



第1章と第2章の内容は、2022年度の事業として制作したものです。スマート農業の現在地を理解する上で必要な項目を厳選し、ビデオ教材とセットで制作しました。この第3章では、第1章と第2章の内容を補完する項目をリストアップし、2023年度の事業としてスマート農業教育拠点運営委員の先生方と議論しながら、6つのコンテンツを新たに制作しました。2023年度におけるスマート農業の方向性を紹介する内容を含むことからトレンド編と名付けました。施設園芸のスマート化、小型スマートロボット、スマート農業の農作業安全、スマート農業の経営効果、スマート土壌診断技術、国外のスマート農業を解説しています。これらのコン

テンツは、私達が農林水産省スマート農業教育拠点事業で行っている研修事業の参加者の皆様からのご要望を汲み取ったものでもあります。トレンドを意識し、まだ開発途中の技術も積極的に取り入れています。ビデオ教材とセットになっているのは、第1章、第2章と同様です。

2022年度版のフォローノートを手にとっている方には、この第3章が新規コンテンツに当たります。スマート農業の農作業安全とスマート農業の経営効果については、第1章と第2章の内容と関連づけて利用いただくと、意義深いものになると考えています。本書がスマート農業へ関心を喚起し、必要とされる方に届くことを願っています。



施設園芸と環境制御技術

農業は作物の栽培、つまり「植物」を相手にする産業です。植物の体の約90%は水分で、残りの乾物部分は炭素(C)、酸素(O)、水素(H)が90%を占めています。それ以外のカルシウムや窒素、カリウムなど肥料成分である無機物も大切ですが、植物の体を主に構成している炭素、酸素、水素は、デンプン(糖)を元としています(図1)。そしてこの重要なデンプンは、CO₂(二酸化炭素)と水に光合成による光エネルギーが加わって作られるのです(デンプンとともに酸素も産生されます)(図2)。

ハウスなどの施設園芸で、こうした光合成という基本的な営みを行う植物を栽培するためには、日射量や温度、CO₂濃度をはじめとする環境を制御する技術が重要になります。つまり温度だけでなく、灌水や肥料、CO₂濃度、湿度をモニタリングしコントロールできることが必要で、そのためにはこうした環境要因をデータとしてとらえることが重要となります。

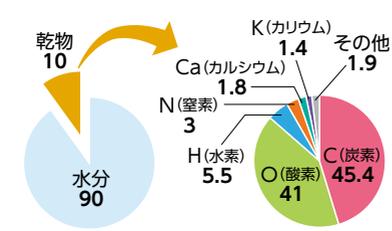
データに置き換えることはスマート農業への入り口

この「環境要因をデータとしてとらえる」ことが、スマート農業の第一歩となります。

スマート農業の効果としては、ロボット農機や自動水管理システムなどによる「作業の自動化」、位置情報や作業記録などをデジタル化・自動化することによる「情報共有の簡易化」があり、この他に衛星やドローンによるセンシングや、AI(人工知能)解析によって作物の生育や病害虫発生を予想するなど「データの活用」もあげられます。このことから、環境要因をデータとしてとらえることがスマート農業への第一歩だということがわかるでしょう。

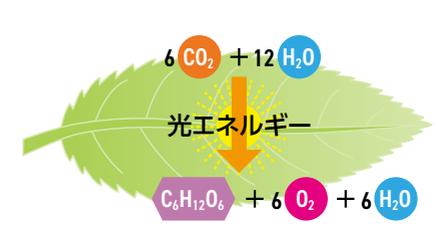
人間の健康診断でも、さまざまな数値から自分の現在の健康状態がわかります。それと同じく、温度や湿度も「暑い」「寒い」ではなく数値でとらえ、またCO₂濃度のように五感では感知できない環境をデータに置き換えることが重要となります。つまり、ハウス内の環境を、世界のどこでも通じる客観的なデータ(数値)として「見える化」する

図1 植物の体を構成しているのは糖



植物体の乾物部分の約90%はC、O、Hで構成されている

図2 植物生産の基本は光合成



環境制御技術は、光合成速度を増大させること

図3 ハウス内環境の「見える化」は重要



ことが重要です(図3)。

「データ」に対する考え方

個々のハウスでデータをとらえてコントロールする

数字のデータというと、収量データや温度計による気温などが頭に浮かびますが、最近では各社から各種モニタリング装置が発売されており、ハ

ウス内のさまざまな環境データを簡単に収集できるようになりました。この他にも、作物の生育調査データも重要となります。

ここで、データを「料理のレシピ」に例えて考えてみましょう。料理を作る上で、調味料の量や煮込む時間などの料理のレシピはインターネットなどから簡単に得ることができ、これに基づいておいしい料理が作れます。でも、料理は家庭や状況ごとに少しずつ違ってきます。夏に汗をかきながら帰宅する家族を思って、一般のレシピよりも塩分をすこし多めにすることもあるでしょう。太り気味の家族を気遣って、糖分や脂肪を抑える場合もあるでしょう。

施設園芸においても同じで、「一般的な管理データ」にしたがうのではなく、「それぞれのハウスのモニタリング装置のデータ」に基づいて最適にコントロールすることになります。データを見ながら臨機応変に対応することが大切なのです。

栽培に必要なデータは3つある

施設園芸において栽培に必要なデータは、大きく分けて3つあります(図4)。1つめは、日射量やハウスの内気温・外気温、ハウス内の湿度やCO₂濃度などの「環境データ」です。

2つめは、主に生育調査から収量や葉長・茎径などを数値化した「植物体データ」です。

3つめは、誰が・どこで・何時間働いたか、また個々の作業はどれくらい時間がかかったかなどをデータ化した「労務データ」で、農業という経営活動を行っていく上で必要なデータです。

作物の根の状態や、花の色・花自体の状態など数値化しにくいものについては写真に撮って画像データとして保存します。

データを集める時に注意しなければいけないのは単位です。温度なら「℃」、日射量なら「J(ジュール)」または「W(ワット)」に、湿度なら「%」または「g/m³」にというように揃えることが重要で、これを「プラットフォームの共通化」といいます。感覚ではなく数値でとらえようとしても、単位がバラバラであれば、正確な比較対照ができなくなってしまうからです。

図4 栽培に必要なデータとは?



データの種類

- ・環境データ: 日射量、気温、湿度、CO₂濃度 など
- ・植物体データ: 収量、葉長、茎径 など
- ・労務データ: 就労時間、各作業工数 など

データの分類

- ・数値に表せるデータ : 日平均気温○○℃、灌水量○○L/10a/日 など
 - ・数値に表せないデータ: 根の状態、花の状態、 →写真に撮る
- ※現状では正確に表すのが非常に難しい

図5 データ解析のポイント

決まった最適値はない

- ・最適気温、最適茎径はない
- 状況により変化
- ・目標値はある

①データを比較する

- ・昨日と今日のデータ、他の生産者のデータ

②中長期的に見る

- ・植物体は、数日間の環境に影響する

③変化を確認する

- ・目標値に対して数値が上下してもすぐに変更しない。
- 様子見の時間が必要
- 数値の追いかけてこさない

図6 必要に応じたデータ解析

短期的での解析

- ・1日～7日ごと
- ・日々の設定変更 など

中期的での解析

- ・週単位、月単位
- ・植物体の変化 など

長期的での解析

- ・年単位
- ・栽培管理全般
- ・前年度との比較

目的に応じたデータ解析が必要!

データ解析のポイント

収集したデータを活用するには解析が必要です。解析の際にまず気を付けなければならないのは「決まった最適値はない」ということです。例えば温度を設定する場合でも、目標値はあっても、実際には状況に合わせて最適な温度は変わっていきます。そのため、データはしっかりと集めてどのようにデータを使うかを常に意識することが大切です。

次に大切なのは「データを比較する」ことです。今日と昨日、今週の平均と先週の平均、月ごとの平均、さらに他の生産者のデータなどとも比較して、変化を確認することが重要です。その際、数値をグラフ化すると、数値の変化のようすがひと目でわかるようになります(図5)。

また、データの解析は目的に応じて行います(図6)。

図7 スマート農業による「環境にやさしい農業作り」

LSスクリーン
保温による省エネ
灯油使用量削減



「みどりの食料システム戦略」
に沿った生産性向上と
環境負荷低減の両立・
SDGsの達成

CO₂施用機「真呼吸」
収量・品質向上
灯油使用量削減



養液栽培
水の有効利用・土壌保全
減肥料



(株) 誠和ではLSスクリーン(ハウス内の内張りフィルム)による保温維持や、養液による栽培、灯油の使用量の削減などの研究が行われている。

1週間での変化をとらえての「短期的での解析」は、日々の設定変更などに活かされます。

また、週単位や月単位での「中期的な解析」は植物の変化をとらえるために、年単位での「長期的な解析」は作物全体や収量の変化を確認するために行います。

施設園芸におけるスマート農業の実例

ここでは、(株) 誠和の実例を紹介します。同社では「みどりの食料シス



制御装置



LEDライト



ハウス内環境測定装置



暖房機

テム戦略」*に合わせて環境にやさしい農業作りを目指し、保温の工夫や、肥料および水を削減する方策、光合成に必要なCO₂の効率的な発生方法を模索しながら、ハウス内で作物を栽培しています(図7)。

栃木県の2つのハウス(約8000m²と約1万m²)と徳島県の1つのハウス(約1万m²)では、制御機器に人が数値を入力し、コンピュータによって高度な環境制御が行われています。光合成のためのLEDライトや巨大な暖房機などが環境制御装置として設置されており、コンピュータのコントロールによって稼動しています。コンピュータがコントロールするために必要となる風向・風速や温度、湿度、培地や葉の表面の温度、日射量などのデータは、ハウスの内外に設置された複数のセンサーから得ています。

こうした大規模なハウスばかりではなく、さまざま現場の施設園芸にもスマート農業は導入されています。ハウス内の状況をデータとして見える化し、それをクラウド上に上げてグラフ化したり、収量予想を行ったりしています。また、現場に行かずにスマートフォンでハウス内の状況を確認したりすることも可能となっています。

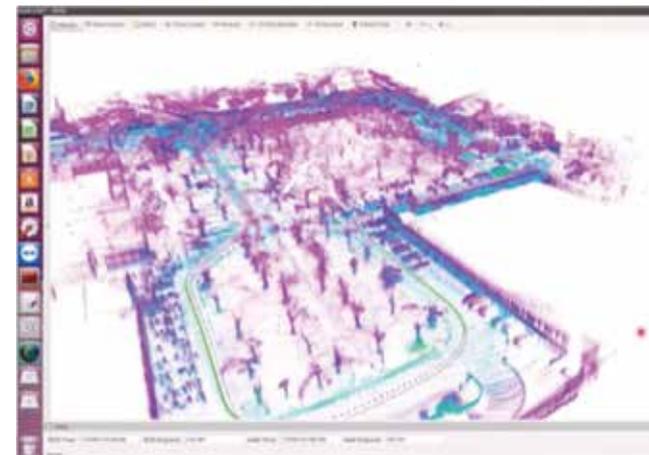
*みどりの食料システム戦略：環境を重視する国内外の動きが加速していく中で、これらに対応しつつ日本の食料・農林水産業において持続可能な食料システムを構築することを目的として策定された。食料・農林水産業の生産力の向上と持続性の両立を、技術革新で実現するとしている。

図1 自動運転技術とは？



LiDARやGPS等のセンサによって、対象となる環境の高精度3次元地図を作成
=地図作成
 事前に作成された高精度地図の「どこに自分がいるか」をあきらかにすることで、
 目的地まで到達=**自己位置同定**
地図作成+自己位置同定を同時に行う手法をSLAMといい、自動運転の重要キーワード

図2 高精度な3次元地図



LiDARによる情報とGNSS (GPS)などのセンサによる情報を融合させた高精度な3次元地図。自動運転では、このような「地図作成」と「自己位置同定」を同時に行うSLAMという手法が重要となる。

