

データ駆動型土壌メンテナンス
データ駆動型土壌メンテナンスによる
スマート農業の高度化

官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）

「AI領域」

令和 4 年度成果

令和 5 年 3 月
農林水産省

資料1 「データ駆動型土壌メンテナンスによるスマート農業の高度化」の概要

アドオン額：200,000千円（農水省）
元施策・有/PRISM事業・継続

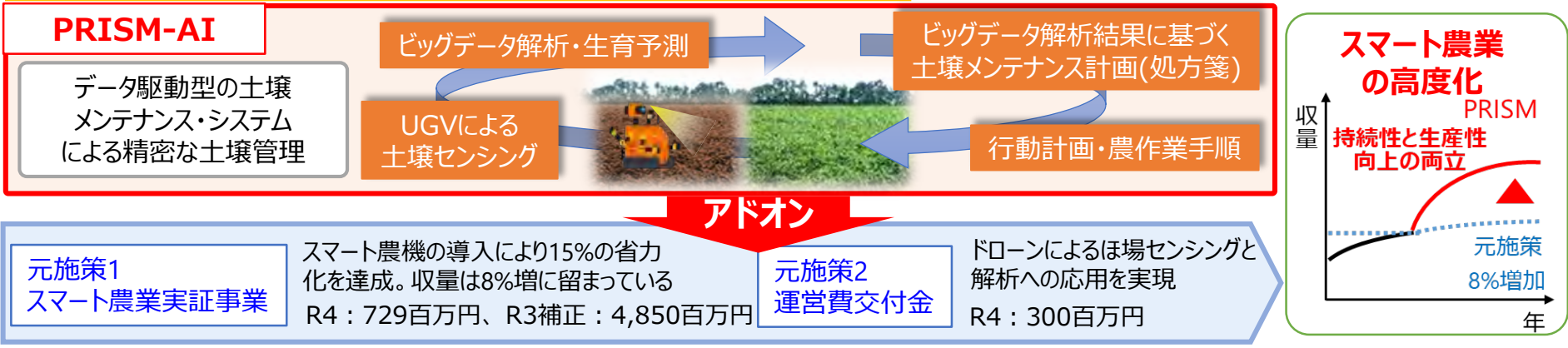
課題と目標

（課題）

- (1) 農業従事者の減少・高齢化や異常気象の頻発など食料生産を巡る情勢は年々厳しさを増しており、従来の農業者の経験や勘に依存した農業では、農業生産の持続性を確保し、将来にわたり食料を安定的に供給することが難しくなりつつある。
- (2) こうした情勢を踏まえ、農林水産省および農研機構では、スマート農機やIoTなどを活用したスマート農業実証プロジェクトをR1年度から全国182カ所（R3年10月現在）で実施しているが、収量の向上と収益性の改善が不十分な状況にあり、その原因の多くは土壌管理に起因する。
- (3) また、海外に目を転じれば土壌劣化や地下水の汚染が深刻化しており、土壌の精密管理に向けたイノベーションが求められている。
- (4) これら土壌に起因する問題に関し、我が国が得意とするセンサ技術とそこから得られたビックデータのAI解析手法を基に土壌メンテナンス・システムを確立し、より高度なスマート農業に転換できれば、収益性が大幅に向上し、データ駆動型農業の実践が加速化される。

（目標） R7年度までにほぼ全ての担い手農家におけるスマート農業の実践を実現するとともに、データ駆動型土壌管理技術の確立により、持続性と生産性向上を両立させるスマート農業を実現する。

「データ駆動型土壌メンテナンスによるスマート農業の高度化」の概要



出口戦略

スマート農業の生産性を2倍以上に高め、農業・農村地域におけるDXを加速する。

民間研究開発投資誘発効果等

- (1) 民間研究開発投資誘発効果：スマート農業の高度化に向けて、農機具メーカー等の研究開発投資が誘発（年間100億円規模）。
- (2) 民間企業からの貢献：農機メーカー、ITベンダー等参画企業7社、協力企業1社を確定（R4年度予定額：1億円相当）。



