーの開発（かずさDNA研究所、静岡県立農林環境専門職大学、森林研究・整備機構）

遺伝子情報の収集・基盤整備に取り組み、炭素貯留能力に関連する形質を予測するためのモデル構築とDNAマーカーを開発

〔スギ等の遺伝子情報の収集・解析〕

- スギ、ヒノキ、カラマツの造林用樹種やコウヨウザン等の早生樹について、遺伝子情報の収集とゲノム基盤の整備

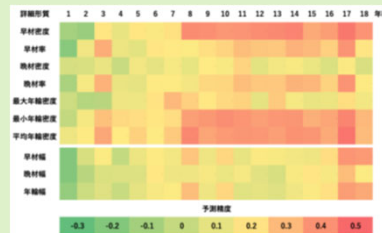
4樹種で染色体に対応した精度の高いゲノム配列を整備
→ゲノム基盤の構築

	スギ	ヒノキ	カラマツ	コウヨウザン
染色体数	11	11	12	11
全長 (bp)	9,591,296,117	8,746,748,594	11,108,690,531	13,423,087,132

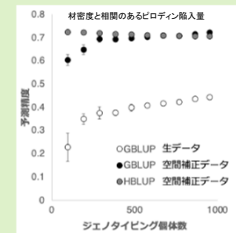
〔材質・成長性・着花性等の形質に関連したマーカーの開発と形質予測〕

- 炭素貯留能力に関連する形質を予測するためのモデル構築・DNAマーカー開発

詳細形質のゲノミック予測モデルを構築



実用的なゲノミック予測技術を開発



形質値の空間補正と家系情報の活用（HBLUP）により解析数を抑え、ゲノミック予測を育種選抜に組み込むことが可能

小課題② 炭素貯留能力に関連する形質の評価の高度化（森林研究・整備機構、京都大学、静岡県立農林環境専門職大学、静岡県）

炭素貯留能力に関連する形質評価手法の高度化と複数形質について大規模系統評価、さらに開発した技術による優良系統の作出

〔炭素貯留能力等に関連する形質の評価手法の高度化及び系統評価〕

- 年輪構造解析手法の高度化
- レーザー搭載ドローンによる樹木の三次元計測により成長性の多数系統評価スキームの構築

スギの成長の良さに関連する形質評価の高度化

改良手法 デジタル撮影

手法検討
・デジタル撮影装置に適した撮影パラメータ設定（露出、絞り、ISO）
・高解像度の測定に向けた取得画像の背景補正

⇒ 解析手法のデジタル化に成功
従来法と同等精度をハイスループット化

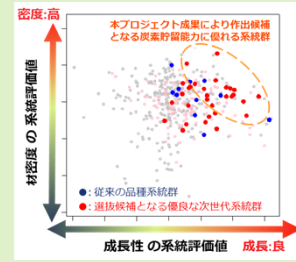
フィルム撮影と比較して約10倍
画像データ1枚あたり
従来手法：14時間48分 → 改良手法：1時間22分



スギの育種素材保存圃 787系統4687個体

〔開発した技術による優良系統の作出〕

- 炭素貯留能力に優れたスギ系統の作出



スギの成長と材質に関する系統評価値

複数形質について、複数世代にわたって得られた表現型情報と、大規模遺伝子型情報とを統合的に解析して、育種改良のための系統評価スキームを構築

→ 成長と材質にともに優れた次世代

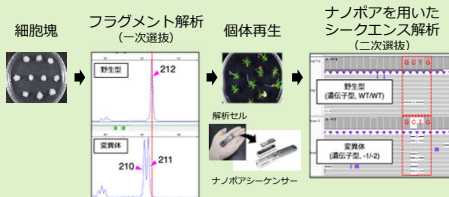
の優良スギ系統を作出

小課題③ ゲノム編集技術を活用したスギの炭素貯留能力改変のための基盤技術の創出（森林研究・整備機構）

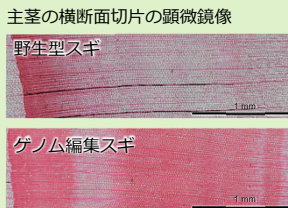
ゲノム編集技術を活用したスギの炭素貯留能力を増減可能にするための基盤技術を開発

〔炭素貯留能力に関連する候補遺伝子の探索とゲノム編集・形質評価〕

- ゲノム編集スギの変異パターン解析スキームの構築
- ゲノム編集スギの形質評価



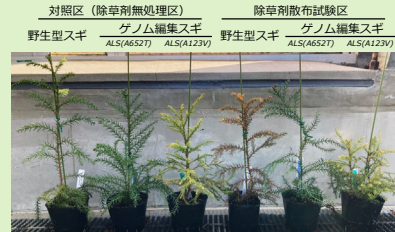
コスト30%削減、作業期間1/3に短縮
→効率的な変異体選抜が可能



ゲノム編集により細胞壁厚を厚くする遺伝子を選定

〔候補遺伝子制御のためのゲノム編集技術の高度化〕

- 塩基置換技術の開発



塩基置換により除草剤耐性となるALS遺伝子をモデルケースとして開発
↓
精密なゲノム編集により多様な変異様式に対応

塩基置換スギは除草剤で枯れない

《最終達成目標》

- スギ以外の樹種1種以上について、ゲノム情報の活用による選抜手法を開発
 - スギを対象に炭素貯留能力に優れた系統を3系統以上作出
- ゲノム編集技術を活用し、スギの炭素貯留能力を増減を可能にする技術を開発

《アウトカム目標》

- 研究開発終了後5～10年を目途に原種の生産・配布を開始し、都道府県と連携しつつ採種園・採穂園に導入し、2050年の林業用苗木に占めるエリートツリー等の活用割合9割以上の達成に貢献する。
- ゲノム編集スギは研究開発終了後3年を目途に外来遺伝子を除去するための次世代化を進め、その後、野外栽培に向けて主務省へ情報提供する。

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	競争力強化研究のうち生産現場強化プロジェクトのうちAI画像解析等による次世代穀粒判別器の開発			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 3 年～R 7 年（5 年間）			総事業費（億円）	0. 9 億円（見込）
	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＞

令和2年から農産物検査（※1）への穀粒判別器（※2）の活用が開始されており、穀粒判別器の高精度化とさらなる活用技術が求められている。そこで本課題では、穀粒判別器のデータや各用途での利用適性をビッグデータ（※3）としてデータベース化し、検査員による鑑定の相当部分を代替でき、等級（※4）のみではない実需者ニーズに応じた米取引の実現に資する次世代穀粒判別器の開発につなげるため、穀粒判別器データから搗精歩留（※5）等を推定するシステム開発研究を行う。

＜課題①：穀粒判別器の分析データを管理するプラットフォームの開発（令和3～7年度）＞

搗精歩留や穀粒判別器等のデータについてビッグデータとして活用可能なプラットフォーム（システム環境）を構築するため、搗精歩留との関連のある穀粒判別器データの特定や歩留予測AIの精度向上等を実施。

＜課題②：玄米品質と炊飯米品質を結び付けるための相関性研究（令和3～7年度）＞

穀粒判別器データと炊飯米の理化学的特性との関係性を評価するため、米飯の物性や成分特性についてのデータを取得して穀粒判別器データとの相関性を調査。

＜課題③：AI等を活用した解析機能を搭載した次世代穀粒判別器の開発（令和3～7年度）＞

搗精歩留等を推定できる穀粒判別器の開発を見据え、穀粒判別器の精度向上やデータの収集及び解析等を実施。

1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標

玄米の情報から搗精歩留等を〔低歩留（89%未満）、中歩留（89%以上91%以下）、高歩留（91%超）の3カテゴリーにMAE（※6）0.5%以下、Accuracy（※7）0.9以上、F1 score（※8）0.9以上〕の精度で分類可能な解析機能および穀粒判別器データをビッグデータとして管理・分析するプラットフォームを開発する。

【変更理由】機械学習を進めるに当たり、目標設定当初は「分類」「回帰」どちらのモデルを採用するか決定する要素が無かったため「誤差±0.5%」と指標が抽象的となっていたが、分類/回帰それぞれで用いられる指標を採用し、より挑戦的な目標を定量的かつ具体的に明確化した。

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）

開発される穀粒判別器によって推定される歩留等に基づいた品質評価や取引根拠を構築する事で、実需者および消費者のニーズに応じた米の取引や生産を実現するとともに、米の取引を多角化することで流通量の増加に貢献する。予測される搗精歩留に基づいた取引により、製品（精米）が0.1%増加すると仮定すると、実需者に対して600万円/万t(精米単価を600円/kgと仮定)の経済効果が期待できると想定される。

【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

現在の農産物検査は、精米原料となる玄米の被害の有無等を検査員の目視により確認されているが、検査員の減少や地域や検査員間でのバラツキ、定性的で具体的な測定データを示せない等の課題がある。また、実需者・消費者のニーズが多様化する中、異なるニーズへの対応や生産現場への正確な情報伝達を行うことも重要となっており、これらの課題解決が求められている。このような中、令和2年から農産物検査への穀粒判別器の活用が開始されたことから、生産・流通・消費の各段階のニーズを相互に共有するバリューチェーンの構築のために、穀粒判別器の高精度化とさらなる活用技術が求められてい

る。本課題は、こうした農産物検査や米流通現場のニーズを解決する重要なものである。

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

課題①では、令和3～6年度の試料米1,034,411検体（令和3年度520,410検体、令和4年度182,274検体、令和5年度212,367検体、令和6年度119,360）を用いて工場精米を中心とした精米データと穀粒判別器データを取得した。穀粒判別器データのうち、精米歩留と関連の高い6要素（着色粒、死米（※9）、胴割粒（※10）、砕粒（※11）、白未熟（※12）、容積重（※13））を説明変数（※14）として特定した。アウトプット目標については、機械学習を進めるに当たり、目標設定当初は「分類」「回帰」どちらのモデルを採用するか決定する要素が無かったため「誤差±0.5%」と指標が抽象的となっていたが、分類/回帰それぞれで用いられる指標を採用し、より挑戦的な目標を定量的かつ具体的に明確化した。機械学習によりモデルを試作したところ、MAE 0.486%、Accuracy 0.738、F1 Score 0.718となり、一定程度のパフォーマンスは期待できるものが出来たものの、目標にはやや及ばなかった。（達成度85%）

課題②では、令和4～5年度の試料米360検体（令和4年度194検体、令和5年度166検体）を用いて、炊飯米の物性（硬さ、粘り）やアミロース（※15）含量、糖含量、アミノ酸含量、タンパク質含量等を測定し、穀粒判別器データとの関係性を評価した。結果、米飯表層の硬さには死米および白未熟が、米飯表層の粘りには白未熟が、米飯厚みには白未熟が有意な影響を及ぼすことが示された。（達成度90%）

課題③では、穀粒判別器の3メーカー間で精度向上を図り、誤差は軽微な範囲に収まることを確認した。併せて、取得した令和3～5年度の試料米351検体（令和3年度51検体、令和4年度196検体、令和5年度104検体）の穀粒判別器データと簡易精米データとの相関性を評価したところ、課題①と同じ6要素（着色粒、死米、胴割粒、砕粒、白未熟、容積重）を説明変数とすることで、精米歩留の目安を相関係数（※16）0.7程度の精度で示すことが出来た。（達成度70%）

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

挑戦的な目標を立てて取り組んだものの、精度が目標に及ばなかったことからデータの取得と学習を引き続き行う必要はある。しかしながら、MAE0.5%以下は達成していること、AccuracyとF1 scoreに向上の余地があるのは低歩留の検体データ不足によることは明らかなこと、低歩留データを追加することにより現在進行形で精度の向上が図られていることから、引き続き低歩留の検体データを中心に補強しブラッシュアップすることで開発したモデルのパフォーマンスはより高まるが見込まれる。

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

等級によらない取引はこれまで一般的ではなかったため、歩留の予測にどの程度の精度が求められるかは判断が難しいが、低歩留となる低等級の米は流通が少ないこと、実需者に対して予備的に行ったヒアリングではある程度の精度であれば活用に向き意見が多かったことから、一定の精度があればニーズに応え得る可能性が高い。実装を見据えて引き続き実需者等へのヒアリングや提案、生産者や精米業者等と連携した実証等を行い、実用的な予測精度や活用場面について検討しつつ開発を進める計画である。また、課題②において炊飯米の物性等に影響を与える穀粒判別器データの要素が明らかになってきたことから、今後これら要素を説明変数として炊飯米の特徴を推定するモデルが提案される予定である。以上のことから、玄米の情報から搗精歩留等を予測する穀粒判別器を開発し、実需者等のニーズに応じた米の取引や生産を実現するという目標が達成される可能性は高い。

② アウトカム目標達成に向け研究成果の活用のために実施した具体的な取組内容の妥当性

本研究で開発を目指す穀粒判別器は歩留等の予測機能を備えたこれまでにないものであるが、歩留等の予測の精度は一定程度あるもののまだ向上の余地がある現状である。一方、新たな穀粒判別器の社会実装を進めるためには、推定歩留等に基づく新たな取引形態の構築を実需者団体等の理解を得ながら取り組んでいくことが不可欠である。このため、開発と実装を効率的に進めるためには、実需者等の評価を受けつつ必要十分な予測精度等を見定めるとともに、開発された段階では推定歩留に基づいた品質評価や取引がある程度認知されていることが肝要である。本研究は、コンソーシアムメンバーであるシステム開発者や機器メーカーのほか、農産物検査や精米を実際に執り行う全農や全農パールライスと連携し

で行われている。また、実装に向けたニーズの把握と活用法の提案を行うため、実需者等との意見交換をこれまでも複数回行って一定の理解を得ているところであり、今後も実需者等と密に連携しながら新たな取引形態の構築を続けていく予定である。更に、デモンストレーション等の状況を踏まえたブラッシュアップについても計画している。本コンソーシアムでは、このような幅広い繋がりや働きかけを活用して穀粒判別器の開発と実装を円滑に行えるように取り組んでおり、今後も継続していくこととしている。

③他の研究や他分野の技術の確立への具体的貢献度
該当なし。

4. 研究推進方法の妥当性

ランク：A

①研究計画の妥当性（的確な見直しが行われてきたか等）

4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計画の見直しの提言を行う等の進行管理を行っている。こうした進行管理により研究計画が適宜改善され、目標達成の可能性を高めている。

②研究推進体制の妥当性

上記の運営委員会を年1～2回開催のほか、進捗状況の確認、研究計画・推進体制の見直し、研究成果の共有と公表等について、適宜助言等を行っている。また、研究コンソーシアムの自主的な推進体制として、推進会議を毎月開催しており、コンソーシアム内の情報共有や意見交換、推進体制の検討を密に行っているほか、内1～2回は外部専門家や行政部局を招いて助言等を受けている。更に、ニーズに即したアウトプット/アウトカムになるよう、行政部局や実需者等と頻繁に意見交換を行っている。以上の進行管理、情報共有等が十分に行われていることから、研究推進体制は妥当である。

③予算配分の妥当性（研究の進捗状況を踏まえた重点配分等）

各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ほか、課題間で試料や取得データの連携や共有を図り、効率的な研究開発に努めてい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

- ・農産物検査の目視確認をAI画像解析等で行う次世代機器を開発するもので、生産・流通・消費の各場面でニーズの高い研究である。
- ・研究は計画通りに進捗しており、研究目標の達成可能性は高い。
- ・研究開発を民間企業に担っており、研究成果は速やかに社会実装に繋がる可能性が高い。

2. 今後検討を要する事項に関する所見

- ・穀粒判別機から歩留まりだけでなく、炊飯米品質までの評価が可能となり、最終的な価値判断を早期に行うことに繋がると考えられる。また、等級だけに頼らない、より最終価値に即した米穀の価値基準づくりに貢献できる取組であり、今後の社会実装が期待される。
- ・本プロジェクト研究を通じて得た多くの画像データについては、将来の更なる活用が期待できる情報資源と位置づけ、それらの一元的な管理を検討いただきたい。
- ・データやソフトソフトウェアのライセンスを誰が所有するかは今後の利用において重要であり、適切な管理が行われるよう留意していただきたい。

〔研究課題名〕 競争力強化研究のうち生産現場強化プロジェクトのうちAI 画像解析等による次世代穀粒判別器の開発

用 語	用 語 の 意 味	※ 番号
農産物検査	全国統一的な規格に基づく等級格付けにより、現物を確認することなく、大量・広域に農産物を流通させることを可能とする仕組み。	1
穀粒判別器	水稻うるち玄米の整粒、着色粒、死米、胴割粒、碎米等の含有率等を測定する機器であり、我が国が世界をリードしている。整粒等の粒数や割合の測定、米粒画像データの取得等ができる。	2
ビッグデータ	一般的なデータ管理・処理ソフトウェアで扱うことが困難なほど多量且つ多様で複雑なデータの集合。	3
等級	玄米の等級は被害粒、死米等の混入率等により1等級、2等級、3等級、規格外の4種類で格付けされる。目視により格付けされ、等級が優れるほど高価格で取引される傾向にある。	4
搗精歩留	玄米を搗精した際の、原料玄米に対する精白米の重量割合。	5
MAE	Mean Absolute Error（平均絶対値誤差）の略。実測と予測の誤差の絶対値の平均。MAE=0.5%である歩留予測モデルが実測歩留90%のデータについて歩留を予測した場合、当該データの予測歩留は平均的には90%±0.5%となる、すなわち予測の誤差は平均して0.5ポイントであることを意味する。	6
Accuracy	分類問題に対する評価指標の一つで、機械学習モデルによる予測結果における正解数をデータ数で割った値。Accuracy=0.90とは、10件のデータ中9件について、低歩留/中歩留/高歩留に正しく分類できることを意味する。	7
F1 score	機械学習における適合率（モデルが正解と予測したうちで実際に正解であった割合）と再現率（実際の正解のうちでモデルが正解と予測した割合）から算出される指標。0から1の間の数値をとり、0.7を超えると良いパフォーマンスを示しているとされることが多い。適合率と再現率については、下記（表外）も参考。	8
死米	玄米の大部分が粉状質の粒で光沢のないもの。	9
胴割粒	玄米に亀裂が通っているもの。	10
碎粒	砕けた玄米。	11
白未熟	玄米の一部または全部が白く濁ったもの。	12
容積重	容積1L当たりの玄米の重量。	13
説明変数	ある予測値（結果）を算出するための根拠となる、結果に影響を与える変数（数値）。	14
アミロース	デンプンを組成する成分のひとつ。デンプンはアミロースとアミロペクチンと呼ばれる成分から組成されており、一般的にアミロースの割合が高くなると炊飯米は粘りが少なく硬くなり、アミロースが0%（アミロペクチンが100%）になるとモチになる。	15
相関係数	2つ以上のデータの間にある関係の強弱を測る指標。-1から1の間の数値をとり、その絶対値が0.6以上であれば強い相関関係があるとされることが多い。また、符号が正であれば一方の数値が高いともう一方の数値も高い関係（正の相関関係）、符号が負であれば一方の数値が高いともう一方の数値は低い関係（負の相関関係）にあることを意味する。	16

【参考】 適合率と再現率（右表参照）

- ・ 適合率 = $A / (A + C)$
- ・ 再現率 = $A / (A + B)$

データの数		予測	
		正解	不正解
実測	正解	A	B
	不正解	C	D

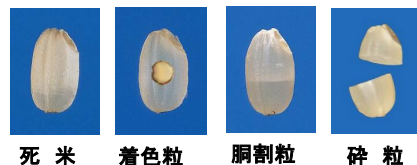
（本事業では低歩留/中歩留/高歩留の3分類ごとの適合率、再現率を計算）

② AI画像解析等による次世代穀粒判別器の開発【継続】

- 食料・農業・農村基本計画では、農産物流通や消費者ニーズの変化を踏まえ、**農産物規格・検査**について、**規格項目の見直し、検査の高度化**を行うこととしている。現在の農産物検査は、精米原料となる玄米の被害の有無等を検査員の目視により確認されているが、①地域や検査員のバラツキが発生することや ②具体的な測定データを示せないこと等の課題がある。
- このような中、令和2年秋から一部検査項目への穀粒判別器の活用が開始されたことから、その画像データと測定数値、各用途での利用適性をビッグデータとしてデータベース化し、検査員による鑑定の相当部分を代替できる**次世代穀粒判別器を開発する**。
- これにより、**AI画像解析により規格項目を数値で精緻に示すことが可能**となり、着色粒・胴割粒の含有量等を考慮した、等級のみではない**実需者ニーズに応じた米取引が可能**となる。

生産現場の課題

- ・ 目視による検査では、地域や検査員によるバラツキがある。
- ・ 1等、2等という等級のみでは、コメの特徴を把握しきれないなあ。



死米 着色粒 胴割粒 砕粒

検査員の目視で
4等級に総合判定

1等米 2等米 3等米 規格外

生産現場の課題解決に資する研究内容

次世代穀粒判別器の開発メーカーと連携して、

- ①穀粒判別器から取得される米の画像・検査データの農業データ連携基盤(WAGRI)等への蓄積、
 - ②ビッグデータと連動する次世代穀粒判別器の開発、
 - ③AI画像診断によるデータに基づく取引を提案するプログラムの実装
- などを行う。



社会実装の進め方と期待される効果

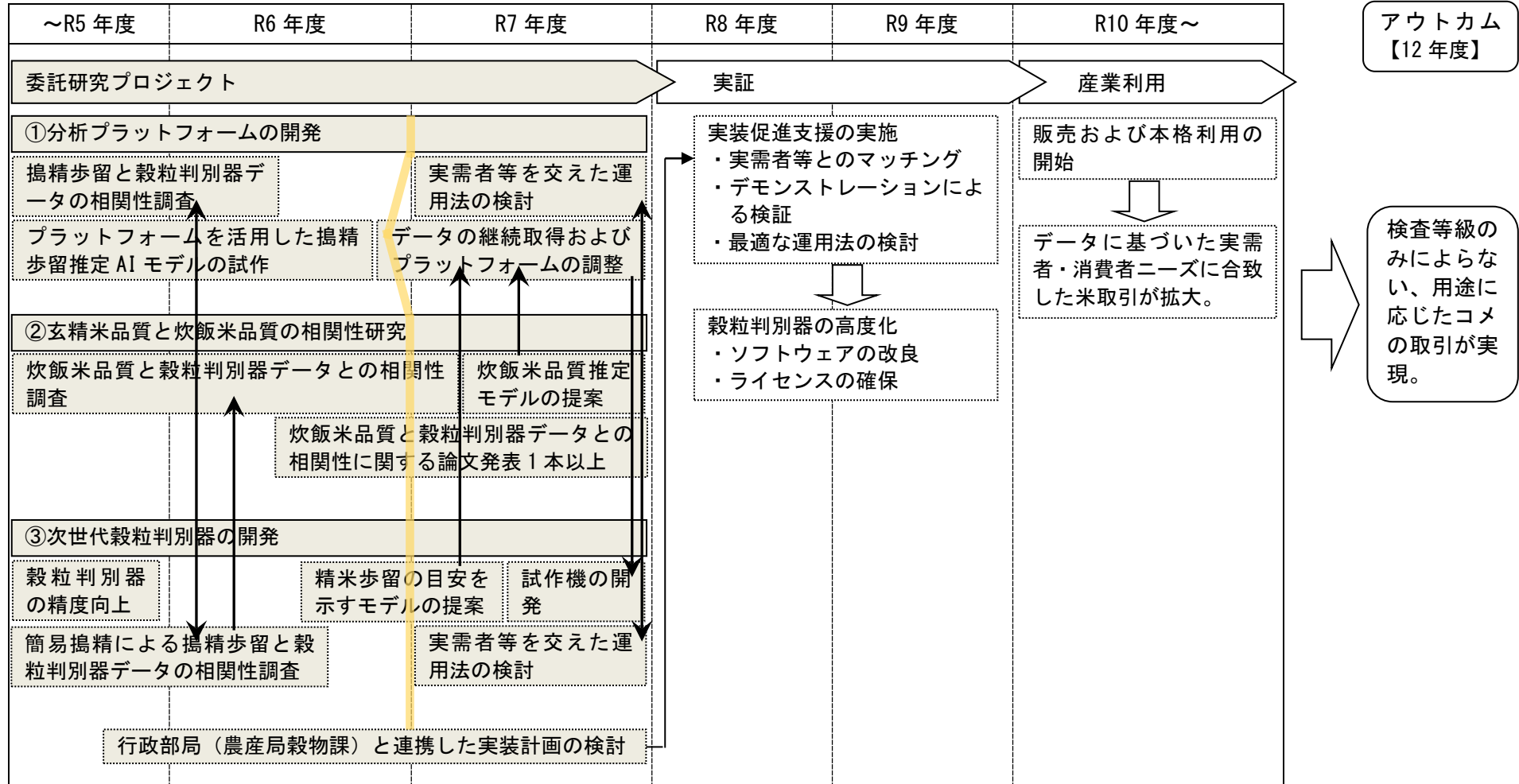
- ・ 次世代穀粒判別器を用いた新たな検査項目体系を構築。
- ・ 玄米外観品質の等級に加え、新たな指標による用途別のコメ取引が実現。
- ・ 民間機関が実施する農産物検査への活用を積極的に進めるとともに先進農業法人や都道府県普及組織等と連携した普及活動を全国展開。

