

# 中部圏のスマート農業に関する調査研究

## 報告書



2024年4月

公益財団法人中部圏社会経済研究所



## 「中部圏のスマート農業に関する調査研究」報告書の概要

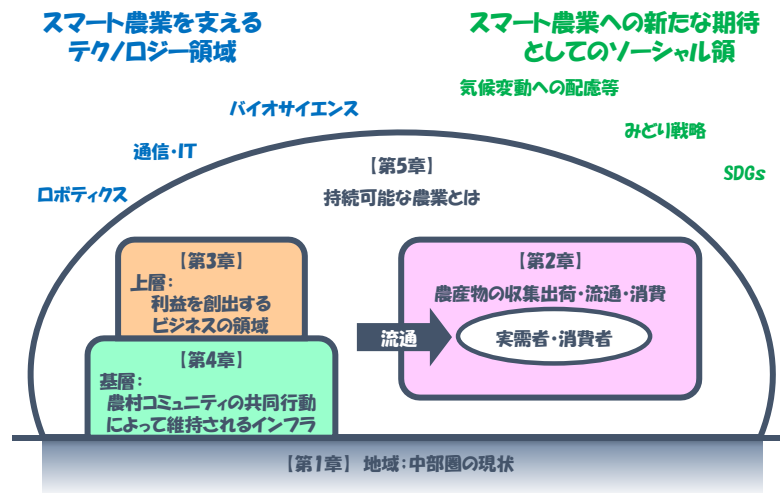
- 中部圏<sup>\*</sup>は日本海側、太平洋側、平野部から山間部まで多様な農業地域を有し、自動操舵トラクタによる大規模耕種農業や高度な環境制御による施設園芸など、各地域の実情の沿ったスマート農業が展開されている。  
(※:「中部圏開発整備法」で規定された、長野、静岡、富山、石川、福井、岐阜、愛知、三重、滋賀の9県)
- フードチェーンにおいて、生産者に安全な農産物を安定的に届けるために、ICT や分光分析といったスマート技術を活用し、農産物の品質や鮮度を推定して見える化することで、食品ロスの低減にも貢献している。
- 中部圏でも、生産現場で搾乳ロボット、ドローン、自動操舵トラクタといったスマート農機の活用が進む一方で、中山間地域などでも効果を発揮する、新たなスマート農業技術への期待が高まっている。
- 担い手の減少や高齢化等によって、農村コミュニティの共同活動が減少している一面があり、スマート技術で一部機能を補いつつ、多様な担い手による農業生産への関与や、中長期を見据えたインフラの整備など、食料生産基盤を地域全体で支える仕組みづくりに向けた議論が必要になってきている。
- 農業分野でも、気候変動対策や SDGs への貢献が求められており、スマート農業技術に求められる役割も広がってきている。スタートアップの活躍、センシングと AI による最適化診断、精密農業を実現するロボティクス技術等の進展によって、環境負荷低減への貢献が期待されている。
- 農業を取り巻く環境が劇的に変化し、農村にも新たな潮流が生まれている。このような環境変化へ適応と、消費に基づいた食料生産の両立が求められている中で、共助の文化とテクノロジーの融合によって、持続可能な食料生産の基盤を再構築していくことが重要である。

本報告書が、農業・農村は社会全体にとって大切な「私たちの食料生産の基盤」であることを再確認し、より多くの方が、食料生産について自分事として考え、行動する一助となることを願う。

本報告書は、公益財団法人中部圏社会経済研究所のウェブサイト(<https://www.criser.jp/>)から、全文をダウンロードできます。



<https://www.criser.jp/>



【報告書の構成】

- 第1章 中部圏農業の現状とスマート農業への期待
- 第2章 食料とスマート技術
- 第3章 農業とスマート技術
- 第4章 農村とスマート農業
- 第5章 持続可能な農業とは ～スマート農業への期待
- 第6章 総括



－ 目次 －

農業の持続的生産とスマート農業研究会委員名簿	1
序 章	2
第 1 章 中部圏農業の現状とスマート農業への期待	3
1-1 中部圏 9 県の農業の現状	
1-2 スマート農業実証事業と中部圏 9 県の事例	
1-3 スマート農業に関する政策と中部圏 9 県の施策	
第 2 章 食料とスマート技術	17
2-1 地消地産で考える食料の安定的な確保	
2-2 スマートフードチェーンで活用される技術	
2-3 食品ロスとスマート技術	
第 3 章 農業とスマート技術	28
3-1 スマート農業技術の研究開発の背景について	
3-2 生産現場で普及が進むスマート農業技術	
3-3 スタートアップが創る新しいスマート農業技術	
第 4 章 農村とスマート農業	39
4-1 変わる農村の姿	
4-2 農村の変化とスマート農業への期待	
4-3 中山間地域におけるスマート農業の活用	
第 5 章 持続可能な農業とは ～スマート農業への期待	47
5-1 みどり戦略と欧州 Farm to Fork	
5-2 有機農業を支えるとスマート技術	
5-3 SDGs とスマート農業	
第 6 章 総括	61
付 録 農業の持続的生産とスマート農業研究会活動記録	68

## 農業の持続的生産とスマート農業研究会委員

座長	公益財団法人日本農業研究所 研究員	生源寺 真一 氏
委員	三重大学大学院 教授	松田 裕子 氏
	名古屋大学大学院生命農学研究科 准教授	竹下 広宣 氏
	株式会社エムスクエア・ラボ 代表取締役	加藤 百合子 氏
	株式会社共同通信社 アグリラボ編集長	石井 勇人 氏
事務局	公益財団法人中部圏社会経済研究所 部長	鈴木 剛

# 序章 公益財団法人中部圏社会経済研究所の食料・農業分野における調査研究

## 0-1.食料・農業領域の調査研究の振り返り

公益財団法人中部圏社会経済研究所（以下、「中部社研」）は、広域中部圏 9 県（長野、静岡、富山、石川、福井、岐阜、愛知、三重、滋賀）を対象地域とする、公益のシンクタンクである。中部社研では、2013 年から食料・農業分野の調査研究事業を実施している。

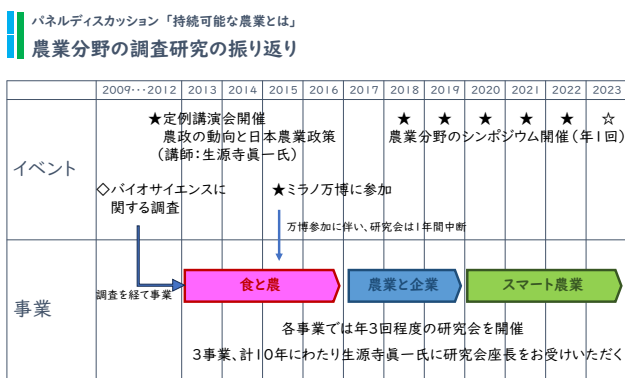


図 0-1. 農業分野の調査研究の振り返り

事業化にあたり、2009 年頃からバイオサイエンスに関する基礎的な調査を開始した。(図 0-1)。2012 年には、定例講演会で名古屋大学農業生命科学研究科教授の生源寺真一先生（現公益財団法人日本農業研究所研究員、当財団研究会座長）に「農政の動向と日本農業の政策」と題して講演をいただくなど、食料・農業分野の調査研究の必要性について検討を行ってきた。

2013 年には「中部圏の食と農の未来を探る調査研究」、2017 年からは「農業と企業に関する調査研究」、2020 年から「中部圏のスマート農業に関する調査研究」と、食料農業分野の調査研究を 3 期 10 年にわたり実施した。事業は基本的に年に 3 回の研究会と 1 回のシンポジウムで構成し、3 年を 1 期として成果報告を取りまとめている（2015 年はミラノ万博参加のため実質的な研究活動を休止したため 4 年間のうち実期間は 3 年）。しかし、2020 年から新型コロナウイルスの

パンデミックの影響により事業活動の縮小を余儀なくされたことから、結果的に 11 年間、実行 10 年の取り組みとなった。

この間、一貫して生源寺先生に研究会座長をお引き受けいただき、ご指導を賜った。また、2018 年からは、東海農政局と共催でスマート農業シンポジウムを開催している。

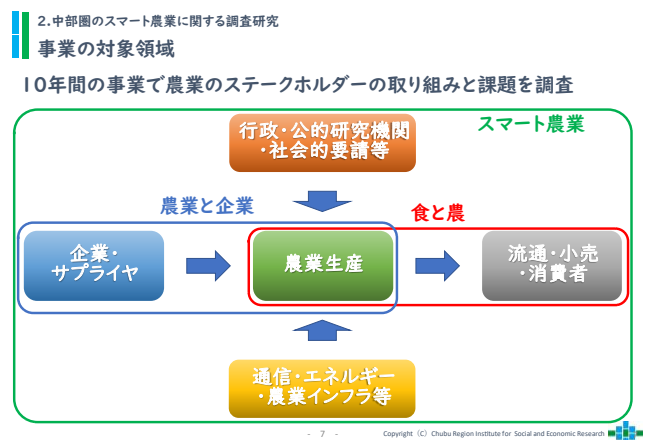


図 0-2. 事業の対象領域

3 回の事業で取り組んだ領域を図 0-2 に示した。「食と農」では、食品産業の先駆的な取り組みに関する事例調査を軸に、農産物が食卓に届くまでの領域を対象とした。「農業と企業」では、企業による農業分野の先駆的な取り組みに関する事例を調査し、企業活動やテクノロジーの進展が農業生産に与える影響の領域を対象とした。「スマート農業」では、スマート技術を活用した持続可能な農業生産のあり方について、導入普及に向けたフードチェーン全体の領域を対象として調査研究を進めてきた。

しかし、「スマート農業」は対象領域が非常に広く、また、生産者、消費者のニーズが多様であるため、特に自治体の制度や支援事業に関する深堀が十分にできなかった。そこで、中部社研では、「インフラと農業」をテーマに次期、食料・農業領域事業に取り組むことを計画している。

# 第1章 中部圏農業の現状とスマート農業への期待

中部圏とは1966年(昭和41)「中部圏開発整備法」により規定された圏域名で、首都圏、近畿圏と並ぶ三大都市圏の一つであり、長野、静岡、富山、石川、福井、岐阜、愛知、三重、滋賀の9県を指す。中核は名古屋市だが、東海、北陸、中央高地など異質地域の集合体であり、東京、大阪に比べると異なる多様な特性を有している。特に農業は、日本海側から太平洋側、平野部から山間部にかけて、立地条件に違いがあり、それぞれ異なる自然条件によって多様な農業がおこなわれている。

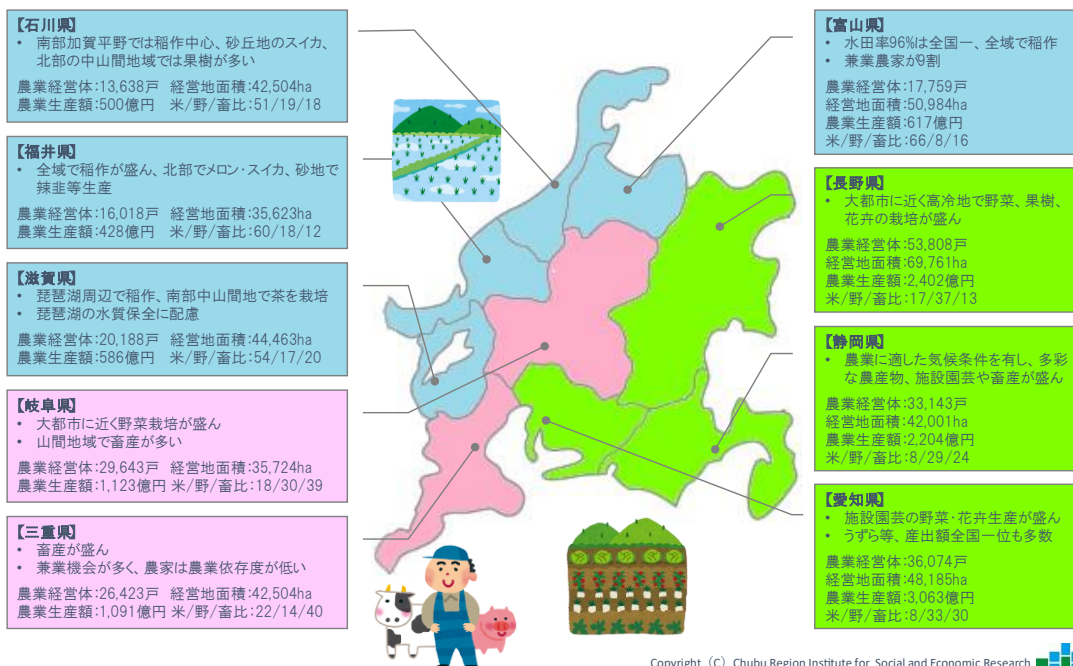
また、この地域は日本海側にも太平洋側にも、平野部に製造業が発達しており、農村部に安定した雇用機会を提供してきたことも、農業の構造に少なからず影響している。モノづくりの製造業と農業との交差点ともいべきこの地域で、様々な接点、交流が生まれ、特徴ある農業を展開してきた。一括りで語ることのできない、多様な中部圏の特色を踏まえながら、この地域の現状と課題について整理した。

## 1-1 中部圏9県の農業の現状

中部圏は、農林水産省の地方局でいうと、関東・北陸・東海・近畿の4つの農政局にまたがっている。

図1-1に中部圏9県の農業生産の概況を示した。農業生産額を、米、野菜等、畜産の3つに区分し色分けすると、日本海側の富山、石川、福井と滋賀では稲作が、長野、静岡、愛知では野菜等、岐阜、三重では畜産が、それぞれ生産額が一番大きくなっている。さらに、各県の中でも、地域によって条件が異なり、多様で豊かな食文化を育む食材を提供する、特色ある農業を展開している。

### ○2020年度の各県の米/野菜/畜産の生産額から主要品目別に色分け



Copyright (C) Chubu Region Institute for Social and Economic Research

図1-1. 多様な中部圏農業

県	農業産出額	耕地面積	水田率	荒廃農地	担い手集積率	中山間地率
全国	90,147 億円	4,325,000 ha	54.4 %	259,502 ha	58.9 %	37.6 %
長野	2,624 億円 (11)	104,800 ha (11)	49.1 %	11,097 ha (8)	39.5 % (24)	55.9 % (11)
静岡	2,084 億円 (15)	60,400 ha (22)	35.4 %	5,902 ha (21)	44.8 % (19)	24.2 % (36)
富山	545 億円 (42)	57,900 ha (23)	95.3 %	244 ha (47)	67.8 % (6)	16.2 % (41)
石川	480 億円 (43)	40,400 ha (33)	83.2 %	5,948 ha (20)	63.7 % (9)	39.8 % (22)
福井	394 億円 (44)	39,700 ha (34)	90.9 %	682 ha (45)	68.4 % (5)	38.1 % (25)
岐阜	1,104 億円 (30)	54,800 ha (25)	76.6 %	1,752 ha (36)	39.3 % (26)	41.6 % (20)
愛知	2,922 億円 (8)	72,900 ha (17)	56.5 %	5,021 ha (22)	41.0 % (22)	9.2 % (44)
三重	1,067 億円 (32)	57,000 ha (23)	43.8 %	6,576 ha (17)	43.8 % (21)	26.1 % (32)
滋賀	585 億円 (41)	50,500 ha (28)	92.8 %	1,863 ha (37)	64.9 % (8)	24.6 % (34)

( )内は全国順位 出典：農林水産省「都道府県の農林水産業の概要(令和5年版)」より中部社研が作成

図 1-2. 中部圏 9 県農業の主な指標

図 1-2 に中部 9 県の農業の主要指標を示した。富山、石川、福井、滋賀の 4 県は、耕地面積に占める水田の割合率が 8 割を超えており、米中心のため、農業産出額は小さくなっているものの、担い手への農地の集積が進んでいることが分かる。

県	農業経営体数	法人経営体数	基幹的農業従事者数	主業的経営体	副業的経営体	集落営農数
全国	1,075,705	30,707	1,363,038 人	22.3 %	64.0 %	14,364
長野	42,777 (3)	1,132 (3)	55,516 人 (3)	20.6 %	65.7 % (22)	361 (17)
静岡	25,938 (20)	634 (21)	38,720 人 (13)	24.6 %	61.3 % (30)	30 (40)
富山	12,356 (40)	760 (10)	11,258 人 (41)	8.0 %	76.8 % (7)	711 (5)
石川	9,890 (45)	486 (30)	9,756 人 (44)	11.2 %	63.7 % (9)	292 (23)
福井	10,546 (44)	414 (34)	8,767 人 (45)	7.5 %	79.0 % (1)	581 (9)
岐阜	21,015 (24)	675 (18)	21,064 人 (28)	9.9 %	78.6 % (3)	317 (20)
愛知	26,893 (19)	618 (23)	40,159 人 (11)	26.2 %	60.4 % (33)	106 (33)
三重	18,804 (27)	533 (28)	18,819 人 (33)	10.0 %	75.6 % (10)	307 (22)
滋賀	14,680 (34)	606 (24)	9,961 人 (43)	9.6 %	75.1 % (11)	673 (6)

図 1-3. 中部圏 9 県の経営体

水稻作経営における 10a あたりの投入労働時間は 14.9 時間と、露地野菜経営の平均 127.8 時間を大きく下まわっている。

中部圏では製造業が発達しており、農村は製造業への労働力の供給をしてきたという側面があり、比較的早い段階から農地集約、および組織化が進んだ。そのため、4 県の水稻作において、集落営農を中心とした土地の集積が進み、収入の大半は企業や組織からの給与として得、作業委託などを行ないながら副業的に水稻経営を続けることができたものと推察する(図 1-3)。

自動車産業の盛んな愛知県西三河地方では、自動車産業への緩やかな労働力の供給が進む一方で、農地の貸借や作業受託によって早くから大規模農業法人が組織された。富山県ではかつては兼業農家割合が 9 割を超え、全国 1 位であった(現在の農業センサスでは主副業別農業経営体数に再編)。