元施策1. 農林水産省 「スマート農業実証事業」

実施内容

- ① スマート農機やドローンによるセンシングなど最先端スマート農業技術の生産現場への導入・実証(全国182箇所)
- ② R7年度までに、ほぼ全ての担い手農家がデータを活用した農業を実践することを目標に設定

事業費 H30補正：6,153百万円、R1：505百万円、R1補正：7,150百万円、R2：750百万円、R2補正：6,200百万円、R3：750百万円、R3補正：4,850百万円、R4：729百万円



土壌状態センシングや、追肥要否診断アルゴリズムを実証地に導入、有効性を検証

各土壌センサーを実証地に展開し、ビッグデータを収集

3つのAIシステムを実証地に導入し、増収効果を実証

持続性と生産性の向上の両立

土壌メンテナンスによるスマート農業の高度化

元施策2. 農研機構 運営費交付金 「ドローン空撮画像利用技術の最適化と情報共有基盤の整備」等

実施内容

- ① デジタル画像データを活用した病虫害の超早期発見技術の開発
- ② デジタル画像データと過去の生育モデルとを組み合わせた農作物の生育量や収穫量の予測システムの開発

事業費 R1：381百万円、R2：311百万円、R3：311百万円、R4：300百万円

開発する技術	PRISM-AI	R3(FS)実施内容	R4実施内容	R5実施内容	R6年度以降
①土壌センシングAIシステム		センシング候補技術の原理確認・プロトタイプ試作	土壌センサー開発、ビッグデータ収集開始、解析AIの開発	土壌センサーの精度検証、農機の自律動作検証、ビッグデータ収集・蓄積、データ駆動型土壌メンテナンスの試験(ほ場実証)	データ駆動型土壌メンテナンスの実証 社会実装に向けた取組
②土壌メンテナンスAIシステム		メンテナンスAI・行動計画AIのアルゴリズム開発	メンテナンス・行動計画AIの開発		
③営農支援AIシステム		農作業のデジタル化	営農支援AIシステムの開発	営農支援AIシステムの試験(ほ場実証)	
		事業費：100百万円	事業費：200百万円	事業費：300百万円	

資料3 「データ駆動型土壌メンテナンスによるスマート農業の高度化」の目標達成状況

○R7年度までに、ほぼ全ての担い手農家がスマート農業を実践することに加え、作物の生育基盤である土壌をデータ駆動で管理する技術を開発することで、スマート農業実証（R1年度）と比べて20%の収量増加を実現する。

事業名等（※個別に目標を設定している場合）	当年度目標	目標の達成状況
①土壌センシングAIシステムの開発 蛍光画像センサー等の最先端センサー類を活用し、土壌中の水分量や窒素含有量等のリアルタイムセンシング技術を開発する。また、これらセンサー情報等をビッグデータ化し、AI解析によって、土壌メンテナンスをメートル単位メッシュで遂行可能な「ほ場データマップ」の作成システムを開発する。 【開発目標】スマート農機に装着したセンサー群によるリアルタイムセンシングにより、ほ場改良から生産性評価までに至る土壌メンテナンスのためのトータルデータマップレイヤーを作成	✓ R3年度に開発を行った土壌センサー群について、農機装着や実ほ場での利用に向けてのロバスト化及び高機能化を実施。 ✓ 農作業毎に異なる間隔で収集したセンサー情報をAIにより面情報に変換、マップ化する技術を開発。 ✓ スマート農機に装着可能なセンサー群のプロトタイプによる実ほ場レベルでの試行を実施。	✓ 近赤外水分センサー及びレーザー式水分センサーについて、免震機能を高めた農機搭載用の試作中。また排水改良用土壌抵抗センサーについては、実証試験で課題が抽出された油圧系のロバスト化を実施し、追加センサー（スリップ検出機構）を組合せた改良型を試作の上、追加で実証。 ✓ 土壌抵抗センサー、AI検出による高精細画像センサーの土塊状態（砕土率）と作業軌跡GNSSロガーを一体化した、ほ場マップングシステムにより実証ほ場のマップ作成を試行するとともに、収量・窒素吸収量マップを作成。AI解析による作業工程間の補完方法を検討中。尚、補完マップ完成後の検証をR5で実施する必要がある。 ✓ 土壌抵抗センサー、高精細画像センサー、硝酸イオンセンサー、収量センサー等によるデータ収集の試行を6実証地13種類の土壌で実施し、約17,000メッシュデータを取得。尚、R4で実施した麦作センシングほ場の収量センシングによる生産性評価をR5で実施する必要がある。