検査等級のみによらない、用途別のコメの取引が実現。海外日本食レストラン向け米輸出が1万トン増加。



【ロードマップ（終了時評価段階）】

競争力強化研究のうち生産現場強化プロジェクトのうちAI 画像解析等による次世代穀粒判別器の開発



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	競争力強化研究のうち生産現場強化プロジェクトのうちさとうきびの多回株出機械化一貫体系及び省力製糖技術の確立			担当開発官等名	技術会議事務局研究統括官室
				連携する行政部局	農産局地域作物課
研究期間	R 3 年～R 7 年（5 年間）			総事業費（億円）	0．5 億円（見込）
	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>

さとうきびの生産現場においては、新たな難防除雑草が被害を及ぼしている。また、製糖工場では原料及び工程汁の劣化に対応するため時間外労働が常態化している。そこで、株出し栽培時の雑草防除体系の確立と製糖時の業務量削減に資する技術を開発する。

<①：多回株出機械化一貫体系に必要な新規雑草抑制技術の開発（令和3～7年度）>

・新規雑草の防除のため、有効な雑草抑制技術を開発する。併せて、初期生育に優れる品種の選定・評価を行う。

<②：糖汁（※1）の保管技術の開発に関する研究開発（令和3～7年度）>

・結晶化工程分離型製糖技術を開発し、製糖工場の3交代制への移行を促すため、糖汁の保管技術を開発する。

1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標

- ① 雑草抑制に有効な方法の選定、品種「はるのおうぎ」の抑草効果評価、さとうきび植被率（※2）測定法をまとめ、雑草発生圃場におけるさとうきび地域標準並みの単収5t/10a以上を実現する防除マニュアルを令和7年度までに作成し、現場への普及を図る。
- ② 人力的な問題を解決するため、シラップ（※3）を保管可能な方法を検討し、保管したシラップの品質・微生物的安全性を評価する。この保管方法をまとめて、働き方改革に対応する残業時間を複数月80時間以内に縮減可能とする糖汁の保管技術を確立する。製糖工場内で使用可能なシラップ保管方法のマニュアルを令和7年度内に作成し、研究会などを通して現場への普及を図る。

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9年以降）

- ① 防除マニュアルが活用されることにより、雑草発生圃場のさとうきび単収が改善（地域平均単収の向上）される（5t/10a以上）。
- ② 糖汁の保管技術により、結晶化工程分離型の製糖工場が整備され、時間外労働が複数月平均80時間以内に縮減される。

【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

さとうきびの生産は、製糖業をはじめとする関連産業への波及効果が大きく、雇用機会や所得の創出など地域経済に重要な役割を果たしている。農業生産では、労働力不足が進む中、植え替えが必要ない株出し栽培の面積割合も増加しており、株出し栽培でも有効な雑草対策の確立が不可欠である。

また製糖工場内における長時間労働の削減は、労働者のライフサイクルバランスを維持するうえで重要な取り組みである。その中で、想定外の労働時間が少しでも削減できるシラップ保管技術の確立が不可欠となる。

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. 多回株出機械化一貫体系に必要な新規雑草抑制技術の開発に関しては

- ・非選択制除草剤の散布後に耕転を行うことで栄養繁殖を伴うギニアグラス（※4）、カワリバトウダイ（※5）の発生を抑制できることを明らかにした。
 - ・メトリブジン（※6）水和剤等の土壌処理剤の雑草抑制効果が高いことが現地試験も含めて確認され、特に新植時の土壌処理が次作の株出し栽培時の管理作業や収量性に大きく影響することを明らかにし、土壌処理の重要性を示した。
 - ・これらの結果を取りまとめ、雑草防除マニュアルの作成を開始し、マニュアル案を作成した。
 - ・「はるのおうぎ」は初期生育に優れ、早期に地表を覆うことによる雑草抑制効果が高いこと、雑草繁茂による生育阻害を受けにくいことを明らかにした。
 - ・さとうきびの植被率程度を評価でき、初期生育に優れる品種開発につながる手法を開発した。
- このように当初計画通り順調に研究が進行しており、到達目標に対する達成度は80%である。

2. 糖汁の保管技術の開発に関する研究開発については、

- ・シラップの低コストで実施可能な火入れ法による保管に必要な加熱条件を明らかにした。
- ・大規模な火入れ試験実施のためのステンレスタンクを設計するとともに、水及びショ糖液を使用して、予備試験を実施した。
- ・製糖工場での現地試験を年度内に実施する計画である。
- ・清浄汁（※7）の保管については、連続的な紫外線照射と高温での液の循環により、一定期間の保存が可能であることを明らかにした。

このように当初計画通り順調に研究が進行しており、到達目標に対する達成度は80%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、4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は予定通りである。耕種的防除の有効性が示されるとともに、土壌処理剤および茎葉処理との併用によって雑草種子からの発生を大きく低減できることが明らかとなっており、また、植付時の適切な防除により、栽培面積の多い株出し栽培の生産安定につながることを示された。一方、「はるのおうぎ」を栽培することで、従来よりも雑草の発生を抑制できる可能性が示唆された。これらを組み合わせることで、最終目標が達成できる見込みである。

糖汁貯蔵に関しては、シラップの火入れによる微生物の抑制作用がラボレベルで示され、現場での実試験でも同様の結果を示す想定である。また、清浄汁の保管においても一週間程度の短期間であれば保管可能ということが示されており、装置導入が進めば普及の可能性は高い。これらの結果を組み合わせることで、最終目標が達成される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

鹿児島県においては春植え栽培だけであるが、いくつかの防除体系下で、さとうきび単収5t/10a以上の結果が得られている。また、市町村、製糖会社、県（公設農試含む）で構成される生産対策組織を通じて成果の伝達は速やかに行う予定である。したがって、アウトカム目標の達成の可能と考える。

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

これまで、サトウキビ生産者が集まる研修会や製糖関係者等の会合において、研究内容の紹介と成果の公表を実施した。事業実施期間からこのような活動を行うことで、技術指導員のマニュアルへの理解が深まると考える。取り組み内容は妥当と判断する。

③ 他の研究や他分野の技術の確立への具体的貢献度

なし

4. 研究推進方法の妥当性

ランク：A

①研究計画の妥当性（的確な見直しが行われてきたか等）

研究課題責任者、外部運営委員、行政部局で構成される運営委員会に加えて、研究コンソーシアム、や小課題内担当者で進捗状況の確認や試験計画を議論する場を設定した。このような場で、適宜見直しの必要性を図っている。

②研究推進体制の妥当性

さとうきび畑における新規雑草防除対策については、さとうきび栽培・育種を専門とする機関が参画・実施している。また実証試験は、問題が発生している現地で実施が計画されている。製糖工場の糖汁保管については関連の試験研究を行っている機関・大学が参画・実施している。またコスト計算や実用化可能性については、製糖工場をメンバーとして協議しながら実施している。

③予算配分の妥当性（研究の進捗状況を踏まえた重点配分等）

問題の解決と成果の公表を図るため、現地実証を伴う部署に対して重点配分している。

【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

- ・関連産業への波及効果の大きいサトウキビの生産・保管技術の開発に貢献する成果であり、意義は大きい。また、適切に進捗が管理されており、推進方法も妥当である。
- ・予定通りの成果を上げており、研究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

- ・開発した技術を社会実装するため、産業現場へのより積極的な働きかけが望まれる。また本技術の使用に当たり、経済的支援などの方策もあわせて検討する必要がある。

〔研究課題名〕 競争力強化研究のうち生産現場強化プロジェクトのうちさとうきびの多回株出機械化一貫体系及び省力製糖技術の確立

用 語	用 語 の 意 味	※ 番号
糖汁	さとうきび製糖工場の工程で得られる糖液全般を指す。今回の研究においてはシラップと清浄汁が対象となる。	1
植被率	単位面積当たりにおいて植生が地表面を占める面積の割合。	2
シラップ	さとうきび製糖工場で、清浄汁を減圧濃縮してBrix（＝糖濃度）を60程度まで高めた糖液。さらに煮詰めることでショ糖の結晶が生成する。	3
ギニアグラス	イネ科の暖地型牧草。南西諸島において再生性および永続性に優れるため、普及が進む。結実した種子による雑草化が問題となっている。	4
カワリバトウダイ	トウダイグサ科に属する外来植物。近年、沖縄県宮古島市全域のサトウキビ圃場で発生を確認。現在では沖縄本島および周辺離島を含めた県内全域で発見されている。	5
メトリブジン	除草剤の有効成分の一つ。サトウキビに登録がある主な商品に「センコル®水和剤」がある。	6
清浄汁	さとうきび製糖工場で、さとうきびの搾り汁中の不純物を凝集沈殿によって除去した糖液、これを煮詰めることでシラップとなる。	7

さとうきびの多回株出機械化一貫体系及び省力製糖技術の確立

1. 研究目的

難防除雑草の発生を抑制する技術を確立することで、さとうきび株出し栽培の収量を安定させる。また、糖汁の保管技術を確立することで、製糖工場における結晶工程の分離を図り、時間外労働を軽減することを目的とする。

2. 研究背景

さとうきびの生産現場では、新たな雑草が侵入している。これらは防除が難しく、株出し栽培に悪影響を及ぼしている。

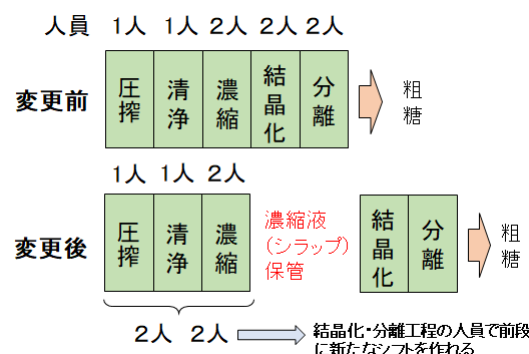
また、さとうきび製糖工場は収穫期に24時間連続操業に伴う、時間外労働が常態化している。その打開策として結晶化工程の分離が求められている。



新たな侵入雑草の例（ギニアグラス）

3. 研究内容

- ① 雑草抑制に効果の高い薬剤の選定とそれらの利活用の開発
- ② さとうきびの初期生育改善による雑草発生量の軽減技術の開発
- ③ シラップ※の保管技術による結晶工程分離型製糖技術の開発
※シラップ：さとうきび搾汁液の濃縮液



製糖工場の結晶工程分離型製糖技術

4. 達成目標・期待される効果

達成目標

- ・ 雑草発生圃場での地域平均収量確保を目的とした雑草管理マニュアルの作成
- ・ シラップの4ヶ月の貯蔵を可能とする保管マニュアルの作成

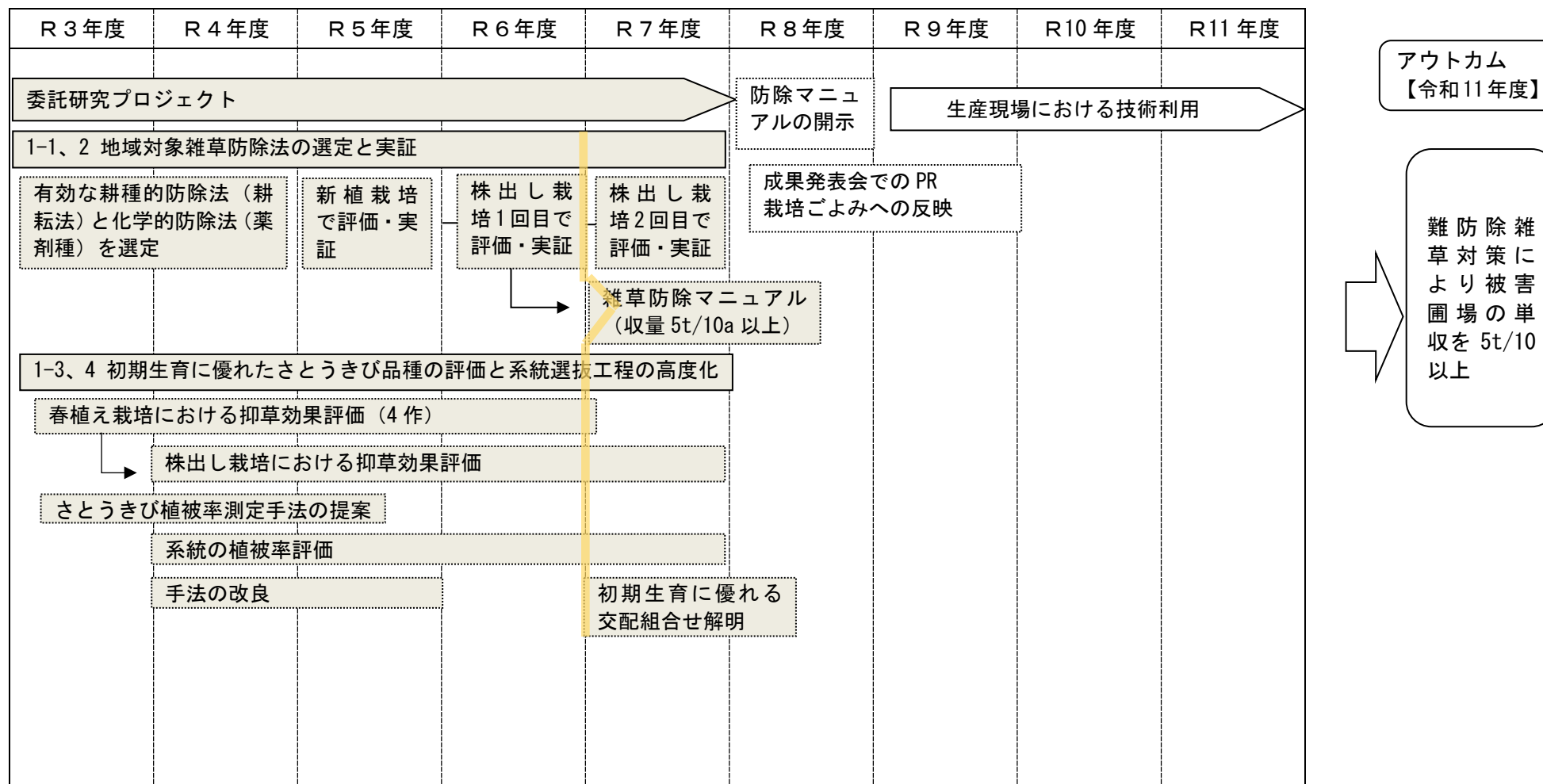
期待される効果

- ・ さとうきび株出し栽培の収量安定化
- ・ 製糖工場における作業負荷軽減および労働時間の削減

【ロードマップ（終了時評価段階）】

[研究課題名]競争力強化研究のうち生産現場強化プロジェクトのうちさとうきびの多回株出機械化一貫体系及び省力製糖技術の確立

小課題1：難防除雑草防除による多回株出し実施に必要な技術開発



小課題2：結晶工程分離型による製糖実現に必要な技術開発

R 3年度	R 4年度	R 5年度	R 6年度	R 7年度	R 8年度	R 9年度	R10 年度	R11 年度
委託研究プロジェクト					糖汁貯蔵マニュアルの開示	生産現場における技術利用 ・ 緊急時のシラップ貯蔵 ・ 計画的週休2日制度への活用		
2-1 シラップの保管技術の開発								
シラップ保管の実施と微生物の影響解明	シラップ保管方法の提案	新たなシラップ保管方法の提案と実証						
			糖汁貯蔵マニュアル		成果発表会でのPR			
2-2 清浄汁の短期保管技術の開発								
清浄汁の短期保管方法の検討								
	紫外線・高温を利用した保管技術				糖汁貯蔵の補助情報としての提供 (製糖工程の初期殺菌技術として活用)			

アウトカム
【令和11年度】

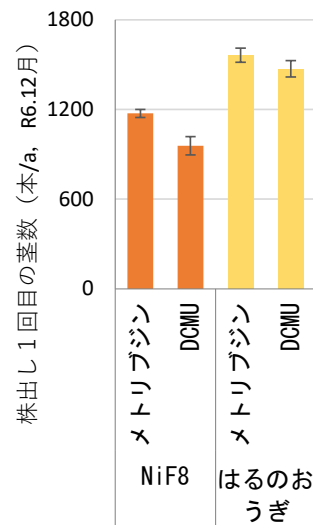
働き方改革
に対応した
製糖作業負
荷軽減の実
現

1. 株出し収量の確保を目的とした雑草防除方法の構築

ギニアグラス防除方法の検討 (鹿児島農総セ徳之島支場) 春植え時の土壌処理剤の効果



除草効果(春植え) <



次作の株出し栽培への影響も評価

カワリバトウダイ防除方法の検討 (沖縄農研センター) 各栽培型での土壌処理剤の効果確認



アラクロール乳剤使用

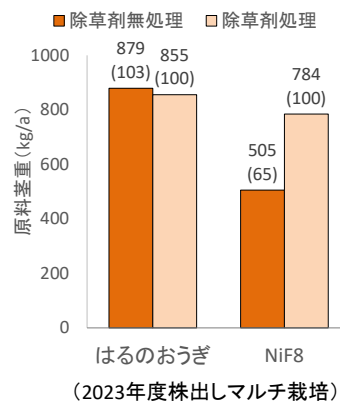
雑草多発生現地ほ場で実証中

初期生育に優れる品種を用いた雑草抑制 効果の評価(鹿児島農総セ熊毛支場) 「はるのおうぎ」の抑草効果

「はるのおうぎ」



「NiF8」



雑草乾物重 241 g/a(40)

596 g/a(100)

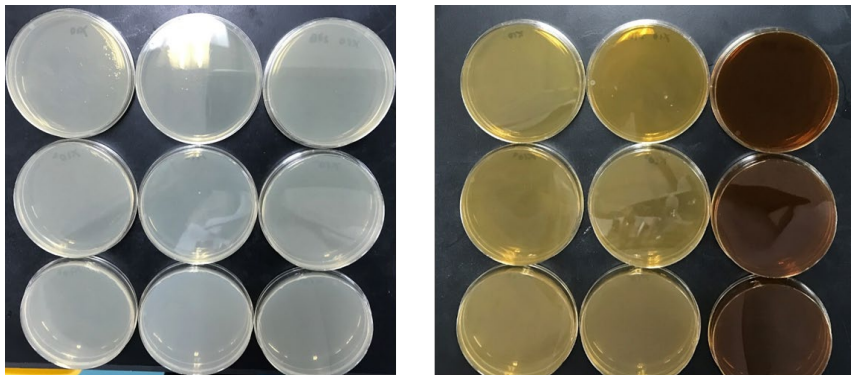
「はるのおうぎ」は雑草害による収量低下を抑制

初期生育に優れた系統選抜のための さとうきび育種工程の高度化(農研機構) ドローン画像による植被率計測手法



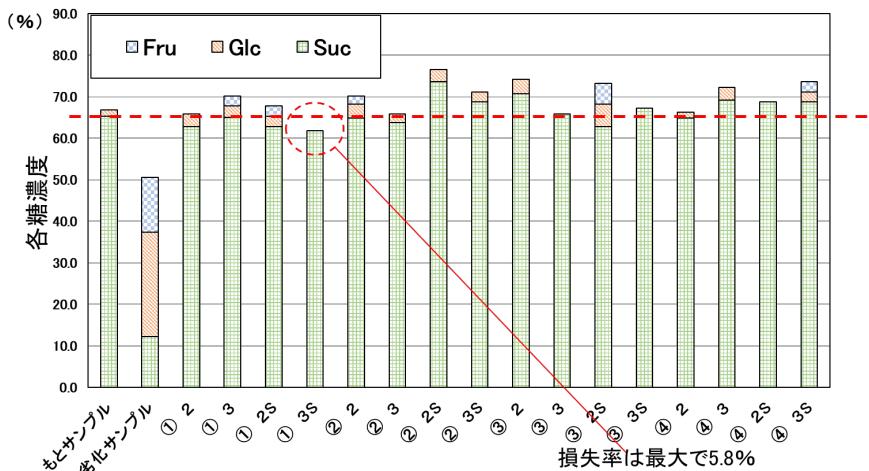
2. 糖汁の保管技術の開発に関する研究開発

糖汁濃縮液(シラップ)の保管技術の開発 (鹿児島県工業技術センター)



80°C火入れ(一般生菌数)

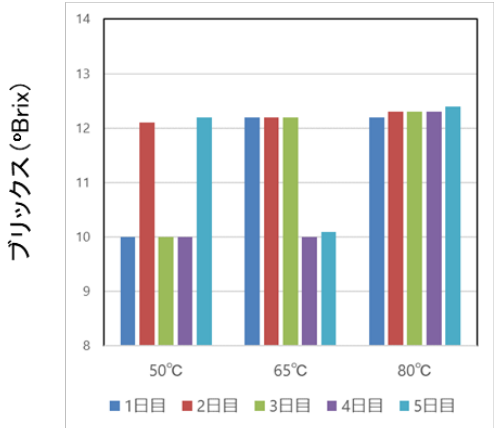
80°C火入れ(嫌気性菌)



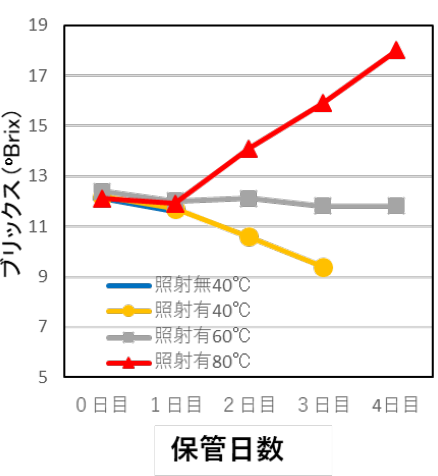
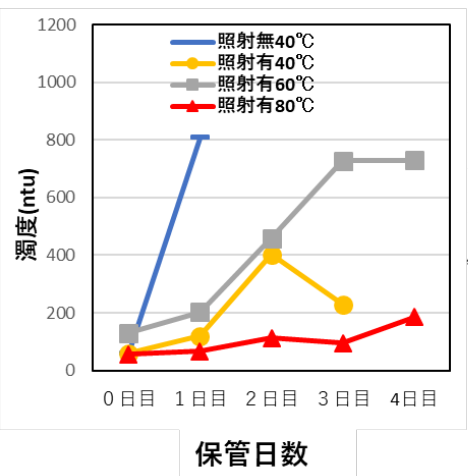
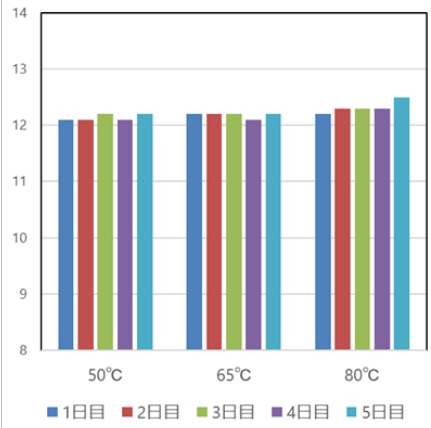
火入れの実施により微生物増殖の低減・ショ糖の減少の抑制を確認出来た。