また、製造業と農業の間に様々な交流が生まれ、近年では製造業がもつ技術の農業分野での応用等に繋がっている。

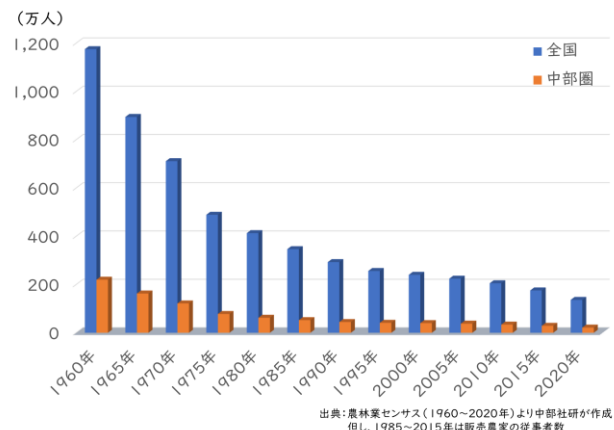


図 1-4. 基幹的農業従事者の推移

このように、自然条件や社会条件に適応しながら、多様な農業を展開してきた中部圏農業だが、農業の担い手の減少、高齢化といった、全国の農家が抱える課題については共通している。図 1-4 に基幹的農業従事者数の推移を示した。1960 年には全国で 1,175 万人であった基幹的農業従事者が、2020 年には 136 万人と 1960 年の 12%に減じており、中部圏では同じく 220 万人が 21 万人へと、10%に減少した。

中部圏 9 県で最も基幹的農業従事者が減少した割合が高いのは滋賀県で、次いで石川県、福井県、富山県と、稲作を中心とする農業地域の減少が目立つ。ちなみに、全国平均 12%よりも減少率が低いのは長野県(13%)のみである。

## 1-2 スマート農業実証事業と中部圏9県の事例

全国的な農業の担い手の減少を背景に、農業生産



の省力化・効率化と生産性向上を目的として、2018年からスマート農業実証プロジェクトが開始された。

その後、スマート農業実証は年次を重ねるごとに、中山間地域等条件不利地での活用、輸出やシェアリング

等、生産から商流までを対象としたスマート農業、産地づくり、海外依存度の低減等の目的が追加された。農林水産省は5年目となる2023年度の実証をもって実証事業を完了し、評価を取りまとめている。

スマート農業の現場実装の加速化

(参考) スマート農業実証プロジェクト

◎2019年度から全国217地区で展開。



図1-5.スマート農業実証プロジェクト(出典:農林水産省HP)

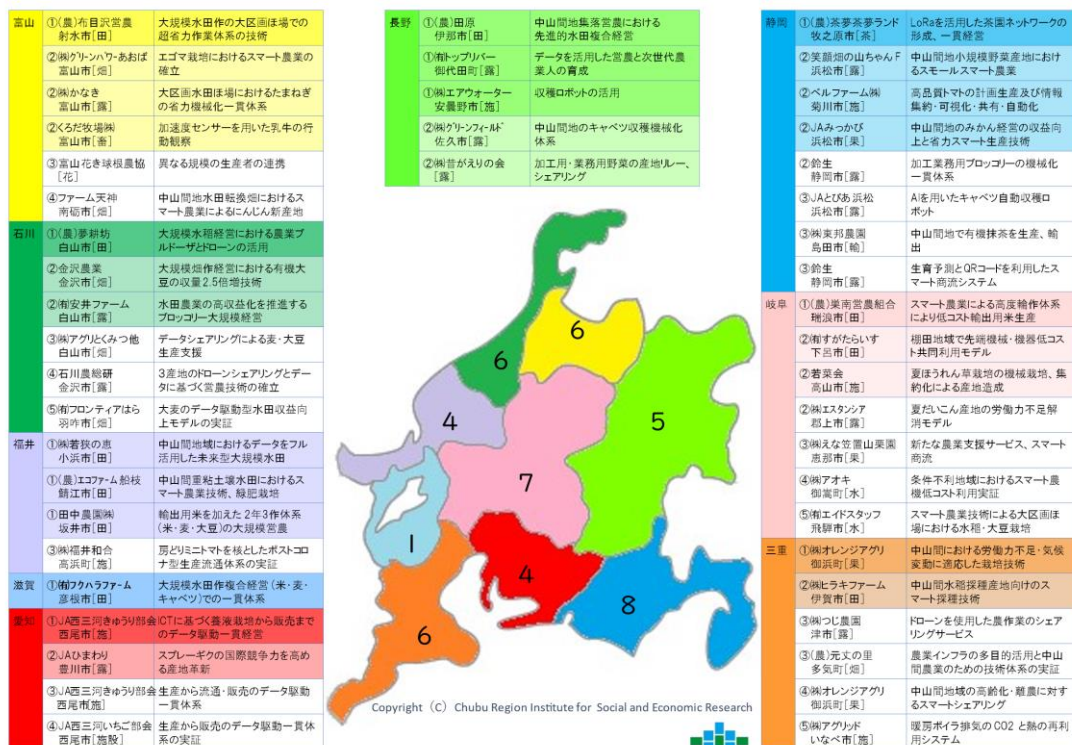


図1-6.中部圏のスマート農業実証プロジェクト



スマート農業実証事業は、現在実施中のものも含め、全国217か所で行われている(図1-5)。水田作、畑作、露地野菜、施設園芸、果樹、花き、茶、畜産の8つの領域で実証が行われた。全国のスマート農業実証事業は、結果が取りまとめられたものから順に農林水産省や農研機構のホームページ\*で詳しく紹介されており、詳細についてはそちらを参照されたい。

※:農林水産省ホームページ「スマート農業」  
<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/>

中部圏では8つすべての領域で、46のスマート農業実証事業が展開されている(図1-6)。水田農業が中心の平地地域では、米、麦、大豆等の土地利用型作物に係るスマート農業が、中山間地域では軽労化に資するスマート農業が取り込まれるというように、地域が抱える課題に即した実証が行われている。

対象作物の内訳は、水田作13、畑作7、露地野菜9、施設園芸8、花き2、果樹4、茶2、畜産1であり、全国平均と比べると水田作と花きの比率が高く、露地野菜と畜産の比率が低い。

また、中部圏の46件の実証のうち18件、およそ4割が中山間地域を対象とした実証であり、全国平均2割半よりも大きく、中部圏では中山間地における実証が多いというのも特徴である。

中部圏で取り組まれたスマート農業実証事業46事例のうち、5事例を研究会、シンポジウム等で取り上げ、中部社研の機関誌「中部圏研究」にて詳報した。ここでは5件のレポートをそれぞれ要約して紹介する。

#### ① 有限会社フクハラファーム(滋賀県彦根市)

(第6回 農業と企業研究会<sup>1)</sup>にて講演)

有限会社フクハラファーム(図1-7)は滋賀県彦根市、琵琶湖の東岸200haの農地で米、麦、大豆、野菜等を生産している。

フクハラファームは2014年から九州大学や農研機構他と共同で「農匠ナビ」プロジェクトに参加し、水田の自動給水栓の開発など、先進的な取り組みを行っている。



図1-7.有限会社フクハラファーム全景

2019年度のスマート農業実証で、「大規模水田作複合経営でのスマート農業一貫体系導入による環境保全型省力・高収益モデルの実証」に取り組んだ。実証面積190haで、ロボットトラクタ、ロボット田植機、自動給水システム、キャベツ収穫機などを活用して水稲180ha、麦27ha、キャベツ15haの栽培に取り組んだ。

水稲栽培ではロボット田植機や自動給水システム等により、労働時間が1/3以下に削減できた。その結果、生産コストは40%低下した。

麦栽培では、ドローンによるリモートセンシングの結果に基づく可変施肥により、生育のばらつきが63%改善した。収量は、62%増加した。

キャベツAI収穫機実証



図1-8.キャベツの自動収穫機

キャベツ栽培では、最も重労働である収穫作業をAI収穫機により自動化する等により、全労働時間を70%削減した(図1-8)。

## ② JA 西三河きゅうり部会生産者(愛知県西尾市)

(2019年 スマート農業シンポジウム<sup>2)</sup>にて講演)

JA 西三河きゅうり部会生産者(以下、「JA 西三河」)は愛知県中部、三河湾に面した西尾市にあり、施設栽培できゅうりを生産している。

### スマート農業技術の開発・実証プロジェクト(農水省)

ICTに基づく養液栽培から販売による施設キュウリのデータ駆動経営一貫体系の実証

コンソーシアムメンバー

- ・国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
- ・国立大学法人 豊橋技術科学大学
- ・愛知県農業総合試験場
- ・愛知県西三河農林水産事務所
- ・愛知県経済農業協同組合連合会
- ・西三河農業協同組合
- ・トヨタネ株式会社
- ・株式会社PLANT DATA
- ・株式会社IT工房Z
- ・PwCあらた有限責任監査法人
- ・下村堅二



図 1-9. JA 西三河のスマート農業実証事業

2019年度のスマート農業実証で、「ICTに基づく養液栽培から販売による施設キュウリのデータ駆動経営一貫体系の実証」に取り組んだ(図 1-9)。実証面積は5.3haで、施設のICT化と、統合環境制御システム等を活用してきゅうり栽培を省力化し、11月から翌6月までの越冬長期採り栽培の安定化に取り組んだ。

### きゅうりの養液土耕栽培の実証

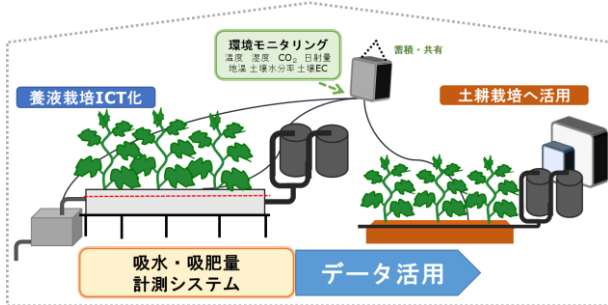


図 1-10. JA 西三河のスマート農業実証事業

ハウス内に設置された「あくりログ」から、温度、湿度、CO2濃度、土壌温度・水分、外気温、湿度、日射量などの環境データを、光合成チャンバーから生体情報を収集して、最適なきゅうり栽培の統合環境制御のプログラムを改良し、収穫量が約44%向上した。養液土耕栽培では養液栽培データ、環境・植物生体情報データを活用して、単収が約14%向上した。またこれらの結果をき

ゅうり栽培に導入することで収量1tあたり約11.2%労働時間の削減を可能にした(図 1-10)。

## ③ すがたライス(岐阜県下呂市)

(2020年 スマート農業シンポジウム<sup>3)</sup>にて講演)

有限会社すがたライスは岐阜下呂市の中山間地域の棚田で水稻を中心に栽培をおこなっている。2020年度のスマート農業実証で、「棚田地域における安定的な営農継続のための先端機械・機器低コスト共同利用モデルの実証」に取り組んだ。実証面積は85.9haで、直進アシストトラクタ、ラジコン草刈機、衛星画像センシング等を活用して水稻栽培の省力化、収益改善に取り組んだ。

### 実施状況

#### ① 生産コストの低減



図 1-11. 実証におけるスマート農機利用の実施状況

スマート農機導入により水稻栽培の作業時間を約8.8時間/10a低減した。ラジコン草刈機の活用によって、従来の刈払機による除草作業に比べて作業時間を81%削減した(図 1-11)。

複数のメーカーの水田センサーを、1つの無線通信基地局で連携させることにより、導入コスト・運用コストを約5割低減した(3年利用を前提で試算)。衛星リモートセンシング解析を使ってブランド米の安定生産にも貢献し、中山間地域におけるスマート農機導入マニュアル、導入の手引きを作成し、中山間地域のスマート農機導入モデルを確立した。

## ④ 飛騨蔬菜出荷組合ほうれんそう部会若菜会(岐阜県高山市)

(2020年 スマート農業シンポジウム<sup>3)</sup>にて講演)

飛騨蔬菜出荷組合ほうれんそう部会若菜会(以下、



「若菜会」)は岐阜県高山市の中山間地域でほうれん草の施設栽培に取り組む出荷組合である。2020年のスマート農業実証で、「中山間地域の夏ほうれんそうにおける産地全体で取り組むシェアリング・新たな通信サービスモデルの実証」に取り組んだ。若菜会の5名の生産者が参加し、実証面積は8.2ha、自動遮光カーテン、ラジコン草刈り機、AI出荷量予測、通信基地局等を活用して生産コストの削減、産地の安定化に取り組んだ。

## 実施状況 ラジコン草刈機

### (1)目標

- ・除草にかかる作業時間を5割削減。
- ・シェアリングにより導入コストの低減。

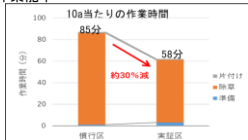
### (2)実施内容

- ・草刈り作業にかかる時間と負荷をラジコン草刈機と刈払い機で比較。
- ・5軒の生産者での共同利用(シェアリング)に取り組む。



### (3)実施状況(※中間結果)

#### ・作業能率



#### ・傾斜地の草刈りにおける身体的負荷

刈払い機 : 刈り払う向きが常に一方なので、身体の片側に大きな負担がかかる。  
ラジコン草刈機 : 作業者は平地を歩くだけなので、身体的負担はない。

### (4)今後の課題

- ・シェアリングの体制を検討し、ラジコン草刈機を有効活用できる仕組みを整備。

図 1-12. 実証におけるスマート農機利用の実施状況

遮光カーテンの開閉を自動制御することで、高温期における出荷量は14%向上し、人手による開閉作業を省いた。また、ラジコン草刈機の利用によって、作業時間を約30%削減できた(図1-12)。AI等により出荷日を予測し、産地の播種面積調査から全体の収穫量を予測、実際の出荷量との誤差の平均は4.0%となった。

通信基地局の共用により、各農家の栽培データを収集し、優良事例を解析することで匠の技の見える化に取り組んだ。特に夏期の生産安定に重要な土壌水分管理を明らかにすることができた。

## ⑤ つじ農園(三重県津市)

(2021年スマート農業シンポジウム<sup>4)</sup>にて講演)

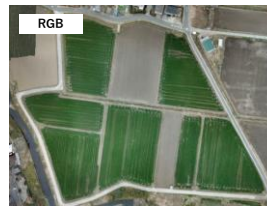
株式会社つじ農園は三重県津市で水稻、小麦など土地利用作物の栽培を行っている。2021年のスマート農業実証で、「ドローンを使った農作業のシェアリング体系の実証」に取り組んだ。実証面積は自社の経営面積20ha(水稻15ha、小麦5ha)と地域の10生産

者の150haで、リモートセンシング用ドローン、散布用ドローンのシェアリング、およびシェアリングシステム(MDSS)の開発・運用によるドローン導入コストの低減、水稻の収量と品質の向上、労働時間の削減に取り組んだ。

### リモートセンシングの取り組み

#### ① 農作物の空撮写真の合成画像と解析

～植物のスペクトル情報を利用して、植物の生育状態を推測する～



小麦 約3ha 2021年2月撮影

図 1-13. 実証におけるスマート農機利用の実施状況

リモートセンシングと連動した散布用ドローンによる追肥によって、水稻の収量が5.8%、小麦が4.5%向上した。(図1-13)。防除の作業時間は26%削減されたが、総労働時間は3.7%の削減にとどまった。

自主開発したMDSSで栽培データの共有と作業ログの取得、進捗管理をおこなった。10生産者に対してリモートセンシングフライトが延べ1,977ha(うち作付面積324ha)、散布サービスが延べ367回(95ha)を実施した。適期防除により、害虫被害を低減し、米の品質が向上した。

シェアリングによるドローンの導入コストは70%と大幅に削減した。

本事業の成果は、2023年から「スマート農業技術活用産地支援事業」に採択され、三重県伊賀市の農事組合法人下友生ファームを中心とするドローンシェアリングの取り組みを支援している。また当該支援事業においては人材育成にも取り組んでいる。

## 1-3 スマート農業に関する政策と中部圏9県の施策

農林水産省はスマート農業の加速化に向け、現場で必要とされているスマート農業技術を把握するため、2022年12月に農業者に対し、スマート農業に関するアンケート調査を実施した(図1-14)。

その結果、長時間フライトが可能なドローン、株間・畝間除草ロボット、低コスト・小型法面自動草刈機など、生産現場の省力化に直結する機械の開発・改良のニ

ーズが高いことが分かった。

また、露地野菜、施設園芸、果樹・茶の分野で自動収穫ロボットのニーズが高いということが明らかになった。

区分	技術項目	回答数
作物共通	一度の飛行で広範囲の農薬散布が可能なドローン	277
	株間・畝間除草ロボット	266
	低コスト・小型法面自動草刈機	241
土地利用型作物	水田自動水管理システム	185
	両正条田植機（畝間・株間が均等になる田植技術、有機栽培向け雑草防除等）	80
	牧草の刈取りから乾燥、ロールペール成型までの自動作業機	66
露地栽培	自動収穫ロボット	193
	自動灌水装置	105
	調製作業（皮剥き等）の自動化ロボット	104
施設園芸	自動収穫ロボット	178
	大気中のCO2を回収し、施設園芸の生育促進に活用する技術	133
	農薬散布ロボット	133
果樹・茶	薬液が果樹の葉裏にも届くドローン農薬散布技術	143
	自動収穫ロボット	118
	剪定・枝管理ロボット	107
畜産	カメラによる個体識別・体重測定技術	123
	個体情報と連動した個体別自動給餌機	104
	温湿度や有害ガス等の自動管理設備を備えたスマート畜舎	83

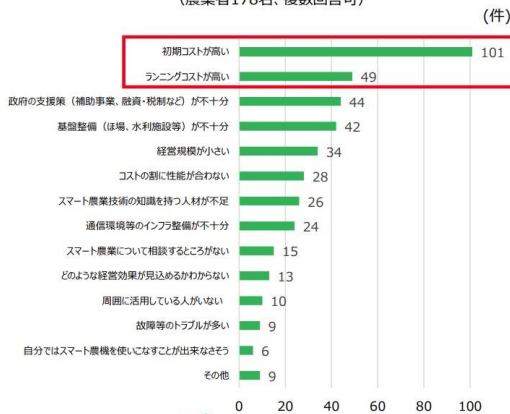
図 1-14. スマート農業技術の開発・改良に関するアンケート調査の結果（抜粋）

### スマート農業の導入推進における課題

- スマート農業実証プロジェクト等を通じて、労働時間の削減や収量増大等の効果を確認できた一方で、初期コスト、ランニングコストがネックとなってスマート農業の導入が進まないという実態があり、スマート農業実証プロジェクトにおいても、導入コスト（機械・施設費）等が利益を圧迫し、赤字になっている事例も確認されている。
- スマート農業を推進する上で、導入コストを低減していくことが必須であり、そのためには農業者が個別に高額なスマート農業を導入するのではなく、スマート農業技術を活用したサービスを展開する農業支援サービス事業者へのアウトソーシング（作業委託）を推進する必要がある。

