

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技術領域」

令和3年度成果

令和4年3月
農林水産省

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。

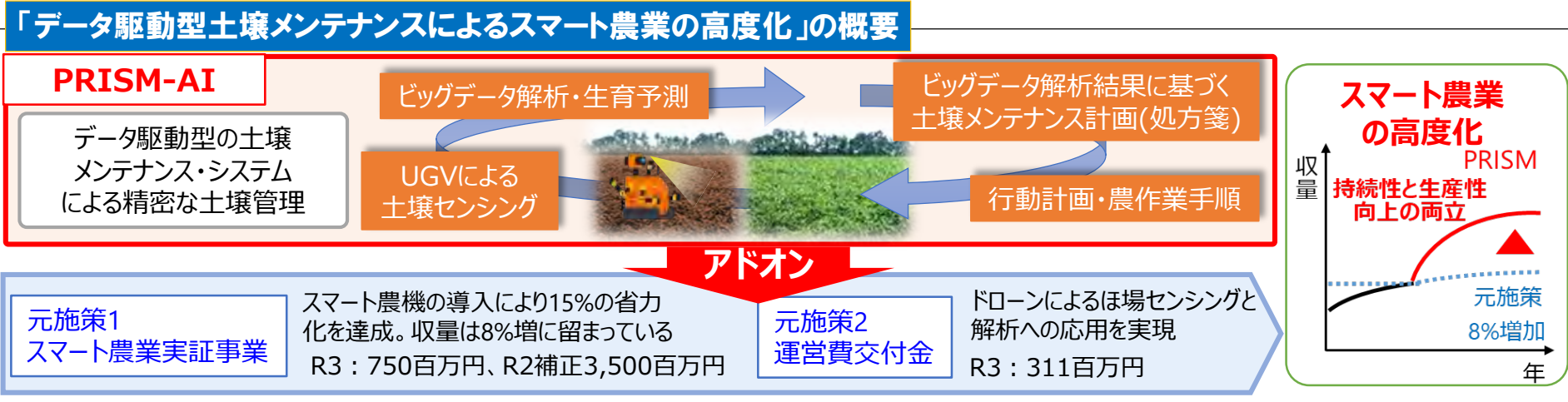
(2)こうした情勢を踏まえ、農林水産省および農研機構では、スマート農機やIoTなどを活用したスマート農業実証プロジェクトをR1年度から全国182カ所（R3年10月現在）で実施しているが、収量の向上と収益性の改善が不十分な状況にあり、その原因の多くは土壌管理に起因する。

(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。



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：農機具メーカー等9社が本施策に関心を示し、資金拠出に向けた交渉を進めている（R3予定75百万円）。

2



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：3,500百万円、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(調整中)

開発する技術 **PRISM-AI** R3(FS)実施内容 ← R4実施内容 ← R5実施内容

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、ビッグデータ収集・蓄積、AI解析
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	農機の自律動作システムの開発・試験実証
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

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①

OR7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解析によって数カ月先の農作物生育量を予測し、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】従来技術に比べ、生育予測モデルの精度を2倍（予測誤差2分の1）に向上	✓ 土壌メンテナンス技術に係る国内外の研究動向を調査 ✓ 土壌センシング候補技術として、①高精細画像センサー（土壌水分、土塊状態把握）、②蛍光画像センサー（窒素・有機物含有量見える化）を中心に動作原理確認を実施 ✓ また、それらセンサーのスマート農機への装着性等を考慮し、装着センサーのプロトタイプを試作	✓ スマート農業技術に係る国内外の研究動向を、2018年以降を中心に論文等101件を調査。農機搭載型の土壌センシング技術は、いくつかの開発事例が見られたが、それらデータを基に生育診断までを行う本プロジェクトのような前例は見あたらない。 ✓ 土壌メンテナンスを実現する新型センサー開発につながる複数の計測手法（近赤外線式センサー等）を特定。 ✓ 具体的には、 ①土塊状態を計測するための高精細画像センサーに関しては、全国5地域・24圃場・78地点においてデータを収集。砕土率の予測精度が±14%となることを確認。土壌水分を計測するための近赤外線センサを開発し、センサ精度を確認（±5%）するとともに、農機搭載型のレーザー水分センサーの原理検証も実施。 ②肥料成分等を計測する蛍光画像センサーに関しては、黒ボク土を対象とし、肥料成分の計測可能性を検証中（実験室レベル）。また、トラクタへの装着実用性を考慮し、他の計測センシング技術についても追加検証中。 ✓ 更に、上記データをほ場マップに紐付けるシステムのプロトタイプを試作し、実ほ場において試行。異なる複数のセンサーの入力信号を処理できるように改良中。