清浄汁の保管技術の開発 (琉球大学)

UV照射なし



UV照射あり



UVによるBrixの安定性・濁度の低減を確認出来た。

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	競争力強化研究のうち生産現場強化プロジェクトのうち畜産生産の現場に濃厚飼料を安定・低コストに供給できるシステムの開発			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（需給対策第1班）
研究期間	R 3 年～R 7 年（5 年間）			総事業費（億円）	0. 8 億円（見込）
	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>

濃厚飼料（※1）の輸送に関わる労働時間の30%削減及び台風等の予測可能な自然災害に対する事前防災を行うため、飼料タンク（※2、以下、タンク）残量の高精度測定技術、通信インフラが脆弱な地域においても飼料残量の情報伝達を可能にする技術及び流通濃厚飼料の生産・配送計画システムの開発を行う。また、新たな国産濃厚飼料として生産が拡大している子実とうもろこしについては、収穫後の子実の乾燥調製設備を持たない耕種農家に向け、簡易で低コストな調製貯蔵技術の開発を行う。

<課題1：タンク内残量計測技術の開発と地上・衛星通信を活用した流通濃厚飼料安定供給システムの開発（令和2～令和7年度）>

- ・タンク内上部に設置する測距センサー（※3）及び畜舎の飼料の搬送ラインに設置する飼料搬送量計により飼料残量をそれぞれ97%の精度で測定し、遠隔監視する技術の開発
- ・タンクの残量測定誤差の要因となるタンク内のブリッジ（※4）形成や片べり（※4）等を抑制する技術の開発
- ・通信インフラの脆弱な地域の畜産農家においても飼料残量のデータ通信を可能とする地上-衛星ハイブリッド型通信システムの構築と導入実証
- ・A I を活用した流通濃厚飼料の生産・配送計画システムの開発とビジネスモデルの考案

<課題2：国産とうもろこし子実の安定供給システムの開発（令和2～令和7年度）>

- ・収穫後の子実を未乾燥・未破碎で貯蔵できる条件の解明
- ・低コストで未乾燥子実を1年間保存できる梱包素材の選定と作業方法の開発
- ・簡易調製貯蔵技術を用いた保存技術の実証と成果のマニュアル化

1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標

①タンク内残量計測技術の開発と地上・衛星通信を活用した流通濃厚飼料安定供給システムの開発

令和7年度までに、以下の技術の開発及び導入実証を行う。

- ・タンク内飼料残量を97%の精度で測定し、遠隔監視する技術
- ・携帯回線を利用した地上通信と衛星通信が相互にバックアップできるシステムの構築と導入実証
- ・タンク内でのブリッジ形成や片べり等を防止する技術
- ・A I で農場-飼料輸送会社-飼料工場を連携した飼料配送計画を立案し、クラウドで稼働できるシステムを開発し、ビジネスモデルとして提案するとともに、飼料輸送に関わる労働時間を30%削減する。

②国産とうもろこし子実の安定供給システムの開発

- ・令和7年度までにとうもろこし子実を対象に、コスト10円/kg以下で1年間貯蔵できる簡易調製貯蔵技術を開発し、マニュアルで公表する。

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（〇〇年）

①タンク内残量計測技術の開発と地上・衛星通信を活用した流通濃厚飼料安定供給システムの開発

- ・飼料タンクの高精度残量計測技術および生産・配送計画システムの導入により、濃厚飼料の配送に係る労働時間を30%削減することが可能になる。
- ・台風等の予測可能な気象災害に対し、タンクの残量から事前に飼料を充填しておくことで事前防災が可能になる。
- ・高精度な飼料消費量データに基づき、精密な飼養管理が可能になり、畜産物の生産性が向上する。本技術が全国の養鶏（ブロイラー※5）農場に普及した場合、飼料消費量の測定によりブロイラーの増体に貢献し、約14億円/年の経済的効果が見込める。

②国産とうもろこし子実の安定供給システム

- ・子実とうもろこし用の乾燥調製施設が十分に確保できない農業者においても、子実とうもろこしの生産に取り組むことが可能になり、作付面積の拡大に貢献することで、濃厚飼料自給率目標（令和12年度に15%）の達成に貢献（令和5年度の濃厚飼料自給率は13%）。

【項目別評価】

1. 研究成果の意義

ランク：S

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

飼料輸送にはバルク車（※6）と呼ばれる特殊な車両を用いることに加え、令和6年度（2024年4月）からトラックドライバーの時間外労働の上限規制が適用され、2024年問題と言われる輸送に関わる人手不足が深刻化しており、計画立案時以上に飼料輸送の効率化が求められている。特にタンクの残量の確認は輸送会社のドライバーがタンク上部に登る高所作業を行っており、作業負担の軽減が必須である。残量の確認においては、飼料タンク内上部にセンサーを取り付け残量を把握する機器が市販化されているが、本プロジェクトで目標とするAIによる生産・配送計画の立案や飼料消費量の測定を実現するには、既存製品よりも高い精度が求められること、タンク下部に重量計を設置する方法は、新たに設置工事を行う必要があり、既存のタンクへの適用は困難であることから、既存のタンクに活用できる高精度の残量計測技術が必要である。また、交通および通信インフラが脆弱な地域においても畜産農家は点在しており、災害時には飼料輸送に支障が生じ、飼料の在庫切れが生じるリスクがあり、対策が必要である。

また、新たな国産濃厚飼料として生産が拡大している子実とうもろこしは、収穫後の子実の乾燥調製設備を持たない耕種農家にとり、代替となる貯蔵方法が必要である。これまで低コストな貯蔵方法として、収穫した子実を破砕後にストレッチフィルムにより梱包するサイレージ調製技術（※7）の開発が進められてきたが、耕種農家にとっては新たな機械体系が必要となり、普及の支障となっている。そのため、低コストかつ未乾燥・未破砕で簡易に貯蔵できる技術が求められている。

これらの課題を解決するため、本プロジェクトでは既存のタンクに設置でき、飼料残量を適時・正確に計測する技術を開発するとともに、通信インフラが脆弱な地域においても残量データを伝達するシステムを構築する。さらに農場-飼料輸送会社-飼料工場を連携させた配送計画をAIが立案するシステムを開発することで、効率的な飼料の輸送を実現し、輸送に関わる労働時間を30%削減する。これらの技術は輸送効率の向上のみならず、飼料価格が高止まりする中、これまで正確に把握することが出来なかった飼料消費量に基づいた、家畜の精密な飼養管理による飼料の利用効率の向上が可能になり、個々の生産者の経営改善に資することが期待される。また、台風等の予測可能な気象災害に対し、タンクの残量データから事前に飼料を充填しておくことによる事前防災を可能にするとともに、発災時には優先すべき飼料配送先の選定を容易にし、減災に貢献する。

子実とうもろこしについては、収穫後の子実を未破砕・未乾燥でコスト10円/kg以下で1年間貯蔵できる簡易調製貯蔵技術を開発し、マニュアルで技術普及を図る。本技術の活用により子実とうもろこしの作付面積の拡大が図られることで、濃厚飼料自給率目標（令和12年度に15%）の達成に貢献する（令和5年度の濃厚飼料自給率は13%）。

以上の通り、畜産生産の現場において、効率的な飼料輸送を実現し、濃厚飼料の安定供給に資するのみならず、家畜の飼養管理技術の向上にまで貢献する本プロジェクトの研究成果の実用性、社会的意義は研究開始時を上回ると認められ、意義は非常に高い。

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

本プロジェクトでは、タンク内残量計測技術の開発と地上-衛星ハイブリッド型通信システムを活用した流通濃厚飼料安定供給システムの開発及び国産とうもろこし子実をコスト10円/kg以下で1年間貯蔵できる簡易調製貯蔵技術を開発することを目標としており、各課題の進捗状況は以下の通りである。

<課題1：タンク内残量計測技術の開発と地上・衛星通信を活用した流通濃厚飼料安定供給システムの開発>

1) タンク内飼料残量の計測技術の開発

養鶏に用いられる7t規模のタンクを対象に技術開発を実施した。タンク内上部に測距センサーを設置し、飼料表面までの距離データ、タンクの形状データ等から飼料残量を推定するとともに、誤差の要因を検討した。その結果、タンク内にブリッジ等の特異形状が生じることが精度低下の原因であることを明らかにした。そこで、測距センサーを複数設置し、高精度で残量を推定できる飼料表面の計測位置を明らかにするとともに、距離データ、タンクの形状データ、飼料の比重等から、新たに残量を推定するアルゴリズムを開発した。また、タンクからの飼料搬出量の計測においては、搬送量計から推定される搬出量のデータに、飼料の比重、物性値を考慮した補正值を設定することで、実際の搬出量を高精度で推定できることを明らかにした。これらの改良により、測距センサー及び搬送量計のそれぞれで目標とする97%の精度で飼料残量を測定できる見込みである。今後は形状の異なるタンクや飼料の種類等を対象に、測距センサー及び搬送量計を用いた計測手法の適用性の確認を進めるとともに、他課題と連携した実証を進める。

2) タンク内のブリッジ形成や片べり等を防止する技術の開発

タンク内飼料残量を97%の精度で計測するために、ブリッジ形成や片べり等を防止し、タンク内飼料表面を均平化する方策として、以下の4つの方法を用い、タンクからの飼料の搬出速度や、飼料表面形状の変化を画像により測定し、その効果を比較・検証した。

- (1) 滑るプラスチックをタンクのホッパー部（飼料を取り出す部位）内側に使用
- (2) タンク内の温度変化の緩和及び結露防止に資する換気装置をタンク内上部に設置
- (3) 温度変化の緩和を目的としたタンク外部への遮熱塗料の塗布
- (4) タンク内部へのブリッジブレーカー（※8）の設置

その結果、(4)のブリッジブレーカーの設置がコスト、ブリッジ等の抑制効果の点で最も優れていることを明らかにした。今後は他の課題と連携した生産現場での実証を行い、目標を達成する。

3) 地上-衛星ハイブリッド型通信システムの開発

地上-衛星ハイブリッド型通信システムを構築し、地上通信、衛星通信の切り替えが支障なく行えることを確認した。令和6年度からは携帯通信エリア外にある畜産農場において、測距センサーを用いたタンク内の飼料残量の遠隔監視の実証を開始しており、目標とした通信インフラが脆弱な地域での通信手法の構築を達成できる見込みである。その一方で、飼料タンクが複数設置されており、地形によって通信が遮られる場合には、農場内でタンクと衛星通信モデムまでを中継する簡易なネットワークの構築を必要とする場合があるなど、課題も把握できた。今後は他の課題と連携し実証に取り組むとともに、簡易なネットワーク構築手法を検討するなど、生産現場における課題の解決に取り組む計画である。

4) AIを活用した流通濃厚飼料の生産・配送計画システムの開発とビジネスモデルの考案

生産農場、輸送会社、飼料工場等からヒアリングを行い、効率的な飼料残量の把握、飼料発注と受注、AIによる生産・配送計画の立案に必要な機能を選定するとともに、令和5年度に生産・配送計画システムを試作した。令和6年度には養鶏農場において、タンク残量の計測データと本システムの連携を開始し、ユーザーからの意見を基に飼料発注、配車計画作成機能等を改良した。さらに精密な飼養管理を行う上で必要な飼料消費量の算出機能を追加し、実証農場において日々の飼料消費量を算出できることを確認した。今後は本システムの導入による労働時間削減効果を示すとともに、飼料消費量に基づいた精密な飼養管理によるブロイラーの増体への効果について調査を行う予定であり、目標を達成できる見込みである。

＜課題２：国産とうもろこし子実の安定供給システムの開発＞

1) 収穫後の子実を未乾燥・未破碎で貯蔵できる条件の解明

収穫後の子実を密封梱包し、嫌気条件下で貯蔵することでカビを検出限界未満に低減できることを明らかにした。

2) 低コストで未乾燥子実を1年間保存できる梱包素材の選定と作業方法の開発

子実の密封梱包に適したプラスチックシート内袋を選定するとともに、屋外での貯蔵を可能にする条件を検討し、耐候性フレコンバッグを用いた調製貯蔵方法を考案した。

3) 簡易調製貯蔵技術を用いた保存技術の実証

上記で開発した成果を基に、屋外で子実を1年間保存する実証試験を行い、品質に問題がないこと確認するとともに、10円/kg以下のコストで貯蔵できることを明らかにした。本成果は令和6年度中にマニュアルで紹介する予定であり、目標を達成できる見込みである。今後は技術の普及促進に向け、実証試験を継続するとともに、令和6年度より乳牛を対象に貯蔵後の子実の給与試験を開始し、乳量や乳質に与える影響を調査する計画であり、目標を上回る成果が得られる見込みである。

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

課題1においては、個別技術の開発が計画通り進捗している。令和7年度においては携帯通信エリア外に位置する畜産農家を含む畜産生産の現場において、1)～4)で開発した技術を統合化した実証試験を計画している。またプロジェクト終了後にはコンソーシアムに参加する民間企業が主体となり、開発したシステムをビジネスモデルとして提案し、市販化を行う。さらに開発した技術の導入を検討する際の条件チェックシートや、トラブル対応マニュアルを作成し、プロジェクト終了後にはスムーズに社会実装できるように取り組む。

課題2においては、生産現場において簡易調製貯蔵技術を実証し、マニュアルを令和6年度中に公開することとしており、目標を前倒して達成できる見込みである。さらに乳牛を対象に貯蔵後の子実の給与試験を開始するなど、技術普及に向けた取り組みを積極的に推進しており、目標を上回る成果が得られる見込みである。以上の通り、本プロジェクトでは最終目標を達成できる見込みである。

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

ランク：A

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

本プロジェクトで開発された技術が普及することで、適時適切な飼料発注が行えるようになり、輸送の効率化が実現される。さらに予測可能な気象災害等への事前防災が可能になる。飼料輸送に関わる作業時間については、タンクへの昇降作業時間（1.7時間）と輸送会社受注担当の作業時間（5時間）を合わせた計6.7時間の労働時間のうち、開発技術の導入により、昇降作業時間が30分、輸送会社受注担当の作業時間が1.5時間短縮されることで、労働時間が30%削減される見込みである。

また、本技術の導入により、ブロイラーにおいては飼料消費量を基にした精密な飼養管理が可能となる。1羽当たり10gの増体が達成されることで、約7億羽（年間出荷羽数）に対して7000t/年（10g×7億羽）生産量が増加し、14億円（200円/kg×7000t）の経済的効果が見込まれる。

また、とうもろこし子実の簡易かつ低コストな調製貯蔵技術の普及により、子実とうもろこしの作付面積の拡大に貢献することで、濃厚飼料自給率の向上目標（令和12年度までに15%）の達成への貢献が見込まれる。

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

普及・実用化をスムーズに行うため、研究コンソーシアムには大学や研究機関の他、飼料メーカー、衛星通信会社、畜産施設・機器製造メーカー、飼料タンク製造メーカーが参画しており、連携して技術開発・実証を行っている。生産・配送計画システムの開発にあたっては、飼料工場、ブロイラー生産者、と畜場等の幅広い関係者からのヒアリングを行い、必要な機能を選定するとともに、実証試験によ

る改良を進めている。また令和6年度からは新たに携帯通信網のエリア外の畜産生産の現場において、開発した技術を投入した実証試験を開始しており、これらの成果を基にしたビジネスモデルを考案し、社会実装を行う計画である。また、子実とうもろこしの調製貯蔵技術については、得られた成果をマニュアルとして取りまとめ、令和6年度内に公表する予定である。以上からアウトカム目標達成の可能性は高い。

③他の研究や他分野の技術の確立への具体的貢献度

タンク内残量の高精度計測システムについては、タンクに保管する他の資材についても応用が期待できるほか、個々の農場での飼料消費量の把握を可能にすることで、温室効果ガス排出量の推計のための基礎データとして利用できる。また、地上-衛星通信システムは畜産に限らず、通信インフラが脆弱な地域における農業のICT化に貢献できる。

4. 研究推進方法の妥当性

ランク：A

①研究計画の妥当性（的確な見直しが行われてきたか等）

本プロジェクトでは外部の専門家を交えた運営委員会を毎年度開催し、進捗状況に応じて研究計画の見直しおよび推進を行っている。例として手法の改良が必要とされた飼料残量の高精度計測技術の開発においては、令和5年度に技術的知見を有する企業を新たにコンソーシアムに加え、技術開発を加速化した。また運営委員の助言により、令和6年度からは携帯通信エリア外の地域において、新たに地上-衛星ハイブリッド型通信システムの活用したタンクの残量計測技術の実証試験を開始している。また、子実とうもろこしの簡易調製貯蔵技術の開発においては、当初の計画を超えて貯蔵後の子実の乳牛への給与試験に新たに取り組むなど、目標の達成に向け、積極的に計画を見直している。

②研究推進体制の妥当性

畜産に関する研究実績を多数持ち、産学官を率いたプロジェクトマネジメント経験を有するコンソーシアム代表を中心に、飼料タンク内残量の高精度計測システムおよび生産・配送計画システムにおいては、飼料メーカー、衛星通信会社、畜産施設・機器製造メーカー、飼料タンク製造メーカーが参画している。また、子実とうもろこしの低コスト調製貯蔵技術においては、飼料の調製・貯蔵研究を先導的に実施している研究開発機関が参画しており、それぞれの持つ強みを生かしつつ、相互に連携して研究を遂行する体制となっている。以上から、研究推進体制は妥当である。

③ 予算配分の妥当性（研究の進捗状況を踏まえた重点配分等）

各課題とも計画通りに研究が進捗している。令和6年度には個別技術の開発の目途が立ったことから、令和7年度は開発した技術の連携と実証に関する課題に予算を重点配分することとしており、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

- ・ 畜産生産の現場において濃厚飼料の安定供給と飼養管理技術の向上に資する研究成果であり、その意義は大きい。
- ・ 研究は計画通り進捗しており、研究目標が十分達成可能である。また、社会実装や普及も幅広い畜種において期待される。

2. 今後検討を要する事項に関する所見

- ・ 子実とうもろこしの貯蔵から各飼料メーカーでの加工や、生産者における利用までの効果的なサプライチェーン構築の検討が本取組の恒久的な実装に必要であり、今後の取組を期待したい。

〔研究課題名〕 競争力強化研究のうち生産現場強化プロジェクトのうち
畜産生産の現場に濃厚飼料を安定・低コストに供給できるシステムの開発

用 語	用 語 の 意 味	※ 番号
濃厚飼料	飼料は栄養価の面から濃厚飼料と粗飼料に分けられる。濃厚飼料はデンプンやタンパク質などを豊富に含み、栄養価が高いことが特徴。穀類や、油かすのような食品副産物などがある。また、栄養バランスに配慮し、複数の濃厚飼料を配合したものは配合飼料と呼ばれ、牛、豚、鶏など多くの家畜に利用されている。粗飼料は牧草や飼料作物など、茎葉を含めて用いられる飼料で、濃厚飼料と比較して栄養価は高くないものの、牛などの反芻家畜に必要な繊維源として利用される。	1
飼料タンク	配合飼料等を貯蔵するためのタンク。逆円錐形の形状をしており、高さは4～8mを超えるものもある。残量の確認や飼料投入のためにはタンクへの昇降作業が必要であり、高所作業の危険を伴う。	2
測距センサー	距離を測定するセンサー。本プロジェクトでは、飼料タンク蓋に設置できるバッテリー駆動式の省電力赤外線センサーを用いている。	3
ブリッジ、片べり等	タンク内の飼料は、重さによる圧力や湿気等が原因で固着し、スムーズに取り出せなくなることがある。アーチ状に固着し、上部の飼料が落下しにくくなったものを「ブリッジ」、片側の壁に飼料が固着し、取り出しにくくなるものを「片べり」と呼ぶ。この他、タンク中央部の飼料のみが落ち、上から見るとドーナツ状に穴が開いたように見える「ラットホール」がある。これらは残量測定の誤差要因になるだけでなく、飼料の入れ替えを困難にすることで、腐敗の原因となる。	4
ブロイラー	当初から「食用」に供する目的で飼養し、ふ化後3か月未満で肉用として出荷する鶏をいう。採卵鶏の廃鶏は含めない。	5
バルク車	バルク (bulk) は体積を示す英語。バルク車は特殊車両の一つで、粉粒体を運搬する車両のこと。飼料を輸送するものは飼料運搬車とも呼ばれる。飼料タンク上部から飼料を投入するため、ブームと呼ばれるアーム状のスクリーコンベアを持つ。	6
サイレージ調製技術	牧草や飼料作物など比較的水分含量の高い飼料を、乳酸発酵により品質を保ったまま長期間保存できるようにする技術。乳酸発酵は嫌气的条件（酸素のない条件）で促進されることから、密封し、酸素を遮断することが必要。	7
ブリッジブレーカー	ブリッジブレーカーは飼料タンク内下部に設置し、ブリッジの形成や片べり等を抑制するもの。本プロジェクトではブリッジ形成、片べり等の抑制に有効なブリッジブレーカーの形状や、タンク内での設置位置を明らかにしている。	8

④ 畜産生産の現場に濃厚飼料を安定・低コストに供給できるシステムの開発 【継続】

- 畜産業の現場では**運転手不足**や**気象災害の頻発**により、今後、新鮮な流通濃厚飼料供給のためのキメ細かい配送を維持できない恐れがある。また、水田転作では、とうもろこし子実など国産濃厚飼料生産が展開しつつあるが、**品質を維持しつつ長期貯蔵する技術**が確立されていない。
- 流通濃厚飼料の安定供給を維持するとともに気象災害による飼料不足を回避するために、**濃厚飼料の貯蔵タンク内の残量を把握し自動で発注する技術**を開発。また、国産濃厚飼料生産において、**収穫したとうもろこし子実を高品質で長期に貯蔵できる技術**を開発。
- 長期貯蔵・安定供給技術の開発で食料・農業・農村基本計画が定めた**人手不足への対応**や**大規模災害被害の最小化**（事前防災）を達成。

生産現場の課題

- ・濃厚飼料の配送・充填は危険な高所作業や繁雑な衛生管理を伴うため敬遠され気味で、高齢化と併せて運転手が不足しつつある。
- ・水田転作でとうもろこし子実が着目されているが、収穫後の長期貯蔵技術は確立されていない。



<イメージ>



貯蔵タンクへの濃厚飼料の充填時には残量確認のため危険な高所作業が発生している。



国産とうもろこし子実生産では取り組み拡大や台風等気象災害頻発のため、早刈りによる高水分子実の収穫が見込める。

生産現場の課題解決に資する研究内容

- ・濃厚飼料貯蔵タンク内の残量を把握し、飼料メーカー等に自動で発注する技術など、人手不足の条件下で効率的な飼料供給や気象災害への備えを可能とする技術を開発。
- ・日本型のとうもろこし生産において、高い水分含量の子実であっても腐敗やカビ発生による品質低下を回避し、長期の貯蔵を可能とする調製・保管技術を開発。