スマート農業では、ロボットトラクターをはじめとする完全自律型のロボット農機の開発が進められており、将来的には、AI (人工知能) 機能を持った、より小型化されたロボット農機の実現が目標とされています。ここでは、そうした小型スマートロボットの研究開発の現状や用いられる技術、そして農林業における貢献などについて、北海道大学工学研究院機械・宇宙工学部門の研究室で研究開発されている事例をベースに紹介します。

同研究室では、ロボット技術 (RT)、情報技術 (IT)、そして人工知能 (AI) を核として、「積雪環境における自動運転技術開発」「UAV (ドローン) の応用」「除草作業自動化技術の開発」の3つのテーマで研究を進めています。

自動運転技術とは？
 —— 積雪環境下での自動運転技術の開発

自動運転に必要な技術

自律走行型の小型ロボットの自動運転技術とはどのようなものなのでしょうか。自動運転ではまず人が運転して、近赤外光や可視光、紫外線などを照射して距離を測定する「LiDAR」などのセンサを用いて3次元地図が作られます。そしてGNSS (GPS)等の情報と融合させることでさらに高精度な3次元地図が完成します。また、自分が今どこにいるのかを知る (これを自己位置同定と言います) ことも重要です (図1、図2)。

北大の研究室では、無人自動車を使った積雪地帯での実証実験を2017年から2020年にかけて行っています。実験では自動運転に成功しましたが、実験道路に特化したものであり、まだ実用化の段階ではありません。

雪道での自動運転技術と社会的な課題

高齢化・人手不足は現在の農林業の解決すべき課題ですが、これと同様に、北海道のような積雪地帯では「除雪に携わる作業員の高齢化・人手不足」が社会問題の1つになっています。特に小型の除雪機が歩道の除雪を行う場合は安全確認のために誘導員が必要になりますが、極寒の中、10～20kmという長距離を長い時間にわたって徒歩で移動しなければなら

ず、非常に過酷な作業となっています。

また、「積雪・降雪環境下における物流問題」という課題もあります。小型の配送ロボットなどで物資や郵便物が届けられていますが、積雪環境下での対応はまだ進んでいません。

いかにして人を検知するか？

こうした社会的な問題を踏まえた上での技術的な課題の1つとして、北大の研究室では「歩道除雪機の高機能化」をあげています。これは、誘導員の作業をセンサが代わりに行うシステムで、そのための「ロバスト^{*1}人検出システム」の開発が推進されています(図3、図4)。

自己位置同定を行い、人や障害物をどのような環境でも安定して検知して回避するこうした研究^{*2}は、農林業における小型ロボットの開発に大きく貢献します。研究では、実験のほかに仮想空間でのシミュレーションという手法も用いられています。

図3 ロバスト人検出システムの開発

歩道除雪機の誘導員を代替するアラートシステムの提案



暗闇や降雪、逆光などの悪環境において、AIと組み合わせたサーモカメラで人を検知、またLiDARで距離を測定してアラートを発出する。北大の研究室では小型除雪機の自動運転技術として開発されているが、将来の小型ロボット農機の安全性にとっても不可欠な技術といえる。

UAV(ドローン)の農林業への活用

ドローンによるインフラ点検

UAV(無人航空機)つまり「ドローン」は、農林業における小型スマートロボットの中核を担っているといえます。北大の研究室では、ドローンとリモートセンシング技術を使って港湾の防波堤などのインフラを点検する技術開発を進めています。

この研究では、防波堤のテトラポッド(消波ブロック)の欠損箇所を点検して定量的に評価する作業でのドローン利用を目指しています。ドローンに搭載したLiDARが防波堤を3次元の点群(点の集まり)として把握し、防波堤の設計図と比較することで、欠損の状況を数値で評価します。防波堤の点検を人が行うとすると、ボートで沖まで行って時間をかけて作業をしなければなりません、ドローンなら15分ほどで一気に行うことができるとされています。

*1: ロバストとは、「屈強な・堅牢な・頑強な」を意味する英語の「robust」で、ここでは、「どのような環境であっても、高い精度・安定性を維持して人検知ができる堅牢なシステム」というような意味合い。
 *2: 基礎編「安全センサ」、応用編「遠隔監視ロボット農機」も参照。

図4 アラートシステムの動作例



□: 15m~ □: 10~15m □: ~10m

DANGER! : 3フレーム以上連続して歩行者が10m以内にいる時に表示

吹雪の中で見えなくなるホワイトアウトの状態でも、サーモカメラで人を検知し、10m以内に近づくとアラートを発出する。

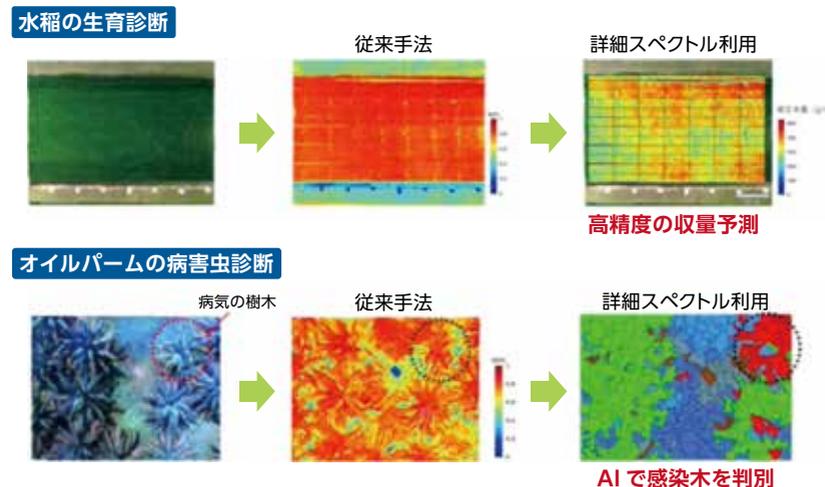
スペクトルカメラによるリモートセンシング

ドローンとリモートセンシング技術を用いると、広大なプランテーション農園で作物の生育や病害虫の発生状況などを短時間で調べることができます。そうした農林業において用いられるのが「スペクトルカメラ」です。スペクトルカメラは光の波長の分解能が非常に高く、一般のカラー撮影では得られないスペクトルの微妙な形状から有用な詳細情報を得ることができます(図5)。

スペクトル情報と位置情報を紐づける

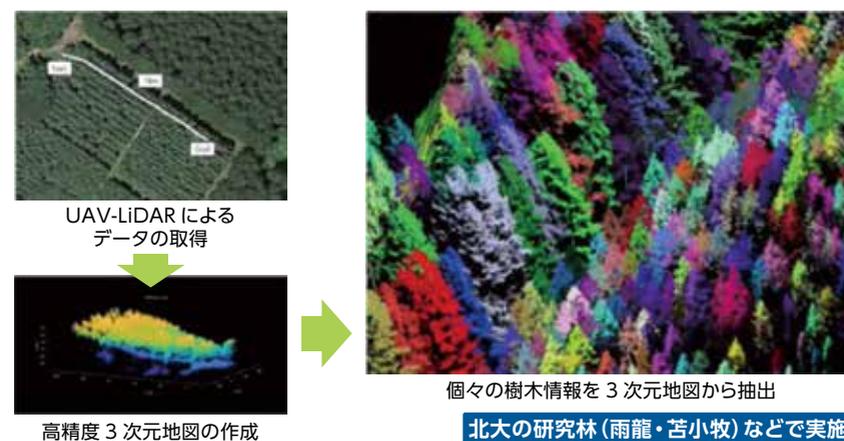
こうした「スペクトル情報」に「位置情報」を加えることで実用性がさらに高まります。例えばバナナ農園などで新パナマ病が発生した場合、スペクトルカメラを搭載したドローンを使って、感染したバナナの木やその位置が突き止められれば、伐採や薬剤散布などの対策を早急に立てることができます。つまり、スペクトル情報と位置情報を紐づけて活用することが重要なのです(図6)。

図5 従来の技術とスペクトルカメラとの違い



スペクトルカメラを利用すると水稻の生育状態がわかり、収量予想も立てやすくなる。また病気になったパームツリーも、AIと組み合わせることで、感染した木を正確に識別できるようになる。

図6 森林資源管理を目的として、UAV (ドローン)+LiDARによる計測を実施



ドローンに搭載した3D-LiDAR(3次元ライダー)で対象となる森林を計測し、そのデータをもとに高精度3次元地図を作成。その3次元情報から個々の樹木の情報を取り出す。

除草作業の自動化

雑草と作物を見分ける

例えば漢方薬の薬草の栽培では除草剤の使用が制限されており、現場では人が手作業で雑草を除去しているのが現状です。また、近年SDGsがさげばれて「環境負荷の低減」が求められていることから、農業においては減農薬の動きが加速しています。

スマート農業では「ピンポイント防除技術」の導入が進められています。同時に、人に代わって自律走行する小型ロボットがマニピレータなどで機械的に雑草を除去する技術の研究開発が進められています。

畝と畝の間の雑草を取り除くロボットはすでに開発されていますが、1つの畝にある作物同士の株間に生えている雑草を除去できる汎用性のある小型ロボット農機のニーズが世界的に高まっているのです。トラクターの

図7 雑草と作物を高精度で識別するロバスト深層学習



車両速度は時速1km(写真左)。この速度で移動しつつ、80%の精度でハトムギと雑草を識別した(写真右)。精度を90%にまで上げ、1秒間に10回識別できれば、十分に実用的になると考えられている。

ような大型ロボット農機よりも自律走行可能な小型ロボットの方が、畝の株間にある雑草を高精度に識別して細かく除去するのに最適と考えられています。

こうした除草用の小型ロボットの実用化には、作物と雑草を高精度で見わけるAIの開発が不可欠となります。北大の研究室では、1秒間に5～10回ほど作物と雑草を見分けられる、AIのための「ディープラーニング(深層学習)」の枠組みを開発して実証実験を行っています(図7)。

自律走行の速度と確実な除草機構

北大の研究では、小型ロボットがセンサで畝を認識しながら自律走行する場合の速度の目標を時速1～3kmとしています。また、雑草を識別するだけでなく、雑草を確実に根から除去できるマニピレータの開発も行っています(図8)。

シミュレータも利用することで効率よく開発

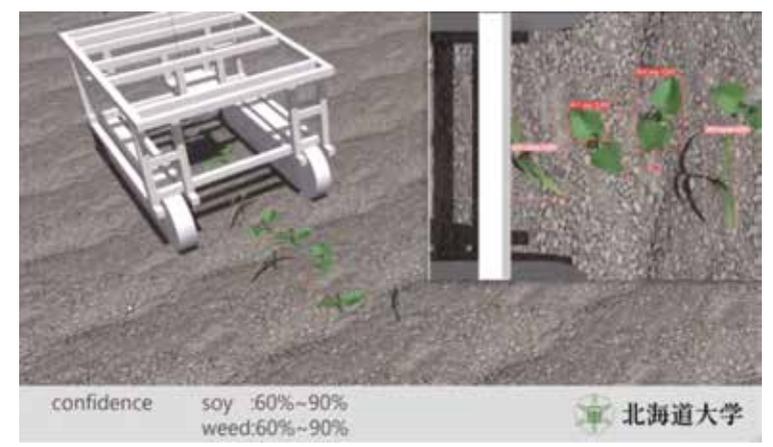
開発の現場では、実際に車両を走らせての実験だけでなく、仮想の3次元空間での車両の設計やマニピレータの取り付け、そして完成した車両の稼働に関するシミュレーションも行い(図9)、時間と労力を削減しながら除草用小型ロボットの開発を効率よく進めています。

図8 除草ロボットの最近の取り組み



搭載されているセンサカメラによって、畝沿いを時速1kmで走行するロボット(写真左)。マニピレータの実演では1回失敗したが、再度トライすることで雑草を除去した(写真右)。