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②

OR7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。

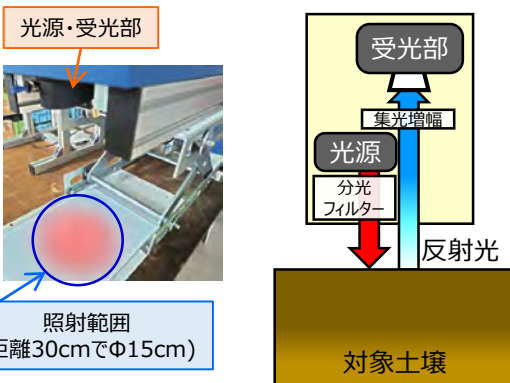
事業名等（※個別に目標を設定している場合）	当年度目標	目標の達成状況
②土壌メンテナンスAIシステムの開発 ほ場データマップに従い、メートル単位メッシュ毎の緻密な土壌管理（耕起や施肥等の方法）をスマート農機等に指示するための「ほ場管理AI」を開発する。 また、広域なほ場（数10～100ha規模）において作業の手順や工程等の最適解を導き出す「行動計画AI」を開発する。 【開発目標】スマート農機がメートル単位メッシュで自律的に追肥作業を実現	✓ 土壌の乾湿、窒素含有量及び生育データと収量との関係を解析し、(1)で得られるほ場データマップに従いスマート農機等に対して作業内容を指示するための「ほ場管理AI」のアルゴリズムを開発 ✓ あわせて、広域なほ場（数10～100ha規模）において、最も効率の高い作業工程等を提示する「行動計画AI」のアルゴリズムを開発	✓ 農作物の生育量との相関が高い土壌成分等（硝酸イオン濃度、水分量）のパラメータを特定し、圃場の状態に応じ、最適な作業内容（追肥又は排水対策）を指示するアルゴリズムを開発。 ✓ 土壌の乾湿、窒素含有量及び生育データと収量との関係を解析し、スマート農機等に対して作業内容を指示するための、可変施肥、排水改良の判定器を開発。上記方法論に基づいたメンテナンス作業実施の効果を実証。 ✓ また、「行動計画AI」に関しては、圃場内の水分状態に応じ、スマート農機が排水作業を行うためのアルゴリズムを開発するとともに、仮想空間での作業シミュレータを開発中。 ✓ いずれも、次年度以降、トラクタに実装し、実圃場で得られるビッグデータに基づきパラメータの補正を行うなど、圃場毎の状態に応じた作業内容の精度向上を図る。
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	✓ 施肥管理など代表的な作業項目を対象とし、営農作業のデジタルデータベース化を実施 ✓ 取得したデジタルデータの分析により、イチゴの収量に影響を与える作業項目を特定	✓ 収量に影響を与える代表的な3作業(施肥等)を対象に、作業のタイミングや程度(施肥量)等に係る実データ(5万データ)を取得した。 ✓ 取得したデータの解析を行い、年内収量に係るイチゴの頂花房開花日に有意に影響する作業項目として、温度管理、育苗時の施肥濃度、および施肥打ち切り（窒素中断）のタイミングの3項目を特定した。

① 土壌センシングAIシステムの開発

- センシング候補技術として、**土壌水分・土塊状態・土壌成分センサー**について動作原理を確認
- 農機への装着性など実用性の高い技術に絞り込んだうえで**センサーのプロトタイプを試作**

土壌水分：近赤外線式センサー
レーザー式センサー

- 土壌表面に**近赤外光**を照射し、水の吸収ピークがある1.94μmの吸光度から水分を推定

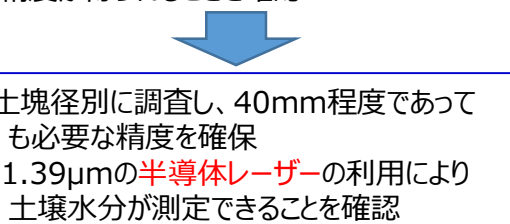


光源・受光部

照射範囲
(距離30cmでΦ15cm)