#### 導入を希望するものの現時点で導入していない理由

（農業者178名、複数回答可）



上記178名のうち37.1%が「収益上のメリットがあれば、価格に関わらず購入したい」と回答。

資料：農林水産省「スマート農業に関するアンケート調査」（2022年12月11日時点回答）

#### <実証プロジェクトの事例>

経営概要（2020年度）	実証内容
労働力構成：家族4名 臨時雇用3名	自動運転トラクタ、直線アシスト田植機
経営面積：水田23.1ha トマト0.3ha	水管理システム、ドローン（防除等）、 自動運転アシストコンバイン、 自動箱並べ機、自動操舵システム、 可変施肥肥料散布機
実証面積：23.1ha	

	経営体当たり（千円）	
	慣行区 （2018年度）	2020年度
収入	34,700	41,550
水稲	29,395	35,319
トマト	4,223	6,124
その他	1,082	108
経費合計	29,117	43,028
種苗費	1,500	1,134
肥料費	3,031	4,384
農薬費	865	944
機械・施設費	4,596	15,466
労働費	9,990	7,992
（労働時間（時間））	(6,660)	(5,328)
その他費用	9,135	13,109
利益	5,584	-1,478

資料：農林水産省「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）」

図 1-15. スマート農業の導入推進における課題

図 1-15 には、スマート農業を導入したいが、導入しない理由について農業者の回答を示している。回答者の 57%が「導入コストが高いため」とした一方で、37%が「収益上のメリットがあれば高くても導入したい」と答えている。農林水産省は、個々の農家が高価なスマート農機を所有するだけでなく、スマート農機を所有するサービス事業者へのアウトソーシングなども推奨していく必要があるとしている。

現在農林水産省では、「食料・農業・農村基本法」の改正に向けた取り組みを行っており、政府は 2024 年 2

月 27 日に改正案の閣議決定を行なった。食料安全保障の確保等を基本理念として、持続的な食料生産の確保を実現するフードチェーン構築に向けて様々な施策を検討しており、その 1 つの柱としてスマート農業を位置付けている。

基本法改正案に引き続いて、政府は 3 月 8 日に、AI やドローン等を活用したスマート農業の普及に向けた新法（スマート農業技術活用促進法）を閣議決定した。スマート農業機械の導入を支援するとともに、生産様式の転換とそのための研究開発を推進するとしている。

### スマート農業技術活用促進法案※の概要

※農業の生産性の向上のためのスマート農業技術の活用に関する法律案

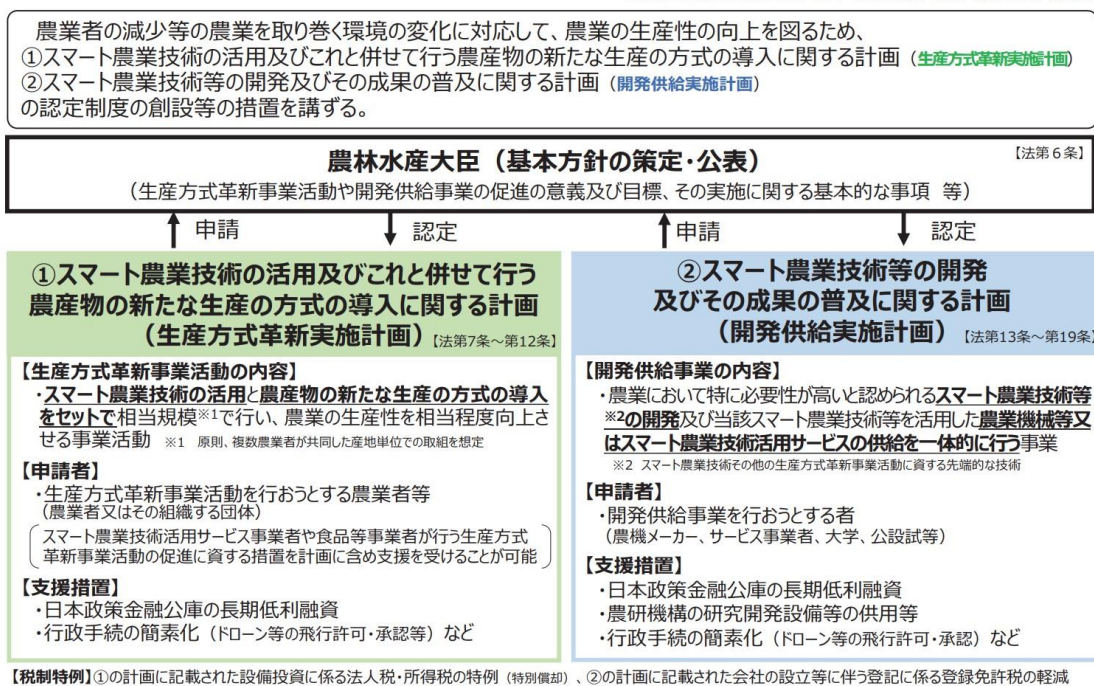


図 1-16.スマート農業技術活用促進法案の概要

スマート農業新法では、スマート農業技術を活用した生産に共同で取り組む複数の生産者組織や、食品事業者など、また開発を行なうメーカー、研究機関などの実施計画を農林水産大臣が認定し、事業者は日本政策金融公庫から長期低利で融資が受けられるなどの支援を行う。

スマート農機が入りやすいほ場レイアウトや樹形の仕立て、農業支援サービスの活用や中山間地域でのスマート農機のシェアリング等への活用が期待される（図 1-16）。

このように、基本法改正、およびそれに伴うスマート農

業新法は、今後、都道府県が策定するスマート農業普及に関する施策に影響を与えられ考えられるが、2025 年春に策定が見込まれる、食料・農業・農村基本計画の策定を待たなければならないため、本稿では 2024 年 4 月以前の中部圏 9 県の施策について、以下にまとめる。

#### ① 中部圏 9 県のスマート農業施策

担い手の問題は全国共通した課題であるが、中部圏の農業は地域によって多様であり、9 県が抱える事情、農家のニーズも様々であり、9 県の施策も多様である。



県	基本計画等	策定年月	重点実施領域	その他の取り組みKIP時
長野	第4期長野県食と農業農興計画	R5年3月	施設園芸・畜産	
静岡	静岡県食と農の基本計画	R4年3月	茶・果樹・露地野菜等	
富山	富山県スマート農業推進方針	R4年3月		
石川			水田	いしかわスマートアグリプラットフォームを組織し連携を支援
福井	福井県DX推進プログラム	R3年3月	水田・中山間地域	
岐阜	岐阜県スマート農業推進計画(第2期)	H31年3月(第1期)		
愛知	愛知県スマート農業普及推進計画	R4年3月		
三重	三重県食を担う業及び農村の活性化に関する基本計画	R2年3月	水田 施設園芸・畜産	
滋賀			水田	しがのスマート農業推進協力隊を組織しマッチングを支援

図 1-17. 中部圏 9 県の施策

9 県の施策について図 1-17 に示した。岐阜・富山・愛知の3県は「スマート農業」に関する独立した推進計画を策定している。長野・静岡・三重の3県は、農林業全体の基本計画の中で「スマート農業」の役割を位置づけ、推進の方向性を示している。

特徴的なのは福井県で、DX 推進の一環として、農業のスマート化を進めるとしている。福井県は耕地に占める水田率が 9 割を超え、副業的農家の割合が全国で最も高く(79.0%)、担い手への農地の集積率は 68% と中部圏では最も高い(全国では5位)。そのため、水田農業における農機のスマート化の必要性は高く、自動操舵農機の位置情報を補正する RTK 基地局の整備を行ってきた。基地局の整備は福井県農業共済組合が実施し、県全域をカバーする基地局の整備は、全国で福井県が最も早い。

石川・滋賀の両県は、スマート農業推進に関する計画を示していないが、石川県は「いしかわスマートアグリプラットフォーム」、滋賀県は「しがのスマート農業推進協力隊」といった、生産者と企業等との連携を推進するプラットフォームを組織し、スマート農業の普及を推進している。

## ② 岐阜県スマート農業推進計画による担い手支援 (2020 年 スマート農業シンポジウム<sup>3)</sup> から引用)

岐阜県は全国で最も早く、スマート農業に関する「推進計画」を策定した自治体である。

岐阜県では、この 20 年で農業従事者が半減したが、農業生産額は 5% の微減にとどまっており、農地集積が

進み、大規模化していることが要因と考えられる、水稻など土地利用型作物だけでなく、施設園芸も大規模化が進み、3ha を超える生産者も現れている。こうした大規模経営において、スマート農業技術の導入は重要な課題になってきている。

そこで、岐阜県では 2019 年 3 月 15 日に全国に先駆けて、スマート農業推進計画を策定し、生産性や収益性の高い産地の育成に取り組むこととした。

## 岐阜県スマート農業推進計画

### 目指す将来像

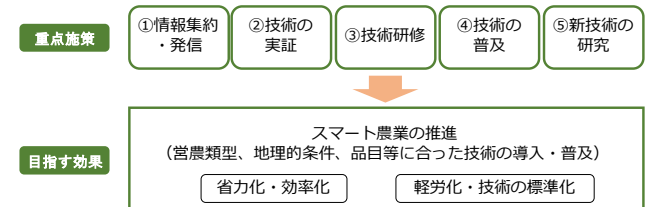
1. 少ない人材での経営規模拡大の実現
2. 経験年数等にかかわらず誰もが取り組みやすい農業の実現
3. 単収の向上、高品質生産及び付加価値向上の実現



図 1-18. 岐阜県スマート農業推進計画の目指す将来像

岐阜県では、スマート農業の将来像として、「少ない人材の経営規模拡大の実現」、「経験年数にかかわらず誰もが取り組みやすい農業の実現」、「単収の向上、高品質生産及び付加価値向上の実現」の3つを掲げ、5 つの重点実施政策を計画している(図 1-18)。

## 岐阜県スマート農業推進計画



項目	目標年次(2023)
スマート農業技術導入経営体数	550経営体
スマート農業に取り組む産地数	10
新たな栽培支援技術の開発数	5
スマート農業推進拠点における展示会・講演会等の開催数	15回
スマート農業技術研修及びセミナー等受講者数	5,000人

5年後の目標

図 1-19. 岐阜県スマート農業推進計画における重点施策

5 つの重点施策とは、「情報集約・発信」、「技術の実



証」、「技術研修」、「技術の普及」、「新技術の研究」のことで、この5つの柱を軸として、スマート農業を推進し、各経営体の実情に即した技術の導入普及を推進していくとしている(図1-19)。

推進にあたっては、生産者、農業関係団体等からなるスマート農業推進協議会を設置し、大学の先生を中心に有識者14名を委員に招聘し、新たな技術の導入や体制への助言を求め、県の推進方策について検討を行っている。

### スマート農業の推進体制

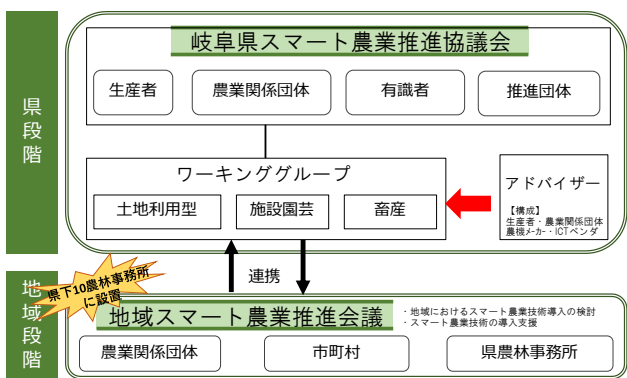


図1-20.スマート農業推進体制

協議会の中にはワーキンググループを組織し、岐阜県農業革新支援専門員や普及指導員を構成員とし、生産者や農機メーカー等のアドバイザーから助言を受けながら推進している。県内各地域においては、農協、市町村、県の出先機関である農林事務所が一体となり、地域スマート農業推進会議を組織し、地域に適したスマート農業技術についてどのように推進していくか検討している(図1-20)。

具体的な取り組みとして、「情報集約・発信」について、2019年度はセミナーや展示会、実演会の開催を実施し、延べ約3,000人の参加者があった。

また、2020年6月、海津市に「岐阜県スマート農業推進センター」を開設し運用を開始した。スマート農業推進センターは、情報発信しながら、実際にスマート農機に触れ、その利便性について実感できる施設となっている。毎月、農機メーカーによる実演会も行っている。

さらに、県がリモコン式草刈機やアシストスーツを購入し貸し出す事業を始めている。今後、追従型の自動

運搬車なども導入・貸し出しを計画している。

岐阜県では、農林水産省が実施したスマート農業実証事業へ参加する生産者、事業者等への協力、支援を行っている。

## 取り組み実績

### ③ 技術研修

#### ＞ 研修体系

種類	スマート農業指導者養成研修	ICT専門家へのスマート農業指導者養成	技術力向上研修	スマート農業体験研修	データ分析・活用研修
目的	・スマート農業指導者の養成	・ICTの専門家をスマート農業の指導者として養成	・農業者の技術力向上	・理解促進 ・イメージ改善 ・就業意欲喚起	・データ駆動型農業の実践者、指導者の育成
対象者	普及指導員 営農指導員	ICT専門家等	農業者 普及指導員	就業希望者 農業高校生等	農業者 普及指導員

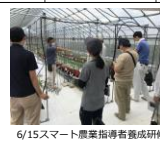


図1-21.取り組み実績

技術研修は、スマート農業推進センターを拠点に、対象者や目的別に5つのコースメニューを設け、生産者だけでなく、普及指導員、農協の営農指導員及び行政の方を対象とする研修会としている(図1-21)。

研修会では、農業者の技術力向上を目的に、実際にドローンやリモコン式草刈機の操縦や、ハウス内環境データの見方を学べる機会を創出している。田植機や直進アシスト機能付きトラクタなど、実際に生産者が運転することで、導入の検討につなげてもらう狙いである。

## スマート農業推進員と専門員

### ④ 技術の普及

#### ＞ スマート農業推進員及び専門員の配置

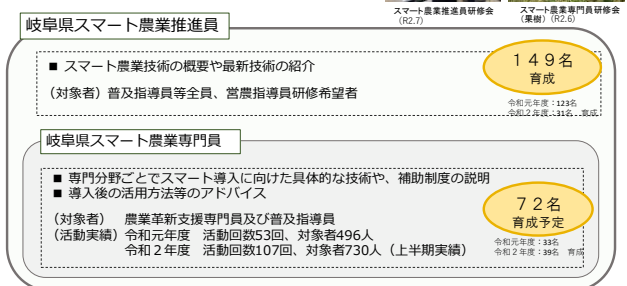


図1-22.取り組み実績

技術の普及については、研修を受けた普及指導員をスマート農業推進員、さらに、専門知識を有したスマー

ト農業専門員に位置付け、スマート農業に関する技術について積極的に自ら学び、現場に普及してもらうという取り組みも行なっている(図 1-22)。

これら岐阜県の取り組みについて、2020 年度スマート農業シンポジウム(2020 年 11 月 26 日開催)で取り上げ、詳細を中部圏研究 Vol.214 2-30 頁にまとめたので参照されたい。

### ③ 農業高校におけるスマート農業教育～長野県の例

担い手の実践教育の場として、まず挙げられるのが農業高校である。現在、農業を学ぶ学科を有する全日制の高等学校は全国に 298 校あり、約 8 万人の生徒が学んでいるとされる。近年は生徒数の減少や過疎の影響で統廃合が進み減少傾向にあるものの、中部圏には 47 の農業高校があり、地域の特色を踏まえた教育が行われている。

農業高校では、専門教科「農業」を中心に履修し、文部科学省の高等学校学習指導要領に沿って教科が決められている。近年、急速に普及しつつあるスマート農業については、各都道府県、あるいは各高校で、体験を含む様々な取り組みがなされている。

2023 年 11 月、長野県下高井農林高校では、北海道大学スマート農業教育センターから外部講師を招いてスマート農業研修を行った。



図 1-23.スマート農業研修の様子(下高井農業高校)

前半は座学、後半は校内の農場に移動してスマート農業の実演や、自動操舵トラクタの運転を実際に体験するなどの実習を行った。研修には県内の農業高校で

教鞭をとる教職員も参加し、生徒と一緒にラジコン草刈り機や可変施肥器など、メーカーによる最新農機の説明に熱心に耳を傾けていた。

講師派遣を行った北海道大学は、北方生物圏フィールド科学センター、大学院農学研究院ビークルロボティクス研究室が共同してスマート農業の研究を行ってきた。農林水産省の「スマート農業教育委託事業」にスマート農業教育拠点校として採択され、2023年にスマート農業教育センターを開設した。北海道大学は、その研究活動で蓄積した知見を活かし、教育センターをスマート農業に関する官民との共同研究の拠点として、またスマート農業にかかわる人材育成の拠点として活用している。

教育センターの施設には様々なスマート農機が展示され、小学生から大人まで、一般の見学を受け入れ、スマート農業に関する理解の醸成を図っている。



図 1-24.スマート農業の教材(フォローノート)

教育センターが実施するスマート農業研修では、全国各地域に講師を派遣して農業高校の生徒から現役の農業者、教員や指導員への研修を実施している。Zoom を活用したオンライン研修も行っており、年5回のカリキュラムを設け、全て無料で実施しているほか、オンデマンドで視聴できるオンライン講座(YouTube)や、学習 WEB サイトによる e ラーニング、それらを冊子にまとめた教材など、豊富なコンテンツを揃えて、全国のスマート農業教育を支援している(図 1-24)。

長野県の農業高校への講師派遣による農業研修は、2022年の長野県下伊那農業高等学校に続き、2校目

となる。今後も中部圏で、教育センターのスマート農業研修を活用した、担い手教育が展開されることを期待する。

#### ④ 農業大学校における担い手へのスマート農業教育

農業大学校とは、農業経営の担い手を養成する、中核的な教育機関として、全国で41道府県に設置されており、中部圏では長野、静岡、岐阜、愛知、三重、滋賀の6県に農業大学校が設置されている。実践的で高度な生産技術、農業経営について学ぶことができる。