図9 小型スマートロボットの実際の開発



仮想空間における除草作業のシミュレーション。使用されているハトムギや雑草、さらには土地のテクスチャー(表面の状態)は、実際の北大の圃場から得られたデータをもとに作成されている。このため、実際の実験を行ってもきちんと動き、短時間で効率的に実データを収集することが可能となる。

意外に多い農作業の事故

農業にはのどかなイメージがありますが、鎌などの器具による怪我や農業機械による事故など多くの危険が潜んでいます。

現在、農作業中に亡くなる人の数は減少傾向にありますが、農業者10万人当たりの発生件数を見ると、全体的に増えている傾向にあります(図1)。実は発生件数を見ると、農業は建設業の1.8倍、日本国内の全産業の平均と比べて8倍も死亡事故の発生確率が高いとされています。

事故の内訳を見ると、近年増加している「熱中症」が全体の1割近くを、そして「農業機械による事故」が7割を占めています(図2)。

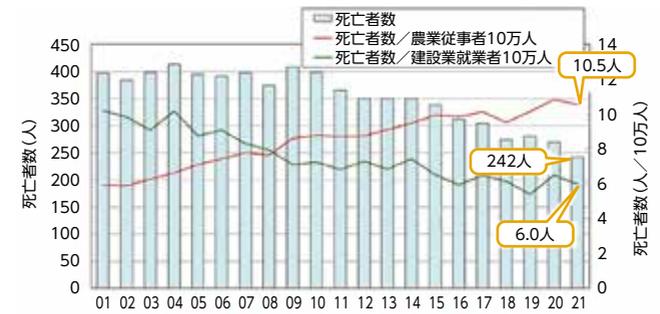
農業の事故が減らない原因

農業の中でも家族経営の農業は、原則として労働者の安全を守る「労働安全衛生関連法令」の適用外となっており、事故が発生しても報告の義務がありません。このため事故の詳細がわからずに、農作業事故を防ぐための具体的な対策が立てにくいという背景があります。

また、農業以外の産業では、法令や規則に基づいて労働安全コンサルタントなどの専門家の指導の下に安全対策が立てられる枠組みができています。ところが農業では、そうした動きの普及がなかったために安全対策が確立しにくくなっています。

「自分の身は自分で守る」といっても、具体的にどうすればいいのかわからず、結局は「今まで事故もなくやってこられたんだから、注意すればこれからも大丈夫」と自分勝手に判断しがちですが、注意力は15分程度しか続かないとも言われています。そもそも人はミスをする生き物であり、ただ注意するだけでは事故を防ぐことは難しいのです。

図1 農作業事故の件数



※農林水産省の農作業死亡事故調査報告、「農林センサス」、「農業構造動態調査」に基づき作成

水色の棒グラフは農作業中における死亡者数。折れ線グラフは農業従事者と建設業就業者それぞれ10万人あたりの死亡者数で、危険なイメージがある建設業では減少傾向にあるのに対し、農業は増加傾向を示している。

図2 農作業死亡事故の内訳

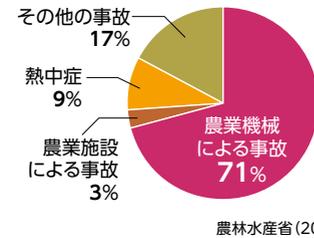


図3 事故を防ぐためには

事故の要因の種類

- 機械や器具に関わること
- 事故現場の環境に関わること
- 人に関わること
- 安全管理に関わること

これまで「人のミス」として扱われていたものも、実はそれ以外の要因が強く関係している場合がたくさんある!

農業における事故について

事故の要因には何があるか?

事故の要因には、大きく分けて4つの種類があります。作業中に使う「機械・器具」、事故が起こる現場である「環境」、そして「人」、さらに、安全のためのルール作りを適切に行う「安全管理」です(図3)。

ただし、それぞれの要因には関連性があり、人のミスとして扱われた事故が、それ以外の要因と強く関係している可能性もあります。例えば、「機械を動かしたままゴミを取ろうとして怪我をした」という場合、「危険で

あることを誰からも教えてもらっていなかった」としたら、もっぱら本人のミスであったとはいえ、安全啓発活動が不十分でもあったわけで、安全管理が要因となって起こった事故といえます。

事故の実例——作業機の脱着時の事故

事故の実例を見てみましょう。

農薬散布などに使われる作業機であるブームスプレーヤをトラクターから外すとき、スプレーヤが突然持ち上がったためにトラクターとスプレーヤの間に腕を挟まれました。その結果、右前腕部の筋肉と靭帯が断裂。2週間の入院のあとにリハビリのため1か月の通院を余儀なくされました。なかなか握力が戻らない後遺症も残ってしまったといえます。

この事故は、スプレーヤの固定用の爪を動かすための紐ひもがトラクターとスプレーヤの間に落ちたため、後ろを向いて右手で拾おうとしたところ、左腕の袖口が作業機の昇降レバーに引っかかり、作業機を上げてしまったことが原因で起こりました(図4)。

この事故の要因としては、まず「機械に関する要因」が挙げられます。次に「作業機の着脱時にはエンジンを切る」という重要な点が徹底されていなかったということで「安全管理上の要因」も挙げられます(図5)。

この事故の対策として、まず「機械」面では、固定爪を紐ではなくレバー式ないしは電動式にすれば、運転席から正面を向いてスプレーヤを外すことができます。また「安全管理」面では、作業機の着脱時にはエンジンを止めること、レバーなどの破損部分はすぐに修理することをJAなどの関係機関が農業従事者に周知させるなどが対策として挙げられます。

作業機の脱着時の負傷事故としては他に、作業機が急に外れたり、作業機とトラクターをつなぐユニバーサルジョイントのカバーが外れて足の上に落ちて骨折する、コネクタに指を挟まれるなどの例があります。

ロボット農機は事故を防げるか?

現在市販されているロボット農機は、近くで人が監視している状態で使われます(レベル2)。人の監視には限界があるので、ロボット農機には2D LiDARライダーや近接センサなどの安全センサが搭載されています。

図4 作業機脱着時の事故事例(1)



30代男性、右前腕部の筋肉と靭帯の断裂、入院2週間、通院1ヵ月

図5 作業機脱着時の事故事例(2)

機械に関する要因

- ・昇降レバーの球状の握りが取れて、袖が引っかかりやすい状態だった
- ・紐で固定爪を動かす方式であり、紐の取り扱いが煩雑だった

安全管理上の要因

- ・関係機関が作業機脱着時にエンジンを止めることや、修理の重要性について啓発していなかった

環境に関する要因

- ・特になし



昇降レバーの先端には球状の握りが付いていたが、これが取れた状態で放置されていたため、袖口が引っかかりやすくなっていた。この点は「機械による要因」だが、壊れたところは修理しておくことが定着しておらず、この点からは「安全管理上の要因」の事故とも言える。

ただし、安全センサをオフにすることができる機種もあり、その場合は監視する人が目を離したときに人がロボット農機に近づいても、とっさに停止操作をすることができません。つまり、ロボット農機のまわりにも事故の芽はあるとも言えます。

このため、今後のロボット農機はレベル3、つまり人が遠隔地から映像で監視し、異常が発生した時はAI(人工知能)やロボット自体が判断して

自動停止する方向で開発が進められています(応用編・第3節)。人間の負担を減らす反面、ロボット農機側の責任が増えることとなりますが、人や障害物を完全に検知する技術は進化の途上にあると言えます。

事故を防ぐための3つのステップ

事故を防ぐには3つのステップがあります(図6)。ステップ1は、「作業現場の危険源を取り除く」です。とはいえ、すべての危険を取り除くことはできないので、ステップ2では「取り除けない危険源と人を隔てる」ようにします。そしてステップ1と2を実施したあとで、ステップ3として「安全な行動を遵守する」を行います。安全教育やマニュアルの作成を実施してグループ全体で共有することで、自分では気づけない点を他の人の意見で気づくことができます。また、安全対策を立てることばかり考えてステップ3から始めるのではなく、ステップ1と2を踏まえた上でステップ3に取りかかることが大切です。

具体的には、ステップ1は安全性の高い農業機械の選択です。たとえば農研機構の制度である「安全性検査」に合格した農機などで、ロボットでいえば無人運転モードでは必ず安全センサがオンになる安全性を備えています。ステップ2は、カバーを外したままにしない、破損したら修理をする、人の圃場への侵入を防ぐ警告看板や柵を設置するなどがあります。またステップ3は安全な作業の励行で、ロボット農機の自動走行中は補助作業者は圃場に入らない、ロボット農機が圃場から逸脱する時は停止させる、運転開始や停止の合図や方法を補助作業者と打ち合わせておくなどがあります。

「つい・うっかり・まあいいか」をなくすには?

こうした取り決めをしても、人は「つい・うっかり・まあいいか」と考えてしまいます。その場合は、考え方を考えてみましょう。

例えば機械を清掃する時、ついついエンジンを止めずに作業してしまいがちです。ところが、機械を止めるのにかかる時間が30秒や1分なら、止めたとして1日の作業にどれぐらい影響が出るでしょうか。怪我や命と引き換えに惜しむほどの時間でしょうか。それこそ怪我をして農作業にあ

図6 労働安全衛生管理の考え方

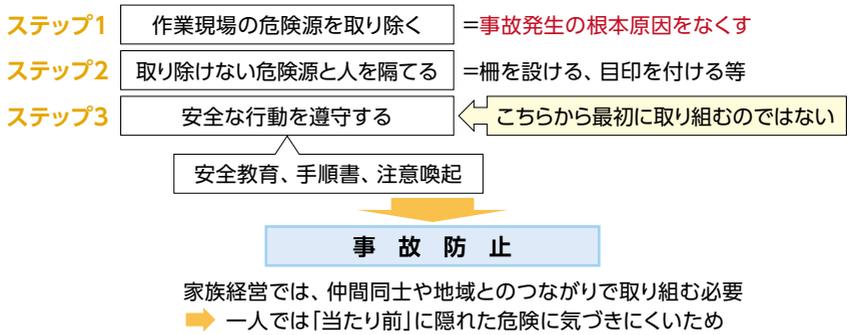


図7 危険に気づける自分になる「KYトレーニング」

- 各自が問診票に記入し、グループ内で発表し合う
- 各自が気づかなかったことを他のメンバーの意見で気づける
- 作業前のミーティングで実施する
- 想定される危険とその対応策を頭に入れて作業にのぞめる
- ▶とっさの時でも適切な行動が取れるようになる

記入例(耕耘作業)

作業名	危険な場面は?	私たちはこうする
ロータリの着脱	手が挟まれる	ロータリが動かないように平らなコンクリート上で行う
路上走行	右折時の後継車の追突	ミラーだけでなく、直接、後方を目視確認する
圃場内の旋回・位置合わせ	急旋回時の転倒	速度を下げた旋回する

たれなくなった時の経営的損失は……。このように考えることで、「ルールだから従う」のではなく「理解して実践する」ことができるようになります。

他産業でも行っている安全対策の実例

KYトレーニング(KYT)

「危険予知トレーニング」とも言います。グループの各人に用紙を配り、ある作業について考えられる「危険な場面」と、それを防ぐために「自分ならこうする」という意見を書いてもらいます。そしてそれを発表し合うことで、自分が気づかなかった危険や対策に気づくことができるようになります(図7)。

5S

5SのSは「整理・整頓・清掃・清潔・躰^{しつけ}」の頭文字です。必要なものといらないものを分けて、いらないものを捨てる「整理」、必要なものをすぐ取り出せるように置き場所や置き方を決める「整頓」、きれいにしながら異常に気づく「清掃」、きれいな状態を維持して異常を発見しやすくする「清潔」、そして、決められたことを実行できるように慣習づけるための「躰」です。

5Sは労働安全だけでなく、「収益向上の一丁目一番地」と言われており、他産業でも重視されています。中でも、「整理・整頓」が一番大切とされています(図8)。

農業における安全とは、まず機械や環境、安全管理に潜む危険に気づき、KYトレーニングやミーティングの場でグループで共有します。そして5Sなどに基づいて作業現場を改善してルールを作ります。最初からうまくはいきませんが、発見した不具合やヒヤッとした経験(ヒヤリハット)をもとにして改善する流れを繰り返すことが重要です。欲張ると長続きしないので、手をつけやすいところから始めましょう(図9)。

図8 整理・整頓は特に重要!