<イメージ>

流通および国産濃厚飼料の安定供給に関する各種技術を開発。



流通飼料の供給合理化により、人手不足や気象災害に対応。



貯蔵技術の向上で高品質な国産濃厚飼料を供給可能に。

社会実装の進め方と期待される効果

開発技術は設備・飼料メーカーや配送会社と連携し全国のTMRセンターや畜産農家に普及。

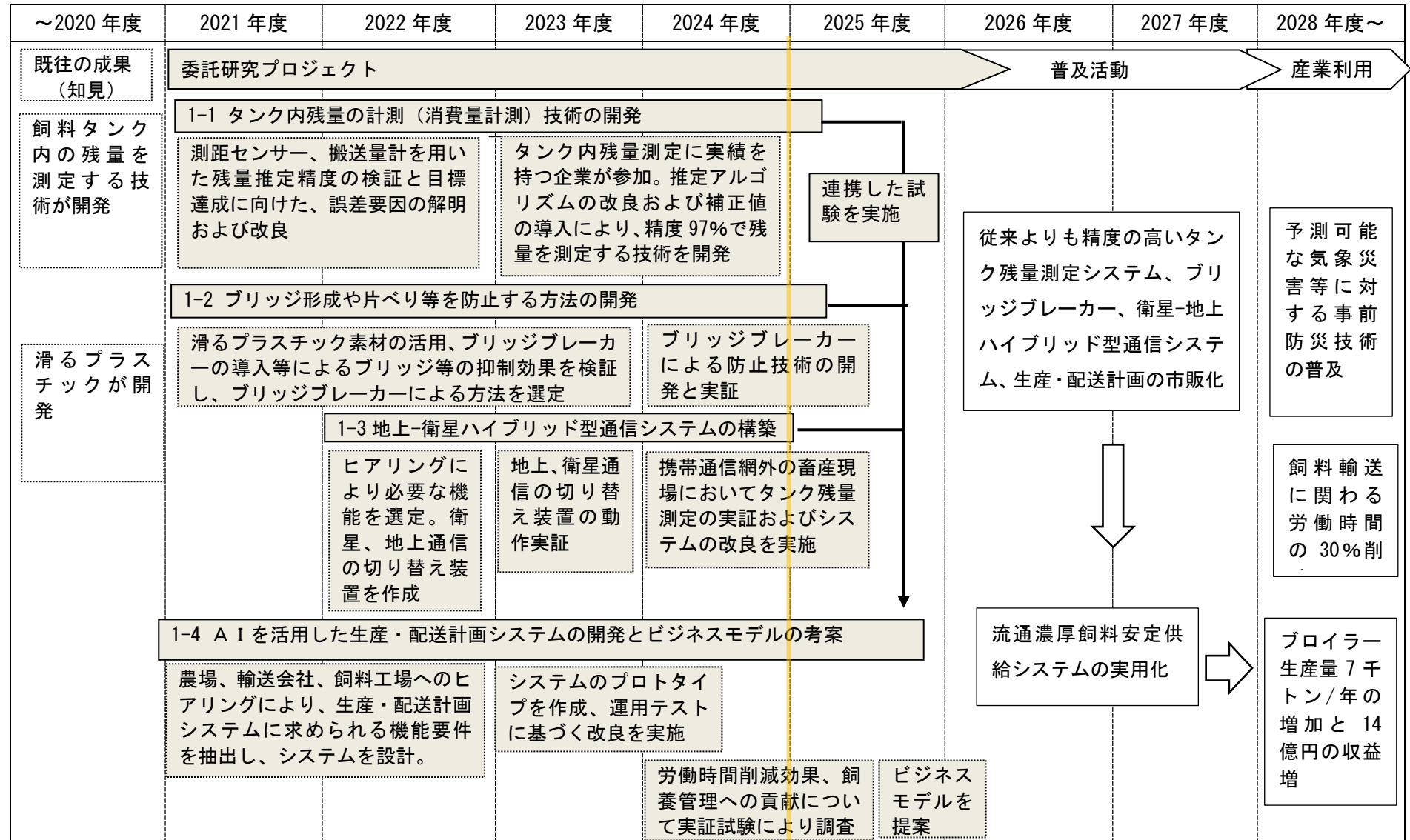
- ・濃厚飼料の配送に係る労働負担を30%削減するとともに、予測可能な気象災害による輸送障害被害ゼロを達成。
- ・国産濃厚飼料の安定供給で自給率が向上する。
- ・濃厚飼料の安定・低コスト供給により畜産経営が強靱化。



畜産経営の強靱化

【ロードマップ（終了時評価段階）】

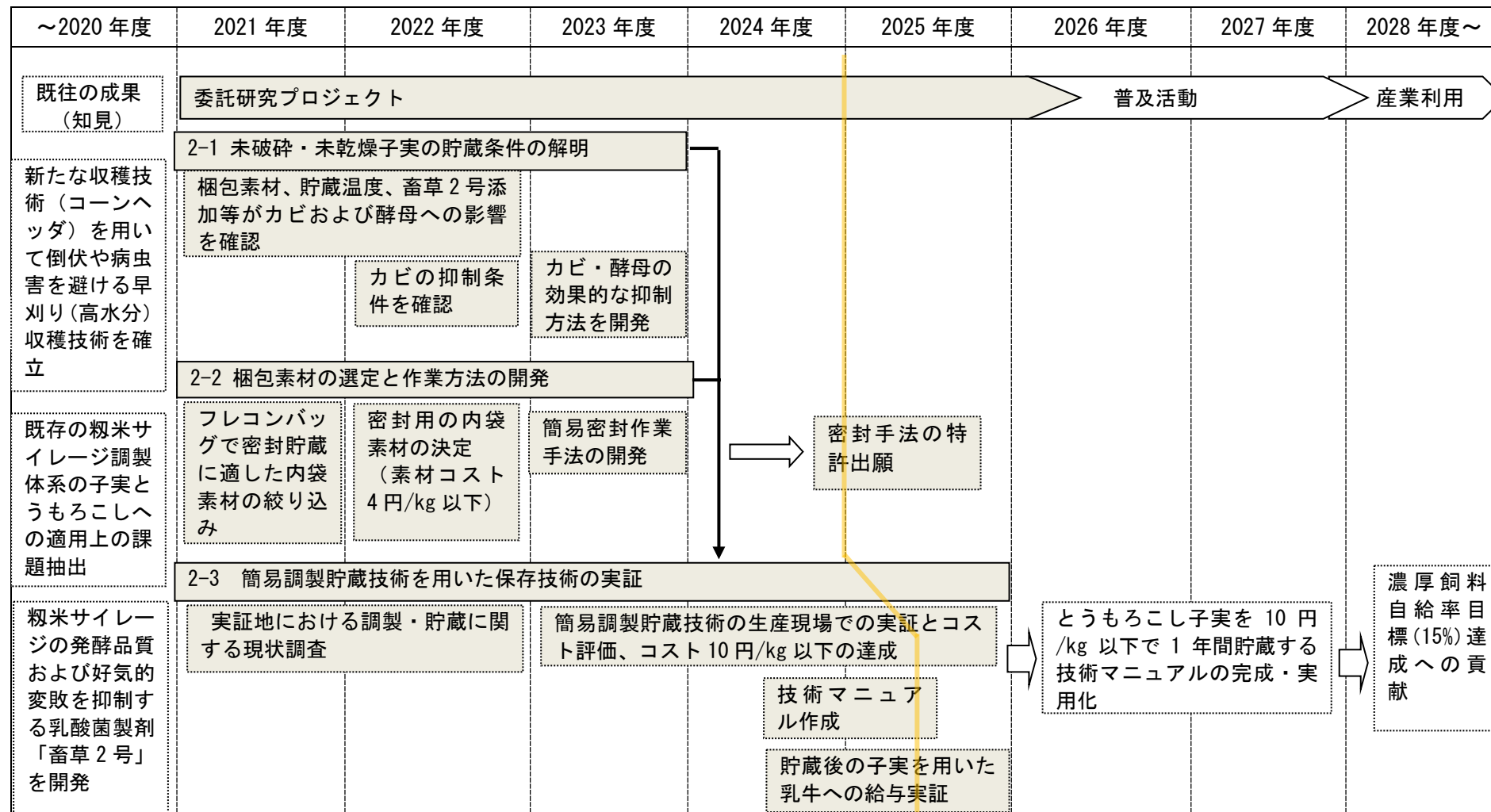
競争力強化研究のうち生産現場強化プロジェクトのうち畜産生産の現場に濃厚飼料を安定・低コストに供給できるシステムの開発
課題 1 タンク内残量計測技術の開発と地上・衛星通信を活用した流通濃厚飼料安定供給システムの開発



【ロードマップ（終了時評価段階）】

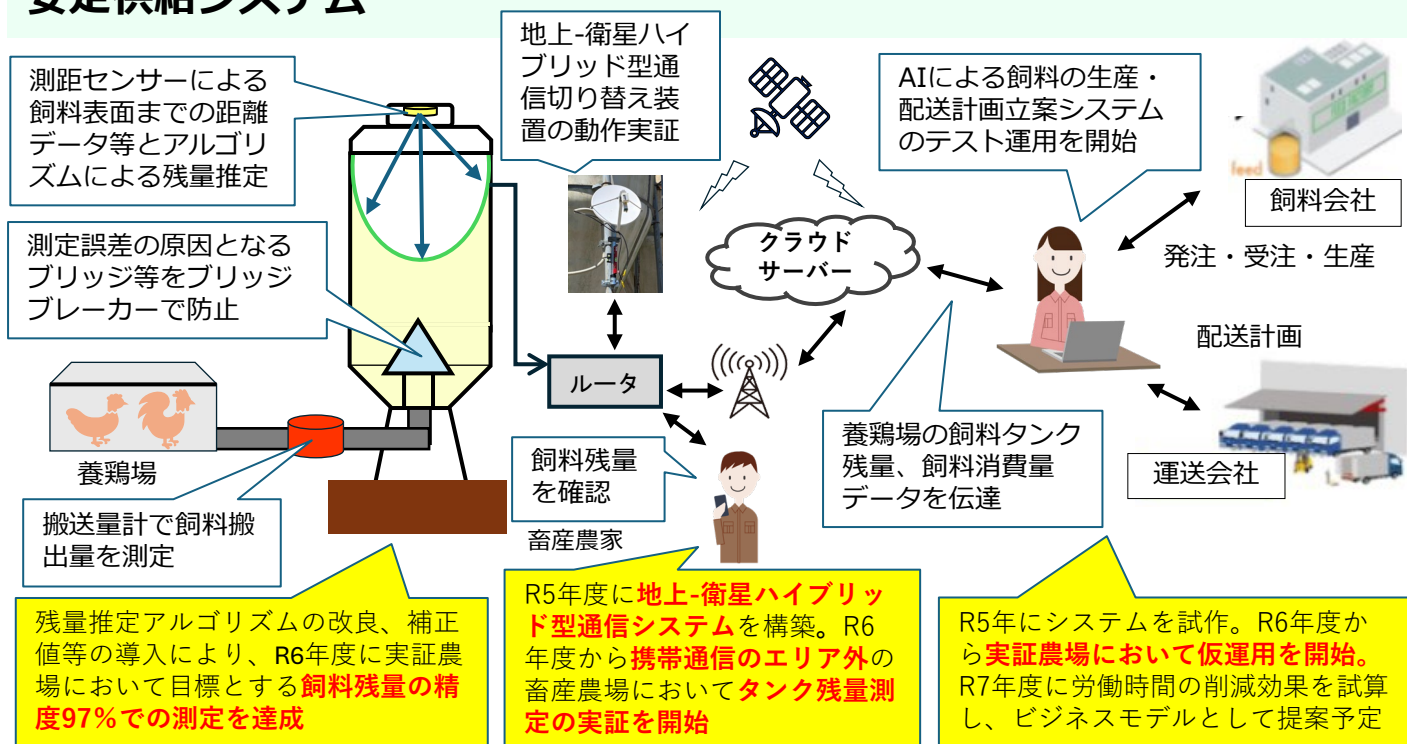
競争力強化研究のうち生産現場強化プロジェクトのうち畜産生産の現場に濃厚飼料を安定・低コストに供給できるシステム開発

課題2 国産とうもろこし子実の安定供給システムの開発



畜産生産の現場に濃厚飼料を安定・低コストに供給できるシステムの開発

タンク内残量計測技術の開発と地上・衛星通信を併用した流通濃厚飼料安定供給システム



アウトプット：飼料輸送に関わる作業時間30%削減とビジネスモデルの考案

国産とうもろこし子実の安定供給システム

**R6年度に貯蔵コスト
10円/kg以下を達成**

輸入濃厚飼料を
国産品で代替え

収穫



20～30%の高水分子実を収穫圃場で**無乾燥、丸粒のまま、フレコン内袋**に密封

調製・貯蔵



フレコンで屋外貯蔵



密封することで乳酸発酵が進み、**カビの発生を抑制**。通年貯蔵が可能

粉砕



ロールミル方式



ハンマーミル方式

飼料用米用の粉砕機等で貯蔵後の子実を粉砕（TMRセンターでの粉砕を想定）

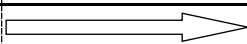
TMR生産と利用



粉砕した子実は、粗飼料や大豆粕などとともに**TMR原料**として利用

アウトプット：技術マニュアルに取りまとめてR6年度に公表

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	競争力強化研究のうち生産現場強化プロジェクトのうちため池の適正な維持管理に向けた機能診断及び補修・補強評価技術の開発			担当開発官等名	農林水産技術会議事務局研究統括官（生産技術）室
				連携する行政部局	大臣官房政策課技術政策室 農村振興局防災課防災・減災対策室 農村振興局設計課施工企画調整室
研究期間	R 3 年～R 7 年（5 年間）			総事業費（億円）	0．8 億円（見込）
	基礎	応用	開発		
					

研究課題の概要

本課題では、ため池特措法（※１）に基づく防災重点農業用ため池（※２）５万５千箇所に係る劣化状況評価と堤体改修工事を集中的かつ計画的に推進するために、①ため池の簡易劣化診断マニュアル、②ため池の工法評価・選定マニュアルを整備する。

また、流域治水（※３）にも貢献するため池の洪水調節機能の強化対策として洪水吐スリットの設置等を推進するために、③ため池の洪水調節機能の調査・診断・評価ならびに破堤時の浸水区域算定マニュアルを整備する。

①のマニュアルは、上記の劣化状況評価を行う自治体におけるマニュアルの活用約５割または国の技術指針等への反映を目指す。②のマニュアルは、上記の堤体改修工事の実実施計画の策定に着手する自治体におけるマニュアルの活用約５割または国の技術指針等への反映を目指す。③のマニュアルは、上記の洪水吐スリットの設置を検討する自治体の約５割での活用または国の技術指針等への反映を目指す。

１．委託プロジェクト研究課題の主な目標

令和７年度末までに、以下のマニュアル開発等を行う。

- ①新たな簡易診断技術のマニュアル
- ②最適な対策工法を選定するための選定フローとマニュアル
- ③洪水調節効果の調査・診断・評価ならびに破堤時の浸水区域算定マニュアル

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（R 1 2 年）

上記で挙げたマニュアル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。

- ①令和８年度以降に防災重点農業用ため池の劣化状況評価を行う自治体におけるマニュアルの活用約５割または国の技術指針等へのマニュアルの反映を目指す。
- ②令和８年度以降に防災重点農業用ため池の堤体改修工事の実実施計画の策定に着手する自治体におけるマニュアルの活用約５割または国の技術指針等へのマニュアルの反映を目指す。
- ③令和８年度以降にため池の洪水吐スリットの設置を検討する自治体におけるマニュアルの活用約５割または国の技術指針等へのマニュアルの反映を目指す。

【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

本プロジェクトで取り組んでいる決壊ため池での浸水痕跡調査に基づく氾濫解析手法の検証、ため池の洪水調節機能強化策の効果をため池単位で計測する評価指標の提案、ため池への土石流流入時の堤体作用荷重の評価手法の提案、ため池の越流リスクの評価手法の提案、底樋管（※４）や斜樋管（※４）の点検技術は、これまでの研究例がなく科学的・技術的な意義が強い。

また、ため池の改修・制約条件に応じた最適な補強工法の選定フローの提示や、自治体により設計・施工方法が異なるベントナイトシート工法（※５）の全国版マニュアルの作成は社会的な意義が強い。

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

4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。

ため池及び周辺の付帯コンクリート構造物の簡易劣化診断手法の開発は80%の進捗状況である。ため池の劣化状況評価に関連がある手引き類の収集・整理を実施するとともに、赤外線サーモグラフィを用いた湿潤個所の抽出作業を実際のため池で実施し、その手順（案）を取りまとめた。また、近接目視と画像診断を組み合わせた簡易診断手法を試行し手順（案）を取りまとめるとともに、堤体沈下量の簡易計測手法の精度を3か所のため池で検証し、ため池堤体沈下量のモニタリングを目的とした測定法として十分な精度が得られることを確認した。

ため池の補修・補強工法の性能・要件の定量的評価と最適な工法選定手法の開発は85%の進捗状況である。遮水系ベントナイトシート上流の覆土部を地盤改良することにより耐震効果が向上することを遠心載荷実験により解明するとともに、ニューマークD法を用いたシミュレーションによるベントナイトシート工法の地震時における補強効果の検証などを行った。更に、令和7年度に予定していた、各種対策工法の選定方法について意見聴取に基づいた改良とコスト比較の追加を行うとともに、全国を対象とした「ベントナイトシート工法の設計・施工マニュアル」の試行版を作成した。

貯水・防災機能及び被災リスクの調査・診断技術の開発は85%の進捗状況である。氾濫流に影響を与える降雨流出や数値標高データに反映されない地物の取扱い方法を、感度分析や決壊ため池の浸水痕跡調査で求めた最大浸水深に基づく検証を通じて明らかにするとともに、ため池への土石流流入時の被災リスク評価手法に必要な堤体作用荷重の評価手法の提案、ため池の雨水貯留機能に関する評価指標の提案などを実施した。更に、令和7年度に予定していた「ため池の洪水調節効果に関するマニュアル」と「決壊時の浸水区域算定マニュアル」の試行版を作成した。

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

上記のように計画通りに進捗しており、最終の到達目標についても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

本プロジェクトで整備を目指す各マニュアルは、本プロジェクト終了後、防災重点農業用ため池の劣化状況評価及び堤体改修工事や、流域治水にため池の洪水調節機能の強化対策に関する各種事業を所管する農林水産省農村振興局や都道府県等と連携し、事業等における本マニュアルの適用の検討が行われる。以上のことから、アウトカム目標の達成は可能と考えられる。

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

研究成果を農林水産省の指針・手引き類に反映し、土地改良区計画長期計画等の施策に沿って防災重点農業用ため池の防災対策に適用することを目指し、行政関係者と綿密に情報交換を行っている。また、本事業で開発した各種研究成果については、知財化等を行った後、企業等と連携し技術の事業化・社会実装を図る。また、マニュアルとしてまとめることにより技術の普及に貢献する。研究推進の中で新たなニーズに基づき着手した底樋管や斜樋管の点検技術の開発に際しては、民間企業を新たに協力機関に加えて技術開発の深化と現地実装にむけた取組を促進する。以上のことから、アウトカム目標の達成のための取組内容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度

本事業の取組によって、得られた研究成果は、ため池に限らず、公共インフラである農業水利施設全般の維持管理に関する今後の研究および行政施策に活用される。また、農村地域の安全・安心な暮らしと持続的な農業生産の実現に大きく貢献することが期待される。

4. 研究推進方法の妥当性

ランク：A

①研究計画の妥当性（的確な見直しが行われてきたか等）

外部有識者5名及び関係する行政部局、知的財産アドバイザーで構成する「委託プロジェクト研究運営委員会」を設置し、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おり、妥当であると考えられる。

②研究推進体制の妥当性

防災重点農業用ため池の劣化状況評価と防災工事に関する事業を行っている都道府県（兵庫県）が研究機関として、流域治水を推進するための各種取組を行っている都道府県（宮城県）や市町村（宮城県）

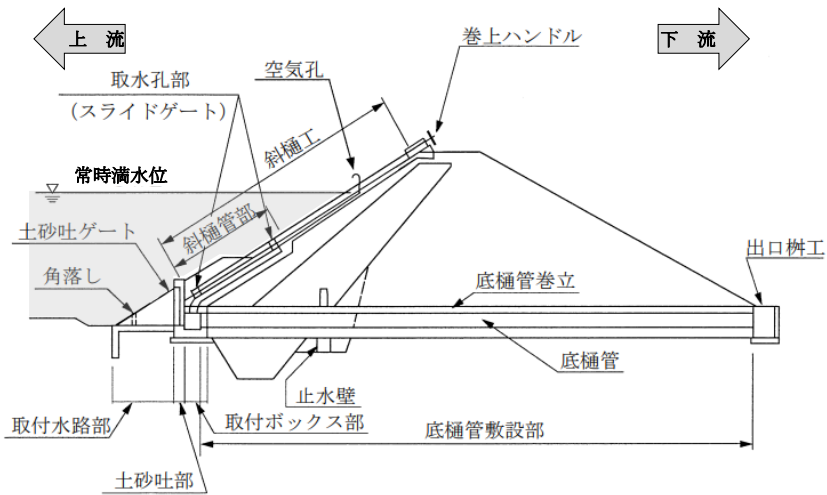
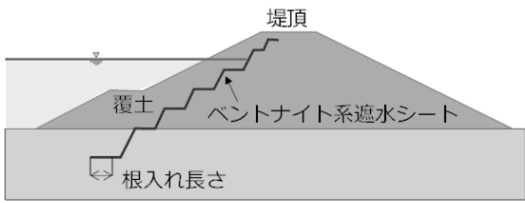
白石市、兵庫県高砂市）が協力機関として参画しており、技術開発やマニュアルの試行に必要な情報収集を速やかに行える体制となっている。また、新たに抽出された課題の推進に際しては、新たに民間企業を協力機関として加えることで技術開発の深化や現地実装に向けて的確な研究推進体制の見直しを図っている。これらにより、研究推進体制は妥当であると考えられる。

③予算配分の妥当性（研究の進捗状況を踏まえた重点配分等）

補強工法対策効果を検証するための遠心模型実験を実施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や、進捗状況を踏まえた予算の重点化が行われており、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	
・ため池の適正な維持管理は、農業生産の振興と防災の両面から重要であり、本研究の意義・重要性は高い。 ・研究は計画通り進捗しており、今後多数のため池の維持管理に本研究成果の活用が期待でき、研究目標の達成が見込まれる。	
2. 今後検討を要する事項に関する所見	
・実際に全国のため池がどのように補修されたか、新たに課題が見つかった場合の事例を集積し、相互に情報共有を進めていただきたい。	