このほか、民間が運営する農業大学校が5校(うち1校は長野県のハケ岳中央農業実践大学校)があるが、本稿では県立の農業大学校について説明する。

大学校名	科目名	時間	内容
長野県農業大学校	スマート農業論	講義4h×4回 演習5h	・ロボットトラクタ、ドローンなど、水稲用のスマート農業機器に関する講義・実習 ・野菜分野のスマート農業機器の講義・実習
静岡県農業大学校	総合実習 園場実習Ⅱ	研修3h×4回 実習3h×28回	・実際に先進技術を導入している農場視察 ・先進技術の実演見学 ・環境制御装置の操作及び生産管理の実習
岐阜県農業大学校	野菜専攻実習	4時間×181回	・複合環境制御機器を用いた施設で、イチゴ、トマトの最適な「栽培環境づくり」のプロジェクト学習
愛知県農業大学校	作物専攻実習	3~6h/週	・外部講師によるスマート農業の講義 ・NDVI撮影用ドローンの実演 ・撮影したデータの分析、施肥体系の検討
三重県農業大学校	現代社会と文化	研修3h×1回	・外部講師がIoTやドローンについて講演 ・温度センサー、コントローラー等、IoT技術やドローンの操作体験
滋賀県農業大学校	スマート農業	講義4h×4回 校外学習	・外部講師によるスマート農業の講義 ・ICT園芸ハウス、ドローンの実演 ・先進農家への農場視察

図 1-25. 農業大学校のスマート農業カリキュラム(2023年度)

図 1-25 に 6 県の農業大学校のスマート農業に関するカリキュラム(2023年度)を示した。いずれも外部講師によるスマート農業の基礎講座や、各県の主要な生産品目に合わせた講義・実習を行っている。

特筆すべきは、静岡県が2020年に「静岡県立農林大学校(2022年3月閉校)」を母体として、全国初となる「静岡県農林環境専門職大学」を開校したという点である。農業のグローバル化、スマート農業の進展など、農林業を取り巻く環境変化に対応できる人材の育成を目指して、4年制のカリキュラムと、2年制の短期大学部を設けている。

2年次からは栽培・林業・畜産の3コースに分かれて専門科目、実習や長期インターンシップで実践的な技術を学ぶ。栽培コースでは、イチゴ、トマト、メロンを栽培する施設園芸の中で、AI、IoTの活用を学んでいる。

長野県農業大学校では、AI、IoT等を活用した先端技術分野の習得をテーマとして、水稲栽培、および野菜栽培に関するスマート農業機械を使った講義や実習を行っている。一部の講義はドローン免許の取得に必要な講座として振替えることもできる。受講者の就農意欲を向上させることにも役立っている。

岐阜県農業大学校は、複合環境制御を用いた施設で、トマトやイチゴといった岐阜県が力を入れている作目の最適環境を通年でいかに確保するかといった技術について学んでいる。

愛知県農業大学校では、担い手の新規就農先が土地利型作物であることも多く、ドローンセンシングとデータ解析などに重点が置かれている。

この様に、農業大学校では、就農後すぐに実践できるスマート農業技術について、学ぶことができる。

#### ⑤ 農地中間管理機構を活用したスマート農業教育

##### (富山・石川・福井の3県の事例)

農地中間管理機構とは、農地の貸借により農地の集積・集約化を進める組織で、県知事により各県に1つだけ指定される。農業大学校を持たない富山・石川・福井の3県は、この農地中間管理機構を活用して担い手教育に取り組んでいる。

県	県の関係団体	業務内容
長野	(公財)長野県農業開発公社	農地中間管理業務
静岡	(公社)静岡県農業振興公社	農地中間管理業務、新規就農支援、企業の農業参入支援
富山	(公財)富山県農林水産公社	農地中間管理業務、新規就農支援、 <b>農業研修(とやま未来農業カレッジ)、スマート農業推進センターの運営</b>
石川	(公財)いしかわ農業総合支援機構	農地中間管理業務、新規就農支援、 <b>農業研修(いしかわ耕稼塾)、経営支援、スマートアグリプラットフォーム運営</b>
福井	(公社)ふくい農林水産支援センター	農地中間管理業務、農地売買、就農支援、農林漁業研修都市農村交流推進、 <b>県から研修事業を受託(500円/回)</b>
岐阜	(一社)岐阜県農畜産公社	農地中間管理業務、就農支援、企業の農業参入支援、法人化支援、農副連携支援等
愛知	(公財)愛知県農業振興基金	農地中間管理業務、県有農地売却業務
三重	(公財)三重県農林水産支援センター	農地中間管理業務、新規就農支援
滋賀	(公財)滋賀県農林漁業担い手育成基金	農地中間管理業務、新規就農支援

図 1-26. 中部圏9県の農地中間管理機構

富山県は公益財団法人富山県農林水産公社に、県の研修施設である「スマート農業推進センター」の運営と、農業研修「とやま未来農業カレッジ」の運営を委託している(図 1-26)。





図 1-27. 富山スマート農業研修の様子 (筆者撮影)

同カレッジでは、就農希望者向け「通年研修」、若い担い手向け「農業経営塾」、および「公開講座」の 3 つのコースを設けている。座学のほかに 10 か所のサテライト農業で様々な作物の栽培を学ぶほか、通年研修では金曜日の午後を「機械実習」の時間に充て、富山県が設置した「スマート農業研修センター」で様々なスマート農機の操作を学ぶ(図 1-27)。農業経営塾や公開講座でも積極的にロボットトラクタや施設園芸における ICT 活用などのテーマを取り上げ、スマート農業に関する啓蒙普及を行っている。

石川県では、公益財団法人いしかわ農業総合支援機構に担い手研修「いしかわ耕稼塾」の運営を委託するほか、「スマートアグリプラットフォーム」を通じて農業者と企業、大学等のマッチングを推進している。

いしかわ耕稼塾では、社会人向け「技術習得研修」で予科(基礎)、本科(新規就農者向け)、専科(自立経営向け)の 3 つのコースを設けている。研修は石川県総合農業研修センター等を会場とし、地域の農家への派遣等による研修も行っている。このほか、「実践科」として、就農 5 年以内の農業者を対象に、農業生産法人等で働きながら週 1 回、研修を受けるといった、若手の担い手に対する研修を行っている。

福井県では、公益社団法人ふくい農林水産支援センターに研修事業を委託している。研修は有料(550 円~/回)のカリキュラムも含み、月度でスケジュールを公開、受講生を募集する。農機のオペレーション研修など、その都度、学びたい内容の講座を選んで申し込むことができる。

また、県の農林水産部園芸振興課が運営する「ふくい園芸カレッジ」では、福井県あわら市に研修施設を構え、新規就農者、地産地消、スマート園芸の 3 つのコースを設けている。スマート園芸コースでは、大規模園芸施設の経営者育成を目的として、周年栽培等の高度な技術、CO2制御および養液管理技術、ICT技術等、スマート施設園芸の運営に必要な技術を学ぶ。対象品目は福井県の園芸推進品目であるイチゴ、ミディトマト、パプリカで、定員は3名程度である。

3 県に共通することとして、中間管理機構を活用することで、県内各地の生産者との広いネットワークを活用した実地研修が可能なこと、そして何より、研修・農地の取得または貸借・就農支援をワンストップで行えるという点が、特徴的である。

## ⑥ スマート農業に関する情報発信

農林水産省は 2020 年に「スマート農業推進フォーラム」を開催し、農業関係者、企業、一般に向けてスマート農業実証事業の成果を公開した。翌 2021 年からは 8 つある地方局・地方農林事務所が主体となってフォーラムを開始している(九州農政局では同名のイベントを 2018 年から開催)。中部圏は関東・北陸・東海・近畿の 4 つの農政局に地域がまたがっており、農林水産省の施策の紹介とスマート農業実証事業の成果を報告するほか、有識者による基調講演、メーカーによるスマート農機の展示ブースの設置や相談会など、地方農政局ごとに特色あるフォーラムを開催している。

また、富山県、福井県、岐阜県では単県でスマート農業に関する普及イベントを実施しており、活発な意見交換が行われている。

中部圏 9 県のスマート農業に関して、それぞれの地域の実情に即した施策が展開されている。各県の特色ある取り組みが、互いにヒントとなって、より効果的な取り組みへと発展することを期待する。

### 【引用元】

- 1) 中部圏研究 vol.208 34-67 頁に掲載
- 2) 中部圏研究 vol.210 2-23 頁に掲載
- 3) 中部圏研究 vol.214 2-30 頁に掲載
- 4) 中部圏研究 vol.218 46-27 頁に掲載

## コラム『ちゅうぶケン』の独り言』栃木県畜産酪農研究センター



詳しくは「中部圏研究 Vol.220  
32-47 頁を見てください。

栃木県は農業産出額 2,693 億円 (2021 年度) のうち 4 割を畜産が占め、特に酪農は北海道に次ぐ第 2 位の規模です。2021 年 3 月に策定した、「栃木県スマート農業推進方針」に沿って、スマート農業導入普及と担い手の育成に取り組んでいます。

栃木県畜産酪農センター（以下、「畜酪センター」）は、畜産に関する県の研究施設であるとともに、担い手の教育研修の場としても活用されています。飼育されている畜種は乳牛、肉牛、豚で、50 名ほどの職員が、日々様々な研究に取り組んでいます。

栃木県のスゴイところは、この畜酪センターを丸ごとスマート化しちゃったという所です。酪農牛舎は次世代型酪農経営モデルとして、暑さに弱い乳牛のため、牛舎内の温度を感知して自動で開閉するカーテンが設置されています。餌やりから乳搾り、糞の片付け、牛のブラッシングまでロボットがやってくれます。人はロボットや牛に取り付けられたセンサーから集められたデータを見て、最適な餌の量を調節したり、異常や疾病を早期に発見したりできます。



搾乳ロボットは、自動で乳搾りを行うだけでなく、1 頭ずつ健康状態や生乳の質をチェックし記録するセンサーも備えています。また乳搾り中は、搾乳ロボットに備え付けの餌箱からトウモロコシなどの餌が与えられるので、牛は自らロボットの中に入っていきます。

技術導入 農家数	H27 (2015)	H28 (2016)	H29 (2017)	H30 (2018)	R1 (2019)	R2 (2020)	R3 (2021)
開畜	59	79	172	271	329	457	501
土地利用型	19	37	73	108	171	274	395
畜産	110	98	118	126	153	167	172
合計	188	214	363	505	653	898	1068

自動化技術				分岐（発情）監視システム			新エネルギーの活用		その他			
搾乳ロボット	哺乳ロボット	搾乳ユニット（個体ごとで自動調整可能なもの）	自動給餌システム	自動飼育装置	TH制御システム	分娩監視システム（牛道等）	発情発見システム（牛歩）	飼養状況監視カメラ	その他	太陽光	ミルクヒートポンプ	その他の先端技術
21	39	15	45	11	2	26	55	26	9	7	1	7

引用：栃木県農政課 10

### 栃木県のスマート技術を導入する農家・導入技術の現状

畜酪センターの脇阪所長は、「多くの農家から、スマート農業導入の費用対効果について尋ねられますが、導入のタイミングや費用の妥当性判断など、指導する行政側も技術の革新のスピードについていけない」と話してくれました。

栃木県内の農家 1,000 軒以上が、何らかのスマート技術を導入していて、中にはスマート農機を使って大規模化する農業法人も出てきています。これからスマート技術を使って農業生産に取り組む担い手も、営農指導する技術者も、畜酪センターでスマート畜産を学び、地域の発展に貢献してくれると期待しています！



搾乳ロボット



## 第2章 食料とスマート技術

世界人口の増加、気候変動による自然災害の頻発、コロナ禍やロシアによるウクライナ侵攻で食料供給に混乱が生じ、食料安全保障に関する関心が高まっている。政府は2024年2月27日に「食料・農業・農村基本法」の改正案を閣議決定した。「食料安全保障の確保」、「環境と調和のとれた食料システムの確立」、「多面的機能の発揮」、「農業の持続的な発展」、「農村の振興」の5つを基本理念とし、食料分野では、食料の安定供給と食品アクセスの確保、適切な価格形成、輸出までを見据えたバリューチェーンの構築、国際的な食料の持続可能性の議論への参加等を推進していくとしている。

この中で、本章では、消費に基づいた食料生産の考え方、フードチェーンにおけるスマート技術活用、および食品ロスに関する取り組みについて取り上げる。

### 2-1 地消地産で考える食料の安定的な確保

農林水産省では、これまで国内生産、輸入、備蓄の組み合わせ等による、食料の安定供給に取り組んできたが、基本法改正案の議論では、国際的な概念である“Food Security”を食料安全保障の定義として議論している。

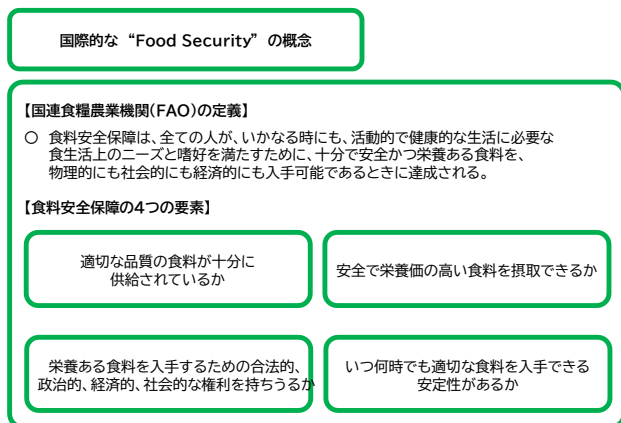


図 2-1. 国際的な Food Security の概念

しかし、“Food Security”には、食品へのアクセスなど、社会的、経済的な課題も含まれるため(図 2-1)、本項は食料生産に焦点を当てて論を進める。

日本の食料自給率は、カロリーベースで4割を切っている状況だが、穀物自給率はさらに低く3割程度しかなく、特に家畜飼料向けの穀物自給率は僅か13%(2021年)である。

昨今の飼料穀物の高騰により、鶏卵や牛乳を生産する畜産農家の経営に重大な影響が出たが、それは小売価格の急騰となって、国民の消費生活にも大きな影響が出た。このことは輸入穀物への過度な依存を見直す契機となった。

日本は水田における稲作農業が穀物生産の大部分を担ってきた。コメの生産も需要も減少傾向にあるものの、需要を超える供給があるため、いわゆる「コメ余り」の状態が続いている。その一方で、パンや麺などの原料となる小麦、畜産物を生産する飼料となるトウモロコシや大豆などは、その大半を海外に依存している。

稲作に適した水田は、麦類、トウモロコシ、大豆等の生産には向かず、生産性向上のためには、水田を畑に転換する土地改良が必要である。

そこで、第6回研究会では、消費に基づいた生産の社会実証を行っている、地域自給圏「スマート・テロワール<sup>※</sup>」の取り組みについて、山形大学教授の浦川修司先生に解説いただき、食料の安定的な確保における国内生産のあり方に関するヒントをいただいた。

(詳細は「中部圏研究 Vol.224 69-93 頁」を参照)

なお、スマート・テロワールの「スマート」は「自然資源(土地)の活用を賢く(スマートに)考える」の意であり、スマート農業の「スマート(先端技術を活用した)」とは異なることを予めお断りする。

#### ① 水田農業における自給飼料生産の取り組み

日本の農業生産基盤は水田が基本なので、飼料作物などの穀物生産とコメの生産調整とは切っても切れない関係にある。



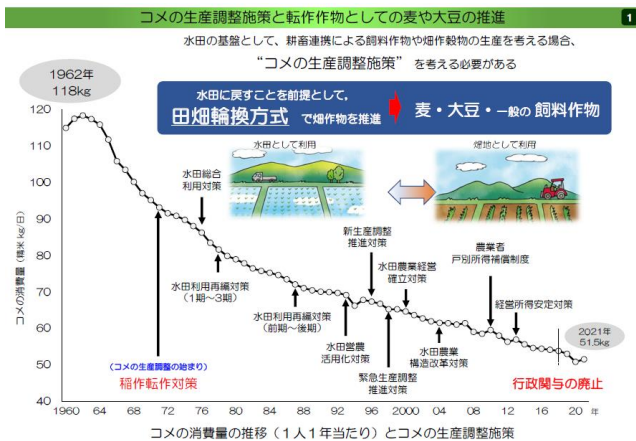


図 2-2. コメの消費量の変化と生産調整

1960年当時のコメ消費量は2俵/人程度だったが、コメ需要は回復することなく漸減し、現在は半減している(図 2-2)。コメの生産調整は、水田に戻すことを前提とする田畑輪換方式で進められてきたため、麦や大豆は湿害などの影響で生産性・品質とも低くなっている。

1998年からは、イネそのものを飼料化する飼料米やイネ WCS の生産にも取り込まれ、飼料として一定の供給量を確保するとともに、食用米需給の調整弁の役割も果たしてきた。しかし、家畜飼料への飼料米やイネ WCS の利用には制約があり、生産面の負荷も大きく、今後の拡大は限定的と考えられている。

日本の主たる飼料原料はトウモロコシだが、そのほとんどを海外に依存しており、国際相場の影響を受けやすい。中国の輸入量の増加やウクライナ情勢等により価格は高騰しており、最近では日本でも子実トウモロコシ栽培への関心が高まってきている。

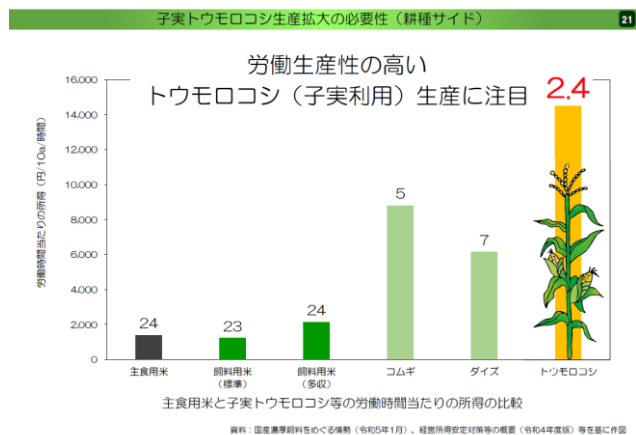


図 2-3. 作物の労働生産性比較

子実トウモロコシの栽培は、コメに比べて労働生産性が高く、播種して除草剤を散布した後は、収穫までほとんど手間がかからない(図 2-3)。担い手に農地が集まる現状では非常に有効的な作物と考えられる。

## ② スマート・テロワールについて

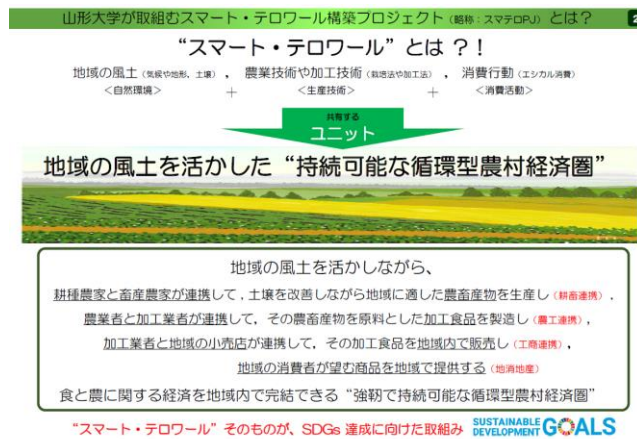


図 2-4. スマート・テロワールとは

スマート・テロワールとは、地域の風土の中で、「耕畜連携」による土壌改善と農畜産物生産、農業者と加工業者の「農工連携」による食品加工、加工業者とスーパーマーケットなど小売業者の「工商連携」による消費者が望む地産商品の販売、すなわち食と農に関する経済を地消地産で完結できる、強靱で持続可能な循環型農村経済圏がスマート・テロワールである(図 2-4)。