受光部
集光増幅
光源
分光
フィルター
反射光
対象土壌

- 予測精度**±5%程度**で**測定可能**であり、必要な精度が得られることを確認

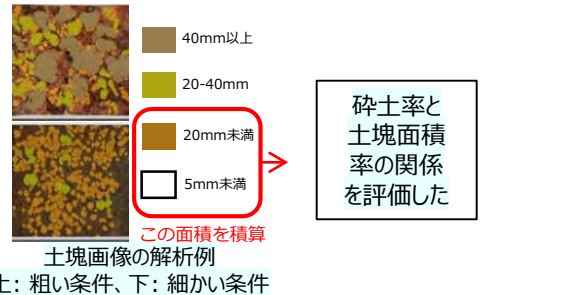


対象土壌

- 土塊径別に調査し、40mm程度であっても必要な精度を確保
- 1.39μmの**半導体レーザー**の利用により土壌水分が測定できることを確認

土塊状態：高精細画像センサー

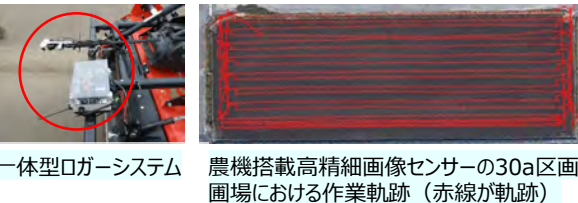
- 画像処理で個々の土塊を区別し、長径20mm未満の土塊が占める面積率から**碎土率を推定**
- 高精細画像では誤差14%(全国5地域24圃場で調査)であり、R3年度目標の20%以下を達成



40mm以上
20-40mm
20mm未満
5mm未満

碎土率と土塊面積率の関係
を評価した

この面積を積算
土塊画像の解析例
上：粗い条件、下：細かい条件

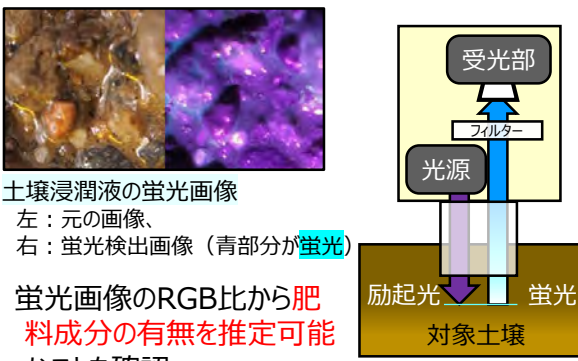


一体型ロガーシステム
農機搭載高精細画像センサーの30a区画圃場における作業軌跡（赤線が軌跡）

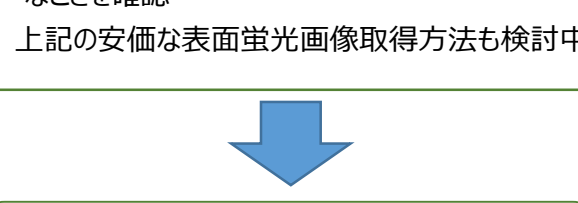
- 高精細画像センサーと作業軌跡ロガーを一体化して、ほ場マップに紐付けるシステムを試行
- 作業期間を通じての継続したビッグデータの取得に対応するためのデータ容量や動作を確認