資料3 「データ駆動型土壌メンテナンスによるスマート農業の高度化」の目標達成状況

○R7年度までに、ほぼ全ての担い手農家がスマート農業を実践することに加え、作物の生育基盤である**土壌をデータ駆動で管理する技術を開発**することで、スマート農業実証（R1年度）と比べて**20%の収量増加を実現**する。

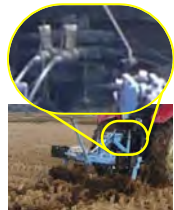
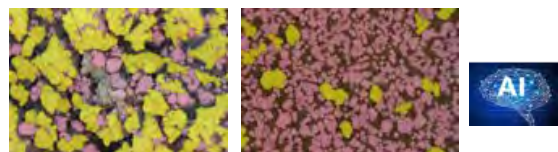
事業名等（※個別に目標を設定している場合）	当年度目標	目標の達成状況
②土壌メンテナンスAIシステムの開発 ほ場データマップに従い、メートル単位メッシュ毎の緻密な土壌管理（耕起や施肥等の方法）をスマート農機等に指示するための「ほ場管理AI」を開発する。 また、広域なほ場（数10～100ha規模）において作業の手順や工程等の最適解を導き出す「行動計画AI」を開発する。 【開発目標】スマート農機がメートル単位メッシュで自律的に追肥作業を実現	✓ R3年度に開発した排水改良・可変基肥等のほ場管理アルゴリズムについて適用土壌条件を拡大すると共に、高精細衛星画像データ、気象データを加え、アルゴリズムを高精度化し、スマ農事業の実証地で収量アップの効果を検証。 ✓ メートルメッシュで管理作業(排水改良、可変施肥等)を行う作業機を開発し、収量アップを検証すると共に精度向上のためのデータを収集・蓄積。	✓ R4年度は適用土壌条件を3地域3土壌に拡大しアルゴリズムを実証した。関東畑地では前作緑肥（エンバク）、転換畑では前作水稻のNDVIを代替利用できることを示した。北海道畑地では前作及び気象データを加え、可変施肥を有効と判断するほ場割合を20%拡大。転換畑の幼穂形成期以後の小麦のNDVI変化から物理性不良箇所の抽出方法を開発。 ✓ 精密可変施肥機を開発。北海道畑地において、R3年度アルゴリズムでの減肥効果12%、関東畑地での前作指標緑肥により30%の減肥が可能であることを示した。
③営農支援AIシステムの開発 機械化が困難な施設園芸等を対象とし、熟練農業者の土壌管理作業等をデジタルデータ化し、データに基づいて最適な作業(品質・収量に強く影響する作業のタイミングなど)を提示する営農支援AIシステムを開発する。 【開発目標】新規就農者等でもプロ並みの精密作業を可能とする	✓ R3年度に収集したデータベースに加え、地点（三重・香川・佐賀・青森）・栽培方法（土壌施肥（液肥供給）、施設内環境等）のバリエーションとともにサンプル数を増やして営農作業データベースを拡充。 ✓ 営農作業支援システムの一環として、取得したデータを分析して、開花日予測モデルの検証と改良を実施。 →地域差を考慮した（一般化した）頂花房第1花の開花日を予測するAIモデルの作成 ✓ 生育状況や気象環境に応じて各時点で適切な施肥灌水・温度管理を提案する営農作業支援AIシステムのプロトタイプを作成し、現地ほ場で実証。	✓ R3年度に開発した営農作業データベース登録用アプリを改良・再配布。三重・香川・佐賀・青森においてイチゴ3,450株分の施肥、施設内環境、及び生育情報等のデータを収集し、データベースを構築。 ✓ R3年度に取得したデータから、1地域における「よつぼし」、「恋みのり」の2品目の開花日予測AIモデルを構築した。R4年度は4地域でデータ取得し、そのデータを基に、開花日の検証を実施中。 ✓ 上記開花日予測システムを核として、生育データ等から得られた開花日の予測値から施肥管理をアドバイスするアプリを構築。

