

さつまいも生産に対するスマート農業一環体系の導入による 「超省力化・規模拡大」と「単収増加・高品質化」の実証

(有)アグリーン鹿屋ほか3生産者（鹿児島県鹿屋市）

背景及び取組概要

＜経営概要 179.45ha(さつまいも43.19ha、牧草49.05ha、ごぼう30.6ha、ばれいしょ24.32ha、水稻17.29ha、人参10ha、里芋2ha、かぼちゃ2ha、たまねぎ1ha) うち実証面積 でん粉用さつまいも18.07ha＞

- さつまいもは火山灰土壌及び台風被害等に強い鹿児島県及び大隅地域の重要な基幹作物
- 生産者の高齢化・減少、基腐病等の蔓延により、焼酎・澱粉等の加工用需要を満たせない状況
- スマート農業一環体系を導入し、「超省力化・規模拡大」「単収増加・高品質化」を実現することが必要不可欠
- ロボットトラクタ、直進機能付トラクタ、防除用ドローンなどのスマート農業技術を導入し、労働時間を削減
- 環境計測装置、ドローン空撮、土壌分析などのデータを蓄積・分析し、単収を増加

導入技術

①営農支援ソフト

・全圃場の栽培行程
を見る化し、計
画的な作業管理等
を実現

②スマート育苗体系

・苗床造成機を使用し、
挿苗機に適した真っ直
ぐな苗を生産

③スマート植付体系

・ロボットトラクタ、直
進機能付トラクタ、移
植機、灌水ロールカー
により、作業を効率化

④生育モニタリング

・環境計測装置とドローン
により、温度、湿度、照度、
地温、土壌水分、光量子、
静止画、動画等を取得

⑤ドローン防除

・作業時間を短縮
すると共に、軽
労化や農薬被曝
リスクを軽減



経営管理

育苗

耕起・整地・
基肥・定植

生育モニタリング

防除

実証課題の達成目標

- ① さつまいも生産の総作業時間を20%削減し、「超省力化」を実現する。
- ② 経営栽培データ、生育環境データを蓄積・分析し、10%の「単収増加」を達成する。
- ③ 鹿屋農業高等学校の生徒への指導を年に1回以上実施する。
- ④ 新品種「こないしん」を普及させる。
- ⑤ さつまいもスマート農業一貫体系の栽培マニュアルを作成する。
- ⑥ 農機具シェアリングの経営に対する効果を分析し、その成果を農研機構に報告する。

各研究項目の現在の達成状況

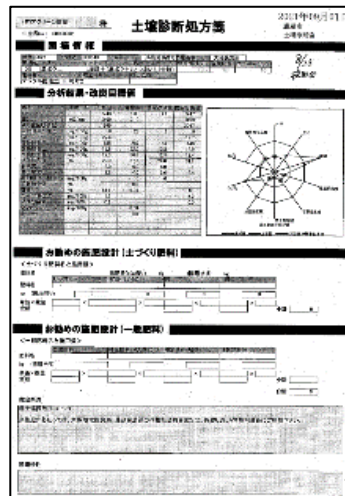
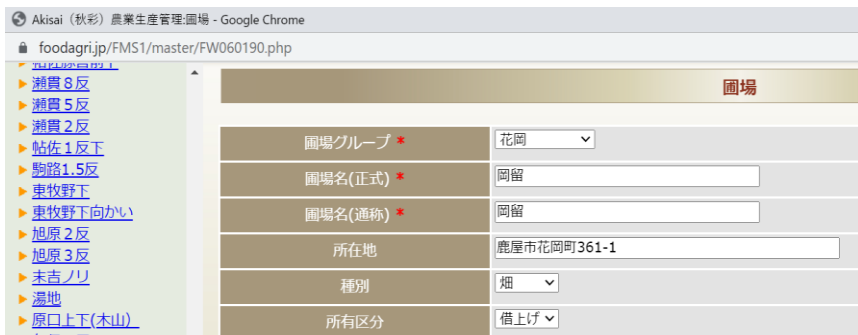
- ① 10a当たりの投下労働時間は、34.01時間であり、H29政府統計(県平均:59.22時間/10a)と比較して、43%の削減だったので、20%の削減目標は達成した。(実証農家の慣行(36.45時間/10a)と比較して、7%の削減だった。)
- ② 環境計測装置設置ほ場の単収の平均は2,837kg/10aであり、H29政府統計(県平均:2,579kg/10a)と比較して、10%の増加だった。(実証農家のR2年度産(2,435kg/10a)と比較して、17%の増加だった。)
- ③ 2021年7月9日(金)に鹿屋農業高等学校で「第3回スマート農業講座」(さつまいも葉色AI解析、ドローン空撮実演、灌水ロールカー実演、等)を実施した。
- ④ 新品種「こないしん」は、JA鹿児島きもつき管内では49%、実証農家では収穫量の61%まで普及させることができた。
- ⑤ 「さつまいもスマート農業活用マニュアル」を作成した。
- ⑥ シェアリングの効果を分析し報告書を作成した。