何枚ずつだか、
わかりますか?



何枚ずつだか、
わかりますか?



参考：宮城学院女子大・大橋 2016

整理・整頓によって、無駄なくミスなく余裕をもって判断や行動することが可能となり、ミスを減らすことができる。

図9 農作業安全の考え方(まとめ)

1. まず、事故の実態を知り、「自分ごと」としてとらえる

2. できることを考え、実践する

・ 機械、環境、安全管理に潜む危険に気づき、全員で共有

・ 現場を改善する、作業のルールを作る

5S

・ ルールを理解し、実践してみる

・ 不具合のある点やその後起こったヒヤリハットを元に改善し、再度やってみる

KYT、農場
ミーティング

これを営農が続く限り繰り返す(「適正農業規範」と同じ考え方)重要なところ、手をつけやすいところから徐々に広げる。

🚧 機械導入による経営評価

スマート農業にはロボットトラクターや自動水管理システムなど、さまざまな装備や技術が用いられ、経営者は新しい機械を導入することになります。ここでは農業経営評価に役立つため、機械導入の前と後の農業経営がどう変わるかを、「利益」という数字で示す方法を紹介します。

前半では基礎として「費用対効果」という視点からスマート農業機器のとらえ方を説明します。そして後半では具体的な分析方法を取り上げます。

なお、データや資料はスマート農業の実証事業で得られたものを用いています。

🚧 スマート機械導入による費用対効果

効果を「時間」と「重量」で見してみる

費用対効果を考える上で、まず「効果」に注目し、その効果を「時間」ベースで見てください。例として、自動運転トラクターと直進アシスト田植機をセットで導入した実証事業をあげます。

図1は、機械を導入したことで「10a当たりの労働時間がどれくらい変化するか」を示していて、データが45度線よりも下なら労働時間が短くなったことを表しています。

新しい機械の導入による効果を考える時は、時間の面の省力化だけでなく「重量」、つまり収量も大切です。可変施肥技術の導入前後で単収がどう変わったかを表したのが図2で、45度線よりも上にデータが来れば収量がアップしたことになります。

スマート農業を導入することの魅力(効果)を「数字」で確認することができるでしょう。

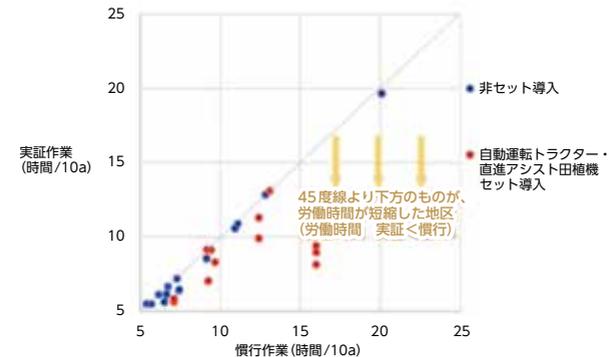
費用対効果 — 効果を得るためにどれほどの「費用」がかかったか？

次に、こうした効果を得るためにどれだけ費用がかかるかが重要なポイ

📊 1 効果：技術の特性評価 例1「時間ベース」

水田作経営の例：

自動運転トラクター + 直進アシスト田植機
→作業効率向上効果

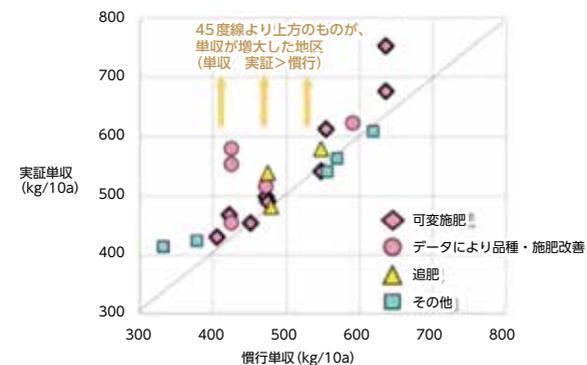


出典：農林水産技術会議事務局・農研機構「令和元年度スマート農業実証プロジェクトの成果について(水田作)」2022年8月
時間ベースで見ると、自動運転トラクターと直進アシスト田植機の導入は、作業効率を大きく向上させたといえる。

📊 2 効果：技術の特性評価 例2「重量ベース」

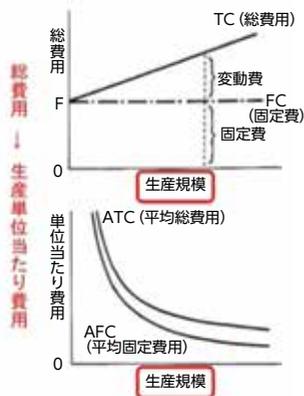
水田作経営の例：

可変施肥技術 →増収効果



出典：農林水産技術会議事務局・農研機構「令和元年度スマート農業実証プロジェクトの成果について(水田作)」2022年8月
ピンクであらわしたものがスマート技術を導入したケースの結果。45度線よりもかなり上に来ているものが多く、収量の増加があったことを表している。

図3 費用：機械（ハードウェア）導入の捉え方



生産規模と関連 費用を2分類

- **固定費**：すでに支払い済み
自分で機械購入「減価償却費」
- **変動費**：生産により支払い
別主体が機械購入「利用料、委託料」

生産単位当たりになると？
平均固定費用＝規模拡大で下がる！

上のグラフ：「固定費」は自分で機械を買ったなど支払い済みの費用で、具体的には「減価償却費」として上乗せされる。「変動費」は誰かが買った機械を使わせてもらう場合の利用料や委託料などで、機械をどういふふうにするかによって変動する。
下のグラフ：規模を拡大することで「平均固定費」が下がることを経済学では「規模の経済」といい、固定費が大きいビジネスでは、規模が大きいほど「規模の経済」がはたらく。

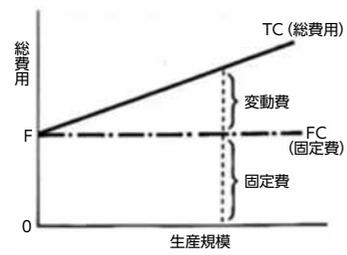
ントです。ここでは、機械導入の際の費用の捉え方の1つとして「コスト曲線分析」を紹介します。

図3の上のグラフの縦軸は「総費用」、横軸は「生産規模」です。費用は「固定費」と「変動費」に分けて考えます。たとえば、自分で機械を購入して支払った分は固定費に入ります。具体的には、減価償却費は機械の場合は7年と決まっているので、取得価額を7で割った金額が減価償却費として毎年の負担に上乗せされます。一方、他の誰かの機械を借りて使う場合には自分の使い方に応じて費用が変わり、これは変動費となります。つまり、実際に機械をどう使うかによって費用のかかり方が違ってきます。

次に、図3下のグラフは縦軸が生産単位当たりの費用です。こちらは主に固定費に関わり、生産規模が大きくなるほど生産単位当たりの費用が下がっていくのがわかります。

実際にはいままで使っていた機械をスマート農業の機械に買い換えることが多く、その場合は両者の差額を見ることになります。共同所有で購入

図4 農業機械の所有

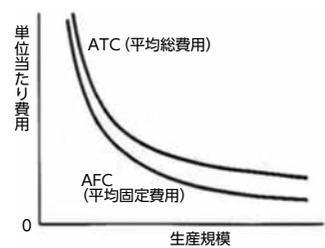


年当たり費用：
減価償却費（取得価額÷法定耐用年数7年）+修繕費

- **固定費 増加**
個別所有で新規導入：全額↑
個別所有で買い換え：差額↑
共同所有なら分割↓
※農林水産省による財政支援あるも、なお高額
- **変動費 増加**
機械借入：利用料金↑
作業委託：委託料金↑
既存機械を処分できると↓
- ※共同所有・委託
▲自由度が低い→「効果」を得られる？
▲料金体系が不確定
▲調整がたいへん！

費用だけを見ると共同所有や委託は優れているが、「好きな時に使いたい」という自由度は低くなる。所有するのと借りるのとどちらが長期的に見て得か、また機械の所有者は利用者の調整の負担を負うなどの留意点がある。

図5 農作業の季節性



農繁期の省略化のみ規模拡大に直結
農繁期：適期作業可能な面積拡大
→生産規模拡大 →平均総費用は下がる
天候不順の年次 作業適期が短い
=短時間で作業しないと収量・品質低下
生産拡大により[平均総費用低下]するが…
天候不順時の[収入低下リスク]を考慮 “余力”

その年に限って天候不順で、短期間に作業をしなければならない時もある。生産拡大によってコストを抑えるという考え方は大事だが、天候不順の時などの対応力など“経営の余力”を考えて装備と規模のバランスを取ることも重要。

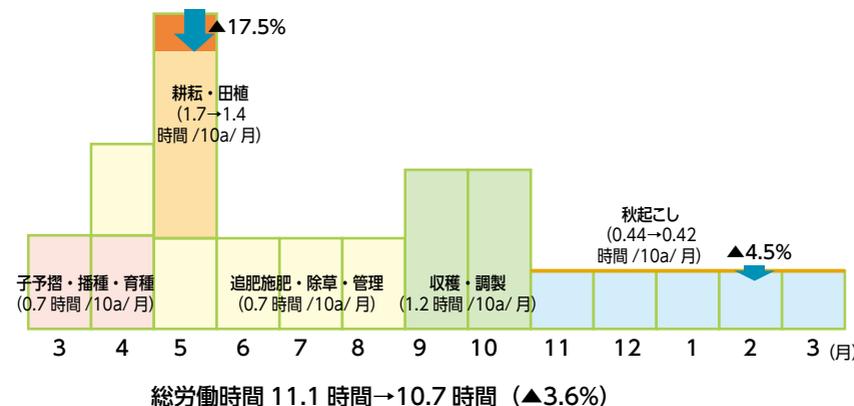
する場合には分割しての負担となり、また、新たに機械を借りる場合には固定費が下がって変動費が新たにかかるというふうになり、所有と利用のパターンによって費用の上乗せの形は異なることに注意しましょう。

なお、実際には共同所有をめぐっての留意点(図4)や、農業の季節性にかかわる留意点(図5)なども踏まえておく必要があります。

作業の季節性

図6は、水稻の作業時間を月別にあらわしたものです。たとえば農繁期である5月に直進アシスト田植機を導入すると、所有者は固定費を払うこととなりますが、規模拡大の実現で平均固定費用が下がるかもしれませんし、固定費である常雇の人件費や、変動費であるこの時期のみの臨時雇用を減らせるかもしれません。一方、農閑期の6～8月に自動水管理システムを導入しても、もともと余剰時間があるので規模拡大にはつながらず、固定費のアップが経営に直接のしかかってくることになります。

図6 実証結果：月別水稻作業時間の削減例



金額ベースで利益を示す分析方法

「大きな効果」と「抑えた費用」のデータが出てきた場合、どう分析すればいいのでしょうか。効果は「時間」や「重量」で出てくることが多いですが、費用は「金額」で出ます。そこで、金額ベースで利益を表す「収支分析」と「シミュレーションによる農業経営モデル分析」を紹介します。

収支分析

スマート農業は、機械だけ交換して他は同じという事例は、ほぼないと考えられます。実証事業でも、「機械体系」だけでなく農地面積や労働力などの「経営資源」、作付品種や作付比率などの「作付体系」、施肥量や資材銘柄の変更などの「栽培技術」が変化します。