〔研究課題名〕 競争力強化研究のうち生産現場強化プロジェクトのうち、ため池の適正な維持管理に向けた機能診断及び補修・補強評価技術の開発

用 語	用 語 の 意 味	※ 番号
ため池特措法	平成30年7月豪雨により多くの農業用ため池が決壊し人的被害を含む甚大な被害が発生したことを受けて、決壊により下流の住宅等被害をおよぼすおそれがある農業用ため池（防災重点農業用ため池）に係る防災工事等を集中的かつ計画的に推進することを目的として制定された法律。	1
防災重点農業用ため池	決壊した場合の浸水区域に家屋や公共施設が存在し、人的被害を与えるおそれのあるため池として、「防災重点ため池の再選定について」（平成30年11月13日付け30農振第2294号農村振興局整備部防災課長通知）に基づき選定されたため池。	2
流域治水	気候変動の影響による水災害の激甚化・頻発化等を踏まえ、堤防の整備、ダム建設・再生などの対策をより一層加速するとともに、集水域（雨水が河川に流入する地域）から氾濫域（河川等の氾濫により浸水が想定される地域）にわたる流域に関わるあらゆる関係者が協働して水災害対策を行う考え方。	3
底樋管・斜樋管	ため池の堤体に設けられた取水施設を構成する施設。ため池に貯留した水を堤体の前法面に沿って埋設された管（斜樋管）に取水孔を設け、取り入れた用水を堤体の底部に埋設する底樋管に導いて取水する。取水は、斜樋管を利用して徐々に水位を下げて行く。ため池の管理と底水を取水するために土砂吐ゲートも設けられる。  図 ため池堤体の断面図（例） （出典：土地改良事業設計指針「ため池指針」（農林水産省農村振興局）を一部改変）	4
ベントナイトシート工法	ため池堤体の補修工法の一つで、ベントナイト系遮水シートにより遮水を行う工法。従来の前刃金土工法の代替工法として、良質な土質材料の調達が困難な場合に有効。大型ダンプでの土の搬入が困難な現場でも、ベントナイト系遮水シートは軽量で容積が小さいことから搬入が容易。バックホウを使用して敷設することも可能。  図 ベントナイトシート工法の概要 （出典：ベントナイトシート工法によるため池堤体改修（農研機構））	5

⑤ ため池の適正な維持管理に向けた機能診断及び補修・補強評価技術の開発【継続】

- 食料・農業・農村基本計画では、平成30年7月豪雨を踏まえた基準により選定された**防災重点ため池※（約5.5万箇所）**について**避難行動につながる対策を進めるとともに**、防災・減災対策の**優先度が高いたため池から堤体の改修・廃止等を着実に進めること**としている。
※ 決壊した場合の浸水区域に家屋や公共施設等が存在し、人的被害を与えるおそれがあるため池
- そこで、ドローン・航空測量等を用いた堤体や周辺地形の**3次元センシング技術等により、ため池の貯水機能や防災機能、リスク評価を迅速に行う診断技術を開発**する。加えて、**適切な補修・補強工法に要求される性能や要件を明確化**する。
- 総合的なセンシング結果やリスク評価に基づき、ため池の整備・管理手法を明確にし、**適切な維持管理が可能**となる。

生産現場の課題

- ・ 防災重点ため池として約5.5万箇所が選定された。
- ・ ため池管理者や市町村の担当者は、決壊時のリスクを認識しているが、多くのため池は堤体の状況が不明で対策の検討に支障がでている。
- ・ ハザードマップ作成には貯水容量、周辺地形等の情報収集が必要だが、管理者等の負担が大きい。

<イメージ>

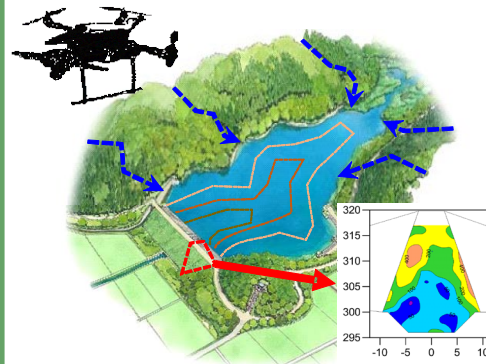


・ 堤体の陥没
→ 堤体の状況が不明で
対策に支障

生産現場の課題解決に資する研究内容

- ・ ため池の適正な管理に向けた、貯水・防災機能および被災リスクの評価を迅速かつ適正に行う調査・診断技術の開発。
- ・ 豪雨や地震に対する安定性評価に基づいたため池の補修・補強工法に要求される性能や要件を明確化。
- ・ 総合的なセンシング結果に基づいたため池の強靱化に向けた低コスト補修・補強工法の評価技術の開発。

<イメージ>

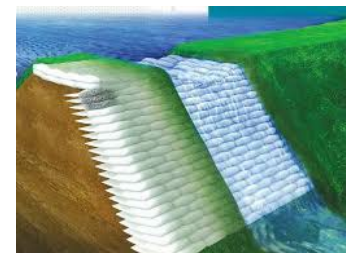


- ・ 周辺地形や流域面積
→ 浸水区域の設定
- ・ 底泥の堆積状況
→ 貯水容量の把握
- ・ 堤体の状況
→ 堤体の安定性評価
整備・管理手法検討

社会実装の進め方と期待される効果

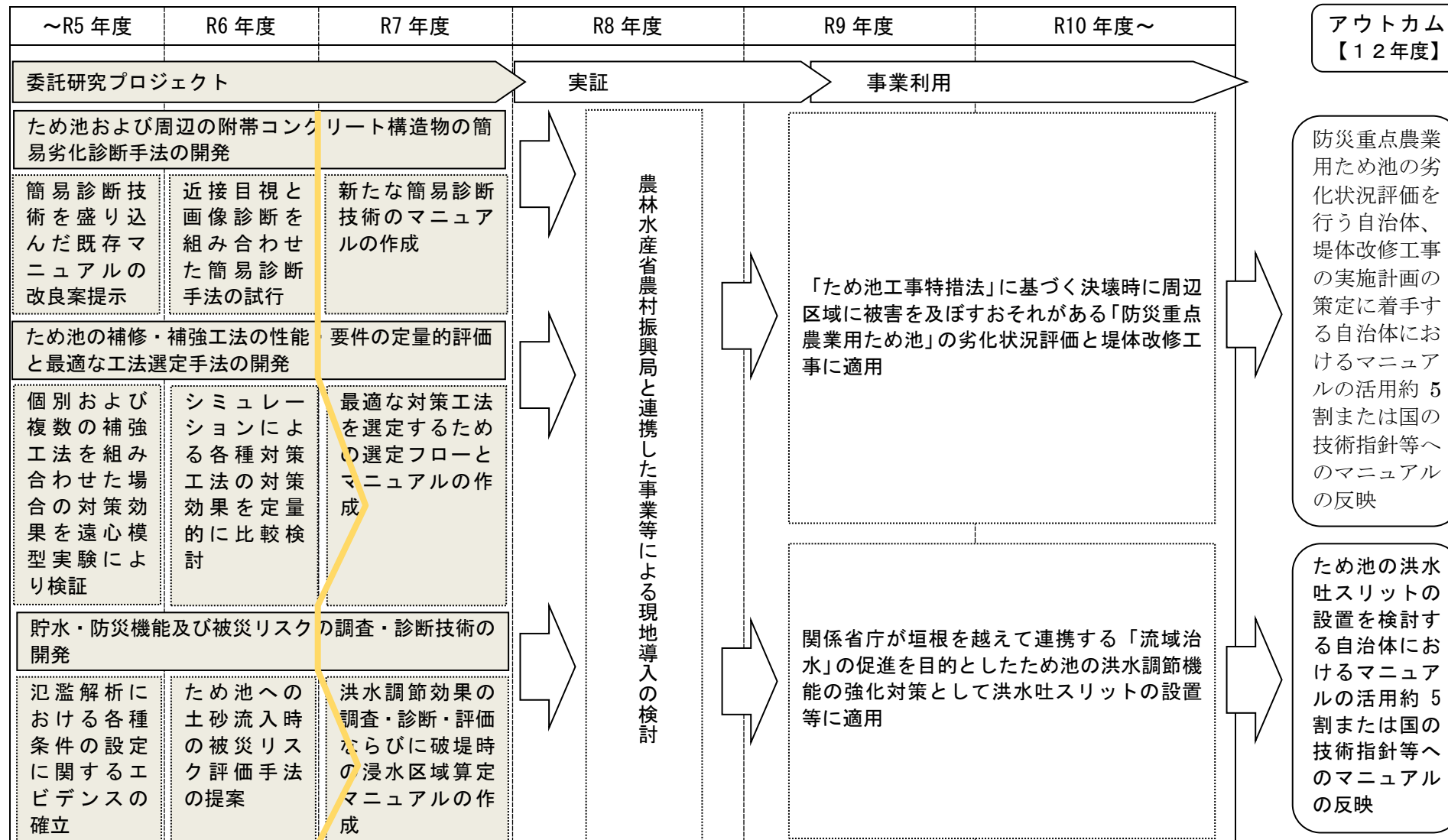
地震や豪雨に対するため池の機能診断、補修・補強に係わるマニュアルを策定し、都道府県及び市町村、ため池管理者に普及。

- ・ 約5.5万箇所の防災重点ため池の継続的な機能診断や防災対策等に適用可能。
- ・ ため池の適正なリスク評価が可能になり、住民の安全性が向上。

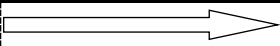


【ロードマップ（終了時評価段階）】

ため池の適正な維持管理に向けた機能診断及び補修・補強評価技術の開発



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	競争力強化研究のうち生産現場強化プロジェクトのうちAI等の活用による利水と治水に対応した農業水利施設の遠隔監視・自動制御システムの開発			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）室
				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 水資源課 農村振興局 設計課 施工企画調整室
研究期間	R 3 年～R 7 年（5 年間）			総事業費（億円）	0. 8 億円（見込）
	基礎	応用	開発		
					
研究課題の概要					
農業水利施設の管理作業中の事故リスク軽減や大雨による浸水リスク低減等のため、本課題では、以下の3課題を実施し、安価な遠隔監視・自動制御システム（以下、操作支援システム）を開発する。 ①利水・治水の両需要に応じて地区内農業水利施設の最適制御を行うA I（※1）等を活用したシステムの開発。 ②開発したシステムの駆動に必要な地区内農業水利施設の遠隔監視（※2）・制御デバイスの低コストハードウェアの開発。 ③前述の①及び②で開発したシステムやハードウェアのモデル地区への導入・効果検証及びマニュアルの作成。 この操作支援システムを現場へ導入することで、農業水利施設（※3）の遠隔監視・制御化による作業量の2割削減、農業水利施設の操作判断迅速化による管理作業中の事故リスクゼロを目指す。					
1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標					
令和7年度末までに、以下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実施する。 ①用排水を遠隔監視し、水利施設の操作を支援するシステムを構築。 ②画像による多項目検知技術とゲート駆動装置の開発。 ③操作支援システムにかかる一連の技術の導入マニュアルの作成。					
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（令和12年）					
①農業水利施設への遠隔監視・制御の導入により作業量を2割削減。 ②農業水利施設の操作判断を迅速化することにより管理作業中の事故リスクゼロ。 ③流域治水（※4）への貢献。					

【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 気候変動の影響等によって豪雨が増える傾向は続いており、水災害による日本全国の農地・農業用施設の被害額は年間で2千億円を超える年も発生している。また、高齢化や混住化によって農業水利施設の管理が困難になっていることに加え、小規模な農業用水門等では管理者が降雨時に操作を行うことに伴う作業中の転落事故リスクが依然として課題となっている。また、利水面においても水管理の粗放化は水資源の浪費に繋がる。これらのことから、省力的にリスクの低い農業水利システムの管理技術の確立が求められている。 本研究課題にて開発する操作支援システムは、農業用水門を遠隔で監視や操作を行うとともに農業用排水機場の操作の判断を支援する予測情報を提供する。農業用水門の遠隔監視技術については、一般に流通するカメラで撮影した画像をAI解析することにより水門の開閉状況や水位を精緻に検知できる多項目検知デバイスを開発するものであり技術的な意義が高い。また、既設の水門の遠隔操作を可能にする農業用水門の制御デバイスは、通信遮断時でも自律的にフェールセーフ動作（※5）を行う装置となっており技術的な意義が高く実用性も高い。これらの技術を統合して、(1)農業用水門の状況や水位を遠	

隔で把握し、(2)モデルにより先の状況を予測、(3)農業水利施設の操作判断を支援し、(4)遠隔で農業用水門の操作を実行する一連の作業をPC上や携帯端末上で可能とすることで管理作業量の2割削減や、操作判断の迅速化、管理作業中の事故リスクゼロに貢献する技術であり、社会的な意義が非常に高い。

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

水利施設の操作を支援するシステムの開発は進捗目標値を上回る85%の進捗である。令和5年度までに操作支援システムの基本機能を構成する監視サブシステムを前倒しで現地に導入して実証試験を開始した。令和6年度には洪水時操作のタイミング分析とAI水位予測の精緻化を進めるとともに、遠隔監視しながら操作を支援するシステムを前倒しで現地実証を開始した。システムのロバスト性の確認について、予期せぬサービスの停止やAI水位予測の異常などが発生せず、計測水位についてもAI異常値検知で異常値と判断される計測値がないことが確認されるなど、最終の到達目標達成に向けて着実に進捗している。

遠隔監視・制御デバイスの開発は進捗目標値どおり80%の進捗である。現地デバイスの適用性を確認するとともに画像取得から情報表示までを行うシステムをクラウド上で運用し、ゲート開度と水位を高精度で検知できることを確認した。また、ゲートの制御デバイスは、通信遮断時のフェールセーフ動作が可能で独立電源で稼働するゲート駆動・制御装置を開発した。実証試験により、豪雨時に遠隔での安全な水門操作、それに伴う水路からの適切な排水が確認され、労力削減効果および溢水防止効果を評価するなど、最終の到達目標達成に向けて順調に進捗している。

現場における治水と利水のニーズ分析とシステムの実証試験は進捗目標値どおり80%の進捗である。これまでに開発したシステム、解析モデル等を現地に導入し、浸水被害や水利施設における事故リスクが軽減するような操作手法（案）の実行可能性等を分析するために各種のデータ収集を実施した。また、リスク軽減のための操作手法（案）を現地で実証し、ため池の水位を低く管理することで降雨時においてため池に貯留効果を発揮させることによる下流域の浸水リスクの軽減効果を意図的な低水管理によりその効果を定量的に評価した。さらに、操作支援システムにかかる一連の技術の導入マニュアルの作成に着手し骨子案を作成するなど、最終の到達目標達成に向けて着実に進捗している。

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

上記のとおり、研究は着実に進捗している。令和7年度も引き続き研究を進捗させることで、最終の到達目標は予定通り達成される見込みである。

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

本プロジェクトで構築を目指す操作支援システムは、その導入により、アウトカム目標である「施設管理者の作業量の2割削減」と「管理作業中の事故リスクゼロ」を達成しうる性能を満たすように設計の検討が行われている。本プロジェクトによる操作支援システムの完成後は、農業水利施設の整備を含む農業農村整備事業を所管する農林水産省農村振興局等と連携し、事業等による本システムの現地導入の検討が行われる。また、プロジェクトで開発した小型水門遠隔操作システムは令和5年度よりTHK株式会社より市販されているほか、開発中の操作支援システムは株式会社クボタの水環境ICTソリューションシステムに組み込まれる予定となっている。以上のことから、アウトカム目標の達成は可能と考えられる。

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

研究成果の活用のため、以下の計画を行っている。

- (1)開発する操作支援システムは、クラウド上もしくはインターネット環境のあるPCのいずれでも稼働するような仕組みとし、ユーザーの要望に合わせて仕様とコストを選択できるようにする。
- (2)専門分野の技術者であれば稼働可能となるようマニュアルを準備する。
- (3)データ作成業務の依頼があれば参画機関の株式会社クボタが対応しており、研究の進捗に応じて実施している。

以上のことから、アウトカム目標の達成のための取組内容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度

システムの幅広い普及を目指すため、システムを構築するためのデータの整理法を併せて提案する。

これは、農村地域の水利用解析にかかるデジタルデータの標準化の基礎となるものであり、今後のデジタルトランスフォーメーション（※6）の推進に資する。

4. 研究推進方法の妥当性

ランク：A

①研究計画の妥当性（的確な見直しが行われてきたか等）

外部有識者4名及び関係する行政部局、知的財産アドバイザーで構成する「委託プロジェクト研究運営委員会」を設置し、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おり、妥当であると考えられる。

②研究推進体制の妥当性

操作支援システムの導入・効果検証を行うモデル地区の土地改良区（寒河江川土地改良区、豊川総合水土地改良区）が研究機関に参画しており、導入・効果検証に必要な情報収集を速やかに行えるため、妥当であると考えられる。

③予算配分の妥当性（研究の進捗状況を踏まえた重点配分等）

操作支援システムの本体の設計・作成・現地実証を担当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や、進捗状況を踏まえた予算の重点化が行われており、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

- ・農業水利システムの省力・低リスク型管理技術の確立に向けた重要な研究成果であり、その意義は大きい。
- ・各課題が順調に進行し、開発されたデバイスやシステムの実証も順調に実績をあげており、研究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

- ・流域全体を俯瞰した水管理は重要である。そのため、AIを活用して上流から下流域までが最適化されるような管理・予測システムの構築を行うことは真に実用性のあるインフラ基盤として求められ、今後の取組として期待する。
- ・管理コストの低減が目標の一つであるため、どの程度低減されたのか実績も収集していただきたい。

〔研究課題名〕 競争力強化研究のうち生産現場強化プロジェクトのうちAI 等の活用による利水と治水に対応した農業水利施設の遠隔監視・自動制御システムの開発

用 語	用 語 の 意 味	※ 番号
AI	人工知能（Artificial Intelligence、アーティフィシャル・インテリジェンス）の略称。コンピューターの性能が大きく向上したことにより、人間の手を介さずにAI自身が知識を獲得することが可能となったが、それを機械学習と呼ぶ。	1
遠隔監視	ゲートなどの施設の監視操作室が施設本体の据付位置から離れた場合に設置される場合のこと。	2
農業水利施設	食料生産の基盤である農業用水の安定的供給や、洪水による農業被害を防ぐための排水等のために整備されるダム、頭首工、用水路、排水路、用水機場、排水機場等の施設。	3
流域治水	気候変動の影響による水災害の激甚化・頻発化等を踏まえ、堤防の整備、ダムの建設・再生などの対策をより一層加速するとともに、集水域（雨水が河川に流入する地域）から氾濫域（河川等の氾濫により浸水が想定される地域）にわたる流域に関わるあらゆる関係者が協働して水災害対策を行う考え方。	4
フェールセーフ動作	装置やシステムにおいて、何らかの不具合が検出されたときに安全を保つために常に安全側に動作するようにすること。	5
デジタルトランスフォーメーション	デジタルトランスフォーメーション（Digital Transformation、DX）とは、「情報技術の浸透が、人々の生活をあらゆる面でより良い方向に変化させる」という仮説である。経済産業省による定義では、「企業がビジネス環境の激しい変化に対応し、データとデジタル技術を活用して、顧客や社会のニーズを基に、製品やサービス、ビジネスモデルを変革するとともに、業務そのものや、組織、プロセス、企業文化・風土を変革し、競争上の優位性を確立すること。」	6

⑥ AI等の活用による利水と治水に対応した農業水利施設の遠隔監視・自動制御システムの開発【継続】

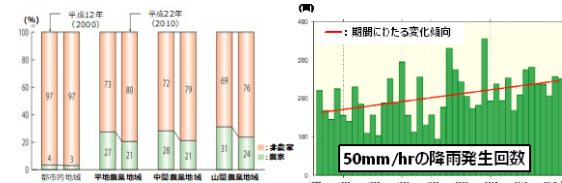
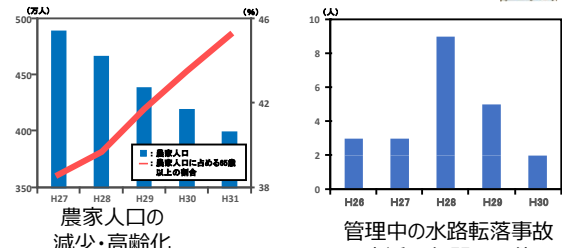
- 高齢化や混住化による農業水利施設の管理者減少・管理水準低下が安定的な施設機能の発揮に影響を与える恐れがあり、管理作業中の**事故等のリスク**や、大雨の頻発化等による農村地域での**洪水氾濫リスクが増大**している。食料・農業・農村基本計画では、農業水利施設の**点検・操作時における安全対策**及び**施設整備による排水対策**を推進し、骨太方針2020では、防災・減災、国土強靱化への対応として「**流域治水**」が位置付けられ、田んぼダム、排水施設の整備・耐水化等、**農業の多面的機能の発揮・活用**を推進することとしている。
- 農業水利施設の管理において、AI等を活用し、**利水と治水に対応した農業水利施設の遠隔監視・自動制御技術**の開発を行う。
- 農業水利施設の遠隔監視・自動制御技術の開発により、安定的な施設機能の発揮、農業水利施設の**管理作業中の事故発生リスクの低減**、さらには洪水時の**施設の迅速な操作により洪水氾濫リスクの低減**が可能である。これらを通じ、**管理コストの低減**が図られる。

生産現場の課題

- ・ 高齢化や混住化により技能のある管理者が減少し、施設を安全に管理していくのが難しい。
- ・ 大雨が頻繁に起こり、農村地域で氾濫被害が起こらないか心配。



<イメージ>

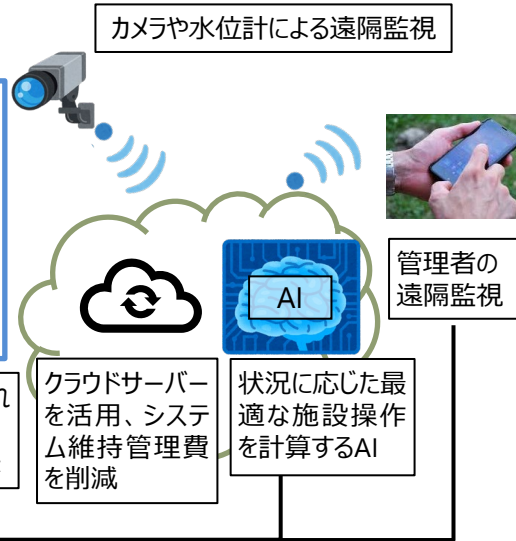


生産現場の課題解決に資する研究内容

- ・ 利水・治水の両需要に応じ、地区内農業水利施設の最適制御を行うAI等を活用したシステムの開発。
- ・ システム駆動に必要な地区内農業水利施設の遠隔監視デバイス等の低コストハードウェアの開発。