(実証項目別成果①) 生産管理システムデータ、環境計測データ、 土壌計測データの記録と分析

取組概要

- 生産管理システムデータ、環境計測データ、土壌計測データの記録と分析を行い、収量と品質の向上に寄与する栽培管理の提案に結び付ける。

(使用機器) 農業生産管理システムAkisai、
微気象観測装置Dr.KAKASHI、アグリマルチセンシングSaaS、
光量子センサー測定機器、
土壌・作物体総合分析装置SFP-4i、土壌診断処方箋



実証結果

- 定点カメラの画像でも基腐病株は判別でき、初期の罹病株が2週間ほどで枯死することが確認できるなど有効であった。
- 生育調査データ、収量とその関連形質についてサンプリング調査した。シロユタカはほ場平均で2,684kg/10a(2020年比 110%)であり、こないしんは3,520kg/10a(シロユタカ比 131%)であった。
- 環境・土壌計測データとサンプリングした生育調査、収量とその関連形質についての相関解析を行ったところ、2021年度におけるほ場間の収量差については以下のように分析できた。
 - ・2021年度の収量には、土壌体積含水率、日照の影響は比較的小さく、気温と初期の地温が収量に及ぼす影響が大きかった。特に、生育初期の高地温は塊根サイズを小さくし収量低下の一因となることが明らかになった。

環境・土壌計測データと収量関連要素との相関

| | 圃場収量 | 株収量 | 上イモ 個数 | 上イモ 1個重 | 上イモ 塊根長 | 上イモ 塊根径 | 土壌水分 |
|--------|------|------|-----------|------------|------------|------------|--------|
| 圃場収量 | * | 0.91 | 0.997 | 0.602 | 0.42 | 0.546 | -0.467 |
| 株収量 | + | * | 0.884 | 0.879 | 0.756 | 0.841 | -0.169 |
| 上イモ個数 | + | + | * | ○ | ○ | ○ | -0.463 |
| 上イモ1個重 | + | + | ○ | * | ○ | ○ | -0.179 |
| 上イモ塊根長 | + | + | ○ | ○ | * | ○ | -0.286 |
| 上イモ塊根径 | + | + | ○ | ○ | ○ | * | -0.319 |
| 土壌水分 | - | - | - | - | - | - | * |
| 地温1 | - | - | - | - | - | - | ○ |
| 日照 | - | - | - | - | - | - | ○ |

今後の課題 (と対応)

- 各種環境データの取得については計測システムの導入により集約的に行うことができたが、さつまいもにおける効率的な収量・品質評価システムの開発を期待したい。今後もさらに広範なデータの集積と解析が必要である。
- 集積データは、気象予測システムと連動した植え付け直後の灌水の判断、将来的には、収量予測、収穫計画や市場戦略、実需者の作業計画などへの利用の可能性は高いと考えられる。

(実証項目別成果②) 育苗作業の機械化一貫体系導入の実証

取組概要

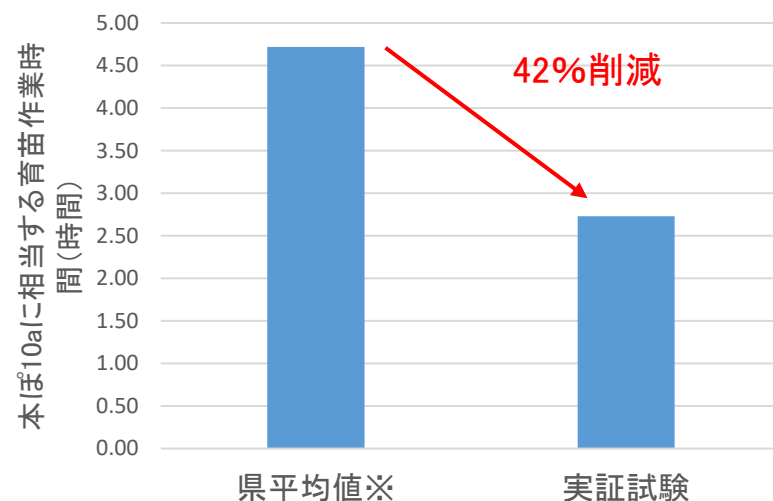
- 育苗体系(苗床造成機→苗床穴開機→種芋縦伏込)により、育苗の作業時間(4.72時間/10a「平成29年産原料用かんしょ生産費調査(農林水産省)」)を20% (4.72時間/10a×0.2=0.9時間/10a)削減する。