「収支分析」は、機械導入も含めたこれら全ての変化を反映したうえで決算データとして数字を出す方法です。「スマート農業をやったらどうなるか」を明らかにすることが目的である場合は、何をどこまで計上するかは、その目的に合わせて調整します。

実際には、収入と、変化の支出を単純に引き算して出てくるのが利益なので計算自体は簡単で、導入前と導入後での利益の増減がはっきり数字で表されます。

[農繁期] 5月

- 直進アシスト田植機 固定費↑
- 規模↑：平均固定費用↓
- 常雇↓：固定費↓ 臨時雇↓：変動費↓

[農閑期] 6～8月 管理作業

- 自動水管理システム 固定費↑
- これまで以上に余剰時間が増える
- 水稻収量アップ
園芸作物など栽培
作業受託 など

出典：農林水産技術会議事務局・農研機構「令和元年度スマート農業実証プロジェクトの成果について(水田作)」2022年8月
農繁期の機械装備の変化は、いろいろな意味で費用に影響をあたえる。農閑期でのシステム活用は、優秀な管理システムなら収量アップになったり、他の作物を栽培したり、受託で稼いだりといった選択肢があるものの、総じて費用を抑えにくいと言える。

収支分析の2つの例

図7は、水田作経営の事例です。最終的には10a当たりの利益が3万8400円から5500円に大幅に下がった結果になっています。ところが、導入機械の稼働面積を機械のスペックに合わせて53haまでフル稼働すれば、十分な利益が出るという結果となりました。

もう1つの例(図8)を見ると、規模拡大によって経費が上がるものと下がるものが相殺され、利益は6287万円から5146万円に下がっています。

図7 現状評価：収支分析の例 水田作経営の事例1

(千円/10a)

区分	慣行区 (6.7ha)	実証区 (5.1ha)	備考
収入	117.8	129.3	※
販売収入	117.8	129.3	販売単価はいずれも250円/kg
(単収)	(471kg)	(517kg)	施肥設計の見直しにより単収増大
その他収入	0	0	
経費	79.4	123.8	
		(81.3)	
種苗費	2.1	2.1	
肥料費	9.7	9.2	施肥設計の見直しにより施肥量を低減
農業費	2.8	2.8	
機械・施設費	13.7	59.2	導入機械の稼働可能面積(53ha)での試算値
(16.7)			
労働費	16.7	16.1	労賃単価1500円/時間で計算
(労働時間 (時間/10a))	(111時間)	(10.7時間)	代かき、田植作業において18%省力化
その他費用	34.4	34.4	
利益	38.4	5.5 (48.0)	※

※上表は「コシヒカリ」での収支を計算。実際に導入機器の稼働可能面積までスマート農機を使用する場合は、業務用品種や新規需要米(飼養米等)を組み入れるため経営全体の収入・利益は、これよりも低位。

面積あたり収支 慣行>実証 利益↓(導入機械の稼働面積を拡大すれば利益↑)

出典：農林水産技術会議事務局・農研機構「令和元年度スマート農業実証プロジェクトの成果について(水田作)」2022年8月

家族経営で家族3名。そこに常雇が1名。臨時雇用2名で規模は65.2haと、家族経営の中ではかなり大規模経営。ラインナップとしては自動運転トラクターや田植機、収量コンバイン、営農管理システムが入っていて、それなりのフル装備。結果的に、機械の所有と利用次第で十分利益が出るとみられる。

図8 現状評価：収支分析の例 水田作経営の事例2

経営体あたり(千円)

区分	慣行(実証前 平成30年度)	令和2年度	備考
収入	139,963	163,910	
販売収入	115,077	152,284	
水稲	36,739	53,396	面積：32ha→46ha
大豆	43,759	60,636	面積：41ha→51ha、交付金等を含む
枝豆	8,391	12,251	面積：3ha→8ha
その他	26,188	26,001	
その他収入	24,886	11,626	
経費	77,090	112,448	
種苗費	2,969	4,207	
肥料費	5,387	9,507	
農業費	3,709	10,163	
機械・施設費	8,112	19,562	
労働費	18,644	15,166	
(労働時間 (時間))	(12,430)	(10,111)	うち水稲：6,500時間→3,600時間 大豆：3,300時間→2,700時間 枝豆：2,100時間→3,100時間
その他費用	38,268	53,842	
利益	62,873	51,462	

面積あたり収支 前>後 利益↓(面積拡大するも労働時間削減 時間あたり利益同等)

出典：農林水産技術会議事務局・農研機構「令和元年度スマート農業実証プロジェクトの成果について(水田作)」2022年8月

家族労働力5名、常雇8名、経営面積は米・大豆・大麦・枝豆その他を作付する116haの規模。収入は最終的に減っているが、面積拡大しているにもかかわらず労働時間が削減された。

その代わりに、総労働時間は短くなるという結果になり、この削減時間をどう使うかが、ポイントになります。

シミュレーション分析

線形計画法という方法で、さまざまな要素を数式であらわし、それをツール※1にインプットすることで計算します。費用対効果に優れた理想的な経営とはどのようなものかなどをモデルとして示すことができます。

シミュレーション分析は、面積に制約をかけたたり、天候条件に基づいて日数に制約をかけたたりなどの設定をすることで、あらゆる状況を想定した結果を出すことができます。また、例えば可変施肥についても、収量アップを5%、10%と具体的な数字で条件を設定してシミュレーションできます。

シミュレーション分析の2つの例※2

まず、「水田作の大規模モデル」を見てみましょう(図9)。平場で圃場条件が良く、規模も100haの大規模雇用型法人を想定しています。導入する機械は自動運転田植機から営農管理ソフトまでスマート農業のフル装備を設定しています。所得目標が1人当たり1000万円を超える経営をシミュレートした結果、面積当たり時間は40%減、加えて、非熟練者でも作業しやすい機械を導入したことで、雇用労働力を確保しやすくなり、大規模化を実現しています。高性能機械により固定費はかなり上がりますが、収量が15%アップすることで、米重量当たりのコストは逆に下がるという意欲的なモデルで、「スマート農業の理想的な経営のやり方」が提示されています。

この他のモデル例として、図10は、平場で圃場条件がよい場合で、家族経営の15haモデルを示しています。ロボットトラクターは利用せず、後付け自動操舵システムを活用しています。収量コンバインは「3戸利用共同」しており、規模に見合った装備を選択しています。ここでも、固定費は上がりますが、収量が15%アップすることによって、むしろ米重量

※1：一例として、インターネットで「農研機構 XLP」で検索すると、Excelで計算するツールが無料配布されているサイトがある。じっくり解説資料を読んで方法を理解すれば、だれでも最終的な最適な計算結果を得られる。
 ※2：農林水産省「食料・農業・農村基本計画」に付随する参考資料「農業経営の展望」の2020年版より。

図9 水田作(平場・規模拡大)農業経営モデル

- 平場 100ha 雇用型法人
- 面積当たり時間 40%削減、非熟練人員規模拡大
- 収量 15%アップ、米 60kgコスト 15%削減
- 一人当たり所得 1024万円

営農類型	水田作(平場・規模拡大)	対象地域	北海道、東北																																				
モデルのポイント	比較的条件的良い平場でスマート農機の導入により規模拡大、所得の向上を図る法人経営																																						
技術・取組の概要	<ul style="list-style-type: none"> ▶基礎整備が一定程度進んだ比較的条件的良い平場で、自動化技術の導入により10haあたり労働時間を約40%削減し、熟練農家以外の者でも操作が可能となることで規模拡大(約100ha)を実現 ▶ドローンによるセンシング・農業散布などデータをフル活用した効率的かつ精密な管理により、米、小麦、大豆の単収を約15%向上 ▶需要の堅調な中食・外食用に、価格感のある価格でも所得を確保できる多収品種を導入し、需要に応じた生産を実現 ▶単収の向上に加え、スマート農機や遠隔栽培等の導入による規模拡大・労働費の削減により、コメの60kgあたり経営コストを約15%削減 																																						
経営見据の姿	<table border="1"> <tr> <td>【経営形態】 法人経営(2名、常勤雇用3名、臨時雇用2名)</td> <td>【試算結果】</td> </tr> <tr> <td>【経営規模・作付体系】</td> <td> <table border="1"> <tr> <td>経営耕地</td> <td>100ha</td> <td>稲収益</td> <td>11,604万円</td> </tr> <tr> <td>主食用米</td> <td>60ha</td> <td>経営費</td> <td>9,557万円</td> </tr> <tr> <td>小麦</td> <td>20ha</td> <td>農業所得</td> <td>2,048万円</td> </tr> <tr> <td>大豆</td> <td>20ha</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td></td> <td> <table border="1"> <tr> <td>主たる従事者の所得(1人)</td> <td>1,024万円</td> </tr> <tr> <td>主たる従事者の労働時間(1人)</td> <td>1,094hr</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>	【経営形態】 法人経営(2名、常勤雇用3名、臨時雇用2名)	【試算結果】	【経営規模・作付体系】	<table border="1"> <tr> <td>経営耕地</td> <td>100ha</td> <td>稲収益</td> <td>11,604万円</td> </tr> <tr> <td>主食用米</td> <td>60ha</td> <td>経営費</td> <td>9,557万円</td> </tr> <tr> <td>小麦</td> <td>20ha</td> <td>農業所得</td> <td>2,048万円</td> </tr> <tr> <td>大豆</td> <td>20ha</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	経営耕地	100ha	稲収益	11,604万円	主食用米	60ha	経営費	9,557万円	小麦	20ha	農業所得	2,048万円	大豆	20ha				<table border="1"> <tr> <td>主たる従事者の所得(1人)</td> <td>1,024万円</td> </tr> <tr> <td>主たる従事者の労働時間(1人)</td> <td>1,094hr</td> </tr> </table>	主たる従事者の所得(1人)	1,024万円	主たる従事者の労働時間(1人)	1,094hr	<table border="1"> <tr> <td>【(参考)比較を行った経営モデル】</td> </tr> <tr> <td>【経営形態】 法人経営(1.8名、常勤雇用3.1名)</td> </tr> <tr> <td>【経営規模・作付体系】</td> </tr> <tr> <td>経営耕地</td> <td>53.2ha</td> </tr> <tr> <td>水稲</td> <td>25.7ha</td> </tr> <tr> <td>小麦</td> <td>6.9ha</td> </tr> <tr> <td>大豆</td> <td>11.0ha 等</td> </tr> </table>	【(参考)比較を行った経営モデル】	【経営形態】 法人経営(1.8名、常勤雇用3.1名)	【経営規模・作付体系】	経営耕地	53.2ha	水稲	25.7ha	小麦	6.9ha	大豆	11.0ha 等
【経営形態】 法人経営(2名、常勤雇用3名、臨時雇用2名)	【試算結果】																																						
【経営規模・作付体系】	<table border="1"> <tr> <td>経営耕地</td> <td>100ha</td> <td>稲収益</td> <td>11,604万円</td> </tr> <tr> <td>主食用米</td> <td>60ha</td> <td>経営費</td> <td>9,557万円</td> </tr> <tr> <td>小麦</td> <td>20ha</td> <td>農業所得</td> <td>2,048万円</td> </tr> <tr> <td>大豆</td> <td>20ha</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	経営耕地	100ha	稲収益	11,604万円	主食用米	60ha	経営費	9,557万円	小麦	20ha	農業所得	2,048万円	大豆	20ha																								
経営耕地	100ha	稲収益	11,604万円																																				
主食用米	60ha	経営費	9,557万円																																				
小麦	20ha	農業所得	2,048万円																																				
大豆	20ha																																						
	<table border="1"> <tr> <td>主たる従事者の所得(1人)</td> <td>1,024万円</td> </tr> <tr> <td>主たる従事者の労働時間(1人)</td> <td>1,094hr</td> </tr> </table>	主たる従事者の所得(1人)	1,024万円	主たる従事者の労働時間(1人)	1,094hr																																		
主たる従事者の所得(1人)	1,024万円																																						
主たる従事者の労働時間(1人)	1,094hr																																						
【(参考)比較を行った経営モデル】																																							
【経営形態】 法人経営(1.8名、常勤雇用3.1名)																																							
【経営規模・作付体系】																																							
経営耕地	53.2ha																																						
水稲	25.7ha																																						
小麦	6.9ha																																						
大豆	11.0ha 等																																						

| | | | |

出典：農林水産省「農業経営の展望」(食料・農業・農村基本計画参考資料。2020年3月31日閣議決定)