土壌成分：蛍光画像センサー

- 有機肥料、化成肥料**など種類の違いにより、得られる**蛍光の波長が異なる**ことを利用

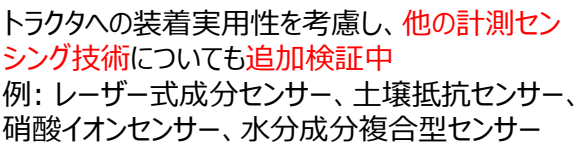


受光部
フィルター
光源
励起光
対象土壌
蛍光



土壌浸潤液の蛍光画像
左：元の画像、
右：蛍光検出画像（青部分が**蛍光**）

- 蛍光画像のRGB比から**肥料成分の有無を推定可能**なことを確認
- 上記の安価な表面蛍光画像取得方法も検討中



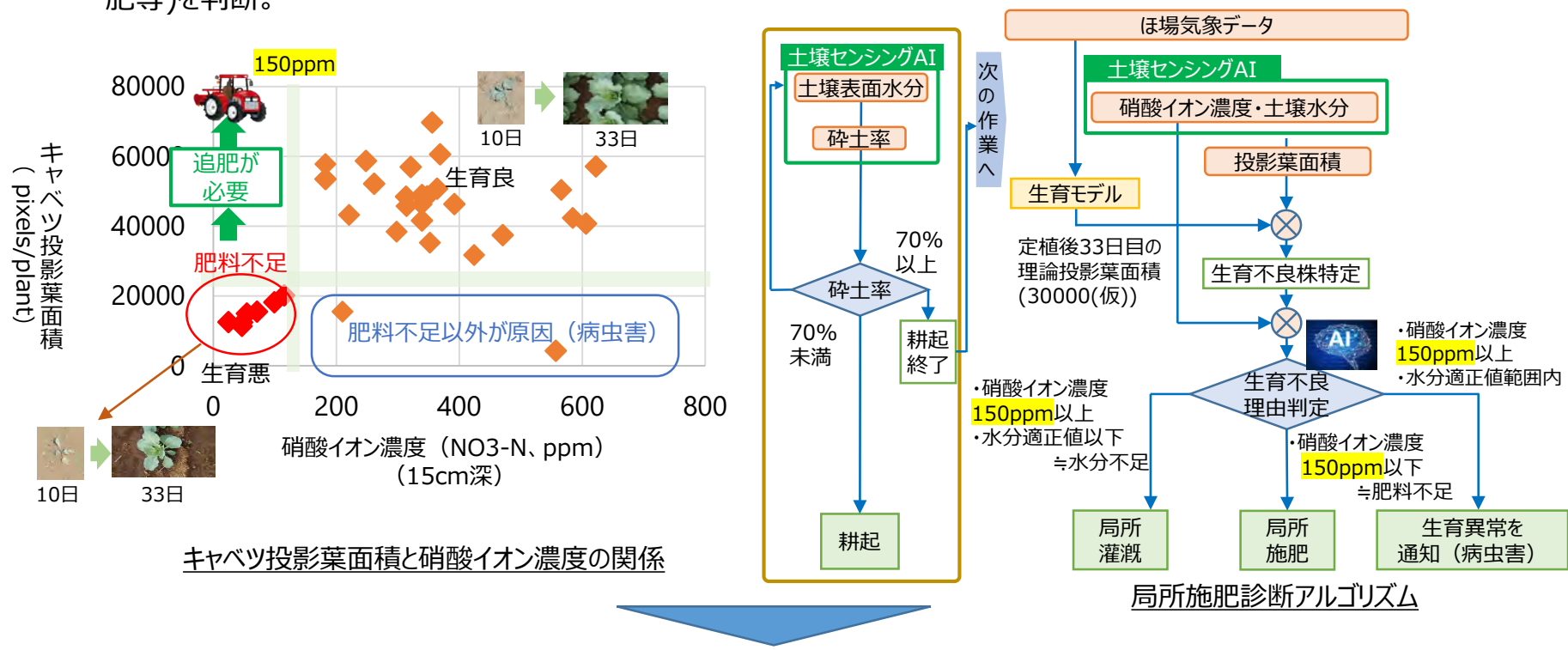
トラクタへの装着実用性を考慮し、**他の計測センシング技術**についても**追加検証中**
例：レーザー式成分センサー、土壌抵抗センサー、硝酸イオンセンサー、水分成分複合型センサー

次年度、検出感度等をも高める改良及び測定データのビッグデータ解析（異なる波長の組み合わせ等）による測定精度向上を行うとともに、農機装着時の課題として判明したセンサーの**ロバスト化を確保**する必要

② 土壌メンテナンスAIシステムの開発

- 土壌の乾湿、窒素含有量及び生育データと収量との関係を解析
- ほ場データマップに従いスマート農機等に対して作業内容を指示するための「ほ場管理AI」のアルゴリズムを開発

- ✓ 一般的に農作物の生育量と土壌中の硝酸イオン濃度との間に相関が見られるところ。
- ✓ 硝酸イオン濃度に係る一定の閾値(キャベツ:150ppm)を下回ると生育が劣るため、追肥が必要となる(左図)。
- ✓ このため、硝酸イオン濃度、土壌水分量をパラメータとした下記アルゴリズムにより、収量を最大化するための作業内容(灌漑・施肥等)を判断。