(使用機器) 苗床造成機、苗床穴開機、苗床作業台車



実証結果

- 実証農家の育苗の作業時間は、H29政府統計(県平均)と比較して、42%の削減であり、20%の削減目標を達成。(実証農家の慣行と比較して、6%の削減。)



※農水省2019年農業経営統計調査「平成29年産原料用かんしょ生産費」

今後の課題 (と対応)

- 苗床造成機の畔波が邪魔で採苗しにくいとの声があった。畔波を使用しない苗床造成について検証を進める予定。

(実証項目別成果③) 耕耘・整地から灌水までの機械化一貫体系導入の実証

取組概要

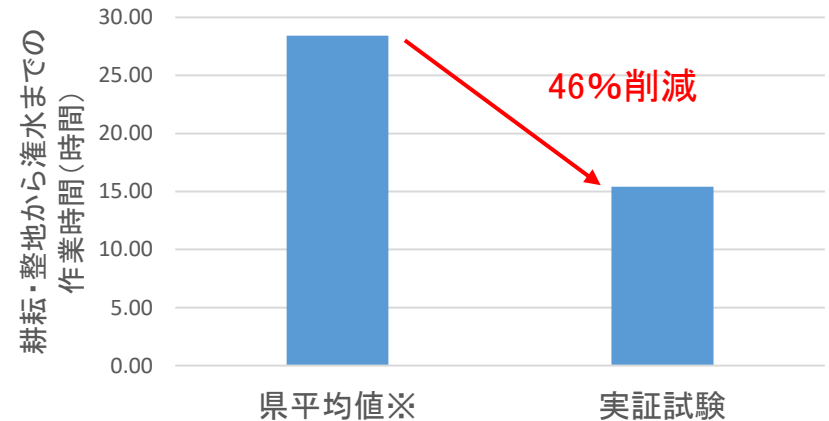
○ 植付体系(ロボットトラクタによる耕耘・整地→直進機能付トラクタによる施肥・施薬・2畝畝立同時マルチ→採苗→灌水装置付自走式サツマイモ挿苗機→自走式畑かんロールカー)により、耕耘・整地から灌水までの作業時間(28.41時間)を45%(28.41時間×0.45≒12.8時間)削減する。

(使用機器) ロボットトラクタ(クボタMR1000AQMAXWUR2A)、GSTトラクタ(クボタSL450HCQGSSWF9LC)、3連サンソワー(ジョーニシ3RG-GX(RT-5),作業幅2400mm,作業面積18.07ha)、2畝成形マルチロータリ(鋤柄農機 PH-D213M(B),作業幅1800mm,作業面積18.07ha)、灌水装置付甘藷移植機、畑かんロールカー



実証結果

○ 実証農家の耕耘・整地から灌水までの作業時間は、H29政府統計(県平均)と比較して、46%の削減だったので、45%の削減目標を達成した。ロボットトラクタによる耕耘・整地で63%、直進機能付トラクタによる施肥・施薬・2畝畝立同時マルチで58%の削減となり、特にこれらの技術が作業時間の削減につながった(実証農家の慣行と比較して、9%の削減だった。)



※農水省2019年農業経営統計調査「平成29年産原料用かんしょ生産費」

今後の課題(と対応)

○ ロボットトラクタは、外周3周分を手動で運転する必要があることや、自動化レベル2では遠隔監視が必要であることから、単独で走らせる場合には省力化にならないどころか逆に作業時間が増えてしまった。協調作業を前提としたほ場の整備(大区画化等)が必要である。また、次のレベルに進む等、メーカーの更なる改良も求められる。