① 土壌センシングAIシステムの開発

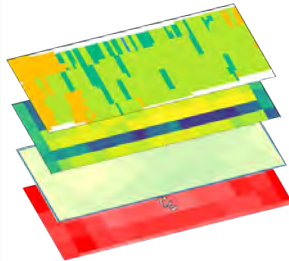
R4 目標

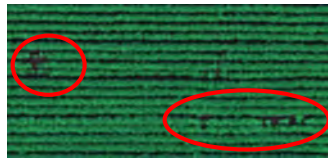
- R3年度に開発を行った土壌水分・土塊状態・土壌成分センサーについて、土詰まりの防止等、**農機装着に向けてのロバスト化及び高機能化**を行い、スマート農機に装着可能なセンサー群の**プロトタイプを開発**
- 農作業毎に異なる間隔で収集したセンサー情報をAIにより面情報に変換、**マップ化する技術を開発**
- スマート農機へ装着したセンサー群を用いて、**スマ農事業の実証地を含めた全国の多様な土質でビッグデータを収集**

センサーのロバスト化、高機能化

- ・ 農機装着のため**1/10に軽量化**し、粉塵防止等の保護カバーの検討や農機装着のための免震方法を検討。近赤外線水分センサー
- ・ 排水改良用の土壌抵抗センサーについて、油圧系の**ロバスト化**(右)をし、現地試験により有効と判断されたトラクタ車輪の**スリップ検出機構**を加えて**高機能化**し、現地にて試行。土壌抵抗センサーの改良と現地検証
- ・ 高精細画像センサーは、多様な土壌を統一して実施できるようAIにより判定能力向上中。多様な土壌データを利用して、**AI**による土塊状態(**砕土**)判定能力を向上

センシングデータのマップ化

- ・ 農機センシング等により取得したデータのマップ化を実施し、センサーの有効性等を評価。**AI解析**による統一メッシュへの変換を検討中。

抵抗マップ	排水改良用
砕土マップ	出芽向上用
生育マップ	生育評価用
収量マップ	収量評価用
- 各センシングによるメッシュマップ
- ・ 空撮画像による出芽・苗立を含む途中生育を評価し、生育状況、収量によりセンサーの有効性検証を精緻化。秋田県実証地の空撮画像による出芽・苗立状況
○が出芽・苗立不良地点
- ・ 収量マップによる生産性評価を実施。

ほ場状況ビッグデータの収集

- ・ 北海道から九州までの**6地域、12種類の土壌**で約**17,000メッシュデータ**を農機センシングによって取得。

北海道：空知 泥炭質土壌 小麦単作	東北：秋田県 シルト質土壌 大豆単作
北陸：石川県 重粘質土壌 大豆単作	関東：茨城県 黒ボク質土壌 キャベツ単作
近畿：兵庫県 多礫質土壌 麦大豆二毛作	九州：佐賀県 粗粒質土壌 麦大豆二毛作
 - ・ 現地実証により、有効なセンサーを土壌および作付体系別に整理・検討を開始。
- 土壌・体系別の利用センサーの整理(下)
- | 土壌抵抗 | 土塊状態 | 収量・品質 |
|---|---|---|
|  |  |  |
| 転換畑輪作体系(灰色低地土等)での利用 | | |
| 土壌抵抗 | 土壌成分 | 収量(キャベツ) |
|  |  |  |
| 普通畑園芸作体系(黒ボク土等)での利用 | | |