スマート・テロワールと 6 次産業化との違いは、6 次産業は農業者が加工も販売も手掛けていくことであるのに対し、スマート・テロワールは団体総力戦とも言うべき、地域の様々なステークホルダーと連携して地域自給圏を構築する仕組みである。

## ③ 山形大学のスマート・テロワール実証

山形大学農学部がある庄内地域は、日本有数のコメどころである。この庄内地域で水田を畑地化し、子実トウモロコシを生産、それを餌とする豚肉の生産と加工品の販売を通じたスマート・テロワールの実証を行なった。

北海道を除く日本では、飼料穀物を生産する畑作農家も、自給飼料に立脚した畜産農家も少ない。畑作農家と畜産農家の連携を進める仕組みもなく、畑作農家は輸入肥料に頼り、畜産農家は輸入穀物に頼らざるを

得ない状況だ。

消費段階では、生鮮食品の消費が減り、加工食品や調理食品の消費が増加している。大手加工食品会社がコストとエネルギーをかけて、輸入農産物を加工した食品を全国流通させている。

そこで地域の畑作農家が生産したトウモロコシを畜産農家に供給し、畜産農家がたい肥を返すという循環を軸に、地域が求める食肉加工品を地域に供給することを目指した。

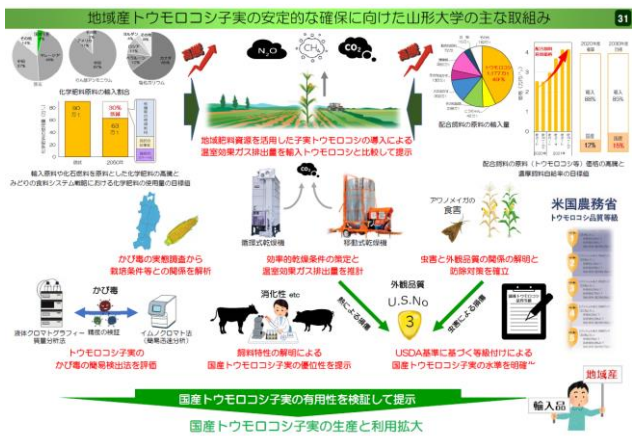


図 2-5. 山形大学の子実トウモロコシに関する取組み

山形大学は子実トウモロコシを栽培、それを飼料として養豚農家が豚肉を生産、地元の食肉加工場がソーセージ、ハム、ベーコンを製造し、地元のスーパーが販売を担当した(図 2-5)。実証に参加した全てのステークホルダーに、それぞれ主体的に取り組み、定番商品と比べても遜色のない商品の開発を目指した。

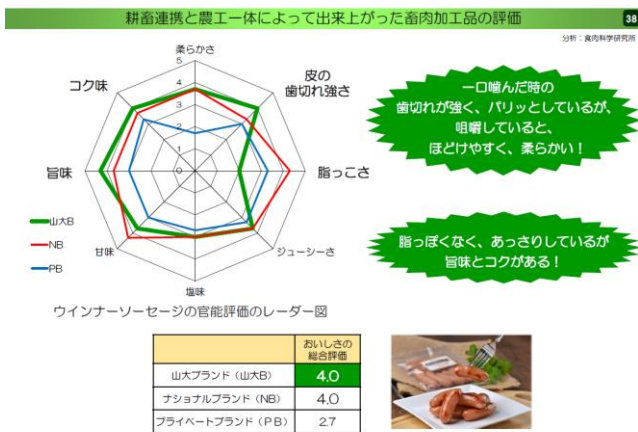


図 2-6. 食肉科学研究所による官能評価の結果

地域資源を活用して製造された地元産品だから、当初はストーリー性抜群と自負していたが、それだけでは売れず、科学的評価が必要で、ストーリー性と科学的評価が揃ってはじめてエシカル消費が成り立つと気づいた。専門の研究機関で「美味しさ」を定量評価してもらい、商品化まで漕ぎつけた(図 2-6)。その結果、2019年には「山形ふるさと食品コンクール」で、最優秀賞である知事賞を受賞した。

価格は、大手メーカーの定番商品より25%安い価格で販売している。ステークホルダーの全てに十分な収益があるよう、一層の経費削減が必要だが、決して不可能ではないと考えている。

豚肉生産の60%が飼料費であり、完全地産化できれば価格も抑えられる。誰かが儲けるのではなく、みんなが少しずつ儲けることが重要だ。子実トウモロコシの栽培では、子実以外の茎葉部分は全て畑に戻すので、畑に有機物が残り、土壌の改善に貢献する。生産物の販売だけでなく、こうした「畑への投資」の評価も考慮する必要がある。実証成果をもとに、事業の拡大を検討している。

さらに現在は、農研機構と共同で、生産全体の温室効果ガス排出量を測定し、既存の生産体系と比較して、どれだけ減らせているかを見える化するプロジェクトにも取り組んでいる。

スマート農業が技術に関心が向きがちだが、技術は安定的、持続的に食料生産を実現するためのツールであって、農業生産の「仕組み=テロワール」を「スマート化」することもまた、食料生産の手段としてのスマート農業と捉えることができると考えている。

まずは、地域で必要とされているもののうち、地域で生産できるものは地域で生産する。それは地域外から運んでくるものよりも安く、品質も遜色のないものでなければならない。一見、難しいようだが、山形大学の庄内スマート・テロワールの取り組みは、地域の仲間と知恵を出し合い、消費者の理解を得ることで、地域自給圏構築の可能性を示唆している。



## 2-2 スマートフードチェーンで活用される技術

食料を安定供給するうえで、食卓に農産物が届くまでに、安心・安全を担保するための様々な仕組みがある。これまでは、産地表示のように農産物の流通と紐づいて、アナログで付帯する情報も利用されており、バリューチェーンに携わる各組織の相互信頼のもとに成り立っている。



図 2-7. スマートフードチェーンシステム

スマートフードチェーンとは、入口（生産）から出口（消費）までの情報を連携・集積し、生産の高度化、販売における付加価値向上、流通最適化等を可能とする基盤であり、すでにスマートフードチェーンを構築する技術の一部は、実装され利用されている（図 2-7）。

中部社研では、2021年のスマート農業シンポジウムで「スマートフードチェーンを支える分光分析技術」をテーマに、食の安心安全を確保するスマート農業技術について取り上げた。本項では、シブヤ精機株式会社（以下、「シブヤ精機」）の果菜・根菜類や果実の選果場で活用されている選果機、長野県の和牛のオレイン酸を光で測定しブランド化する取り組みについて紹介する。

（詳細は、中部圏研究 Vol.224 69-93 頁を参照）。

### ① シブヤ精機の AI を搭載した最新鋭の選果機

シブヤ精機は全国の農協などに選果機を中心とする農業設備や、ファクトリーオートメーション機械を供給している。

## 果樹生産に関する統計データ

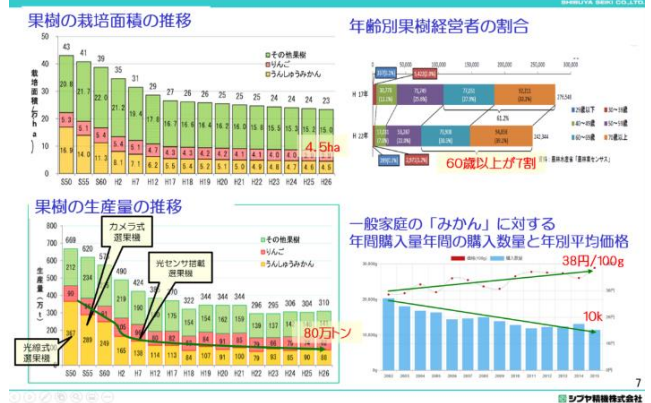


図 2-8. 果樹生産に関する統計データ

図 2-8 には果樹生産に関する統計データを示した。リンゴの生産は比較的安定しているが、みかんはここ数十年で大きく減少した。一般家庭の購入量や単価の推移を見ると、みかんの単価は上昇し、最近では高級品になってきている。日本の果物は世界でも高い評価を受け、うまく作れば「売れる」という時代になってきたにもかかわらず、国内の果物消費量は大きく減少している。

青果物流通において、選果場では出荷基準に応じて階級分けがされる。1 つは大きさ (S/M/L)、もう 1 つは、「見た目」や「味」で等級分け、選果される。選果の技術としては、画像処理による見た目の良し悪しを判別、近赤外分光で糖度等を測定して判別する技術が普及している。

判別後は、包装・箱詰めして市場に出荷されるが、ここではロボットが選別から箱詰めまで行うなど、省人・省力化に寄与する自動機械が稼働している。

選果場は、農産物を選果するだけでなく、市場や消費者に向けて出荷する物流拠点でもある。また、選果の際に収集されたデータをもとに、生産者に対して営農指導を行うなどのスマート農業的な取り組みも 30 年以上前から実施されている。さらに、生産者に対する決済機能も選果場の重要な役割である。

つまり選果場は出荷調製施設であるとともに、生産データ、品質データなど様々なデータを収集するデータセンターとしての機能も有しているということだ。

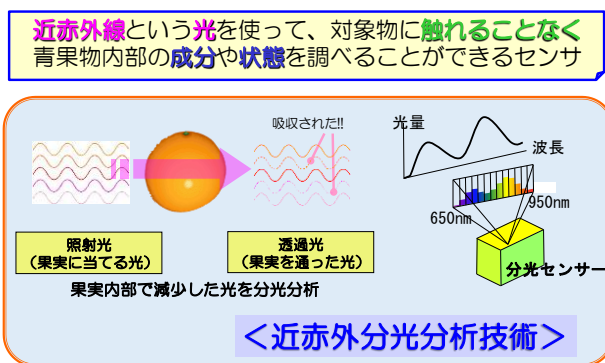


図 2-9. 果樹生産に関する統計データ

選果機に使われているセンシング技術に内部品質センサーがある。青果物に近赤外線の光を当て、漏出する光を分光して波形データ(スペクトル)から糖度が非破壊で瞬時に予測できるという仕組みだ(図 2-9)。選果機には30年前からこのような技術が利用されていて、日本国内で 1,000 台以上のセンサーが稼働している。

みかんからスイカまで、1 個ずつ糖度を測定して選別するほか、リンゴやナシ、タマネギやジャガイモなどは、内部の腐敗や障害の有無を判別でき、最近では、βクリプトキサンチンなどの機能性成分の計測にも用いられる。外観を、カメラ画像をもとに、見た目では選別する最新の技術もある。青果物にもよるが、選果機に最大で6台のカメラを使用し、全周画像を処理して大きさ、色、形状、傷の有無・程度を計測し、評価するものだ。



図 2-10. AI ビジョンの特徴

図 2-10 はリンゴ画像処理の例だが、肉眼ですぐ傷とわかるものも、通常の画像処理では検出が困難なので、近赤外光を当てると傷だけが明瞭に見える。検出したい情報により、光の種類も使い分けている。10 年ほど前から、紫外の蛍光反応を使い、腐敗したミカンを選別するという技術も実用化されている。

シブヤ精機の選果機は6台のカメラで3ショット、果実 1 個あたり 18 画像を撮影し、大きさや色、形状を計算して選別している。

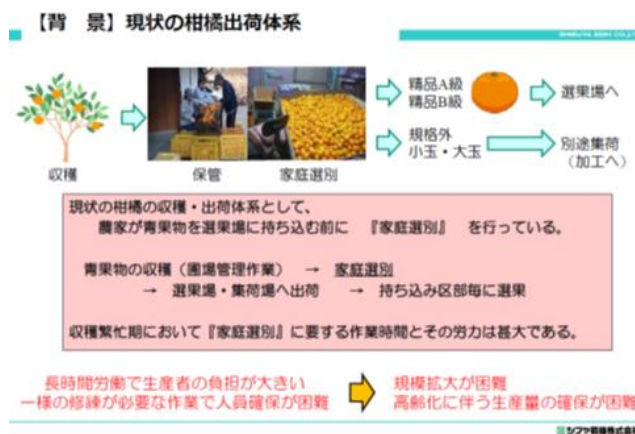


図 2-11. AI ビジョンの特徴

しかしまだ、肉眼による選別にはかなわず、多くの産地では選果場に搬入する前に、生産者がプレ選果を行い、規格外品を大雑把に分けてから、製品になるものだけを選果場に持ち込むというのが一般的な選果場の運用ルールになっている(図 2-11)。

最も忙しいのが収穫時期だが、日中は収穫作業、夕方からプレ選果という重労働の中では規模拡大も困難であるだけでなく、担い手が高齢化する中で営農をあきらめる農家も多いのが現状である。

既存の技術では傷を検出しても傷は傷としてしか認識されないが、人間の目視選別では病気による傷か、虫害による傷かなど、傷の種類や程度まで判断できる。熟練者になれば将来腐るかといった極めて高度な選果ができるが、既存技術ではこれが難しい。そこで、最近では人工知能(以下、「AI」)技術を使った高度な選別技術が導入されるようになった。



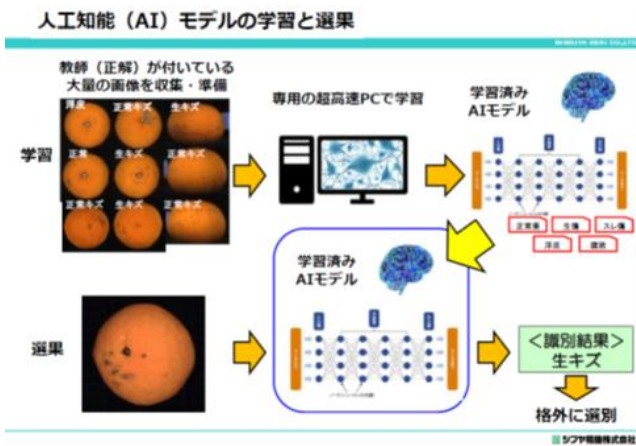


図 2-12.AI モデルの学習と選果

AI 選果には、病虫害による傷害等の画像を大量に機械学習させてモデルを作り、このアルゴリズムを使って選果を行う(図 2-12)。静岡県 JA みっかびは、2021 年 11 月に、この最新鋭の選果機を全国で初めて導入した。この選果場では日量 500 トン、約 500 万個のミカンの選果が行われている。選果処理能力も、従来と比べ 60%以上向上しており、1 秒間に約 8 個のミカンを AI が瞬時に判別している。

年次や産地によって病虫害の発生程度も異なるため、AI は年々情報量が増え、さらに精度を上げていくことができる。一見健全に見える果実でも、極小の傷があって皮をむくと虫が吸った跡が確認できるといった、今までは不可能であった高度な選別が AI により可能になっている。将来的には、AI 選果によって生産者におけるプレ選果の作業の軽減が期待されている。



図 2-13.馬鈴薯の収穫・選別の現状と将来像

次に馬鈴薯の事例だが、北海道では馬鈴薯収穫の際に、収穫機に数名の作業員が乗り込み、収穫しながら土塊や石・規格外品を取り除く作業を行っている。さらに、選果場でも、多くの作業員が目視で選別を行っている(図 2-13)。地方では人手不足が加速的に進んでいて、内閣府が主導する SIP 事業の一部として、収穫機上の選別や、選果場での選別の省人化のプロジェクトが進められている。

これまでの研究で、土塊や石、傷やキレツ、奇形などを、AI を搭載した選果機で選別することが、実用化レベルになってきた。馬鈴薯の場合は、ミカンとは異なり、土の付着が画像処理に大きく影響する。土質や土の付着状態が産地や生産者、畑ごとに大きく異なるため、機械で自動選別することは非常に困難だったが、AI 技術の導入によって肉眼でも判別のつかないような傷害も検出できるレベルになっている。

スマート農業というと、ほ場や園芸施設など生産の場にばかり目が行きがちだが、収穫後の青果物や食品製造現場では、製品の多様性により対応が難しく、自動化・省人化が進んでいない現状がある。食の安心・安全を担保するために AI を活用し、より人間に近い検査・選別が可能となる。

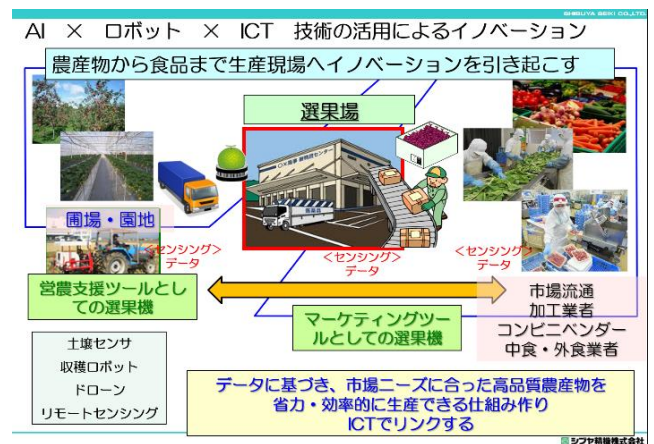


図 2-14.選果場を中心としたデータ連携のイメージ

また、選果場には、これまでに蓄積された農産物の品質に関する膨大なデータ・情報があり、将来は、消費者や流通が求める品質や量と価格、さらに、安定供給を担保する機能として、生産者に情報をフィードバックし、営農指導に活用するなどにも期待される(図 2-14)。

## ② オレイン酸を指標とする長野県産牛肉のブランド化

長野県が取り組む、信州プレミアム牛肉という認定制度がある。光の技術を使って牛肉のブランド化を図り、消費者に美味しい牛肉を提供すると同時に、生産農家の所得の向上にもつながっている。

### 信州プレミアム牛肉とは

〈あんぜん・あんしん〉  
「信州あんしん農産物[牛肉]生産農場」から出荷された黒毛和種

+

〈おいしい〉  
脂肪交雑に加え、  
**オレイン酸含有率**を加味して長野県独自のおいしさ基準で認定 平成20年度～



図 2-15.信州プレミアム牛肉とは

2004年に長野県は県産農畜産物のトレーサビリティ認証「信州あんしん農産物制度」をスタートさせた。しかし、長野県産牛肉の知名度は極めて低く、「食味」を加えた新しい基準で、県産牛肉の統一ブランドとして、「信州プレミアム牛肉」の取り組みを2009年から始めた(図 2-15)。県内で飼育され、風味と口溶けが良いオレイン酸含量を指標とする全国初の認定牛肉である。