○ 灌水装置付自走式サツマイモ挿苗機について、斜め植えの活着は良好だったが、舟底植えだと80%程度しか活着しなかった。苗のセット方法の工夫や機械適応苗を活用することで、生産性はさらに向上すると考えられる。

(実証項目別成果④) 汎用苗移植機によるサツマイモ節苗直挿し栽培法の実証

取組概要

- 汎用苗移植機を利用したサツマイモ節苗直挿しの完全自動化により、挿苗時間を慣行栽培(8.05時間)と比較して80%削減と軽労化を目標とする。

(使用機器) タマネギ全自動移植機(OPK-40)



節苗



移植後1か月の圃場



実証結果

- セルトレイを使用した自動苗送り方式による挿苗速度は90～120分/10aと見積もられ目標の性能が得られることが確認された。しかしながら、植え付け精度が低く、セルトレイへの固定資材の変更や機械調整などを行ったものの、80%以上の植え付け精度とはならず、技術的な確立には至らなかった。
- 平畝・汎用苗移植機による節苗栽培においては、着生個数は確保できるが収穫時のイモの形状は、諸梗長が長く塊根サイズが小さくなり生育後半に塊根肥大が低下することなど減収の可能性のある形質が認められた。これらは栽培普及上の問題点といえた。
- 本機器の利用は腰を曲げることなく完全に自動で挿苗できることから、労働強度は大きく軽減された。また、セルトレイを使わない、節苗の直送システムを試作したが十分に機能しなかった。

今後の課題 (と対応)

- 植え付け精度の低下の原因は苗受け部によるセル部分の崩壊にある。そこで、土壌を固める資材の種類や材質の検討を行うとともに、ハンドルの形状の改良にも着手し植え付け精度の向上をはかる必要がある。
- 収量と品質については平畝の高さなどの形状や土壌の硬度が形状に及ぼす影響を検証して、塊根サイズを増大させる栽培方法を検討する必要がある。

(実証項目別成果⑤) ドローンによる空撮の実証

取組概要

- ドローンによる空撮画像を分析し、病虫害を早期発見し、被害を最小限に抑える。

(使用機器) DJI Mavic 2 Pro、DJI Mavic 2 Enterprise、
葉色解析サービス「いろは」、
高精度ドローン測量サービス「くみきPRO」



↑ 虫害検出の事例

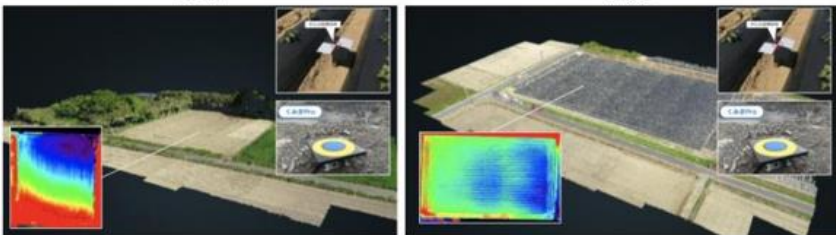
↑ 病害検出の事例



↑ 「いろは」で検出数を段階的にアイコンにより色分けし、表示
(虫害の検出数が多い箇所は赤色、少ない箇所は青色で表示)

圃場A

圃場B



↑ 「くみきPRO」により、圃場内の高低差を計測

実証結果

- 虫害検出について、ドローン画像から新葉の中にある虫食い穴を対象に検出した。目視により虫害解析結果と現地ほ場の状況を突合する調査を行ったところ、解析結果は凡そ一致していた。
- 基腐病等の病害検出について、画像上罹病可能性が高いと判定された葉にコメント機能を使ってマーキングを行い、検出感を調整することで、適切な撮影条件においてマーキングした葉について、80%の検出精度が得られた。
- アイコンによる色分け表示とリードタイムの短縮により、ほ場内の病変箇所や虫食い箇所の多い箇所・少ない箇所が色付きで可視化され、またほ場内の被害の広がりが面的にワンルックで迅速に確認できるようになり、病虫害の早期の発見に役立てていただくことができた。
- 高精度ドローン測量サービス「くみきPRO」により、ほ場内の高低差を計測した。高低差について実証農家の認識と一致した。また、高度が低く水が溜まりやすい箇所に基腐病等の病害が多くみられることが確認された。

今後の課題 (と対応)