自動運転田植機や高速の播種機、防除のドローン、自動水管理システム、営農管理ソフトウェア自動収量コンバインとフル装備となっている。

あたりのコストは下がっています。

収支分析は機械導入の前と後での利益の増減が見られるのでとてもシンプルですが、いろいろな収支分析の結果資料からすると、スマート農機は導入直後から利益が大幅にアップということは難しそうです。機械の所有方法や、余った時間をどう使うかなどの工夫が必要でしょう。

効果や費用、実績について、あらゆるデータを取り込んで計算してモデルを提示するシミュレーション分析も活用して、現在の経営評価をしていきましょう。

図10 水田作(平場)農業経営モデル

- 平場 15ha 家族経営
- 機械3戸共同 費用抑制
- 収量 15%アップ、米 60kgコスト 15%削減
- 一人当たり所得 630万円

営農類型	水田作(平場)	対象地域	北海道、東北																																				
モデルのポイント	限られた労働力等の中でスマート農機の共同利用による経営コストの上昇回避等により、所得の向上を図る家族経営																																						
技術・取組の概要	<ul style="list-style-type: none"> ▶労働力の制約等により規模拡大が難しい平場・家族経営において、営農管理システムや後付け自動操舵システムの導入により、作業工程の最適化・負担軽減を実現 ▶ドローンによるセンシング・農業散布などデータをフル活用した効率的かつ精密な管理により、米、小麦、大豆の単収を約15%向上 ▶単収の向上やスマート農機の共同利用により、コメの60kgあたり経営コストを約15%削減 																																						
経営見据の姿	<table border="1"> <tr> <td>【経営形態】 家族経営(2名(うち主たる従事者1名)、臨時雇用1名)</td> <td>【試算結果】</td> </tr> <tr> <td>【経営規模・作付体系】</td> <td> <table border="1"> <tr> <td>経営耕地</td> <td>15ha</td> <td>稲収益</td> <td>1,870万円</td> </tr> <tr> <td>主食用米</td> <td>10ha</td> <td>経営費</td> <td>1,240万円</td> </tr> <tr> <td>小麦</td> <td>2.5ha</td> <td>農業所得</td> <td>630万円</td> </tr> <tr> <td>大豆</td> <td>2.5ha</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td></td> <td> <table border="1"> <tr> <td>主たる従事者の所得(1人)</td> <td>630万円</td> </tr> <tr> <td>主たる従事者の労働時間(1人)</td> <td>1,256hr</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>	【経営形態】 家族経営(2名(うち主たる従事者1名)、臨時雇用1名)	【試算結果】	【経営規模・作付体系】	<table border="1"> <tr> <td>経営耕地</td> <td>15ha</td> <td>稲収益</td> <td>1,870万円</td> </tr> <tr> <td>主食用米</td> <td>10ha</td> <td>経営費</td> <td>1,240万円</td> </tr> <tr> <td>小麦</td> <td>2.5ha</td> <td>農業所得</td> <td>630万円</td> </tr> <tr> <td>大豆</td> <td>2.5ha</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	経営耕地	15ha	稲収益	1,870万円	主食用米	10ha	経営費	1,240万円	小麦	2.5ha	農業所得	630万円	大豆	2.5ha				<table border="1"> <tr> <td>主たる従事者の所得(1人)</td> <td>630万円</td> </tr> <tr> <td>主たる従事者の労働時間(1人)</td> <td>1,256hr</td> </tr> </table>	主たる従事者の所得(1人)	630万円	主たる従事者の労働時間(1人)	1,256hr	<table border="1"> <tr> <td>【(参考)比較を行った経営モデル】</td> </tr> <tr> <td>【経営形態】 家族経営(2.4名(うち主たる従事者雇用1.2名))</td> </tr> <tr> <td>【経営規模・作付体系】</td> </tr> <tr> <td>経営耕地</td> <td>17.2ha</td> </tr> <tr> <td>主食用米</td> <td>8.2ha</td> </tr> <tr> <td>小麦</td> <td>2.6ha</td> </tr> <tr> <td>大豆</td> <td>2.1ha 等</td> </tr> </table>	【(参考)比較を行った経営モデル】	【経営形態】 家族経営(2.4名(うち主たる従事者雇用1.2名))	【経営規模・作付体系】	経営耕地	17.2ha	主食用米	8.2ha	小麦	2.6ha	大豆	2.1ha 等
【経営形態】 家族経営(2名(うち主たる従事者1名)、臨時雇用1名)	【試算結果】																																						
【経営規模・作付体系】	<table border="1"> <tr> <td>経営耕地</td> <td>15ha</td> <td>稲収益</td> <td>1,870万円</td> </tr> <tr> <td>主食用米</td> <td>10ha</td> <td>経営費</td> <td>1,240万円</td> </tr> <tr> <td>小麦</td> <td>2.5ha</td> <td>農業所得</td> <td>630万円</td> </tr> <tr> <td>大豆</td> <td>2.5ha</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	経営耕地	15ha	稲収益	1,870万円	主食用米	10ha	経営費	1,240万円	小麦	2.5ha	農業所得	630万円	大豆	2.5ha																								
経営耕地	15ha	稲収益	1,870万円																																				
主食用米	10ha	経営費	1,240万円																																				
小麦	2.5ha	農業所得	630万円																																				
大豆	2.5ha																																						
	<table border="1"> <tr> <td>主たる従事者の所得(1人)</td> <td>630万円</td> </tr> <tr> <td>主たる従事者の労働時間(1人)</td> <td>1,256hr</td> </tr> </table>	主たる従事者の所得(1人)	630万円	主たる従事者の労働時間(1人)	1,256hr																																		
主たる従事者の所得(1人)	630万円																																						
主たる従事者の労働時間(1人)	1,256hr																																						
【(参考)比較を行った経営モデル】																																							
【経営形態】 家族経営(2.4名(うち主たる従事者雇用1.2名))																																							
【経営規模・作付体系】																																							
経営耕地	17.2ha																																						
主食用米	8.2ha																																						
小麦	2.6ha																																						
大豆	2.1ha 等																																						

| | | | |

出典：農林水産省「農業経営の展望」(食料・農業・農村基本計画参考資料。2020年3月31日閣議決定)

装備はフルではない。また、個人で買うのではなく3戸共同という形となっているモデル。

👤 施肥に関するさまざまな課題

作物の生育には十分な養分が必要なため、作物に必要な養分が土壌から得られない時には生産者は「施肥」をしなければなりません。

しかし、施肥が過剰に行われたり、農地の場所ごとに土壌養分の濃度が異なるのに一律に施肥が行われたり、生育の悪い作物に追肥をする機会が失われたりするなど、施肥に関する解決すべき課題が指摘されています。社会情勢の影響で化学肥料が高騰している点も見逃せません。

過剰な施肥は周辺に流出して環境汚染の原因となり、社会全体の目標である「持続可能性」の面で問題となっています。それだけでなく、過剰な施肥によって土壌が劣化したり、作物自体の生育が逆に悪くなったりすることで作物の収量・品質の低下を招き、結果的に農業の生産性も低下します(図1)。

こうした背景から、わが国が策定した「みどりの食料システム戦略」(200ページ参照)では、持続可能性を達成しながら生産性の高い農業の実現を目指し、化学肥料の使用量を2050年までに30%低減させる目標を立てています。

現在の土壌分析方法

施肥は「土壌の状態に基づいて、ちょうどよい時に、ちょうどよい量」で実施することが大切です。その技術として「可変施肥技術」があり(138ページ参照)、それにはまず土壌養分の状態を正しく知る必要があります。

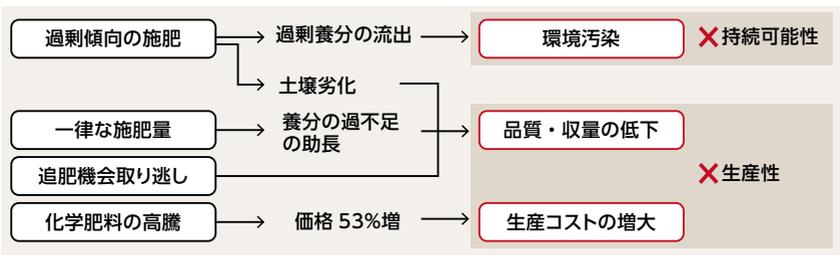
その方法としては「土壌分析による方法」と「ドローンや衛星によるセンシングデータを用いる方法」の2つがあり、それぞれメリットとデメリットがあります(図2)。

この土壌分析の方法は2つあります。1つは業者に土壌分析を委託する「一般土壌診断」で、現在よく利用されている方法です。そしてもう1つが、生産者自身が簡易的なキットで分析する方法で、これら2つにもメリットとデメリットがあります(図3)。

こうした土壌診断の結果をより有効に活用して施肥に活かすには、以下の点が求められます。

📊 図1 わが国の農業の課題

施肥におけるさまざまな問題



みどりの食料システム戦略の策定

化学肥料の使用量を2050年までに30%低減する目標を設定 ▶ 持続的農業の実現
・生産性向上

解決すべき課題 土壌状態に基づく適時・適正量の施肥の実現

「過剰傾向の施肥」や「化学肥料の高騰」などが要因となって、環境汚染や生産コストの増大といった問題が生じる。

📊 図2 土壌の養分を分析する方法

方法	メリット	デメリット
土壌分析による方法	・土壌の状態(養分量など:土壌化学性を直接把握できる) ・土壌成分の各種を分析することができる	土壌の分析に手間と時間がかかる(栽培途中で肥料を追加する機会を失いがち)
ドローンや衛星によるセンシングデータを用いる方法	・一度に大規模なデータを得ることができる ・作物の生育の状況を把握することができる	生育に関わる窒素量の推定しかできない

📊 図3 土壌診断の種類

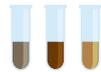
一般土壌診断(委託)

- 多くの分析項目をカバーできる
- ▲ 分析費用が高い
- ▲ 結果を得るまで時間がかかる

簡易キット

- 生産者自身で分析可能
- 結果をその場で得ることができる
- ▲ 精度や価格、操作性に改良が必要

多く利用されている



- ・即時に分析結果を取得できること
 - ・低コストで、分析の手間や負担が軽いこと
 - ・データ管理が簡単にできること
 - ・得られたデータを自動的かつ効率的に活用できること
- これらを満たす方策として、土壌診断のスマート化が求められます

スマート化された土壌診断システムとは？

スマート土壌診断システムの概要

土壌診断がスマート化されると、分析データの取得や管理の手間と負担が大幅に軽減され、しかも得られたデータのさまざまな活用が可能となります。現在、北海道大学では、道内の研究機関や企業と共同で「スマート土壌診断システム」を開発中で、数年後には実用化される見込みとなっています。

このシステムではスマートフォンのデジタルカメラとアプリを用います。そのため、特別な知識や技術が必要なく、誰でも簡単に土壌を診断することができます。

また、窒素(N)、リン(P)、カリウム(K)、マグネシウム(Mg)そして土壌のpHなどの複数の項目を短時間で同時に分析でき、その測定データを活用することで、履歴の管理や収量予測も可能となります。さらに低コストで持ち運びも簡単であり、検査後の後始末や廃棄も容易となっています(図4)。