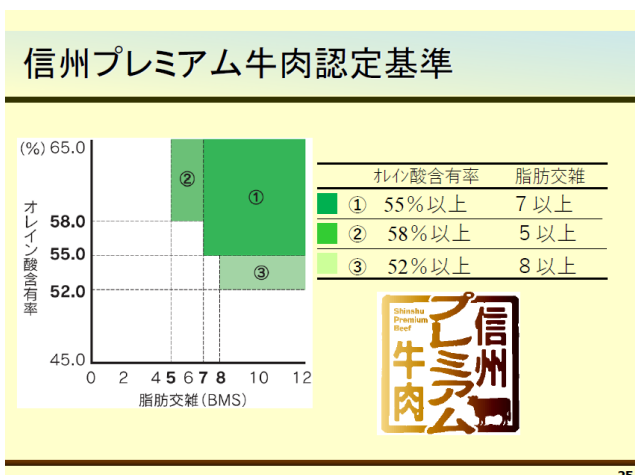


図 2-16.信州プレミアム牛肉認定基準

オレイン酸は脂肪酸の一種で、信州プレミアム牛肉はいわゆる霜降り肉の「サシ」と呼ばれる脂肪交雑の規

格と、脂肪酸のうちオレイン酸の含まれる割合で認定基準を設けている(図 2-16)。食味試験でオレイン酸含有率と美味しさの関係についても研究を行ない、55%という基準値を設けた。

### 近赤外線分光分析装置によるオレイン酸の迅速測定

食肉脂質測定装置 (株相馬光学)



S7000



S7040

図 2-17.近赤外線分光分析装置によるオレイン酸の迅速測定

認証制度を始めた2009年当時は、オレイン酸が牛肉の香りに影響を及ぼす成分として注目され始めた頃で、従来はガスクロマトグラフィ等大がかりな分析機械が必要だったが、近赤外線分光分析装置により簡易に、食肉加工の現場で測定できるようになった。

図 2-17は、独立行政法人家畜改良センターで開発した近赤外線分光分析装置で、牛肉中のオレイン酸含有率を数秒で測定することができる。この機械で1頭ずつ牛肉の表面に測定器を当て、オレイン酸含量を測定している。

2012年からは県外市場でも認定制度の運用を始め、現在では大阪、京都、姫路、名古屋の各市場で認定を行い、年間約3,800頭が認定されている。

特に京都市場での信州プレミアム牛肉の評価は高く、同規格の牛肉と比べ単価が約200円/kg程度、1頭当たりでは約10万円高く取引され、農家の収益向上に寄与している。

生産者はトレーサビリティに取組み、県が「美味しさ」の指標としてオレイン酸を指標とする認証を付与し、消費者に安心・安全と美味しさの情報を提供することで適正な取引を支援している事例である。



## 2-3 食品ロスとスマート技術

流通における解決すべき課題として食品ロスの問題が挙げられる。食品ロスには収穫から流通の過程で生じるいわゆる「ロス・Loss」と、主に消費段階で廃棄される「ウェイト・Waste」とがある。

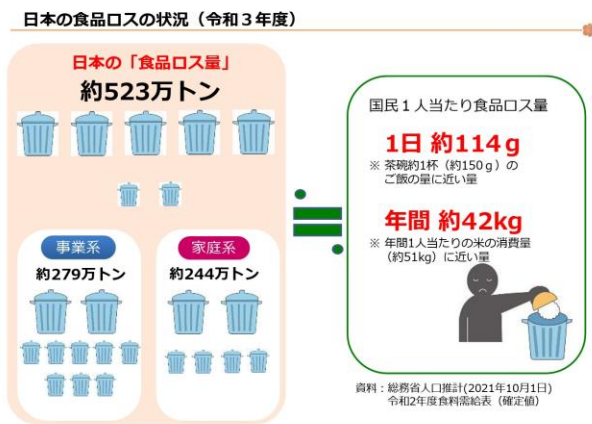


図 2-18. 日本の食品ロスの状況

(出典：農林水産省「食品ロス及びリサイクルをめぐる情勢」)

世界全体では食料生産の 1/3 に相当する 13 億トンもの食品ロスが生じており、日本では、農林水産省によると食品ロス (Loss+Waste) の合計は年間 523 万 t (2021 年) 発生し、うち事業系が 279 万 t、家庭系が 244 万 t となっている。

食品ロスは、消費行動や商習慣の見直しなどによって削減できる部分 (Waste) と、流通上の課題を解決することで解決できる部分 (Loss) があると考えられ、本項では後者に主に焦点を当て、スマート技術がどのように利用されているか論じていく。

2021 年シンポジウムで講演いただいた、京都大学教授、近藤直先生の講演をもとに、収穫から消費までの過程を光の技術で監視し、食品ロスを低減する技術について、以下に紹介する。

(詳細は、中部圏研究 Vol.224 69-93 頁を参照)

### ① 蛍光分光技術で食品の状態を監視し廃棄ロス削減

2-2 項で紹介した AI 選果機も、極小の傷を検出し選別することで、輸送や貯蔵中に段ボールごと変敗し廃棄する青果物を減らすことができる。

蛍光とは、分子を励起する光子によって引き起こされる発光の一種で、光子を吸収することにより分子を電子励起状態に引き上げ、励起された分子が基底状態に戻ると、吸収された光子よりも長い波長に対応するより低いエネルギーの光子を放出する。蛍光分光分析とは、その蛍光特性に基づいて分子からの蛍光を分析する手法のことである。

ほとんどすべての農畜水産物は、クロロフィル、タンパク質、アミノ酸、ビタミン、有機化合物等の蛍光物質を含有しており、蛍光物質の励起波長と蛍光波長の分布を三次元的に解析すると、品質、成分分析、キズの有無など、蛍光反応を通じた計測が可能になる。

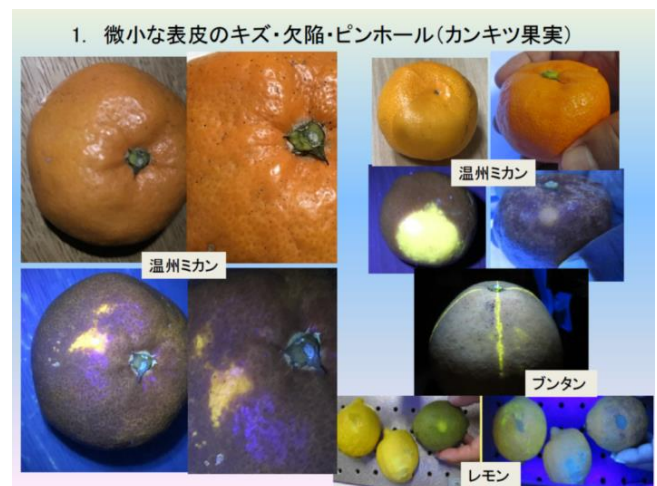


図 2-18 かんきつの蛍光画像

先に図 2-18 のような微小傷を有する果実を選別できるような装置が現場に導入されていることを述べた。特にレモンのように長期間貯蔵する青果物は、このような装置で選別した後、貯蔵することが推奨されている。ミカンは黄色に、レモンは青く光る。トマトの果実は収穫してから流通、貯蔵中に赤色が濃くなるが、蛍光画像ではドラスティックに明るく変化する。ブドウのアントシアニンは pH により変色するので、酸度の強いものは赤く、酸度の低いものは青く見える。

蛍光画像ではクロロフィルが果皮に多く含まれる場合は赤くなり、クロロフィルが多いほど酸が高い傾向にある。イチゴは果実の先端部分(果頂部)から成熟するため、先端から腐敗も早く進む。先端部は表皮が薄くなると蛍光強度が強くなる。

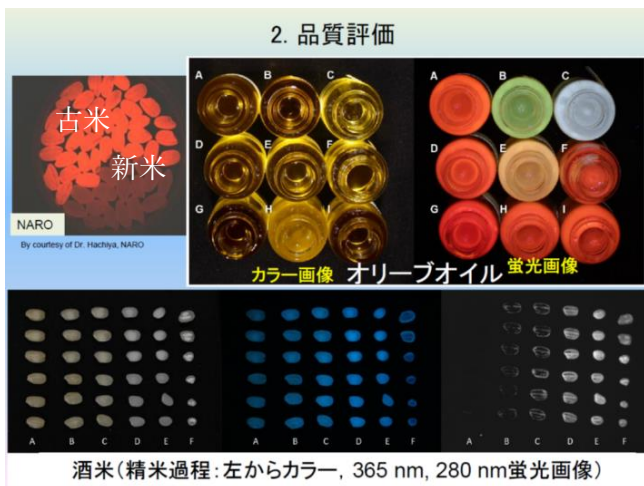


図 2-19.品質評価

このように蛍光分析によって、青果物の食べ頃や鮮度に関わる情報も判別できるため、ロスを低減するための情報として活用の可能性がある。

この技術は、生鮮品だけでなく、穀物や加工品でも活用できる。図 2-19 はコメ(左上、下)とオリーブオイル(右上)の蛍光画像で、農研機構農業機械研究部門 知能化農機研究領域の八谷満氏の提供であるが、このように古米と新米とでは違いが出る。オリーブオイルの品質もクロロフィル蛍光で判別ができる。

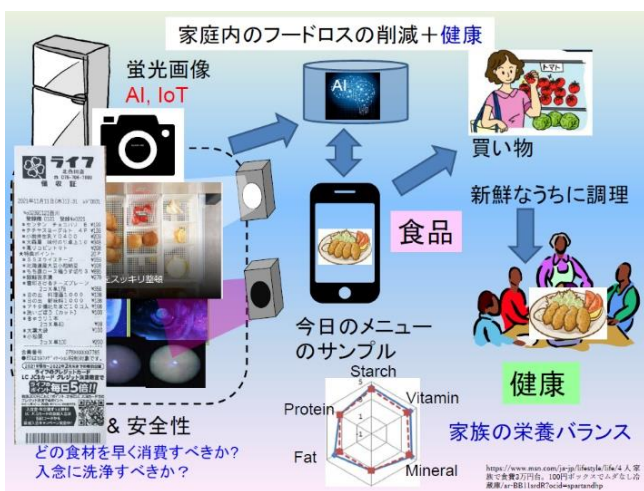


図 2-20.家庭内のフードロスの削減

将来、冷蔵庫に備えたカメラの蛍光反応で、食材の日持ちや安全性が判断できれば、その情報から献立の例を提供するアプリと連携し、食品ロスの削減にも貢献する可能性も期待できる。さらには冷蔵庫の情報から、

家族の栄養バランスも管理できる可能性があるなど、今後も発展が期待できる(図 2-20)。

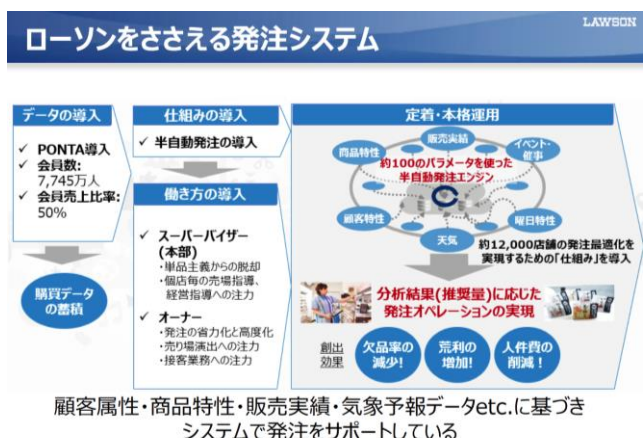
食品ロス削減について、食べられるのか、食べられないのかということが重要になってくる。冷蔵庫内の食品が、新鮮か、消費期限が迫っているか、蛍光分光技術で判別できるので、食べられなくなる前に知らせるシステムなど、冷蔵庫の機能として装備できる可能性があると考えられる。

このように、流通・消費の段階において新しい技術の導入普及が進み、将来的には食品ロス低減につながると期待する。

## ② 小売段階における AI を活用した販売予測

次に紹介するのは、大手コンビニチェーン、ローソンの事例である。コンビニはフードチェーンの末端、最も消費に近く、1 店舗で 2,000~3,000 もの商品を取り扱っている。おにぎりや弁当、店舗によっては野菜などの生鮮食品、店内調理する惣菜などもあり、毎日、それらの売れ残りの廃棄が生じるため、様々な食品ロス削減の取り組みが行われている。

コンビニでは売れ筋商品が立地、季節、天候などによって変化するので、翌日の天気予報データから、何をどれくらい仕入れるかといった分析エンジンを使用してフードロス低減や、販売機会の損失低減に取り組んでいる。



顧客属性・商品特性・販売実績・気象予報データ等に基づきシステムで発注をサポートしている

図 2-21.天気予報データに基づく発注システム

(出典: 第 1 回気象ビジネスフォーラム資料)

例えば、気温により一番売れ行きが変化するのは“そ



ば”だと言われており、そばは暑いと飛ぶように売れるが、気温が下がると、また夏でも雨が多くなると全く売れず、廃棄ロスが増加する。しかも日もちがしない。おにぎりやサンドイッチは、天気がよくても悪くても同じように売れるが、そばなど、天気の影響を受けるものは仕入れる量を変えている(図 2-21)。

現在、天気予報に基づき、発注量を増減させる仕組みができていますが、一方で、店舗側だけでは供給側が追い付かないので、生産、物流、あるいは地域や全国単位での資源管理、リソース管理をそれに合わせて行なうべき、といった問題意識も出ている。

食品ロスの発生量 (令和3年度推計)

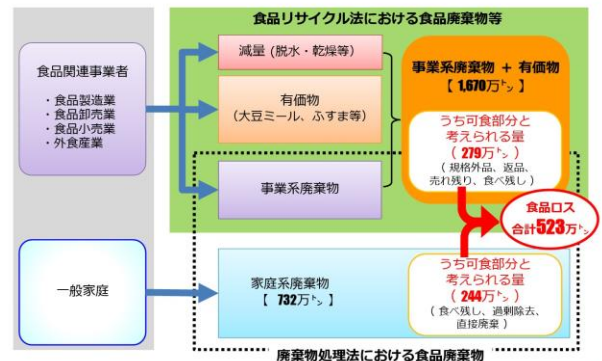


図 2-23.食品ロスの発生量

(出典：農林水産省「食品ロス及びリサイクルをめぐる情勢」)

食品ロス以外の食品廃棄物は、農水産物等の収穫後に選別される副産物や食品製造工程における残差等が該当する。これらは肥飼料や燃料として再利用されているが、中には未利用・低利用のものも存在する(図 2-23)。

畜産の分野では、以前から雌雄の産み分けに関する議論・研究が行われてきた。例えば、乳・卵を生産するのは必ず雌であるからだ。採卵鶏では、有精卵をふ化させて、雌は採卵鶏として育てるが、肉用鶏でない雄は、生産性が劣るため鶏肉の生産には向かず、淘汰されている。世界全体で淘汰される雄雛は 70 億羽にもものぼるとされ、アニマルウェルフェアの観点からも現行の生産方式を再考する必要があるのではないかと。



図 2-22.自動販売機におけるデータ活用

(出典：第 1 回気象ビジネスフォーラム資料)

天気に関して、自動販売機データから売れ行きを分析した事例を紹介する(図 2-22)。気温が 23℃くらいのところにホット/コールドの境目があり、23℃を超えるとホットが全く売れなくなり、22℃を下回ると売れるようになる。自動販売機のホット/コールドの切り替えは時間がかかるため、天気、気象のデータを見ながら、いつ頃気温が 22℃の境界線を超えるか予測し、入れ替えのスケジュールを行い、販売ロスを減らしているという取組がされている。

### ③ これから活用が期待される技術

日本において、農産物の生産や食品製造の過程で排出される事業系食品廃棄物は年間 1,670 万ト発生しており、このうち「食べられるのに捨てられているもの」を事業系食品ロスとしてカウントしている。

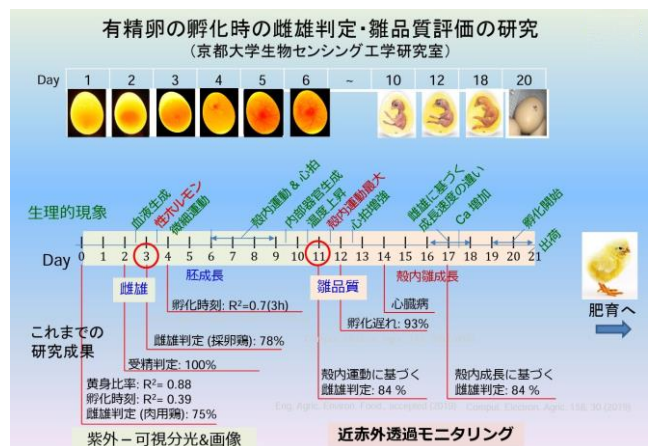


図 2-24.有精卵の雌雄判定の研究

そこで、有精卵の段階で雌雄判定を行う技術の開発



が進められており、卵を産んで3日後には78%の確率で雌雄判定ができる。しかし、実用化するためには、さらに精度を高める必要がある(図 2-24)。

また、卵肉兼用品種であれば、雄雌は肉鶏として活用でき、淘汰する必要がない。愛知県岡崎市にある独立行政法人家畜改良センター岡崎牧場で2008年に育成された「岡崎おうはん」は、今後普及が期待される、純国産の卵肉兼用品種である。

食品廃棄物の中には不整形のため流通に乗らない、規格外の農産物もある。こうした農産物を粉碎、乾燥して食品にアップサイクルする技術も開発中である。食品は粉碎・乾燥することで長期保存が可能になる。乾燥粉末は加水してゲル化し、3Dプリンタで再整形する(図 2-25)。その際に形状だけでなく、物性もある程度、自由に設計することができる。つまり、食感も形作ることができるということ、この技術は流動食の製造にも活用できる。



図 2-25. 食品を再整形する 3D プリント技術

さらに、材料の配合によって、個々人に適した食材を、必要な時に必要な量だけ提供することで、食事の質と量が最適化され食品ロスを最小化することができる。

実用化にはまだ課題も多いが、新しい食文化を構築する技術として注目されている。

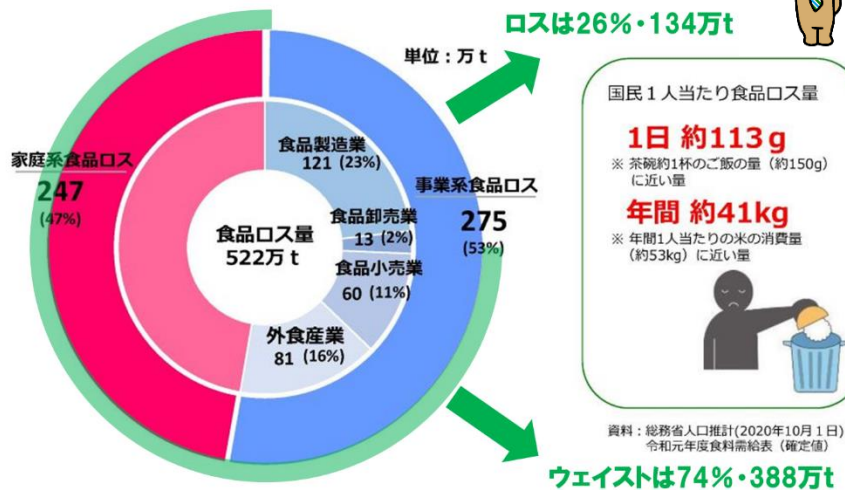
## コラム『ちゅうぶケンの独り言』食品ロスって何さ

農林水産省は「食品ロス」を、「本来食べられるのに捨てられてしまう食品」と定義しています。そのため、流通の過程で生じる「Food Loss」と、消費の過程で生じる「Food Waste」とが、混合して「食品ロス」として集計されます。

「食品ロス」の内訳をみると、「Food Loss」が26%、「Food Waste」が74%になっています。

「Food Loss」は流通の最適化や、品質保持の技術が向上すれば減らすことができますが、「Food Waste」は外食や家庭から出る「食べ残し」の割合が多く、消費者の行動変容によっても減らすことができます。

ちなみに、収穫後に生じる、食べることに適さない「農産副産物 (by Products)」、食品加工の段階で発生



食品ロスの内訳(出典:農林水産省ホームページ掲載資料に一部加筆して作成)

する、コーヒー粕やおからといった「製造粕 (Residue)」などは、家畜の飼料や肥料の原料として活用されています。

「食品ロス」の削減には、国民一人一人の「スマート・アクション」が大事ですね!