複数のセンサーのプロトタイプをスマート農機等へ搭載、データ収集を6地域で実施し、約17,000メッシュデータを農作業と同時に取得 (R4目標10,000メッシュデータ) した。この結果を元にセンサーの改良を実施するとともに、他のセンサーもプロトタイプの作成と高機能化等を実施し、複数マップデータの収集、データベース化のプロトタイプを決定。

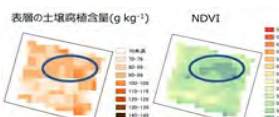
② 土壌メンテナンスAIシステムの開発

- R4目標
- R3年度に開発したほ場管理アルゴリズムについて適用土壌条件を拡大すると共に、気象データ等を加えて、アルゴリズムを高精度化し、**スマート農業の実証地で収量アップの効果を検証**
 - **メートルメッシュで管理作業を行う作業機を開発**し、効果を検証をすると共に精度向上のためのデータを収集・蓄積

ほ場管理アルゴリズムの高精度化

R3年度の手法を改良し、十勝の57枚の黒ボク土ほ場で調査・分析。

推定腐植含量 作物生育



表層の推定土壌腐植含量と作物NDVIの関係から可変施肥、排水改良を判断。

過去の同一品目・同一ほ場の生育データ、気象条件のデータを追加



メッシュ農業気象

複数年度のデータ利用により、判断の有効性を向上。

作業判断

AI



可変施肥が有効と判断されるほ場の割合が増加。

	R3(改良前)	改良後
可変施肥	32%	54%
排水改良	16%	16%
不明(標準管理)	52%	30%

ほ場管理アルゴリズムの適用土壌拡大

転換畑ほ場への適用拡大

- ・ 転換畑土壌は、本作である小麦だけでなく、土壌化学性の影響を反映する前作の水稲NDVIも追加することで、**排水改良・施肥改善の判定が可能。**



水稲NDVI(左)と転換畑小麦NDVI(右)の比較

- 地点は、水稲良好・小麦不良 → 排水改良(物理性)
- 地点は、水稲不良・小麦良好 → 施肥改善(化学性)

関東黒ボク土畑ほ場への適用拡大

- ・ 関東黒ボク土畑土壌で、土壌腐植含量による判定が困難な場合は、前作緑肥のNDVIを用いて、キャベツの生育ムラを検出。
- ・ 緑肥であるエンバクの効果により同等の収量で、**約30%の減肥。**



土壌腐植ムラの小さいほ場(左)におけるエンバク(中)および定植3週間後のキャベツ(右)のNDVIマップ

土壌管理作業の効果検証・データ収集

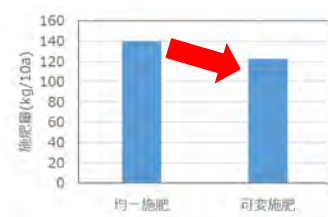
○ 土壌管理作業への効果実証

R3年度アルゴリズムにて可変施肥が有効と判断されたほ場で可変施肥の効果を実証。

施肥量(kg/10a)