<イメージ>

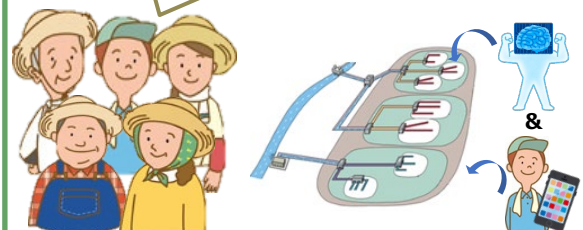
地区内の農業水利施設群



社会実装の進め方と期待される効果

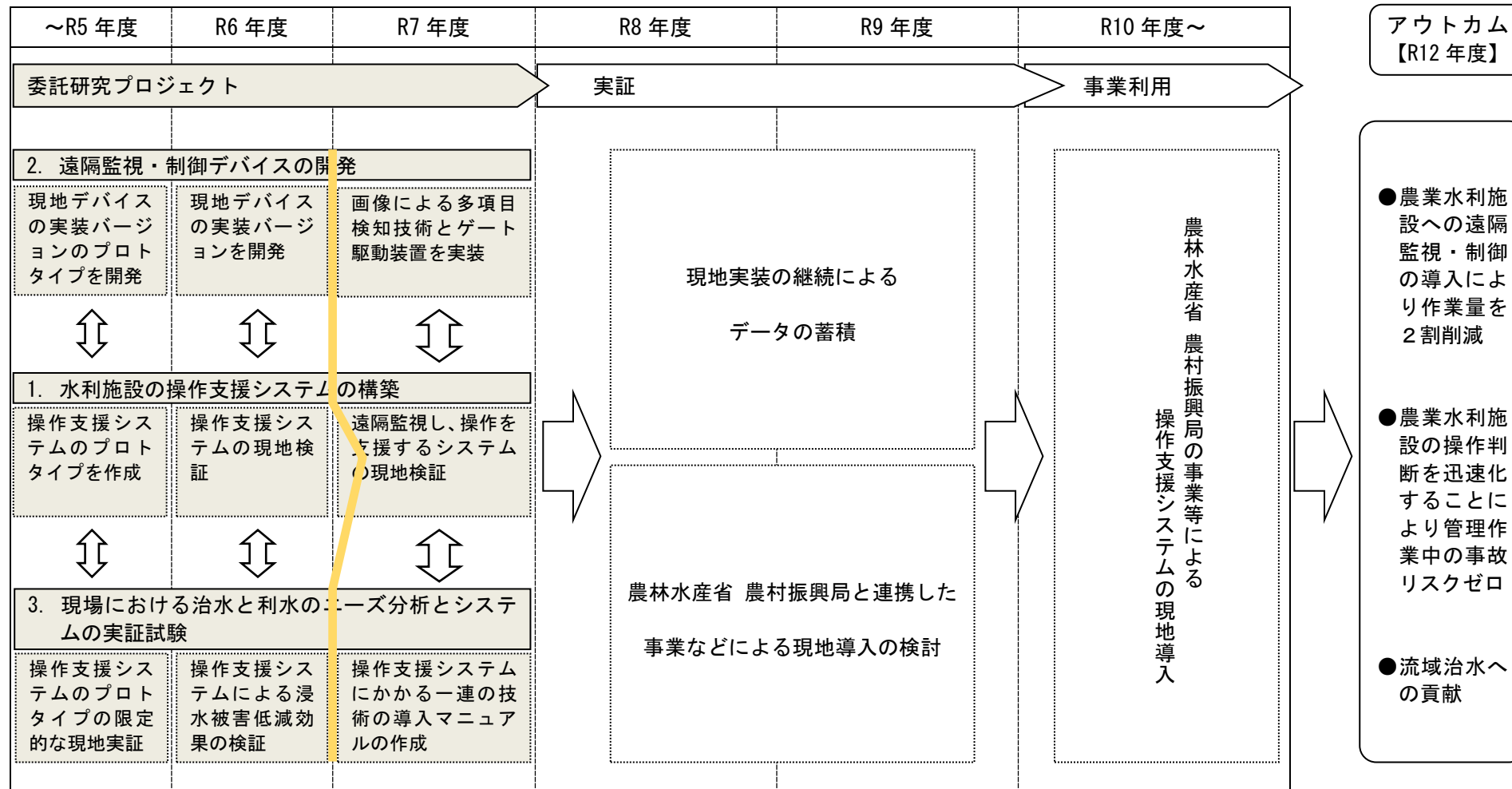
開発したシステムやハードウェアをモデル地区に導入・効果検証後、都道府県等地方自治体と連携して全国の施設管理者に普及。

- ・ 管理作業中の事故発生リスクゼロ。
- ・ 農業水利施設の迅速な操作により洪水氾濫リスクの低減。
- ・ 管理にかかるコストの低減。
- ・ 施設管理者における「流域治水」への取組を推進。



【ロードマップ（終了時評価段階）】

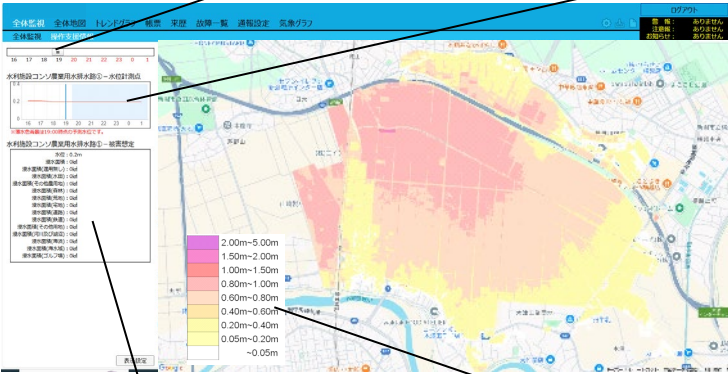
競争力強化研究のうち生産現場強化プロジェクトのうちAI等の活用による利水と治水に対応した農業水利施設の遠隔監視・自動制御システムの開発



水利施設の操作支援システムの構築

タイムスライダーの操作で予測水位
情報を表示（水位DBと連携）

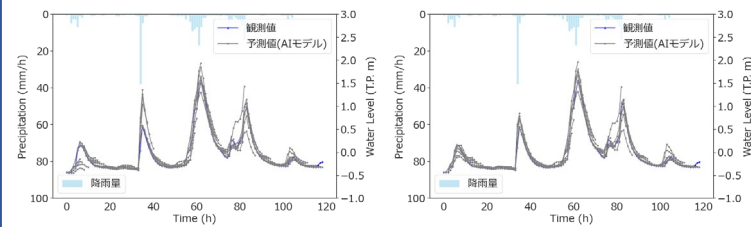
リアルタイム
水位情報の表示



水位DBに基づく
想定被害情報の表示

水位DBに基づく浸水危険域の
カラー表示と凡例

システム上の操作支援情報の表示例



学習用データ
模擬データのみ

学習用データ
模擬データ + 観測データ

模擬生成した降雨データによる学習データに観測データを
追加することで予測精度が向上することを確認

AIモデルの精緻化

遠隔監視・制御デバイスの開発



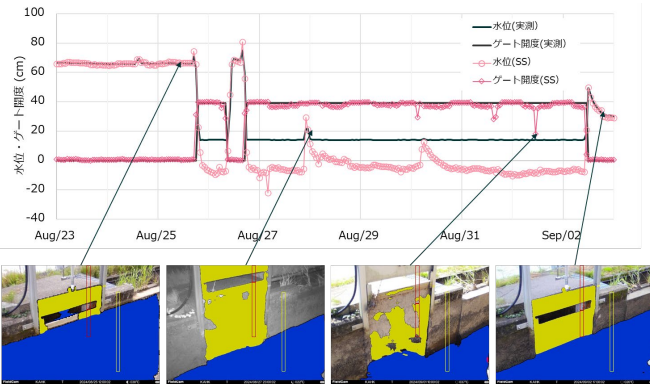
河川・水路の
監視画像

領域分割画像

水位・ゲート
開度の推定値

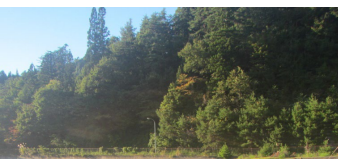
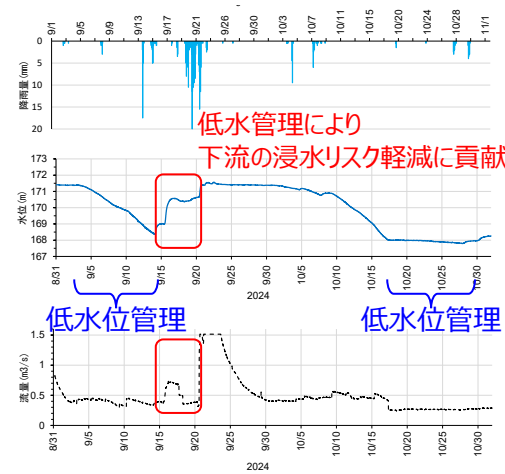
水位 : XX m
ゲート1 : YY m
...

深層ニューラルネットワークを活用し、画
像内から水面、ゲート等の要素に分類した
のち、回帰モデル（座標変換）を活用し、
水位・ゲート開度等を推定



AI画像解析による水位やゲート開度の推定制度を検証

現場における治水と利水のニーズ分析とシステムの実証試験



通常の管理水位



低水位の管理

ため池の水位操作によるリスク抑止効果の実証

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	競争力強化研究のうち生産現場強化プロジェクトのうち管理優先度の高い森林の抽出と管理技術の開発			担当開発官等名	研究開発官（基礎・基盤・環境）
				連携する行政部局	林野庁森林整備部計画課 林野庁森林整備部森林利用課
研究期間	R 3 年～ R 7 年（5 年間）			総事業費（億円）	1．4 億円（見込）
	基礎	応用	開発		
					

研究課題の概要

適切に経営管理されていない民有人工林は全国森林面積の1/6を占め、山地災害(※1)の未然防止・軽減化のためにも、森林管理に緊急に取り組む必要がある。本課題は、市町村による航空機レーザ測量データ（以下、ALSデータ(※2)）を用いた民有林の森林資源把握・管理優先度判定業務で管理優先度を評価するツールと、それらの森林を市町村が適切に管理するための施業技術マニュアルを開発し、森林経営管理制度(※3)に基づく民有林の市町村管理の推進に貢献する。そのために「災害リスク評価技術の研究開発（小課題1）」、「管理優先度を判断するための空間情報解析・表示技術の開発（小課題2）」、「管理優先度が高い森林の管理技術の開発（小課題3）」に取り組む。

1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標

- ① 森林経営管理制度の担い手である市町村等を支援するための森林の管理優先度評価ツールを開発する。
- ② 市町村が管理手法を選択するために参照・参考とすることを目的とする施業技術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（R 1 2 年）

成果公開後3年以内に24以上の都道府県が管轄下の市町村に対し管理優先度評価ツール・施業技術マニュアルの利用を推奨し、3年以内に30以上、5年以内に100以上の市町村がALSデータを用いた民有林の森林資源把握業務または管理優先度判定業務に活用して、森林経営管理制度に基づく民有林管理を推進する。

【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

適切に経営管理されていない民有人工林が全国森林面積の1/6、すなわち国土の1割以上を占めている。その多くは間伐(※4)や皆伐(※5)など本来必要な施業が行われないまま長年放置されている。その結果、森林は非常に混み合い、良質の木材が生産されなくなるばかりでなく、山地災害の危険性も高まることから国土防災上も問題となっている。これに対応するため、森林経営管理制度のもとで、市町村は適切に経営管理されていない森林の所有者から経営管理を受託できるようになった。効率的な経営管理を行い健全な森林に回復させるために、市町村は管内の経営管理不足の民有人工林の状況を把握した上で目標林型(※6)を定め、それに向けた適切かつ効率的な施業を設計することが求められる。

そこで、本課題では、市町村が経営管理不足の民有人工林を抽出するのを支援するために、民有人工林の経営管理の程度を広域で正確に地図化する手法を開発することとしている。また、経営管理を受託した森林における目標林型の決定を支援するために、山地災害の危険度を地図化する手法を開発するとともに、目標林型ごとに施業の方法と時機の指針を示すこととしている。

これらの成果は、森林管理のサイクル、すなわち森林の現状把握、目標林型の設定、現状から目標への施業による誘導のそれぞれを網羅しており、市町村による森林管理を効果的に支援するものであるこ

とから本事業の意義は大きい。さらに、本事業の成果は、森林経営管理制度の下での管理受託森林の経営管理のみならず、市町村森林計画の策定などの市町村による森林業務全般の支援にもつながる成果である。

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

本課題では、民有人工林の状態を「山地災害の危険度」と「経営管理の程度」との2つの基準で区分し、その区分ごとに「推奨される施業」を示すことにより、経営管理不足の民有人工林の市町村による経営管理を支援することを目標とし、それぞれの技術開発を行った。

小課題1「災害リスク評価技術の研究開発」で実施する「山地災害の危険度」の推定に関しては、地形や地質、土層厚(※7)、林齢などから推定される人工林の山腹崩壊危険度(林野庁「山地災害危険地区調査要領」に準拠)をGIS(※8)上で図化できることを示した。課題となっていた土層厚の面的な推定精度を向上させる技術を本課題で開発して、山腹崩壊危険度の推定精度を向上した。また、上記の山腹崩壊危険度には表れてこないが、崩壊が発生しやすく危険な微地形である0次谷(※9)を系統的に抽出し可視化する技術も開発した。これらにより、山地災害の危険度を正確にかつ機械的に推定できるようになった。これらに加え、非常に混雑した森林では風倒害(※10)の危険性が高まることが風洞実験および数値実験の結果から示され、経験的に知られていた森林の混雑程度と風倒害危険性の関係を裏付ける成果が得られた。

小課題2「管理優先度を判断するための空間情報解析・表示技術の開発」で実施する「(民有人工林の)経営管理の程度」の推定に関しては、ALSデータを活用し、「森林の混雑具合(人工林が過密になっていることは、間伐等の必要な施業が適切に実施されていないことを示す)」を広域で推定する技術を新たに開発した。既往の手法を用いた直接的に本数密度を推定するような混雑具合の指標では、混雑すればするほど混雑度を十分に反映できなくなり、混雑度が過少推定になってしまう原理的欠点があったのに対し、新たな方法ではその欠点を克服して、混雑具合、すなわち経営管理の不足の程度を、混雑した箇所においても正確に推定できるようになった。

小課題3「管理優先度が高い森林の管理技術の開発」で実施する「推奨される施業」の指針(施業技術マニュアル)の作成に関しては、混雑した森林の間伐後の回復過程をこれまでの観測データなどをもとに解析した結果、林齢が低ければ間伐により樹冠(※11)が伸長し正常な森林に回復する可能性が高いが、林齢が高くなると間伐しても十分な樹冠の伸長が望めないことが明らかになった。それにより、木材生産機能を重視する人工林を継続する場合においては、間伐を行うか主伐を行うかの判断材料の一つとして、林齢を参照することが提案できる。一方、公益的機能を重視する森林を目指す場合には、山地災害等の災害リスクを高めないよう注意を払いながら施業を実施することで育成複層林(※12)等に誘導することを推奨するように整理した。

以上の通り、民有人工林を山地災害の危険度と経営管理の程度で区分し、そのうちの経営管理不足の森林について、適切な施業の指針を示すという技術開発をこれまでにほぼ達成していることから、森林の管理優先度評価ツールの開発については、計画通り進捗している。また、施業技術マニュアルの作成については、前倒して暫定版を作成するなど計画以上に進捗している。

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

上記の通り、管理優先度評価手法と施業方法選択手法は既にほぼ完成した。今後、森林の管理優先度評価ツールの開発については、個別技術の論文化ののち、解析手順を詳細に公開する。これにより、業務を受託する事業者が各企業の計算環境に応じて解析技術を適用できるように、手引きをとりまとめることとしている。また、施業技術マニュアルについては、協力市町村や都道府県、行政部局との意見交換を通じて改良を図り完成することとしている。このように、最終の到達目標の達成に向けた具体的な計画を進めていることから、アウトプット目標を達成できる可能性は極めて高い。

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

本課題では、成果公開後3年以内に24以上の都道府県が管轄下の市町村に対しアウトプットの利用を推奨し、3年以内に30以上、5年以内に100以上の市町村が活用することを掲げている。森林域におけるALSデータの取得は近年進んでおり、研究成果を適用可能な市町村の割合は高い。また、ALSデータの取得のみならず、そこから抽出できる樹種や立木本数などの森林情報の解析・整備も同時に進められている。このため、本事業で開発した手法の普及を進めることで、管理優先度や山地災害リスクといった情報についても併せて整備できる環境は整っている。初年度に実施した都道府県の林務担当者へのアンケート調査の結果等を踏まえ、森林の管理優先度評価手法および施業技術マニュアルの普及にあたり、森林経営管理制度の実施主体である市町村担当者には、業務委託を進めるために手順の概要を理解してもらうことが重要であり、一方の業務を受託する業者には、業者の計算環境に応じて成果が活用できるように手順の詳細を把握してもらうことが重要と整理された。このため、成果の手引きを「概要編」と「技術編」の2部構成として、それぞれ市町村担当者と業務受託企業が活用しやすい形で提供することとしている。このように、成果の受け渡し先の現場の実態を踏まえた成果の提示・普及を計画していることから、アウトカム目標の達成の可能性は高い。

②アウトカム目標達成に向け研究成果の活用のために実施した具体的な取組内容の妥当性

協力市町村である福岡県久留米市および茨城県常陸太田市において、これまでに成果の試験実装を行った。また、令和5年度および6年度に、それぞれ現地検討会を開催し、現地で成果地図と実際の森林の比較を行いながら、関係者への成果内容の浸透と意見交換を図った。常陸太田市の成果は茨城県森林クラウド(※13)に試験搭載され、茨城県内の林業関係者の閲覧に供して、現場での森林管理に利用されている。また、久留米市の成果は久留米市の森林GISに搭載されて、実地検証が進められている。最終年度には広く研究成果の普及を図るため、シンポジウムの開催を計画している。さらに、産学官連携の組織である森林GISフォーラム(※14)など、森林・林業とGISに関わる企業や行政関係者、専門家の集会での情報提供や、業界誌である「森林と林業」誌への寄稿等を通じ、成果の普及を進めることとしており、アウトカム目標達成に向けた取組内容として妥当である。

③他の研究や他分野の技術の確立への具体的貢献度

本課題で開発した管理優先度評価手法と施業方法選択手法は、長伐期施業林や育成複層林などの目標林型の設定を支援するばかりでなく、近年多発している山地災害の危険度を図化し、また、危険度が高い森林の施業方法を示すことによって、災害防止に役立てることができる。

4. 研究推進方法の妥当性

ランク：A

①研究計画の妥当性（的確な見直しが行われてきたか等）

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、研究実施計画の見直し等の適切な進行管理を行っている。これとは別に、研究コンソーシアムが主催して、推進会議を定期的に開催しており、密に進捗状況の確認を行いながら必要な研究計画の見直しを適宜実施しながら進めており、研究計画は妥当である。

②研究推進体制の妥当性

研究コンソーシアムには、普及・実用化支援組織として、茨城県と福岡県の公設試が参加している。それぞれの県の自治体をモデル地区として設定し、研究機関において開発した技術の現地実証を実施し、現場からのフィードバックを受けながら研究を推進していることから、研究推進体制は妥当である。

③予算配分の妥当性（研究の進捗状況を踏まえた重点配分等）

各小課題の研究の進捗や、実験、調査の有用性を踏まえ予算配分の重点化を行っている。特に、このことを通じて、各小課題とも予定された目標を予定通り、ないし、前倒しで達成してきていることから、予算配分は妥当である。

1. 委託プロジェクト研究課題全体の実績に関する所見

- ・市町村による持続的な森林管理の支援を通じた国土の防災管理に資する重要な成果であり、その意義はきわめて大きい。
- ・前倒しで暫定版マニュアルが作成されるなど計画以上の進捗がみられる。
- ・それぞれの課題が順調に進捗し、全体として実績を上げており、研究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

- ・土砂災害防止等の生態系サービスの提供や生物多様性保全を通じたネイチャーポジティブ等にも貢献する成果であるので、さらなる社会実装の可能性を検討していただきたい。
- ・今後のアウトリーチ活動の充実を図っていただきたい。

〔研究課題名〕 競争力強化研究のうち生産現場強化プロジェクトのうち管理優先度の高い森林の抽出と管理技術の開発

用 語	用 語 の 意 味	※ 番号
山地災害	山地で生じる自然災害。本課題では風倒被害(強風によって、樹木が押し倒され、曲げられ、折れたりして元に戻らない状態を風倒と呼び、林地で樹木が風倒することにより生じる被害)、表層崩壊(急斜面を薄く覆う表土層内で破壊が生じて滑落する現象)、および流木被害(林地斜面の崩壊等により、立木や倒木が流出することにより生じる被害)を取り扱う。	1
ALSデータ	Airborne Laser Scanningデータ(航空機レーザ測量データ)の略。	2
森林経営管理制度	手入れの行き届いていない森林について、市町村が森林所有者から経営管理の委託を受け、林業経営に適した森林は地域の林業経営者に再委託するとともに、林業経営に適さない森林は市町村が公的に管理をする制度。	3
間伐	森林の保育、保護を目的とした間引きの伐採。	4
皆伐	森林を構成する樹木の全部又は大部分を一度に伐採すること。	5
目標林型	目標とする森林の姿。目標林型に到達するために、現在の森林の姿を評価し、そこから目標林型に誘導する適切な施業を選択して実施していく必要がある。	6
土層厚	有機物や岩石の風化などにより土壌の生成が見られる地表部位の深さ。なお、この土壌学による定義は地盤工学による定義と必ずしも一致しない。	7
GIS	Geographic Information System(地理情報システム)の略。地図座標に紐づけられた各種の情報を持つデータ(空間データ)を管理・加工し、表示し、解析する技術。	8
0次谷	「等高線の凹み具合を眺めて、凹んでいる等高線群の間口よりも奥行が小なる地形(砂防基本計画)」表土が比較的厚く、地表水が集まりやすい谷頭部の凹斜面。地下水が多く、周辺からの土砂が集積しやすいため、崩壊が発生しやすく、森林作業道等の作設には不適。	9
風倒害	強風により樹木の幹が折れたり(幹折れ)、根こそぎ倒壊したり(根返り)する被害	10
樹冠	樹木のうち葉と枝の集まった部分。光合成をおこなう。	11
育成複層林	森林を構成する樹木を部分的に伐採し、その後植林を行うこと等により、年齢や高さの異なる樹木から構成される森林(複層林)を造成する森林づくりの方法。皆伐(※5)を回避することで、表層崩壊(※1)の危険性を極端に高めない。	12
森林クラウド	各都道府県で管理する森林簿や森林基本図など森林管理業務の基本情報を、自治体間連携や林業経営体への効率的なデータ提供を促進しネット上で利用可能とするために、クラウド化した森林GIS(※8)。	13
森林GISフォーラム	森林管理業務におけるGIS(※8)の普及と活用、基盤となる情報整備の促進、情報処理技術に精通した森林専門家の育成などを目的とした、森林経営者、森林行政官、GISの専門家、そして森林研究者の交流の場。森林クラウド(※13)の標準仕様書などの整備・維持も行っている。約500名の会員と30の賛助会員からなる。	14

管理優先度の高い森林の抽出と管理技術の開発

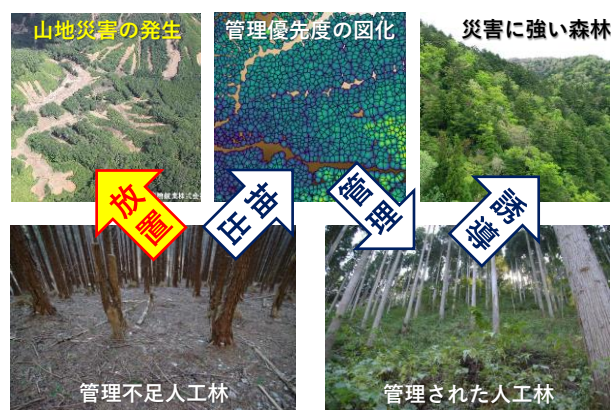
1. 研究目的

放置すれば災害発生の危険がある民有人工林を航空機レーザ計測データを用いて抽出し、その施業方針を示すことにより、森林経営管理制度の下で市町村によるそれらの森林の管理優先度と管理方法の判断を支援する。

2. 研究背景

全国森林面積の1/6を占める管理不足の民有人工林では山地災害激甚化の恐れがあり、森林管理による災害防止・軽減化が必要とされている。

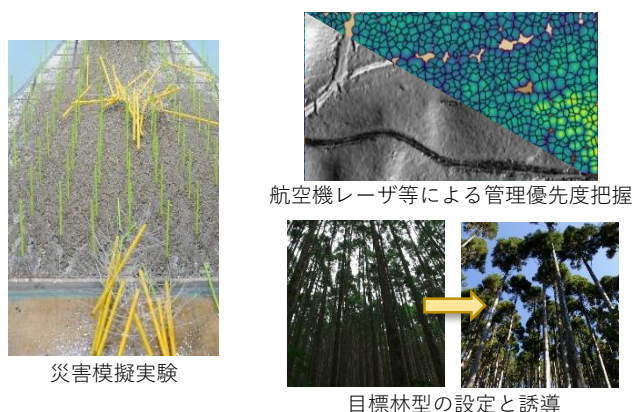
しかし、所有者に代わり管理する市町村にとって、その所在の把握と管理の選択は困難であることから、航空機レーザ計測データ等を活用した森林の管理優先度と管理方法を示す技術が求められている。