### 第3章 農業とスマート技術

日本では、「スマート農業」がテレビドラマの題材として取り上げられたこともあり、「スマート農業」から、ドローンやロボットトラクタを想像する人も多い。

農林水産省によれば、「スマート農業」を「ロボット技

術や情報通信技術(ICT)を活用して、省力化・精密化や高品質生産を実現する等を推進している新たな農業のこと」と解説している(図3-1)。



図3-1.スマート農業について (出典:農林水産省「スマート農業をめぐる情勢」)

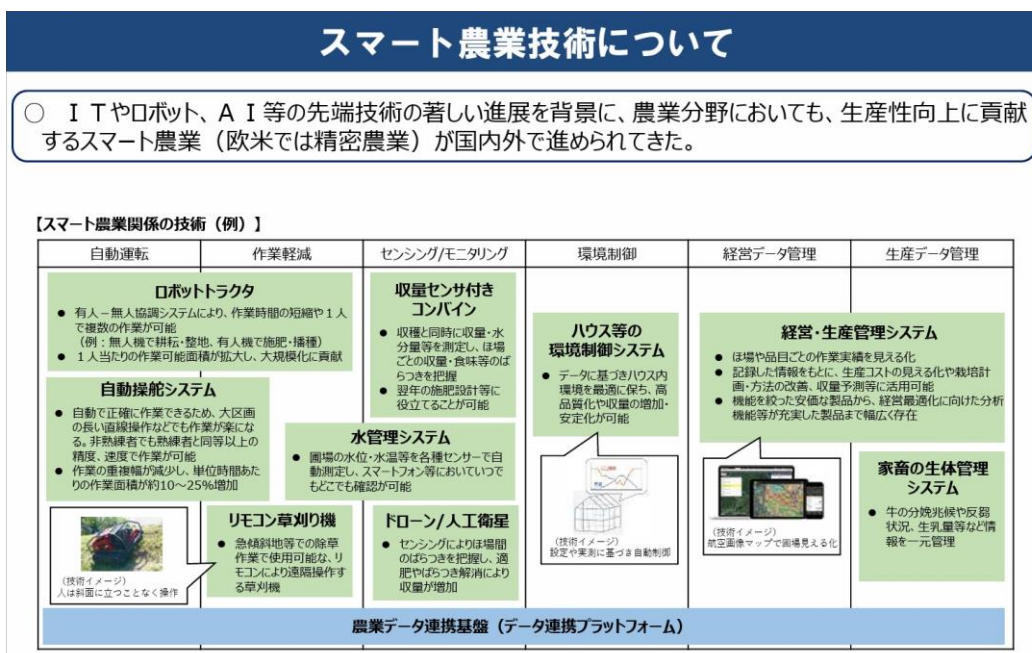


図3-2.スマート農業技術について (出典:農林水産省「スマート農業をめぐる情勢」)



農林水産省が実施した、スマート農業実証プロジェクトでは、水田用、畑作用、施設園芸用といった区分で実証を行ったが、スマート農業技術カタログ(2023年12月版)では、耕種(植物)と畜産(動物)に大別したうえで、スマート農業を構成する技術軸で整理を行っている(図3-2)。

スマート農業技術カタログには、耕種と畜産併せて400のスマート農業技術が紹介され、技術概要の説明やメーカーの問い合わせ先などが記載されており、生産者が自らの困りごとに対して、どのようなスマート農業技術が解決に役立つかについて、ヒントを得ることができる。カタログにはロボットトラクタのような農作業全般に使用する農機から、キャベツの収穫機といった専用農機、あるいはウェブカメラのような汎用機器の農業分野での活用もあって、そのジャンルは様々である。

本章では、農業の現場で活用されるスマート技術の現状と普及の課題について調査研究の結果をまとめた。

### 3-1 スマート農業技術の研究開発の背景について

本項は、第1回 農業の持続的生産とスマート農業研究会(2020年10月23日開催)の、九州大学大学院農学研究院教授の南石晃明氏による講演、「スマート農業の現状と課題」と、2021年度スマート農業シンポジウム(2021年12月3日開催)の、京都大学大学院農学研究科教授の近藤直氏による講演、「蛍光分光法を活用した持続可能な食料供給を支えるスマート技術」から引用して構成した。(詳細はそれぞれ、中部圏研究 Vol.213 19-33頁、Vol.218 46-73頁を参照)。

スマート農業の学術的な定義については議論の途上にあるが、スマート農業の研究は主に海外において1990年頃からはじまり、当初は「Precision Farming」(精密農業)と呼ばれ、その後「Smart Farming」(スマート農業)等の呼称も使われた。2019年のヨーロッパ農業情報学会で、「Digitizing Agriculture」(デジタル農業)と表現され、Sensors、Data、Decision、Action等をキーワードとして、センシング、データ計測、ビッグデータの解析、それに基づく意思決定などについて

議論が行われた。

精密農業、スマート農業、デジタル農業の違いを図3-3に示した。精密農業は「収量のばらつきの最小化」が重要な概念となっている。生産性を最大にする栽培環境の最適化のための、ドローンなど農業機械の可変作業やピンポイント施用といった領域がここに含まれる。

**1. はじめに—PA, SA and DA in DLG(2018)**

- Precision Farming (精密農業: 栽培条件最適化)
  - is understood to mean **optimizing growth conditions** by means of **sensory analysis** and **precise application technology**
- Smart Farming (スマート農業: 意思決定支援、自動化)
  - is **the further development of Precision Farming** and
  - contributes chiefly to **supporting decision-making**,
  - as information processing has become increasingly complex due to data fusion and analysis and
  - can only be mastered using **partial or complete automation**.
- Digital Farming (デジタル農業: ネットワーク、ビッグデータ)
  - is understood to mean **consistent application of the methods of “Precision Farming and Smart Farming”**,
  - **internal and external networking of the farm** and use of **web-based data platforms** together with **Big Data analyses**.

(C) T.Naneki, Kyushu Uni.  
[https://www.smart-akis.com/wp-content/uploads/2018/03/Folder\\_Position\\_Digitalisierung\\_e-IT.pdf](https://www.smart-akis.com/wp-content/uploads/2018/03/Folder_Position_Digitalisierung_e-IT.pdf)

図3-3.精密農業・スマート農業・デジタル農業について

スマート農業は農場全体の意思決定を支援するもので、デジタル農業はネットワークとビッグデータまでを包含する。つまり、精密農業はスマート農業に、スマート農業はデジタル農業に含まれる概念と捉えることができる。

**農業ロボットの歴史**

- Agri-robot I (Since 1982)** 苗生産ロボット
  - ・産業ロボットの適応
  - ・植物の物性に基づくロボットメカニズム
- Agri-robot II (Since 1992)** 果実収穫ロボット
  - ・園芸技術と工学技術の融合
  - ・“作業員-植物-ロボット”の確立

まだ普及には至らず
- Agri-robot III (Since 2002)** 選果ロボット
  - ・精密農業 指向型ロボット
  - ・農業情報付加、蓄積、その利用

ロボットに基づく正確な情報化
- Agri-robot IV (Since 2013)** ドローン、ウエアラブルロボット
  - ・AI & IoTに基づくスマート農業指向型ロボット
  - ・ロボットトラクタ、コンバイン
- Agri-robot V (Since ???)** ミクロな昆虫型ロボット???
  - ・小型分散・分業型ロボット

By Kondo

図3-4.農業ロボットの歴史

農業ロボットの開発の歴史を図3-4に示した。1982年頃から農業ロボットという言葉が使われ始め、概ね10年ごとに新しい技術コンセプトやポリシーの転換を積み重ねてきた。果実収穫ロボットは1982年に



報告され、90年代に活発に研究が行われたが、未だ普及には至っていない。その間に選果ロボットが精密農業を志向する形で開発された。現在は、ドローンやAIなどが一部で利用され、ロボットトラクタが開発中、あるいは実証試験中の段階である。

このように、センシング等のデータを基にした意思決定のプロセス、それに基づく自動化された農業機械といった、2つの技術開発の交差点にスマート農業があるという捉え方もできる。

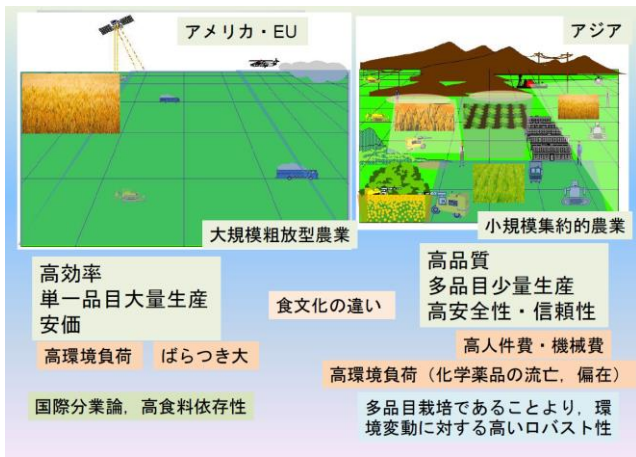


図 3-5. 欧米とアジアの農業の違い

欧米を中心に研究が進められてきたスマート農業だが、欧米とアジアでは農業生産の方法が異なるため、そのまま日本の農業生産に応用できるわけではない。欧米とアジアの農業生産の違いは、を図 3-5 に示した。欧米では高効率で安い農産物を大量生産する一方、アジアは、特に日本は小規模で少量多品目、高品質、かつ安全性にプライオリティを置いた農業を行っていると言える。

例えば、アメリカの大規模ほ場は、完全に平らではなく高低差があり、うねったところも散見され、そこでは均一性が失われ、生産性にばらつきが大きくなる。日本やアジアでは米の生産を水田という正確に均平の取れた小規模なほ場で行うため、非常に均一になる。

一方、小規模であるため人件費や機械費がかさみ、効率は高いとは言えず、生産物は高価になる傾向にある。環境負荷の点でも、アジアは欧米より農薬や肥料の投入が多く、しばしば問題になる。この点は持続性の観点から、現在も議論されているところである。

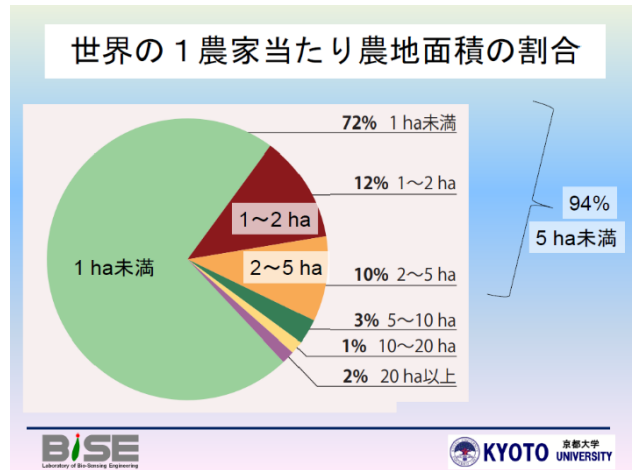


図 3-6. 世界の 1 農家あたりの農地面積の割合

世界全体で見ると、5ha 以下の小規模農家が 94% と圧倒的に多く(図 3-6)、欧米のように 100ha 規模のほ場を持つ農家は、ほんの一握りだ。アジアの多くの地域では、農地の区画が一边 150~200m で、さらにその中で異なる作物を栽培している。北海道の帯広でも、せいぜい一边 500m だ。一方、アメリカのアイオワでは一边 1,500m といったほ場があり、1,000ha の農地で同じ作物を栽培しているといった農家もあり、アジアとは異なっている。世界で 20ha 以上の大規模農家はわずか 2%だが、世界の食料の約 7 割を生産している。

こうした、大規模ほ場のばらつきを把握し、効率的に作業を行うように最適化されたスマート農業機械は、日本の小規模なほ場で使用してもすぐに効果を発揮できるわけではない。



図 3-7. スマート農業の将来像 (ICT 新領域)

(出典: 農林水産省「スマート農業の実現に向けた研究会」)

検討結果の中間とりまとめ

農林水産省では、2013年11月に、ロボット技術やICTを活用して超省力・高品質生産を実現する新たな農業(スマート農業)を実現するため、「スマート農業の実現に向けた研究会」を設置し、スマート農業の将来像と実現に向けたロードマップやこれら技術の農業現場への速やかな導入の方策について検討を始めた。

2014年3月には、スマート農業の将来像やロードマップ、推進に当たっての留意点等を、土地利用型農業、園芸、畜産、ICT新領域の4つの分野に区分し、「検討結果の中間とりまとめ」として提示した(図3-7)。

中間とりまとめでは「ロボット技術やICTの導入がもたらす新しい農業の姿」を、「超省力・大規模生産」、「作物の能力を最大限に」、「きつい・危険な作業から解放」、「誰もが取り組みやすい農業」、「消費者・実需者へ安心と信頼を」の5つの方向性を示した。

日本における欧米型のスマート農業実証は、比較的大規模な農家、10~100ha程度の農家で行われている事例が多く、1人の作業者が複数台の小型ロボットを扱うような実証試験が行われている。しかし、大半を占める2haに満たない生産者はどのようなシステムが利用できるのか。また特に中山間地に適したスマート農業技術というのはまだ開発されていない。世界では7割が1ha未満の小規模農家で、アジア、アフリカを中心に生産を行っている。地域がまとまってロボットを導入すればいい、といった大雑把な議論だけではなく、地域の背景や栽培条件に合わせたシステムの開発、導入が必要である。

### 3-2 生産現場で普及が進むスマート農業技術

2017年、クボタは監視下で無人走行ができるロボットトラクタを発売した。自動操舵システムは、田植え機やコンバイン等の乗用農機に装備され、順次市場投入が進んでいる。このほかにもドローンや搾乳ロボット、AI選果機など、農作業の負担を軽減するスマート技術の導入が進んでいる。

#### ① 環境制御システム

日本の施設園芸の面積は40,615ha(2018年度)

と、施設園芸先進国であるオランダ(約10,000ha)やイスラエル(約13,000ha)と比較しても、数倍の規模である。しかし、オランダが高度に環境制御されたガラス温室が主流であるのに対し、日本はプラスチックフィルムを張った、いわゆる「ビニールハウス」が主流となっており、オランダに比べ生産性は低く、環境制御システムが普及しつつあるものの、導入している施設はまだ2~3割にとどまっていると考えられている。

野菜・果樹・花き等の園芸作物は、農業産出額の約4割を占め、新規就農者の84%が中心作物として選択する重要かつ魅力ある分野だ。消費面でも、支出金額に占める割合が最も高く、周年安定供給が必須であると言える。



図3-8. 次世代施設園芸の取り組み

(出典:農林水産省 施設園芸をめぐる情勢)

そこで農林水産省は、2013年に「次世代施設園芸セミナー」を通じて情報発信するとともに、2014年から次世代施設園芸導入加速化支援事業を開始し、全国9か所で行った(図3-8)。

スマート農業実証事業に先駆けて実施されたこの実証は、統合型環境制御システムと再生可能エネルギーの融合によって生産性向上と省エネの両立を狙ったものだが、事業の一部は、2020年から「スマート農業総合推進対策事業」に統合されて実施されている。

温室の環境制御システムは、温室内の環境をモニタリングするセンサー類と、温度、湿度、日射量、CO2などの供給量を調整する機器装置等のハードウェアと、それを統合管理するソフトウェアによって構成される。農林



水産省の「スマート農業技術カタログ(施設園芸編)」には 60 の環境制御関連の技術が紹介されており、そのうち 31 がソフトウェアである。

ソフトウェアも、時間や予め設定した温度・湿度等によって装置が始動・停止したりするものから、複数のセンサーの情報から AI が自動的に最適条件を設定するといったものまであり、生産者は温室や生産品目に合わせて、導入する機器を選択できる。