- 基腐病の可能性のある紫色/茶色の病変葉を画像解析で抽出することはできるが、他の病気等による変色である可能性があり、PCR検査をしないと基腐病の確定診断ができない。一方、基腐病の可能性のある病変株を、初期段階で農家が抜き取ることで、被害を最小限に抑えることが可能であると考えられる。
- 週次の虫害抽出結果を実証農家に提示することで、ほ場内の虫食い被害の早期発見につながり、農薬散布時期の判断の参考にして頂くことができた。運用面の課題として、被害がどの程度拡大したタイミングで農薬を散布すると費用対効果がよくなるのか、検証が必要である。

(実証項目別成果⑥) ドローンによる防除の実証

取組概要

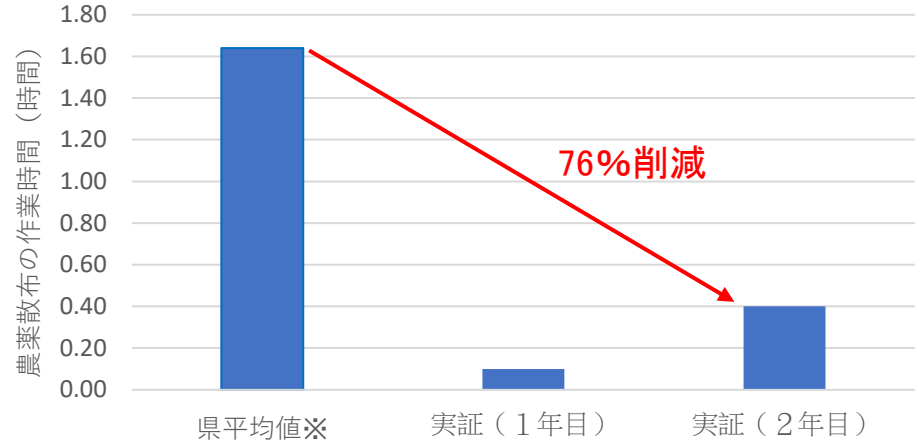
- ドローンによる自動防除を行い、防除時間を50%削減する。

(使用機器) DJI AGRAS T20



実証結果

- 実証農家の農薬散布の作業時間は、0.40時間/10aであり、H29政府統計(県平均)(およそ1.64時間/10a)と比較して、76%の削減だったので、50%の削減目標を達成した。(実証農家の慣行(1.01時間/10a)と比較して、60%の削減だった。)



※農水省2019年農業経営統計調査「平成29年産原料用かんしょ生産費」

※実証(1年目)は、一部の圃場のみ自動航行で散布し、大半の圃場を手動航行で散布した。実証(2年目)は、全ての圃場を自動航行で散布したため、航路設定の分、実証(1年目)に比べて作業時間が増えた。

今後の課題 (と対応)

- 防除用ドローンは高価なので、生産者が各自で導入するよりも、シェアリングや作業委託のサービスを活用する形が望ましく、これらのサービスが増えると普及が大いに進むと考えられる。
- 大型ドローンによる散布作業には、運搬等の為2名は必要となる。一方、1名でも取り扱える小型機の場合は、農薬搭載容量が小さくなってしまふ。栽培面積に合わせた機種を選定が必要である。

(終了時成果(全体)) 実証を通じて生じた課題

実証を通じて生じた課題

1. 今回の実証で導入したスマート農業機械・技術

| | 作業内容 | 機械・技術名 | 技術的な課題 |
|---|-------|-------------------|---|
| 1 | 育苗 | 苗床造成機、穴開機、作業台車 | 畔波が障害となり採苗しにくかった。 |
| 2 | 耕耘・整地 | ロボットトラクタ | 自動化レベル2では、圃場で監視する必要がある為、単体で稼働しても省力化にならなかった。直進アシスト機能付トラクタ等で併走し、作業を行いながらの監視は可能であり作業効率が向上した。 |
| 3 | 植付 | かん水装置付自走式サツマイモ挿苗機 | 斜め植えの活着は良好だったが、舟底植えだと80%程度しか活着しなかった。苗のセット方法の工夫や機械適応苗を活用することで、生産性はさらに向上すると考えられる。 |
| 4 | かん水 | 自走式畑かんロールカー | 時間当たりの灌水量がもっと多ければ良かった。 |
| 5 | 生育診断 | 空撮用ドローン | 高度3mで飛行させた場合は、50aの畑で30分間程度の撮影時間が掛かった。設定や撮影の手間や時間が普及に当たった課題となる。ドローンメーカー等による技術の革新が望まれる。 |
| 6 | 防除 | 防除用ドローン | 1つのバッテリーで飛行できる時間は15分程度しかなく、長時間使用するにはバッテリーを多く購入する必要がある、金銭的な負担が増える。機体やバッテリーの性能向上によって、さらなる作業効率の向上や普及が進むと考えられる。 |