スマート土壌診断システムの手順

まず、生産者が圃場の調べたい場所の土壌をサンプリングし、その土壌に薬剤を加えて養分を抽出します。次に「分析チップ」にその抽出液を垂らすと、成分によって色が変わります。それをスマートフォンのデジタルカメラで撮影してアプリで解析すると、最適な肥料の量が「施肥設計」として提示されるしくみになっています(図5)。

将来的には、分析値などからAIが施肥設計を行い、作物の収量や品質

図4 開発中の土壌診断技術

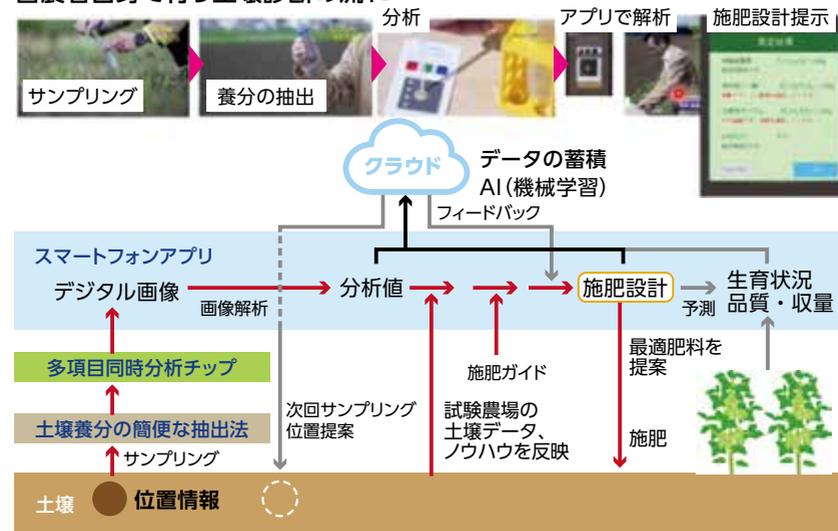
- 測定にスマートフォン(デジカメとアプリ)を利用
- 特別な技術や知識が必要なく、操作が簡便
- 専門の装置が不要なため初期コストはほとんどなし
- 多項目(窒素、リン、カリウム、pH)を同時に分析
- 短時間(15分程度)で結果を取得
- 圃場の多点分析が容易。養分分布のかたよりも把握可能
- 検査チップは数百円程度で提供予定。アプリは無償
- 運搬、保管しやすく、後始末や廃棄が容易
- 測定データの活用で、履歴管理や収量予測が可能



開発中のシステムはスマートフォンなどのIT機器を用いる。開発されたアプリをダウンロードすればいいので、初期コストがほとんどかからない。

図5 開発するスマート土壌診断システム

営農者自身で行う土壌診断の流れ



赤い矢印の流れがシステムの概要。将来的にはサンプリング位置や生育状況、品質や収量などをAIが「予測」できるようになる。

を「予測」する未来図も描かれています。こうしたデータのやり取りはクラウド上で行われます。

分析チップのしくみ

サンプリングした土壌の試料液(土壌から得られた抽出液)から、その土壌の各成分濃度を分析するのが「分析チップ」です(図6)。

分析チップは複雑なものではなく紙製で、表面に試料液が流れる流路が作製されています。試料液を分析チップの1点に垂らすと、流路に沿って試料液が3つに分かれて流れていきます。流れた先には特定の養分に反応する試薬があり、養分に合わせた色^{ていしよく}が現れます(これを「呈色」といいます)。流路パターンや試薬を変えたりすることで、さまざまな物質の分析に対応させることができます。

そして呈色が起こった分析チップを専用アプリがインストールされたスマートフォンのデジタルカメラで撮影すれば、その画像の解析から各養分濃度が解析され、必要な施肥量が提示されます。

これらのデータはクラウドに送られて保存され、AIによる予測や、その他のさまざまな作業に活用できるようになります。

土壌診断システムが可能にする「持続可能な農業」

冒頭で述べたように、「土壌の状態に基づいて、ちょうどよい時に、ちょうどよい量」の施肥を行うことは生産性と持続性の観点から欠かせません。土壌診断システムは、このような効果的な施肥を行う上で重要な技術といえます。

生産者自身が必要な時に負担なく行える土壌診断システムの普及は、環境への負荷や施肥コストを低減させつつ、収量・品質を高いレベルで安定化させることができ、「持続可能な農業」を実現させるものと期待されています。

図6 分析チップ×IT

分析チップ=紙を基材とする動力源不要の超薄型分析装置



EUのスマート農業の普及状況

スマート農業は、複雑な農業システムを最適にするために情報技術やデータ技術を活用します。こうしたデータの活用によって農産物の品質や収穫量を向上させるとともに持続可能性も高め、さらに農業のプロセスだけでなく、加工・流通・消費などを含めた食料システム全体を強化することができます。そしてスマート農業で利用されるテクノロジーには、モノ同士をつなぐインターネットである「IoT」やロボット工学、AI（人工知能）、ドローンなど、さまざまなものがあります（図1）。

日本においてスマート農業は政府主導で強力に推進されていますが、ここでは海外、特にEU（欧州連合）のスマート農業への取り組みを見てみましょう。

EUは、欧州を中心に27か国が加盟する国家連合です（2020年にイギリスが離脱）。このEUでスマート農業の技術を使用している農家は全体の25%となっており、アメリカの約80%と比べると非常に少ない状況と言えます。

ただし、EUの中でもドイツやフランスのような大国と東ヨーロッパのような小さな国々では、前者の方が高い割合となっています。大きな国では農業の規模も大きく、ロボット農機のような技術を率先して導入するため、スマート農業の利用比率が高くなるためです。

欧州のスマート農業市場は急速に拡大すると予想されていて、2020年の調査では、2023年までに66億ユーロ（24年2月3日レートでおよそ1兆580億円）の市場規模になると計算されています。まだ2023年のデータは出ていませんが、実際にはこの予想を大きく上回っていると予想されています。

スマート農業に関連したEUの政策

大国から小国まで、EUが欧州の農業において優先しているのは、農業を近代化し、資源の無駄づかいを減らすとともに農業の生産性を向上させることです。そこでEUは、スマート農業に関連する以下のような政策を

図1 スマート農業で利用されるさまざまなテクノロジー

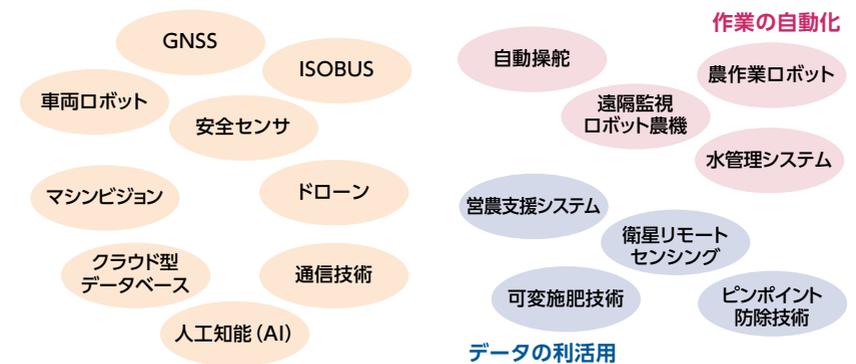


図2 スマート農業に関連してEUが推進する施策

プログラム	テーマ	予算	期限
Horizon Europe	研究とイノベーション	955億ユーロ (約15兆円)	2027
ScaleAgData	欧州農業の競争力と持続性の向上	750万ユーロ (約12億円)	2026
AgriDataValue	スマート農業を通しての競争力の向上	710万ユーロ (約11億円)	2029
Divine	農業データ共有の付加価値の想像	400万ユーロ (約6億円)	2025

「ホライゾン・ヨーロッパ」は955億ユーロの予算を持ち、数百万ユーロの予算を持つサブプログラムがある。こうしたさまざまな施策を通して、農業従事者から消費者に至るまで、フードチェーン内のすべての人々の農業データを共有することで、持続可能性を高め、付加価値を創造することが期待されている。

実施しています。

ホライゾン・ヨーロッパ

「ホライゾン・ヨーロッパ (Horizon Europe)」は、かつて農業への新技術やイノベーションの導入で成功をおさめた「ホライゾン2020」の後継プロジェクトで、スマート農業への多額な投資を行っています。特に農業者やフードチェーンにおけるデータの共有に関するサブプログラムを持っています（図2）。

EUは、テクノロジーに精通した環境にも優しい農業における世界のリーダーとなることを目指しており、そのためにこうしたスマート農業への資金援助プロジェクトを行っています。

図 3 EU 共通農業政策 (Main Goals of Common Agricultural Policy: CAP 2023-2027)



CAP (共通農業政策)

「CAP (共通農業政策)」は、農業と社会の間でのパートナーシップの構築を目標としたもので、2023～2027年の期間で進められています。CAPには10個の目標がありますが、その中でも、データを共有することで公正な収入や環境を目指す「知識とイノベーション」は重要と考えられています(図3)。

CAPは農場や農業従事者、農村地域におけるデジタル化を促進するとともに、加盟している国はCAPの制度を利用することができると定められています。さらに、予算だけでなく、農家や国の間で共有されるさまざまな情報や知識も農家は得ることが可能となっています。

ファーム・トゥ・フォーク(農場から食卓まで)戦略

現在EUは「欧州グリーンディール」と呼ばれる新しい長期戦略を提唱しており、そこでは気候やエネルギー、産業などでさまざまな施策を行い、雇用を創出しながら、どの地域も取りこぼすことなく、人々の幸福と健康の向上を目指すとしています。この欧州グリーンディールの中核とな

っているのが「ファーム・トゥ・フォーク (Farm to Fork) 戦略」で、これは同時にSDGs (国連が掲げる持続可能な開発目標)とも密接に関連しています。

図 4 EUファーム・トゥ・フォーク (Farm to Fork) 戦略

- 食品ロスと廃棄の防止
- 持続可能な食料生産
- 持続可能な食料加工と流通
- 持続可能な食品消費



その主要なテーマとして、食料の生産・消費、加工、流通で発生するフードロスや廃棄を防ぐことを通して、公平な食料システムの構築だけでなく、農家から食卓、または消費者に至るまでのサプライチェーン全体が健康的で、より持続可能なものになることを目指します。

フードロスをなくし、生産や消費、加工などを今より持続可能なものにするためには革新的な技術が必要であり、その点からもスマート農業は「ファーム・トゥ・フォーク戦略」にとって不可欠と考えられています(図4)。

欧州におけるスマート農業の将来

現在、EUは「生物多様性」「持続可能性」「生産性」のバランスを取るために気候変動にも対応できる安全な食料システムの確立を目指しています。

同時に、農家の日常的な意思決定をサポートするため、データ処理システムを増やし、AI (人工知能) の活用も推進しています。

こうした目的の達成のため、現在欧州では科学的ないろいろなモデルのほか、研究に参加する農家から得られた「生きたデータ」など、スマート農業の利用をめぐる多くのデータや情報が生み出されています。

EUは公式声明として「農業の未来は、複数の金融枠組みを通じて資金提供される農産物分野の研究、イノベーション、能力開発にかかっている」と述べています。研究の現状を背景として、今後の欧州では、「ホライゾン・ヨーロッパ」や「CAP」のような資金援助を中心とした金融的枠組みや計画が、スマート農業の促進をますます加速させていくと考えられます。

おわりに — スマート農業の意義

序章でも触れたように、現在日本農業の生産現場は、「就農人口の減少」と「農業従事者の高齢化」のような解決すべき喫緊の課題をかかえています。スマート農業はこうした課題解決のためにロボット技術や通信技術、ICTなどの先端技術を活用し、農業の効率化・省人化を図ることを目的として推進されています(図1)。

そして、より広い視点で見れば、SDGsが国内外で浸透しつつある現在、生産性を向上しつつ、環境にも配慮した持続性の高い農法への転換も望まれています。つまり、農業の生産現場では、環境への負荷の低減も避けては通れない課題となっているのです。