北海道のキャベツ栽培指針に基づき作成した可変施肥マップ。



可変施肥区の収量は8.5t/10aで均一施肥区と同等。施肥量は**12%の減肥。**

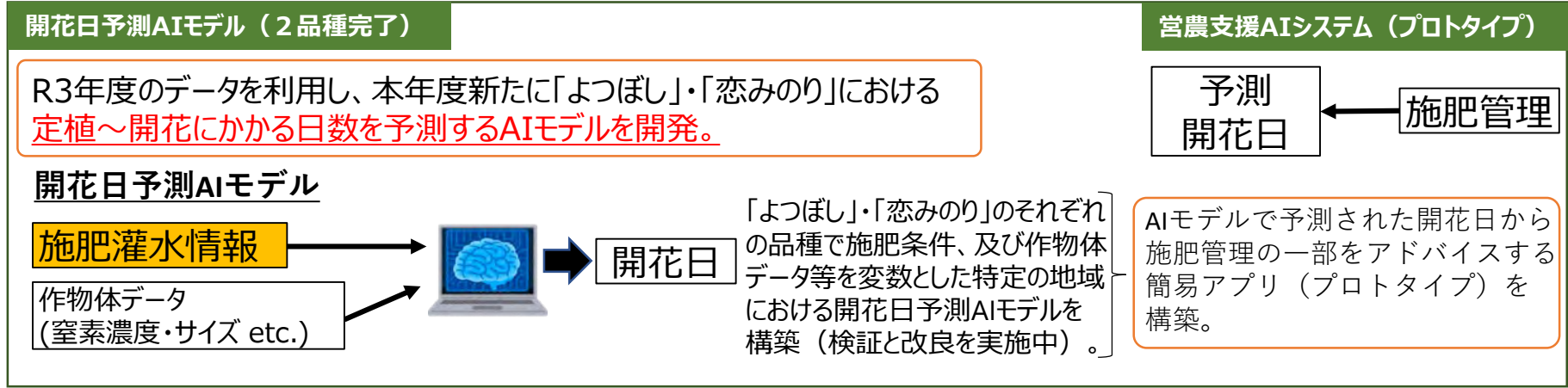
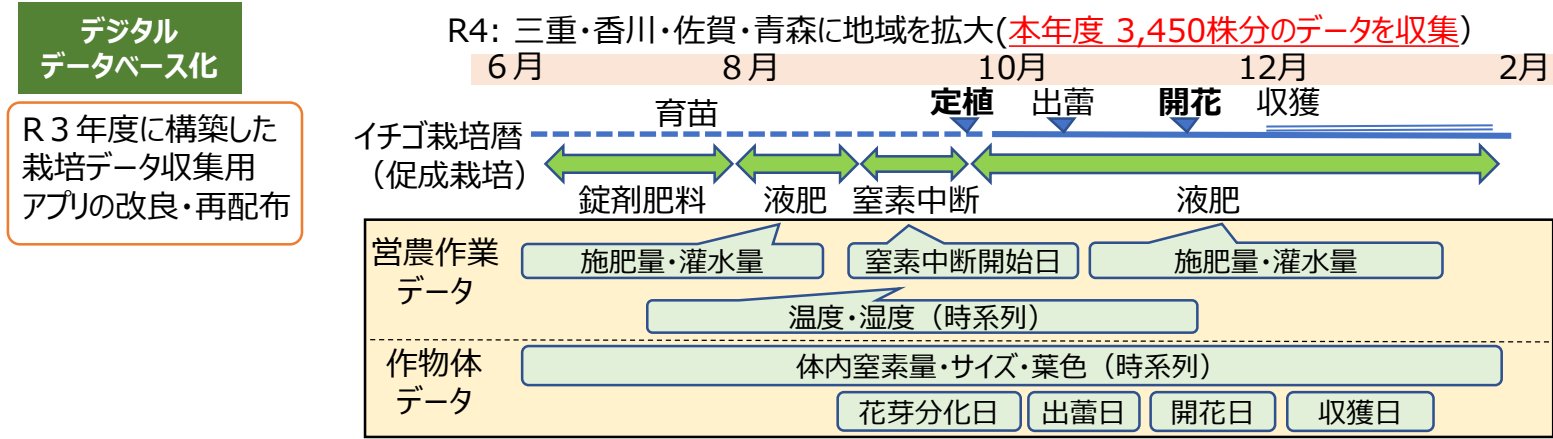