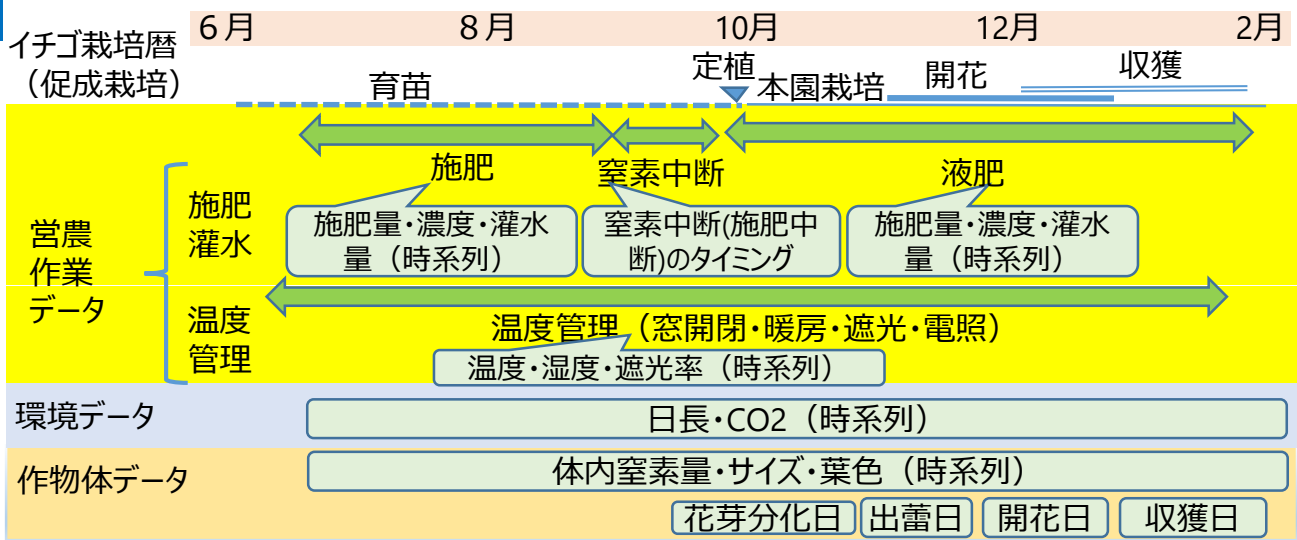
次年度、スマ農事業への展開を加速するため、実圃場データで得られたビッグデータに基づきパラメータの補正等を行い、圃場毎の状態（土質の違い）に応じた作業指示内容の精度向上を図る必要

③ 営農支援AIシステムの開発

- 施肥管理など代表的な作業項目を対象とし、**営農作業をデジタルデータベース化**
- 取得したデジタルデータの分析により、**収量に大きな影響を与える施肥管理判断が可能か検証**

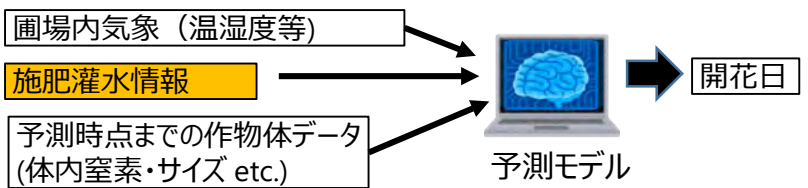
1. 営農作業のデータベース化

・開花日に影響を与える可能性のある営農作業・環境・作物体のデータを収集(作物測定データ+温湿度+葉画像)
・R4以降の大規模なデータによる検証に向けて、**データ収集マニュアル、および、データ収集支援ツール(スマホアプリ)**を整備した。



2. 開花日に大きな影響を与える施肥管理判断の可能性を検証

① 開花日予測モデルの構築



- ②【結果】予測モデルを利用した、施肥、気象等が開花日に与える影響の分析
- 1) 育苗時の**施肥濃度**と**施肥打ち切りの時期**、および、**定植 (施肥再開) 時期**が、体内窒素濃度を介して**開花時期**に影響を与える可能性が示唆された。
 - 2) **定植から出蕾、開花に至る期間**は**積算温度**の影響が大きく、温度管理も重要であることが示唆された。

R4年度以降、栽培地および年次的な気象条件の違いに予測モデルを対応させるため、データ収集地域として、現在の西日本に加え、東日本、及び九州を追加、**データベースを拡充**する。

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：75百万円相当	
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） 27,700千円相当
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） 21,500千円相当
③営農支援AIシステムの開発	（ICT関連企業） 26,300千円相当

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） 27,700千円	33,000千円相当(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	20,000千円相当(人件費含む) ICT関連企業、農業生産団体、ICT関連企業、センサー製造企業
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） 26,300千円	1,000千円相当(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（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。	・G社（ITベンダー）、H社（ITベンダー）が参画を決定。参画企業として農業機械メーカー、センサー製造メーカー、ICT関連企業等、8社とR4年度の研究推進に関し協議を実施。
・現在のところ、A社（スマート農機）、B社（スマート農機・ITベンダー）、C社（ITベンダー）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。	・現地実証の候補地として生産者団体D、生産者団体E、F生産法人を決定。
・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。	・11/1(月)「知」の集積と活用場のポスターセッション(約300名参加)にて会員活動報告を行い、民間企業と情報交換、参画への調整を実施。
・「『知』の集積と活用場（7社参加）」については、9月にWSを開催予定。	