環境負荷低減に向けた対策例 — 化学肥料の抑制

たとえば、化学肥料の過剰な使用は生産コストの上昇など営農上の問題を発生させますが、それだけではありません。

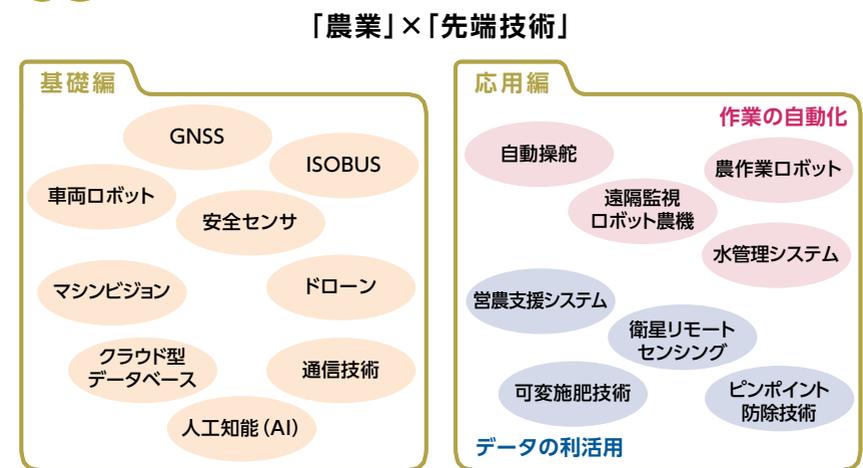
今までの画一的な化学肥料の散布方法は、圃場における作物の生育がすべて均一であるという前提の下で行われてきました。しかし、圃場の土壌栄養状態や土砂の堆積などの要因によって、1つの圃場でも作物が均一に生育するわけではありません。

このため、作物の生育状況を見逃して均一に化学肥料を散布してしまうと、あるところは肥料が足りず、反対にあるところは過剰に散布することになります。これでは一定の品質の作物を安定的に収穫できなくなるばかりか、過剰に散布したところからは、吸収されなかった化学肥料が降雨によって河川に流れ出し、環境に負荷を与えることになります。

この問題を解決するための方策として、応用編・第7節で取り上げた「可変施肥技術」があげられます(図2)。リモートセンシングで得られた作物の生育状況のデータや、コンバインに装備されたセンシング機器で集めた収穫量のデータを反映させれば、播種時の基肥量を肥沃度マップから設定したり、生育途中の追肥量をその時々々の生育状況から判断して局所施肥や可変施肥を行ったりすることが可能となります。

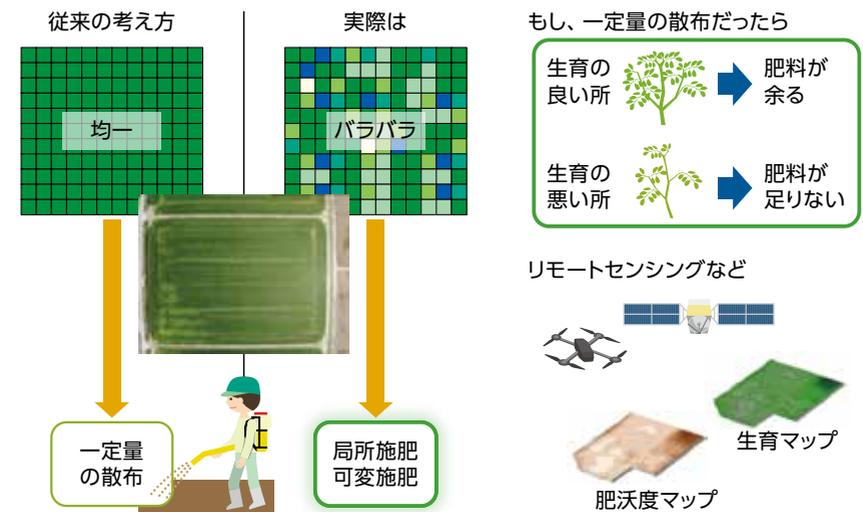
こうして無駄な化学肥料の投入をなくせば、営農上のコスト削減はもち

図1 本書で取り上げたスマート農業の先端技術のまとめ



ロボット、ICT、IoT、AIなどの先端技術を導入することで、より賢いスマートな農業を目指す。

図2 環境負荷低減の具体例①



作物の生育状況や圃場の土壌の栄養状態はすべて同じではない。データに基づいた化学肥料の使用は、環境負荷の低減に大きく貢献する。

ろん、環境への負荷を大幅に低減させることが可能となるのです。

環境負荷低減に向けた対策例——化学農薬の抑制

いつ発生するかわからない病害虫への防除対策も同じです。いつもと同じ時期に、いつもと同じ量の化学農薬を全体に散布するような方法ではなく、作物の生育状況や環境のデータから発生を予測することが大切になります(図3)。

こうした予測に基づいて害虫の天敵動物を活用したり防虫ネットを使用したりするなど、化学農薬に頼らない物理的な対策を検討することが重要となります。農薬を使用するにしても、応用編・第8節で取り上げた「ピンポイント防除技術」の導入や、生分解性の除草剤の使用、飛散防止用ノズルによる散布などを行うことで環境負荷を低減させることができます。これらの試みは、理想論の域ではなく実際各地で行われているのです。

「みどりの食料システム戦略」とスマート農業

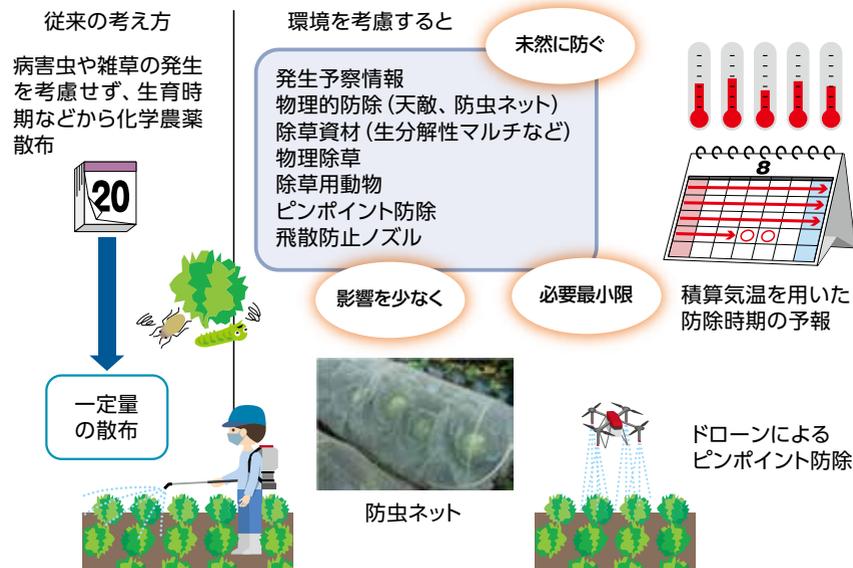
今まで述べたように、現在の日本農業は、環境問題をも含めたさまざまな課題に取り組んでいますが、その背景には、農林水産省が掲げている「みどりの食料システム戦略」があります。ここでいう「食料システム」とは、調達から生産、加工、流通、消費まで、あらゆる関係者のつながりによって成り立っている「食」を、大きなしくみとして捉えたものです。

「みどりの食料システム戦略」は、未来の「食」を守るために、生産から消費までの食料システムを環境にやさしい(=みどり)ものにして、「食」を支えていくことを目的としています。そのコンセプトは、「農林水産業の生産力向上と持続性の両立をイノベーションで実現する」ことです(図4)。

そして、食料システムの各分野に対する中・長期的な取り組みは、以下ようになります。

- ・エネルギー調達：脱輸入・脱炭素化・環境負荷軽減の推進。
- ・生産：イノベーション等による持続的生産体制の構築。
- ・流通・加工：無理、無駄のない持続可能な加工流通システムの確立。
- ・消費：環境にやさしい持続可能な消費の拡大や食育の推進。

図3 環境負荷低減の具体例②



化学農薬中心の防除体系ではなく、環境に配慮するという視点に基づいて防除体系を考え直す必要がある。

図4 みどりの食料システム戦略(農林水産省)

食料・農林水産業の生産力向上と持続性の両立をイノベーションで実現する

みどりの食料システム戦略で目指す

- ・作業の省力化・省人化
- ・作業の安全性向上
- ・化学農薬・化学肥料の使用量低減

などさまざまな効果が期待されるスマート技術を実践

「みどりの食料システム戦略」では、これらを取り組みとして掲げ、環境への負荷を低減させることを推し進めようと考えており、そのための具体的な方法は、以下のとおりです。

- ・作業の省力化・省人化
- ・作業の安全性の向上
- ・化学農薬・化学肥料の使用量低減

これら具体的な方法は、今まで説明してきたスマート農業と大きな関係があることが、もうおわかりかと思います。つまり、スマート農業を実践することは、「農林水産業の生産力向上と持続性の両立をイノベーションで実現する」ことにほかならないのです。大規模経営だけでなく中小家族経営、さらには平地から中山間地域、若者から高齢者まで、あらゆる人々がそこでのメリットを享受できることを目指しています。

このように、スマート農業とは農業現場の効率化・省人化だけでなく、生産から加工、流通、消費までの食料システム、ひいては日本の「食」全体にも大きな影響を与える方策として位置づけられているのです。

本書をきっかけとして、スマート農業を実践する農業従事者、スマート技術の普及・導入を進める技術者や指導員、そしてスマート農業を知って次世代の農業を支える若い人たちが少しでも増えることを願ってやみません。



「スマート農業オンライン講座」(YouTubeで公開中)

https://www.youtube.com/@hokudai_smart_agri



北海道大学スマート農業教育拠点ウェブサイト

<https://smart012.wixsite.com/website>



「スマート農業オンライン講座」講師一覧

- 石井一暢 (北海道大学大学院農学研究院)
- 田村知久 (公益財団法人とかち財団)
- オスピナ・リカルド (北海道大学大学院農学研究院)
- 小林伸行 (株式会社スマートリンク北海道)
- 齋藤伸一 (NTTコミュニケーションズ株式会社)
- 岡本博史 (北海道大学大学院農学研究院)
- 松浦賢太郎 (北海道大学招へい教員/ソニーグループ株式会社)
- 鳥潟與明 (一般社団法人東光虹川ものづくり財団)
- 三浦尚史 (株式会社三浦農場)
- 野口 伸 (北海道大学大学院農学研究院)
- 若杉晃介 (国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構)
- 柚山奈々 (株式会社クボタ)
- 志賀弘行 (ホクレン農業協同組合連合会)
- 原 圭祐 (地方独立行政法人北海道立総合研究機構)
- 多田和博 (株式会社トプコンポジショニングアジア)
- 白鳥秀紀 (エム・エス・ケー農業機械株式会社)
- 丹羽昌信 (ホクレン農業協同組合連合会)
- 中川 宏 (NTTコミュニケーションズ株式会社)
- 宿谷貴博 (株式会社ビコンジャパン)
- 遠山健一 (ホクサン株式会社)
- 麻生英文 (株式会社誠和)
- 江丸貴紀 (北海道大学大学院工学研究院)
- 志藤博克 (国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構)
- 小松知未 (北海道大学大学院農学研究院)
- 渡慶次学 (北海道大学大学院工学研究院)
- 石田晃彦 (北海道大学大学院工学研究院)
- Lucas Hüer (ECOS Consult GmbH)

スマート農業オンライン講座 フォローノート 2023

2024年3月1日 発行

発行・編著 北海道大学スマート農業教育拠点
〒060-0811
北海道札幌市北区北11条西10丁目
国立大学法人北海道大学
北方生物圏フィールド科学センター内
smart@fsc.hokudai.ac.jp

制 作 株式会社誠文堂新光社