2種類の施肥が可能なダブルタンク仕様で、複数の可変施肥マップに対応した**高精度施肥機を開発完了。**
作業機メーカーよりR5年度試験販売予定。

今後、土壌センシングデータを追加することにより、より精緻なメンテナンス作業を実施。

③ 営農支援AIシステムの開発

- R4 目標
- 地点・栽培方法のバリエーション・サンプル数を増やして営農作業のデジタルデータベースを拡充
 - 営農作業支援AIシステムの一環として、取得したデータを分析して、開花日予測モデル等の検証と改良を実施
 - 施肥灌水管理等を提案する営農作業支援AIシステムのプロトタイプを作成し、現地ほ場で実証



開花日予測AIモデルと施肥管理を組み込んだ営農支援AIシステムのプロトタイプを構築

資料5 「データ駆動型土壌メンテナンスによるスマート農業の高度化」の民間からの貢献及び出口の実績

○民間からの貢献額：97百万円相当		
①土壌センシングAIシステムの開発	（農業関連企業、ICT関連企業他）	75,000千円相当
②土壌メンテナンスAIシステムの開発	（ICT関連企業、農業生産団体他）	21,000千円相当
③営農支援AIシステムの開発	（ICT関連企業）	1,000千円相当

当年度当初見込み	当年度実績
①土壌センシングAIシステムの開発（参画企業からの資金提供、従業員の人件費、協力企業の従業員の人件費）77,500千円	75,000千円(物品提供、人件費含む) 農業関連企業、ICT関連企業
②土壌メンテナンスAIシステムの開発（参画企業からの資金提供、従業員の人件費、協力企業の従業員の人件費）21,500千円	21,000千円(物品提供、人件費含む) ICT関連企業、農業生産団体
③営農支援AIシステムの開発（参画企業からの資金提供、従業員の人件費、協力企業の従業員の人件費）1,000千円	1,000千円(物品提供、人件費含む) ICT関連企業

○出口戦略	
・農研機構がとりまとめ機関となり、参画企業の連携促進や実用化支援を行うとともに、農林水産省プロジェクトの「 「知」の集積と活用 の場」を利用し、関連企業の更なる参画を促す。	
・また、得られた研究成果は、順次、元施策のスマート農業実証事業の現地実施地区（R3年10月現在：182カ所）に導入し、生産者団体、関連メーカー等が一体となって成果の改良及び普及の加速化に取り組む。	
・これら取り組みにより、国内の普及と合わせて東南アジア地域にも展開されることにより、2030年には、国内の農機メーカ等の研究開発投資が現状よりも年間100億円の拡大することを見込む。	

当年度当初見込み	当年度実績
・現在、社会実装に向けた全体のシステム・アーキテクチャーを詰めており、必要な民間企業の候補・調整中。	・システムアーキテクチャーに関する民間企業として、G社(ITベンダー)に続き、H社(ITベンダー) が次年度からの参画を決定し、システム構築について協議を進めた。
・現在のところ、A社（スマート農機）、B社（スマート農機）、C社（センサーメーカ）が参画を決定し、他に情報通信ベンダ、大手IT企業等の調整を進めているところ。	・当初見込みの企業は参画を決定し、A社とは収量センシング、B社とは土壌物理性センシングを中心とした協議を重ねて、現地での実証試験を実施した。また、C社とは多機能センシング技術について、協議を重ねてセンサー開発を進めた。
・また、現地実証の候補地として、生産者団体D、生産者団体E、F生産法人等と調整中。	・生産者団体D及びE、F生産法人が参画し、現地実証試験を実施した。
・データ駆動型土壌メンテナンスシステムに関するシンポジウムを開催予定。	・開発した精密可変施肥機を作業機メーカーがR5年度に試験販売予定。
	・講演4件、視察対応3件。2023年9月にシンポジウムを開催予定。