管理不足森林の抽出と管理による災害軽減

3. 研究内容

- ① 森林の地形・土層・林況等のリスク要因分析及び災害模擬実験等によるリスク評価技術を開発
- ② 航空機レーザ計測や空間情報を用い、森林の災害リスクと管理程度の図化技術を開発
- ③ 高管理優先度森林の管理方法を示すための目標林型の設定誘導技術を開発



高管理優先度森林の抽出と管理方法提示

4. 達成目標・期待される効果

達成目標

- ・管理優先度評価ツールの開発
- ・施業技術マニュアルの作成

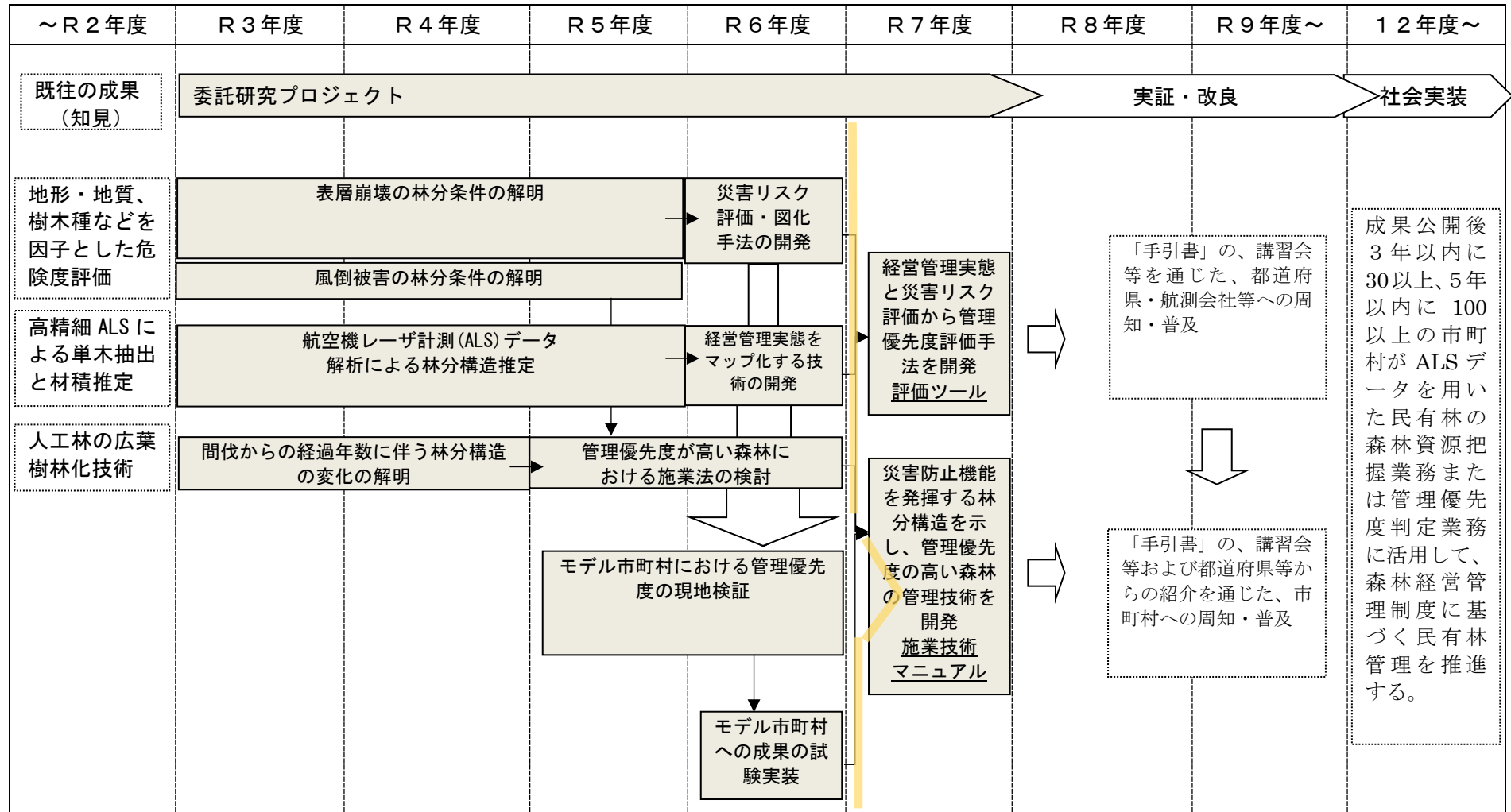


期待される効果

- ・市町村が管理不足森林を解消
- ・公的資金による民有林管理に科学的根拠を提示
- ・航空機レーザ計測の高次利用と民間サービスの高度化

【ロードマップ（終了評価段階）】

競争力強化研究のうち生産現場強化プロジェクトのうち管理優先度の高い森林の抽出と管理技術の開発

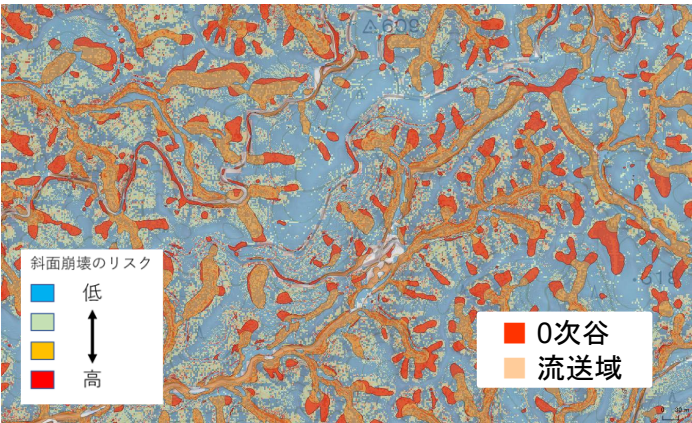


研究概要

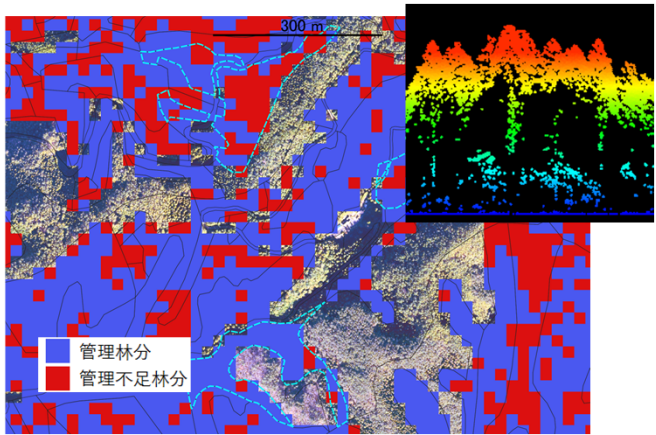
航空機レーザ測量データ（ALSデータ）を活用し、人工林の管理程度と災害リスクを広域で見極め、手入れ不足の民有人工林の市町村に
よっての管理の優先度と方法を示す。

主要成果

山地災害危険度を
評価する



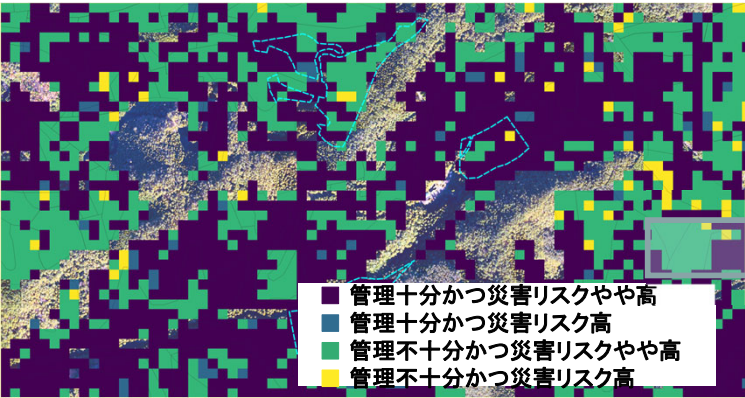
管理不足の森林を見つける



山地災害危険度と0次谷を地形データ等から自動的に推定して地図化

ALSデータから樹冠長率と樹冠疎密度を推定し管理不足の森林の分布を地図化

森林GISで民有林を
区分する



山地災害危険度と管理不足の森林の分布を重ねて、民有林の状態を区分

管理優先度と方法を定める

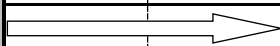
管理の程度は	山地災害危険度が	管理優先度	施業指針 青字：間伐効果が期待 赤字：間伐効果が難
不十分	低い	高い 超過密となり風倒リスクが より高まる前に施業	・風倒害リスクを考慮した間伐。 ・皆伐・再造林。
	高い	中庸 超過密となり風倒リスクが より高まる前に施業	・山地災害危険度を高めすぎない よう、かつ風倒害リスクを考 慮した間伐。 ・山地災害危険度を高めすぎない よう、適切な強度の間伐を繰 り返して針広混交林化

管理不足民有林の管理優先度と
施業方法を提示

今後の方針

「放置された人工林を健全な森林へ誘導するための管理優先度評価と施業技術の手引き」を作成し、市町村・都道府県・林業経営者・受託事業者等に普及を図る

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	競争力強化研究のうち輸出力強化プロジェクトのうち魚類血合筋の褐変を防止する革新的冷凍技術の開発			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	水産庁増殖推進部研究指導課 水産庁増殖推進部裁培養殖課 水産庁漁政部加工流通課
研究期間	R 5 年～ R 7 年（3 年間）			総事業費（億円）	0．6 億円（見込）
	基礎	応用	開発		
					

研究課題の概要

酸素を用いた革新的な魚類血合筋褐変防止技術の開発とそれを裏付ける科学的根拠の収集、漁獲から冷凍・解凍に至る一連の実証試験および製造マニュアルの作成により、漁協や都道府県等と連携し、褐変を防止する加工・流通体制を構築する。

<委託プロジェクト研究課題全体>

凍結されたブリ類の血合筋において解凍後に褐色を呈す色調変化（褐変）が生じる。このような外観の劣化による商品価値の低下が輸出拡大のボトルネックになっている。これまでに魚肉中へ酸素ガスを注入すると解凍後の褐変が抑制されることが明らかになっているものの、実用化に向けた技術的課題が残されていることを踏まえ、本研究では、「酸素充填技術（※1）」の最適な処理条件の検討や効率良く酸素ガスを充填するための器具の開発を進めるほか、コストのかかる超低温を要せず保管するための凍結技術、食品包装資材等を開発し、これらの技術を体系的に組み合わせた漁獲から冷凍・解凍に至る一連の魚類血合筋の褐変防止技術を確立する。

<課題①：高濃度酸素による解凍後の血合筋褐変抑制機構の解明>

・生化学的分析、分子動力学シミュレーション（※2）解析、官能評価及び微生物検査により、高濃度酸素が血合筋の褐変を防ぐ原理を解明し、酸素充填方法や処理条件を決定するとともに、高濃度酸素処理を行った製品の官能的特性や食品の安全性を明らかにする。

<課題②：冷凍水産物の高品質化技術開発>

・各製造工程の最適化、冷凍の前処理条件の設定、冷凍・解凍装置及び包装資材の選定により、製造技術の高度化・効率化、色調保持時間の延長及び凍結保管温度の高温化の技術を開発する。

<課題③：酸素充填技術を用いた冷凍ブリ製品の製造技術開発>

・漁獲から冷解凍に至る一連の実証試験を実施により、現場に即した魚類血合筋の褐変防止技術を確立するとともに、その製造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

ブリの解凍直後に生じる血合筋の褐変を防止するための新規冷凍技術を2つ以上開発する。具体的に酸素充填技術の最適化・効率化により処理時間を30分以内に短縮する技術、冷解凍技術開発及び包装資材の選定により、ブリ血合筋における冷解凍後の色調保持時間を8時間まで延長させる技術及び冷凍保管温度を-30℃以上に高温化させる冷凍技術を開発する。また、漁獲から冷凍・解凍に至る一連の実証試験を行い、開発された技術の効果を検証する。

上記技術の活用により、冷凍ブリフィレ（※3）製造に対応した水産事業者向けの褐変防止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（2030年～）

血合筋の褐変を防止する加工・流通体制を確立し、EUやアジア等へのブリ輸出の販路拡大を通じて、2030年までにブリ類の輸出額目標1,600億円の達成に貢献する。

【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

○研究成果の科学的・技術的な意義

我が国における魚肉の褐変防止に関わる研究は古く、1970年代後半にハマチやマグロに対するガス置換包装を用いた色調保持に関する成果（上岡ら、1979）が報告され、多くの研究者による20年近い精力的な研究から一部で実用化に至ったものの、マグロ等では漁獲後に凍結貯蔵する方法が広く普及し、ガス置換包装を魚肉の貯蔵に用いることは無くなった。その後、凍結技術の進歩で冷凍魚肉の高鮮度化が進んだものの、解凍後の急速な魚肉の褐変は依然として防ぐことができず、この問題を解決することは水産科学の分野で悲願であった。我々は、冷凍マグロ肉に対し、酸素ガスを用いたガス置換包装で解凍後の褐変を抑制する手法（特許第6529106号）を開発した。しかし、その手法をブリ（ハマチ）に応用したが、血合筋の特殊性から効果は限定的であった。一方、一部の水産加工業社は、国内では食品衛生法で禁止されているものの、米国では認められている一酸化炭素を用いた血合筋の褐変防止技術を開発し、約150億円の海外市場が形成されるに至っている。EU等への輸出拡大に向け、3年間に渡り、ガス置換包装に変わる新手法の開発に携わり、令和2年度に現在の「酸素充填技術」の骨格が作られた。その後、本事業において作業工程の見直しと最適化を進め、発明（特願2024-071065）は、一酸化炭素を使用せずに冷凍ブリ血合筋の解凍後の褐変を防止する初めての技術として令和6年度に特許を出願し、科学的・技術的な意義は大きい。また、魚肉に残存する血液が凍結解凍によって溶血することで解凍後の血合筋の褐変が促進されることを見出し、血液自体を除去することで凍結貯蔵性を向上させる脱血手法を開発（特許第7288723）した。さらに、酸素充填技術と効果的な脱血手法を組み合わせること

○社会・経済等に及ぼす効果の面での重要性

ブリ類の輸出をさらに増大させるには、米国に加え、アジアやEU等への輸出拡大が重要であるが、米国以外の国では、食品への一酸化炭素使用が禁止されており、一酸化炭素に頼らない冷凍技術が切望されていた。水産庁は養殖業成長産業化総合戦略（令和2年7月）を策定し、北米、アジア、EU市場等を対象とし、2030年までに生産目標24万トン、輸出目標を1600億円と現在の8倍まで増加させるとしており、本研究成果は国の施策に貢献する。

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**

酸素充填技術の最適化および効率化、冷解凍技術開発及び包装資材導入を進め、酸素充填技術の処理時間を15分に短縮し、ブリ血合筋における冷解凍後の色調保持時間を8時間まで延長させることに成功し、当初の目標を上回る成果を得た。冷凍保管温度については、 -30°C で1ヶ月貯蔵が可能になったが、さらに高温・長期間凍結保管を可能にする技術改良を進めている。また、漁獲から冷凍・解凍に至る一連の実証試験を行い、開発された技術の効果を検証し、冷凍ブリフィレ製造に対応した水産事業者向けの褐変防止マニュアルを作成中である。以上から、計画通り進捗し、順調に成果を上げており、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

高濃度酸素を用いた魚類血合筋褐変防止技術は特許出願中であり、また鮮魚のガス置換包装使用に関する厚生労働省の業界への指導に対し、食品安全性や技術を裏付ける科学的根拠を収集した。また、漁獲から冷凍・解凍に至る一連の実証試験および製造マニュアルの作成は計画通り進捗しており、到達目標は達成可能である。

3. 研究が社会・経済等に及ぼす効果（アウトカム）の目標の今後の達成可能性とその実現に向けた研究成果の普及・実用化の道筋（ロードマップ）の妥当性**ランク：A****① アウトカム目標の今後の達成の可能性とその具体的な根拠**

水産庁は養殖業成長産業化総合戦略（令和2年7月）を策定し、北米、アジア、EU市場等を対象とし、2030年までに生産目標24万トン、輸出目標を1600億円と現在の8倍まで増加させるとしている。本研究で開発された魚類血合筋褐変防止技術を活用して養殖魚の増産を実現し、水産物の輸出を促進することで養殖魚の成長産業化が推進される。ブリの輸出先としてアジア（中国、韓国、タイ、台湾等）、カナダ、EUが有望市場とされている。

農林水産省輸出・国際局の「海外における日本食レストランの概数（令和５年）（改訂版）」によると、2023年時点で北米には28,600店、アジアには122,000店、EUには16,200店の日本食レストランがあり、増加傾向にある。北米の店舗数と流通量（150億円）から各地域の市場を推定すると、アジアに640億円、EUに85億円、世界では980億円の市場規模になる。一酸化炭素を使用せず、高品質な冷凍ブリフィレの生産が可能になれば、これらの市場を開拓できることから、アウトカム目標の達成の可能性は高い。

② アウトカム目標達成に向け研究成果の活用のために実施した具体的な取組内容の妥当性

研究成果の活用については、ブリ養殖加工業に関わる2社及び北米への養殖ブリフィレの輸出量が多い鹿児島県の水産技術開発センターが参画しており、本課題で開発した技術を速やかに現場実装できる体制としているため、取組内容の妥当性は高い。

③ 他の研究や他分野の技術の確立への具体的貢献度

本技術は養殖ブリに限らず、様々な魚種に使用することが可能である。近年、天然漁獲物においてはアニサキスによる食中毒が発生しており、一旦冷凍することで安全性が担保されるが、冷解凍による品質劣化が問題となっているため、生食用冷凍技術の確立が求められている。本技術を応用することで、水産物の安全性向上と消費拡大に貢献できる。

4. 研究推進方法の妥当性

ランク：A

① 研究計画の妥当性(的確な見直しが行われてきたか等)

本事業は3つの中課題によって構成されるが、中課題１（４）「高濃度酸素化における各種危害菌の増殖挙動」では高濃度酸素ガス存在下では食中毒細菌の増殖が抑制されることを見出した。当初の目的以上の成果を2年間で達成したため、令和6年末で中止し、食品安全性に関しては、引き続き中課題１

（１）「冷凍ブリ血合筋の褐変経路解明」が担当し、研究開発の効率化を図った。研究は順調に進捗しており、最終目標を達成できる見込みである。

② 研究推進体制の妥当性

学識経験者を含む外部有識者3名及び行政部局で構成する研究報告会を年に１回、また、研究代表者と個別に各課題の進捗と方向性を確認する研究会議を年に２回以上開催し、研究の進捗状況を踏まえた適切な運営管理を行なった。さらに、年１回合同運営委員会を開催し、研究成果と行政・産業界からのニーズを幅広く共有し、研究計画に反映させるなど、研究推進体制は妥当である。

③ 予算配分の妥当性（研究の進捗状況を踏まえた重点配分等）

予算配分に当たっては、当初の年度計画と研究成果、次年度の研究計画を精査し、推進状況や運営委員会からの協議等を踏まえて、予算配分している。

【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

- ・ブリの革新的な冷凍技術は、輸出拡大につながる重要な成果であり、その意義は極めて大きい。
- ・研究課題は全て順調に進展しており、前倒しで実施されているものもあり、研究目標に向けて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

- ・学術論文、特に英文の論文が見当たらず、特許も国内に留まっているので、更なるアウトプットの進展を期待したい。
- ・開発した手法の社会実装に向けて、民間加工業界への積極的・直接的な働きかけを期待したい。

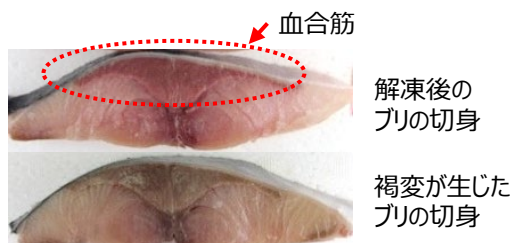
[研究課題名] 競争力強化研究のうち輸出力強化プロジェクトのうち魚類血合筋の褐変を防止する革新的冷凍技術の開発

用 語	用 語 の 意 味	※ 番号
酸素充填技術	魚肉に高濃度酸素を浸透させた後、急速凍結することで解凍後の血合筋等の褐変を抑制するための技術。マグロや白身魚ではガス置換包装が使用できるが、血合筋には酸素ガスが浸透しないため、新技術（特願2024-071065）を使用する必要がある。	1
分子動力学シミュレーション	ミオグロビンを囲む水分子、ナトリウムおよび塩化物イオンに加えて、氷結晶を形成する水分子、過酸化水素をはじめとした各種分子を配置し、細胞内環境を再現し、分子とミオグロビンの相互作用を解析する。	2
ブリフィレ	ブリのフィレ。3枚おろしの片身のもの。	3

③ 魚類血合筋の褐変を防止する革新的冷凍技術の開発【継続】

- 「農林水産物・食品の輸出拡大実行戦略」(2020.12農林水産業・地域の活力創造本部決定)では、2030年までに農林水産物・食品の輸出額を5兆円とする目標を掲げ、水産物では**ブリを輸出重点品目の一つに指定**している。このため、ブリ養殖においては、人工種苗の量産技術の開発や人工種苗を生産する担い手の確保・施設の拡充など、持続可能な養殖体制の構築と、これによる増産等を推進している。
- ブリ輸出の8割が冷凍であり、魚肉自体の鮮度を保持できる冷凍技術は普及しているものの、血合筋において冷解凍直後に褐色を呈する色調変化(褐変)が生じるため、**外見の劣化等による商品価値の低下が輸出拡大のボトルネック**になっている。
- このため、ブリの輸出拡大の実現に向けて、**褐変を防止する革新的冷凍技術の開発が求められている。**

目標達成に向けた現状と課題



解凍後1時間以内に外見の著しい劣化が生じる

- ・ 褐変による外見の劣化から生食用として取り扱えず、高鮮度で味の良い**日本の強みが生かせず。**

- ・ ブリ類の販路拡大を目指す**EUやアジア等で活用できる褐変防止技術がない。**



必要な研究内容

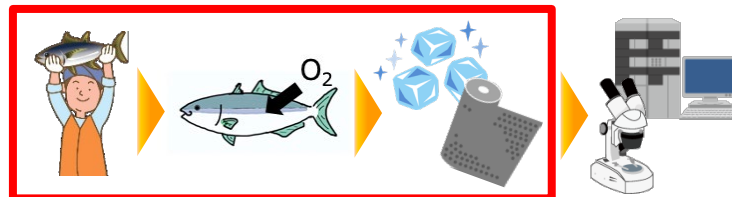
魚肉への酸素充填の有効性が明らかになっていることをふまえ、研究機関・生産者・冷凍機器メーカー等が連携して、

- ① **色調保持時間※を延ばすための最適な酸素充填方法や処理条件の検討**
※現状で解凍後3時間
- ② **冷凍後の保管温度※を高温化するための凍結技術や包装資材の開発**
※現状で-40℃保管