2. その他

- 収穫時間が労働時間に占める割合が大きい為、労働時間の更なる削減には自動収穫ロボットが必要である。

(実証成果(全体)) 実証課題で取り組んだスマート農業技術を普及するための今後の取組・考え方

○ 実証課題で取り組んだスマート農業技術を普及するための今後の取組・考え方

今回のさつまいも生産に対するスマート農業一貫体系の導入により、超省力化及び単収の増加等がどの様に実現できたかについて記載した「さつまいもスマート農業活用マニュアル」をコンソーシアム及び協力団体に提供してその普及を図る。また、スマート農機本来の導入効果が十分に発現できる様、引き続き改良・改善を図るべく実証農家により継続的なデータの入力を行い、「人・農地プラン」及び「農地中間管理事業」等を活用して農地の集積・集約化を通じた規模拡大を図り、革新的なさつまいも生産経営(大規模・超省力化経営)を目指す。

- ① 鹿児島きもつき農業協同組合においては、鹿屋農業管理センターが中心となり、さつまいも生産者部会の生産者等に対し、スマート農機のリース(利益排除)等を実施し積極的な普及を図る。また、JA系統組織である鹿児島県経済農業協同組合連合会と連携し、県内の各JAに対しても情報提供及び情報共有を図る。
- ② アグリーン鹿屋(鹿児島きもつき農業協同組合の子会社)においては、今回の実証結果に基づく省力化等を背景に農地の集積・集約を通じた規模拡大を図り、モデル的・革新的さつまいも生産体系を確立し①の取組を通じて普及を図る。
- ③ さつまいもカンパニー(株)においては、九州および関東の主要産地に対して、「さつまいもスマート農業活用マニュアル」をもとに研修会や説明会を開き、普及をはかる。また、他産地の事例も参考にしながら継続的にマニュアルを改訂し、さつまいも生産におけるスマート農業活用の標準マニュアルとして完成度を高める。
- ④ 鹿屋市役所においては、「かのや型スマート農業研究会」等で実証結果を発表し、スマート農業の考え方、実証内容等も含め、普及の促進を図る。肝付町においては、肝付町役場が地域への普及を促進する。
- ⑤ 鹿児島県立鹿屋農業高等学校においては、「さつまいもスマート農業活用マニュアル」を用い、将来の農業の担い手である農業高校生に、さつまいも生産に対するスマート農業一貫体系の導入及びその実証結果等を説明するとともに、農業実習及び体験を通じて革新的である新たな農業経営の内容等を学習させ、将来の中核的農業者の育成に繋げる。
- ⑥ 鹿児島県段階においては、鹿児島大学農学部、鹿児島県大隅地域振興局、鹿児島県経済農業協同組合連合会、(株)ロボネット・コミュニケーションズ、農機メーカー等の継続的な協力支援等を頂き、県の普及員及び技術連絡協議会等からの情報及び技術指導を仰ぎながら地域への普及を図る。
- ⑦ 全国段階においては、南日本新聞社やさつまいもカンパニー株式会社や協力機関である九州沖縄農業研究センターや農機メーカーが中心となり、全国のさつまいも生産者に対して本事業成果を広く普及させる。
- ⑧ 協力機関である九州沖縄農業研究センター、鹿児島県農業開発総合センターとともに情報交換・情報共有を行い、普及体制の確立を図る。
- ⑨ メーカー等と協力し、実証農家に対するフォローアップを行い、WAGRIを引き続き活用し、長期的に発生する問題等に対して対策を講じるとともに、今後、コンソーシアムのメンバー及び関係機関との連携を図り、スマート農業の考え方及び情報提供を積極的に各地区の生産者に対し行い、営農及び技術体系の拡大及び人材育成に努力する。

本実証課題は、農林水産省「スマート農業実証プロジェクト」（事業主体：国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構）の支援により実施されました。

農研機構スマート農業実証プロジェクトホームページ
<https://www.naro.go.jp/smart-nogyo/>