などを進めるとともに、漁獲から冷解凍に至る一連の実証試験を行うことで、魚類血合筋の褐変防止技術を確立。

<研究イメージ>

漁獲 (締め方 等) 酸素充填 (製造方法 等) 冷凍・保管・解凍 (急速凍結・包装資材 等) 効果検証



褐変経路の解明、生化学分析に基づく技術改良

社会実装の進め方と期待される効果

- ・ 褐変を防止可能な冷凍機器等を製品化。
- ・ 生産者・加工業者向けのマニュアル作成や講習会の開催を通じて技術を普及。
- ・ JF全漁連や都道府県等と連携して、褐変を防止する加工・流通体制を確立。

- ・ EUやアジア等へブリ類の販路が拡大することにより、**輸出拡大を実現。**

- ・ これにより、2030年までに**ブリの輸出額目標1,600億円※を達成。**
(2020年実績：173億円)

※出典：養殖業成長産業化総合戦略(2021.7改訂)

- ・ みどりの食料システム戦略の取組で掲げる「ムリ・ムダのない**持続可能な加工・流通システムの確立**」にも貢献。



【ロードマップ（終了時評価段階）】

競争力強化研究のうち輸出力強化プロジェクトのうち魚類血合筋の褐変を防止する革新的冷凍技術の開発

令和5年度	令和6年度	令和7年度	令和8年度	令和9年度	令和10年度～
委託研究プロジェクト			実証		産業利用
1. 冷凍ブリ血合筋の褐変経路解明			研究終了後1年目から、参画するブリ養殖加工業者による冷凍ブリ製造を開始		アウトカム【2030年度】
生鮮より冷凍ブリ血合筋の褐変が速い原因究明	酸素ガスが冷凍ブリ血合筋の褐変を抑制する原理解明	酸素充填されたブリ肉の官能特性の解明	水産庁や都道府県、JF 魚連と連携し、講習会等を通じて、褐変防止技術マニュアルを養殖事業者や加工業者に普及、現地指導で技術移転。		
		高濃度酸素下での危害菌の増殖特性把握・食品安全性の確認			
	特許出願1件(論文発表3件)				・血合筋の褐変を防止する加工・流通体制を確立 ・EUやアジア等へのブリ輸出の販路拡大 ・2030年までにブリ類の輸出額目標1,600億円の達成に貢献
2. 酸素充填技術を用いた冷凍水産物の高品質化技術開発					
酸素充填技術の開発	酸素充填時間を15分に短縮	製造ラインを改良し、製造ラインを拡大			
酸素充填技術の作業工程の最適化	解凍後の色調保持時間を8時間まで延長				
	冷凍貯蔵温度を-30℃に高温化	製造マニュアルの作製			

競争力強化研究のうち輸出力強化プロジェクトのうち 魚類血合筋の褐変を防止する革新的冷凍技術の開発

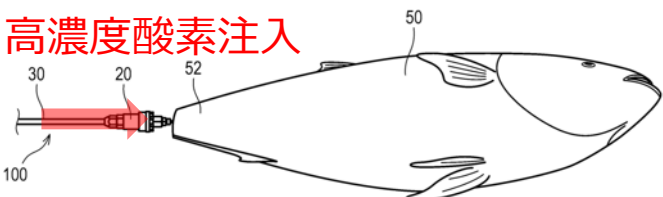
研究概要

- 養殖業成長産業化総合戦略では、北米、アジア、EU市場等を対象とし、2030年までにブリ類の輸出目標を1600億円（現在の8倍）に設定
- ブリ類の輸出増大には、外見を劣化させる冷解凍直後の色調変化（褐変）の防止技術*が求められている *米国では一酸化炭素処理が認められているが、EU等では禁止されている
- 本研究では冷凍ブリ血合筋の褐変防止技術の開発に成功
- EUやアジア等への冷凍ブリフィレの輸出拡大に貢献

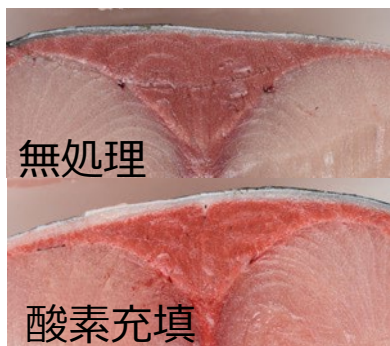
特筆成果

① 冷凍ブリ血合筋の褐変を防止する技術開発に成功

高濃度酸素注入



ブリ類の凍結魚肉の製造方法
(特願2024-071065)



★ 高濃度酸素の
魚肉への注入により
冷解凍後の褐変
を抑制

② 冷凍ブリ血合筋の褐変機構の解明



溶血した赤血球

★ 効果的な脱血により血合筋の褐変抑制



(特許第7288723号)

③ 高濃度酸素環境下では食中毒菌の増殖が抑制

高濃度酸素存在下において魚肉の大腸菌、腸炎ビブリオ、ヒスタミン生成菌の増殖が抑制され、食品安全性上の問題は確認されなかった。

今後の方針

- 高濃度酸素処理された魚肉の冷凍貯蔵性の更なる向上
- 開発した技術を速やかに現場実装できる体制を構築

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	革新的技術創出研究のうち健康寿命延伸に向けた食品・食生活実現プロジェクト			担当開発官等名	農林水産技術会議事務局研究統括官
				連携する行政部局	大臣官房政策課技術政策室 農産局果樹・茶グループ 消費・安全局消費者行政・食育課
研究期間	R 3 年～R 7 年（5 年間）			総事業費（億円）	3.2 億円（見込）
	基礎	応用	開発		

研究課題の概要

国産農産物・食品の免疫機能等への効果に関する科学的根拠の提示及び食事バランスの適正化を促す技術の開発により、農産物等の高付加価値化と需要拡大、ひいては国民の健康寿命延伸に貢献する。

①農産物等の免疫機能等への効果に関する科学的根拠取得（令和3年度～令和7年度）

日本の農産物等の免疫機能等への効果をヒト介入試験（※1）等により検証し、機能性表示食品（※2）の開発に活用できる科学的根拠を取得する。

②食生活の適正化に資する技術開発（令和3年度～令和7年度）

食生活の適正化に資する技術（野菜や塩分等の摂取量をバイオマーカー（※3）により把握する技術等）の開発を行う。

1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標

①農産物等の免疫機能等への効果に関する科学的根拠取得

緑茶を含む2種類以上の農産物等について、機能性表示食品開発に必要な科学的根拠を提示。

②食生活の適正化に資する技術開発

野菜や塩分等の3つ以上の項目について、バイオマーカーと食事調査を用いた食事摂取状況推定、適正化技術を開発。1つ以上の項目について、食事バランス検査サービスを事業化。

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）

① 農産物等の免疫機能等への効果に関する科学的根拠取得

論文発表及び届出書類作成等により事業者を支援して、免疫機能維持に関わる農産物等（2種類以上）の機能性表示食品の届出を実現する。更に、研究レビュー（※4）の公開、プレスリリースや講演による成果周知、事業者の届出・販売支援等により、機能性表示食品の新分野開拓、機能性表示拡大による国産農産物・食品の高付加価値化や輸出拡大等に貢献する。また、水出し緑茶について、プレスリリースや論文発表、分析・製造法支援、免疫機能維持に関わる機能性表示食品の届出・販売支援等により、研究成果の速やかな普及を進め、日本型食に特徴的な緑茶の国内外での需要・消費拡大に貢献する。

② 食生活の適正化に資する技術開発

食事摂取状況の推定技術を活用した食事バランス検査サービスを社会実装し、一般消費者に食事バランス適正化のための提案をフィードバックする他、栄養バランスの偏りに資する食品を提供する企業のマーケティング、健康経営に取り組む企業の社員食堂メニュー提案、自治体・健保組合における健康プログラムの効果の可視化、ミールキット提供企業やレシピ検索サイトでのミールキットやレシピ選択等への活用を目指す。そして、サービス利用者の野菜摂取量の1割増加とそれに伴う野菜類の消費・市場拡大、及びヘルスケア産業における新分野開拓による市場拡大と活性化に貢献する。

最終的には、「食事バランスの適正化（②）」に「免疫機能等への効果を有する農産物等（①）」をとり入れた食生活を組み合わせることで、国民の免疫機能・健康維持増進に貢献する。

【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

- ・新型コロナウイルス感染症の影響による生活様式の変化に伴い、免疫等を訴求した食品のニーズが高まっている。免疫調節機能に関する生鮮農作物やその一次加工食品の機能性表示食品は届出されていない。本施策により見出される免疫調節機能への効果を有する農産物等を取り入れた食生活を構築することにより、国民の免疫機能・健康維持増進に貢献し、「第4次食育推進基本計画」における「健康寿命の延伸につながる食育の推進」への貢献が期待される。また、日本産農作物等の高付加価値化が加速し、「みどりの食料システム戦略」の「国産品に対する評価向上を通じた輸出拡大」へ貢献が期待される。
- ・消費者にとって、栄養バランスの良い食品の効能を観察することは難しい。本プロジェクトで事業化される食事バランス検査サービスを活用して、利用者が科学的な検査結果に基づいて、客観的に自身の栄養摂取状態を把握することが可能となり、「みどりの食料システム戦略」における「栄養バランスに優れた日本型食生活の総合的推進」の目標達成に貢献する。

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

- ・ヒト介入試験の解析結果から、緑茶中に含まれるEGC（※5）の免疫機能等への効果は認められなかった。動物試験等により免疫調節機能等に対する有効性が見られた大麦およびシイタケのβ-グルカン（※6）に着目し、ヒト介入試験を実施している。大麦は鼻水・くしゃみ等の上気道症状（※7）が有意に改善されることが明らかになり、令和6年度に2報の論文が掲載された。シイタケは2種類の探索的なヒト介入試験を終了し、一部の免疫細胞の活性化が認められた。
- ・ウェブによる450名の簡易食事調査結果と尿のバイオマーカー候補との関連を解析した結果、4項目（①野菜および果物、②肉、③大豆、④全粒粉）のバイオマーカー候補を選出した。
- ・コホート研究（※8）の結果から、蓄尿中（※9）のカリウム濃度を用いた野菜摂取量の推定の可能性が示されたことから、普及・実用化支援組織の民間検査企業において事業化プランを検討した。事業化において検査の簡便化が必要であり、随時尿（※10）での検査が求められる。蓄尿の検査基準値を随時尿に適応することは難しく、随時尿での検査基準値の設定が必要であることが示された。

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

- ・シイタケは、探索的なヒト介入試験の結果を踏まえて、試験食品の摂取量や摂取期間等を計画したヒト介入試験を令和6年度末に実施する。令和7年度にその有効性を解明する予定であり、期間内に最終目標である2種類（大麦・シイタケ）の達成が見込まれる。
- ・令和6年度末に食事バランスにかかわるヒト介入試験を実施し、4項目（①野菜および果物、②肉、③大豆、④全粒粉）のバイオマーカー候補を用いた食事摂取状況を推定可能なアルゴリズムが開発される見込みである。
- ・令和6年度末実施の食事バランスにかかわるヒト介入試験において、随時尿のカリウム濃度による野菜摂取量の推定を検証し、十分なエビデンスが得られ次第、事業化が展開される見込みである。
- ・食事バランスにかかわるヒト介入試験は、倫理審査による若干の遅れはあるが、令和6年度内に実施完了見込みである。事業化に向けて、普及・実用化支援組織である民間検査企業が参画して具体的な事業化プランを検討しながら進めており、当初計画からの大幅な遅れはなく、予定通りに食事バランス検査サービスの事業化が見込まれる。

以上のことから、いずれの数値目標も達成が見込まれる。

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

- ・機能性表示食品の届出は、最終製品を用いたヒト介入試験により機能性を評価している場合と、機能性関与成分または最終製品に関する一定のルールに基づいた文献調査である研究レビューで機能性を評

価している場合がある。届出のうち95%以上は後者の研究レビューを用いた形式である。ヒト介入試験による大麦やシイタケ等の免疫機能等への効果の有効性が論文化され、将来的に研究レビューが提供されることで、事業者を介した農産物の新たな届出の創出に貢献する。

・コホート研究やヒト介入試験によって得られる食事バランス適正化の科学的根拠となる結果や尿中バイオマーカーを用いた食事摂取状況推定技術について、知的財産化するとともに、論文などで広く公表することで、新規事業者の参入や、健康診断等への導入、企業の健康経営への活用が期待される。公的研究機関が主導して開発した科学的根拠に基づく基盤データを公表することで、信頼性の担保された検査サービスの事業化につながる。非侵襲検査である尿検査で栄養バランスを評価できるため、血液検査の対象外である子供や若者の健康診断への導入も期待される。本施策で開発される技術が事業化されることにより、「第4次食育推進基本計画」の「栄養バランスに配慮した食生活を実践する国民を増やすこと」「若い世代に関わる食育の推進」や、「みどりの食料システム戦略」の「栄養バランスに優れた日本型食生活の総合的推進」に貢献する。

② アウトカム目標達成に向け研究成果の活用のために実施した具体的な取組内容の妥当性

・動物や細胞培養試験系を用いた農産物等の免疫調整機能の作用機構の解明とともに、ヒト介入試験で見出されたヒトへの有効性の作用機構の検証結果を速やかに論文化および研究レビューを行うことで、機能性表示の科学的根拠を提示できる体制となっている。得られた成果の普及に向けて、大麦やシイタケを取り扱っている企業との意見交換も実施しており、取組は妥当である。

・食事バランス検査サービスを事業化するために、普及・実用化支援組織として民間検査企業が研究計画から参画することで、上市可能な項目を速やかに事業化できる体制が整っている。本体制により、必要なエビデンスが揃い次第、コホート研究で得られた尿中カリウム濃度による野菜摂取量の推定技術事業化できる体制にあり、検査サービスの事業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

該当しない。

4. 研究推進方法の妥当性

ランク：A

① 研究計画の妥当性（的確な見直しが行われてきたか等）

外部有識者3名及び関係する行政部局で構成する「委託プロジェクト研究運営委員会」を設置し、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おり、妥当であると考えられる。

農産物の免疫調整能に関する研究では、既存の結果から有効性が期待されていた水出し緑茶についてヒト介入試験で免疫効果が認められなかったが、動物実験等により有効性が期待できる大麦及びシイタケを選抜し、ヒト介入試験へ提案する体制により、最終目標に対して達成が十分に見込まれる状況にある。また、動物試験で顕著な効果が認められなかったネギの課題は当初計画を見直してR5年度で終了する等、研究進捗に応じた的確な研究計画が行われている。

② 研究推進体制の妥当性

上述の「委託プロジェクト研究運営委員会」のほか、研究機関の自主的な推進体制として、これまでに参画機関全体の推進会議を年2回（計8回）開催し、研究の進捗状況を確認するとともに、課題間での情報共有により、課題推進の加速化及び成果の最大化を図っている。

食事バランス検査サービスは、開発した技術が食事バランス検査サービスにおいて適切に活用できるように、令和5年度に構築した各機関の課題担当者や知財関係者等からなる体制を用いて機動的に議論を行うなど、事業化を見据えた研究開発となるよう一体となって取り組んでおり、研究推進体制は妥当である。

③ 予算配分の妥当性（研究の進捗状況を踏まえた重点配分等）

ヒト介入試験など目標達成を左右する実行課題への予算配分に重点化している。

【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

- ・国民の免疫機能・健康維持増進を通じた健康寿命延伸に繋がる重要な研究成果であり、その意義は大きい。
- ・研究はほぼ目標通り進展しており、研究目標を達成する可能性は高い。

2. 今後検討を要する事項に関する所見

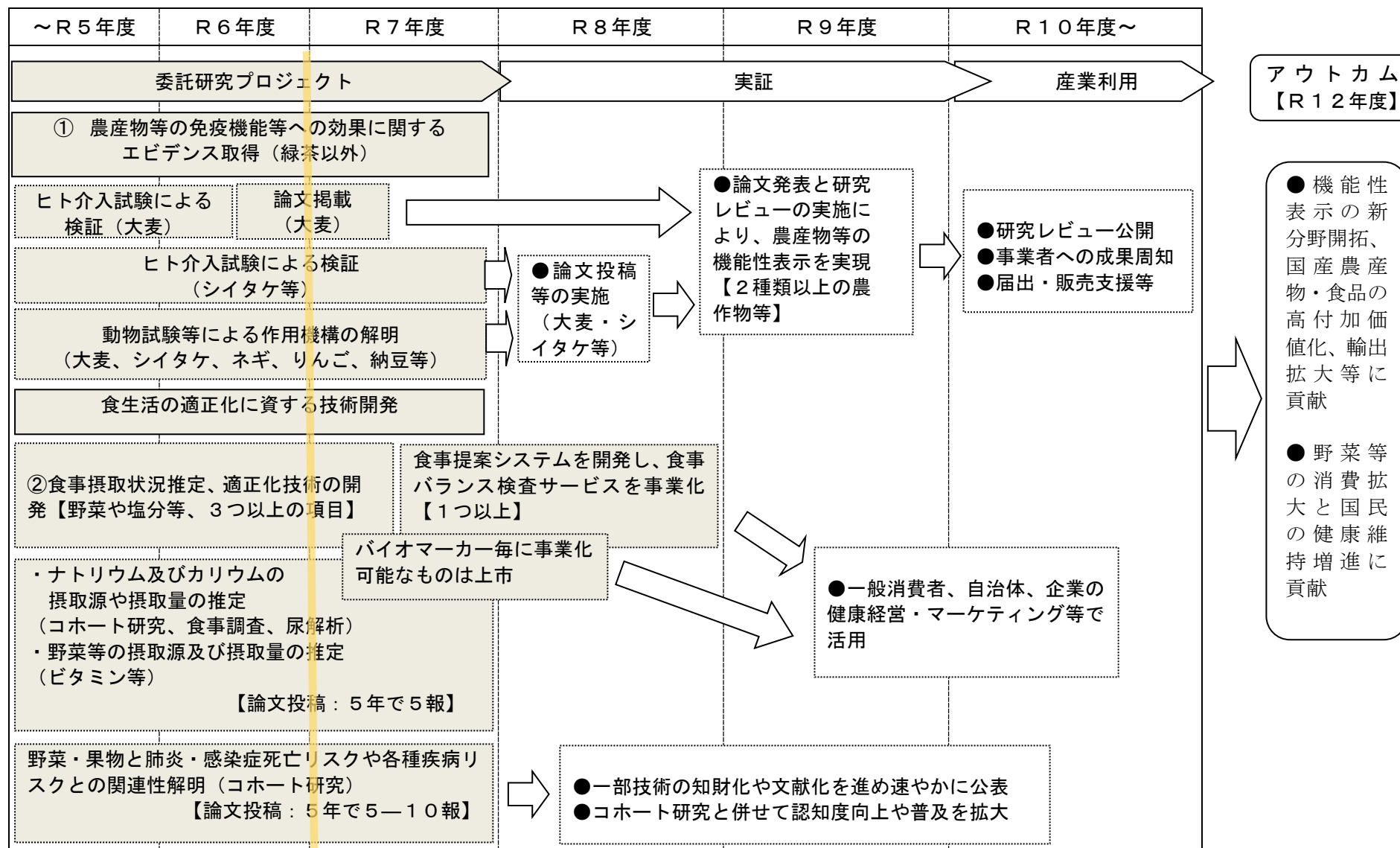
- ・年齢や地域にかかわらず関心が高いテーマである。食を通じた健康増進に関するアウトリーチ活動もあわせて強化していただきたい。
- ・食品の免疫機能や機能性表示に係る科学的根拠を示すことは重要度が高く国が実施する意義はあるが、消費者の食品を選択する際の一つの要素となるため、結果の示し方には十分留意する必要がある。また、食品の機能性に関わる研究においては、国の関与する部分と民間に委ねる部分の仕分けについて十分留意しながら進めていただきたい。

[研究課題名]革新的技術創出研究のうち健康寿命延伸に向けた食品・食生活実現プロジェクト

用 語	用 語 の 意 味	※ 番号
ヒト介入試験	臨床研究のうち、介入（研究目的で人の健康に関する事象に影響を与える要因を制御する行為）を伴う試験、研究。このうち、人を対象としてある成分又は食品の摂取が健康状態などに及ぼす影響について評価する試験。	1
機能性表示食品	事業者の責任で科学的根拠をもとに商品パッケージに機能性を表示するものとして消費者庁に届出された食品。	2
バイオマーカー	血液や尿などの体液や組織に含まれる、遺伝子、タンパク質、代謝産物などの生体内の物質で、病気の変化や治療に対する反応に相関し、指標となるもの。	3
研究レビュー	システマティックレビュー。機能性表示食品制度において、機能性の科学的根拠を示す手法の一つとして認められている。一定のルールに基づいて文献を検索し、肯定的な結果だけでなく、否定的な結果もすべてあわせて、「機能性がある」と認められるかどうかを総合的に判断する。	4
E G C	エピガロカテキン。カテキンの一種。	5
β -グルカン	水溶性食物繊維の一種。穀類の β -グルカンは(1-3), (1-4)- β -D-グルカンで、グルコース(ぶどう糖)が直鎖上に繋がった構造をしている。	6
上気道症状	鼻腔から喉頭までの気道を上気道といい、この部位の炎症による症状であり、鼻水、くしゃみ、鼻づまり、喉の痛み等の症状をいう。	7
コホート研究	観察研究（臨床研究のうち介入研究以外のもの）の一種。特定の地域や集団に属する人々を対象に、長期間にわたってその人々の健康状態と生活習慣や環境の状態など様々な要因との関係を調査する研究。	8
蓄尿	1日（24時間）に排出されるすべての尿。	9
随時尿	任意の時間に採取される尿。	10

【ロードマップ（終了時評価段階）】

革新的技術創出研究のうち健康寿命延伸に向けた食品・食生活実現プロジェクト



背景・目的

- 新型コロナウイルス感染症の流行拡大から、免疫機能の維持や健康に良い食への関心が高まっている
- 健康によい食生活の基本はバランスのとれた食事であり、食事バランスの乱れは生活習慣病等のリスクを高める
- **免疫機能等への効果が期待される日本の農産物等に関するエビデンス取得及び食生活の適正化に資する技術開発**を目指す

成果の概要

免疫機能等に関するエビデンス取得

- 動物試験等により免疫調節機能等に対する有効性が見られた**大麦・シイタケ(β-グルカン)**に着目
- **大麦のヒト介入試験より、鼻水・くしゃみなどの上気道症状が優位に改善**される等の結果を取得（論文2報掲載）
- **シイタケのヒト介入試験**を実施

↓

体調、免疫指標等を評価するヒト介入試験による有効性の検証と、作用機構の解明を実施中

【参画機関】
農研機構、筑波大学、東京薬科大学、京都府立医科大学、(株)ヘルスケアエイド



食生活の適正化に資する技術開発

- 食事バランスにかかわるヒト介入試験を実施し、**4項目（①野菜および果物、②肉、③大豆、④全粒粉）のバイオマーカー候補による食事摂取状況を推定可能なアルゴリズムを開発中**
- コホート研究より、**尿中カリウム濃度による野菜摂取量推定の可能性**があり、事業化に向けて検討

↓

食事調査と尿中マーカー分析から食事摂取状況を推定し、食事バランス適正化を提案するシステムを開発中

【参画機関】
農研機構、医薬基盤・健康・栄養研究所、奈良女子大学、国立がん研究センター、(株)ヘルスケアシステムズ

到達目標

- **2種類以上**の農産物等について、機能性表示食品開発に必要な科学的根拠を提示
- 野菜類や塩分等、**3つ以上の項目**について、バイオマーカーを用いた食事摂取状況推定、適正化技術を開発（**1つ以上の項目**について事業化）