### 実施状況 遮光カーテンの自動制御

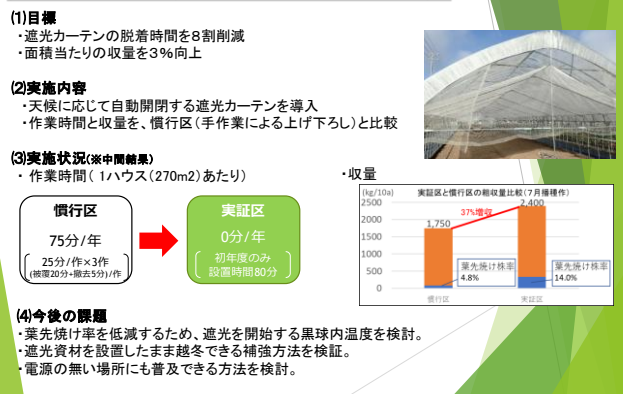


図 3-9.若菜会における遮光カーテンの自動制御

第 1 章で取り上げた JA 西三河のきゅうり栽培では、温度、湿度、CO<sub>2</sub> 濃度、土壌水分の計測に加え、光合成計測チャンバーを用いて光合成と蒸散速度をリアルタイムで計測し、それらデータを環境制御や収穫予測に活用している。スマート農業実証事業では、環境制御システムの活用によって平均単収が 44%増加した。同じく、若菜会はほうれん草栽培において、日射量から遮光カーテンを自動開閉することでほうれん草の生育を調節し、出荷量は 14%増加した(図 3-9)。このように、生産者の経営状況に合わせて、様々な環境制御システムが活用されている。

## ② ロボットトラクタと自動操舵システム

ロボットトラクタとは、無人でほ場内を自動走行(ハンドル操作、発進・停止、作業機制御を自動化)して農作業を行うトラクタを指し、現在はほ場内やほ場周辺から常時監視して運行することができる。1人で2台を操作可能であったり、熟練を要する作業を自動操舵で行ったりと作業者の負担を軽減することができる。



図 3-10.ロボットトラクタ(キャビンの中は無人)

現在、日本ではレベル 2 の自動運転による作業が認められており、有人監視下での作業が必須である。無人、およびほ場間移動の自動化が可能となるレベル 3 運転については、早期の実現をめざし、農研機構や北海道大学などで実証が進められている(図 3-10)。

自動操舵システムは、トラクタ、田植え機、コンバイン等に備え付けのものから、既存の乗用管理機に後付けできるものも普及している。また、自動操舵システムの普及には、RTK 基地局など、運行を支援するインフラの整備も必要になる。

北海道農政部が行った自動操舵システムの出荷台数の調査によれば(図 3-11)、2022 年までに全国累計で 22,970 台が出荷され、そのうち 70%が北海道向けに出荷されているとのことである。北海道では、すでに 1 割の農機に装着されている計算になる。

GNSSガイドシステム等の出荷台数の推移 (台、%)

区分	年度	H20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	R1	2	3	4	累計
GNSSガイドシステム(種類別)	全国	110	380	510	630	910	890	1,080	2,010	2,070	2,910	3,140	3,420	6,070	4,140	5,440	33,710
	北海道	100	350	480	580	830	780	980	1,250	1,650	2,200	2,330	2,520	4,300	2,360	2,490	23,200
	シェア	91	92	94	92	91	88	91	62	80	76	74	74	71	57	46	69
自動操舵システム	全国	0	10	20	90	140	190	510	760	1,310	1,770	1,900	2,410	5,250	3,630	4,980	22,970
	北海道	0	10	20	80	130	170	480	730	1,220	1,590	1,690	1,990	3,730	1,990	2,230	16,060
	シェア	-	100	100	89	93	89	94	96	93	90	89	83	71	55	45	70

注1:GNSSガイドシステムと自動操舵システムがセットの場合は、両方にカウントする。  
注2:1台目をダブルに記録も入れている。  
北海道農政部調査課提供資料

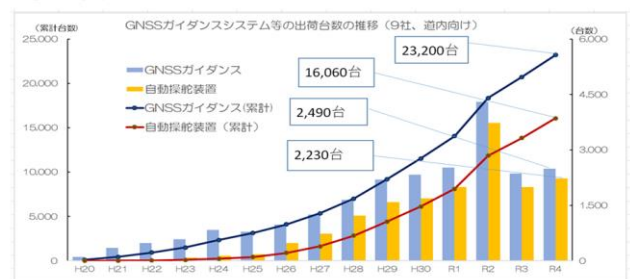


図 3-11.GNSS 出荷台数の推移



農林水産省では2017年に、ロボット技術を組み込んで自動走行・作業を行う車両系の農業機械（ロボット農機）の安全性確保を目的として、「農業機械の自動走行に関する安全性確保ガイドライン」を策定し、リスクアセスメントの実施など、安全性確保の基本的な考え方や関係者の役割等を定めた指針を示した。当該指針は、農業におけるロボットの技術導入が途上段階であることから、新たなロボット農機の開発状況等を踏まえて必要に応じて修正するとしている。

現在、ロボットトラクタ、茶園管理ロボット、ロボット田植機、ロボット草刈機、ロボット小型汎用台車、ロボットコンバインについて指針が示されている。

これらロボットについて、メーカーが定める目的や場所での自動走行させることができるとし、監視下で作業領域内へ第三者が侵入しないよう注意喚起を行う、荒天等視界不良時には自動走行を行わない等の条件が示されている。当該指針の適応範囲は、「使用者が搭乗しない状態で目視可能な場所からの監視による自動走行」とされ、遠隔監視下での自動走行やほ場間移動における自動走行については現時点では行うことはできない（レベル2）。現在は、遠隔監視における自動走行の実現に向け、安全性確保について研究開発が進められているところである。

自動操舵によって正確な農機の運行が実現できれば、重複ややり直しと言ったムダを削減することができるため、農林水産省はみどり戦略の中で、将来の担い手が有する農機の半数に自動操舵システムを装着するといった目標を掲げている。

### ③ 農業用ドローン



図3-12.農業用ドローン

農業用ドローンは農薬、肥料の散布、センシング等に活用されるほか、播種、受粉、運搬、鳥獣被害対策等に活用されている（図3-12）。

散布作業の省力化に貢献するほか、農薬散布においては作業者が一定の距離を取ることができると、安全を担保できるなどのメリットがある。また、従来空中散布を行っていた無人ヘリコプターに比べ、小型廉価であることもドローンを使用するメリットである。

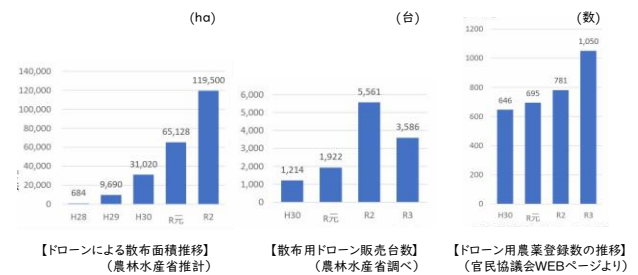


図3-13.拡大する農業用ドローンの活用

農林水産省「令和4年度 農業分野におけるドローンの活用状況」によれば、2016年にわずか684haだったドローンによる農薬散布面積は、2020年には約12万haに急拡大している（図3-13）。「農業用ドローン普及計画」では100万haまで拡大を目指すとしている。2021年の散布用ドローン販売台数は3,586台、ドローン散布に使用できる農薬の登録数も1,000を超えている。

このように、散布作業におけるドローンの活用は拡大しており、さらにセンシングなどと組み合わせ、必要なところに必要な量だけ薬散、施肥するといった精密なほ場管理への活用も期待されている。

農林水産省では、農業者、農業者団体、ドローンの製造事業者、サービス事業者、関係団体、研究機関、地方公共団体、関係省庁等で構成する「ドローンの普及拡大に向けた官民協議会」を2019年に設立し、農業用ドローンの普及に取り組むなど、ドローン活用の環境が整いつつある。

### ④ 搾乳ロボット等の酪農分野のスマート技術

酪農分野では早くから自動化が進み、2000年頃から、人手を介さず自動で乳搾りを行う「搾乳ロボット」が全国の生産現場に導入されている（図3-14）。



図 3-14.搾乳ロボット

搾乳ロボットは、1日2回行われる搾乳作業について、乳牛の誘導から、乳房の消毒、搾乳、乳汁の搬送、洗浄の一連の作業を自動化できる。酪農経営における作業の約半分が搾乳に充てられており、大幅な労力の軽減が見込め、1頭あたりの飼養管理時間を40%削減できるとしている。また、搾乳回数の増加によって産乳量が増加することも確認されている。

最新技術を導入している酪農場では、搾乳ロボットが1台で50頭から60頭の乳搾りを自動的に行い、自動給餌ロボットが、牛毎や牛群毎に、飼料の配合から給餌まで行っている(図 3-15)。

**ICTやロボット技術の活用等による酪農の生産性の向上、省力化の推進**

- 酪農の生産基盤強化を図る上で、分娩間隔の短縮や子牛の事故率低減、労働負担の軽減を図ることが重要。
- このため、ICT (Information and Communication Technology: 情報通信技術) 等の新技術を活用した搾乳ロボットや発情発見装置、分娩監視装置等の機械装置の導入を支援し、酪農経営における生産性の向上と省力化を推進。

機械装置	搾乳ロボット	搾乳ユニット自動搬送装置	発情発見装置	分娩監視装置	哺乳ロボット
導入前	搾乳牛1頭毎に1日2回以上搾乳するための労力と時間が必要	自力で搾乳機(約9kg)を移動させるため、労働負担が大きい	毎日一定時間の発情監視が必要(夜間の発情見落とし等の懸念)	分娩が近い牛について、事故がないように24時間体制で監視	子牛1頭毎に1日2回以上哺乳するための労力と時間が必要
導入後	自動的に搾乳が行われるため、搾乳作業の労力が基本的にならなくなり、搾乳回数の増加による乳量増加に効果 Ex: 導入後、1頭あたりの飼養管理時間が約40%削減	搾乳機をレールで自動搬送するため、搾乳にかかる労力を軽減でき、人手不足に効果 Ex: 導入後、搾乳に必要な労働者数・時間が減少	発情が自動的にスマホ等に通知されるため、監視業務の軽減や分娩間隔の短縮に効果 Ex: 導入後、分娩間隔419日まで短縮(全国平均432日)	分娩が始まると自動的に連絡が来るため、長時間の監視業務が軽減 Ex: 導入後、分娩事故率が大幅に減少(2.2→0.3%)	自動的に哺乳されるため、省力化とともに、子牛の発育向上に効果 Ex: 導入後、子牛の哺乳に係る労働時間が80%低減。

※出典：農林水産省畜産局「畜産・酪農をめぐる情勢(令和4年1月)」より

図 3-15.酪農におけるスマート農業導入事例

牛が餌を食むと、餌が周囲に散らかるが、餌寄せロボットが牛の届くところまで、再び寄せてくれる。また、畜舎内に設置されたカメラやセンサーが24時間、発情や分娩の兆候を監視する。水稻経営に例えれば、耕起、田植、防除、収穫が全部自動化されているのと同じである。

酪農経営では給餌や搾乳など、毎日の作業に拘束されてきたが、省力化技術の導入により、乳牛100頭の管理をほぼ無人で行えるようになってきている。

トラブルが発生すると、メーカーに直接ワーニングが送られ、必要に応じてフィールドマンがやって来る。農場

主には SNS で通知が来るというように、緊急時の対応も出来るようになってきている。農場主は朝晩の見回りチェックが日々の業務となり、このような仕組みは、多くの方がイメージするスマート農業に近い姿ではないか。

ただ、当然リスクもあり、停電時にはアラートは出ても、搾乳はできない。乳牛は搾乳しないと病気になってしまうため、規模が大きいと被害も大きくなる。長期化すれば経営自体立ち行かなくなる可能性もある。非常時への備えは重要で、コストとして見ておく必要がある。

搾乳ロボットや餌寄せロボットのほかにも、哺乳ロボ



ット、除ふんロボット、自動給餌機など、飼育管理を自動化・省力化する機械や、生体監視をして出産や疾病を検知する ICT 機器を活用している酪農家も多い。

### 3-3 スタートアップが創る新しいスマート農業技術

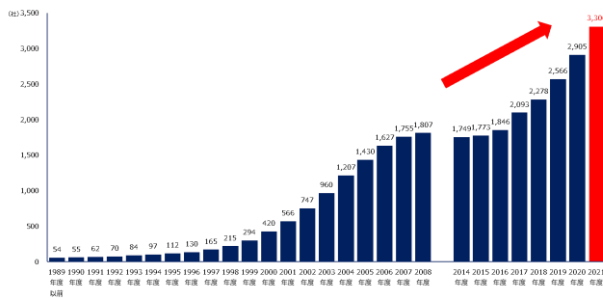


図 3-16. 日本における大学発ベンチャー数の推移

(出典:経済産業省「大学発ベンチャーデータベース」)

経済産業省によれば、大学発ベンチャーは増加しており(図 3-16)、中部圏でも農学系の大学発ベンチャーの活躍が各所で取り上げられることも多くなってきている。本項では、企業や大学等の研究成果に基づいた高度な専門能力・技術や創造的才能を生かして農業分野で活躍するベンチャーを紹介する。

#### ① サグリ株式会社

衛星画像を活用した土壌診断技術を提供するのは、岐阜大学発スタートアップのサグリ株式会社(以下、「サグリ」)だ。2018年6月に創業し、2021年度に農林水産省の大学発ベンチャーに認定され、同年6月に第三者割当増資を実施するなど、事業を拡大中である。

サグリは、人工衛星から得られるデータの解析と人工知能(AI)の機械学習を融合して、農業を支援する3種類(営農支援、耕作放棄地調査、作物作付け調査)のアプリケーションサービスを提供している。

サグリの基幹的なアプリケーションである「アクタバ」は、耕作放棄地を「見える化」し、目視で確認する作業を大幅に軽減できる。各市町村の農業委員会事務局や「人・農地プラン」の策定を支援する(一社)農業会議所や農地中間管理機構向けを想定している。既に多くの契約実績があるという。

2 つめのアプリ、「Sagri(サグリ)」は、ほ場の状態

(成育・土壌)を「見える化」し、農業従事者が毎日の作業内容を入力するだけで、蓄積されたデータを自動的に分析して農薬・肥料の適切な使用量を示すなど、農地をめぐる最適な情報を提供することで、効率的な農業を実現する。

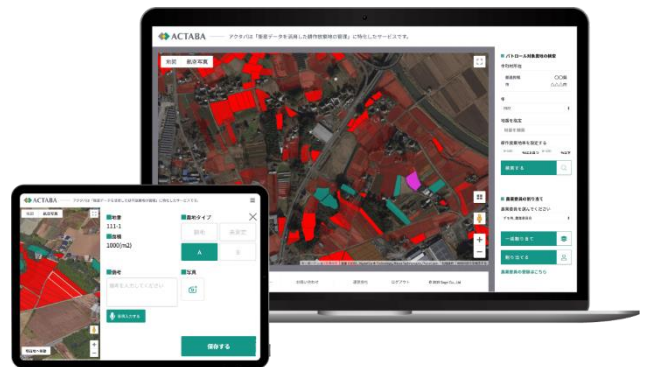


図 3-17. 農地パトロールアプリ アクタバ

(出典:サグリホームページ)

3 つめの、作付け調査を効率化する「デタバ」は、農作物の種類を「見える化」する。実際に作付けされた作物が書類上申請した作物と一致しているかを確認できる(図 3-17)。一致しない恐れがある場所だけを現地目視調査すればよいため作業を効率化できる。各市町村の経営所得安定対策を支援できる。

これらのアプリケーションサービスは、いずれも判定結果をパソコンやタブレット等で入力し、データ管理はタブレット上のアプリで完結する。タブレット一つで調査でき、台帳システムへの登録が短時間で完了する。

サグリについては、中部圏研究 Vol.223 「持続可能な農業生産の実現と中部圏の大学発スタートアップ」(128-134 頁)にて詳報しているので参照されたい。

#### ② 株式会社 TOWING

株式会社 TOWING はバイオ炭に微生物を培養した高機能バイオ炭「宙炭(そらたん)」を販売する、名古屋大学発のベンチャーだ。現在、農林水産省のスターダストプロジェクトに参加し、月面基地の中で有機肥料だけで食料生産を目指す研究開発に取り組んでいる。

株式会社 TOWING では、デザインされた微生物叢をバイオ炭に培養し土壌に施用することで、土壌改良と炭素固定を行い、増収、およびビタミン C や糖度の上昇



など品質向上に寄与することを確認した。特に、化学肥料の連続使用などで疲弊した土壌の改善効果が高いと考えている。

さらに、バイオ炭の農地施用によって、10a でおおよそ1tのCO<sub>2</sub>固定が可能と考えている。宙炭の利用者にはJクレジットへの申請サポートなども行っており、農家の新たな収益源としても期待されている。



図 3-18. バイオ炭とは

「宙炭」は、農研機構が開発した技術に、独自に研究した技術を掛け合わせて製品化している。特徴としては、病原菌等のネガティブ効果を抑制し、有機肥料の利用効率向上等によって減肥・減農薬に貢献するという点である。苗床に施用する、すき込みや散播といった使い方もできる。関心を持つ企業や農家からの引き合いも多く、今後ますますの拡大が期待される(図 3-18)。

なお、株式会社 TOWING については、中部圏研究 Vol.222 「みどり戦略とカーボンニュートラル農業」(2-34 頁)に詳報しているので参照されたい。

### ③ 自立走行型ロボットによる農薬散布サービス

株式会社レグミンは、2018 年に静岡県清水町で誕生した農業ベンチャー企業である。清水町と協定を結び、自立走行型ロボットでコマツナの播種から収穫までの作業を効率化する取組みを行った。2020 年からはネギの防除ロボットの開発を開始し、2021 年にはオフィスを現在の埼玉県深谷市に移した。

2023 年から自立型自動走行ロボットを使用した農薬散布防除のサービスを提供する事業を開始し、年間 300ha 程度のほ場に散布サービスを行った。

GPS を装着したロボットは、ほ場の周りでは自動走



図 3-19. 農薬散布用自立走行ロボット

(写真提供:株式会社レグミン)

行するが、ネギのほ場の中では、センサーやカメラで畝間を検知し自立走行する。ブームの散布幅は 8.1m で、10a あたり 20 分程度で散布作業が可能である。タンク容量は 330L である(図 3-19)。

深谷市は住宅地が多く、散布ができる時間に制約があり、ほ場が分散していることもあって、大型機械による防除には向かない。重たい動噴を担いで人手で防除作業するのは重労働なので、株式会社レグミンが提供するロボット防除は生産者から非常に喜ばれている。

深谷市のネギ生産において、十分な防除回数が確保できないため、減収となるケースもあった。2021 年のスマート農業実証事業では、適切な防除回数を確保することで収量を 30%増加させ、防除作業にかかる時間も動噴散布と比べ半減できるという結果を得た。

また、ほ場に設置した監視カメラを使い、見回り作業を代替することも検証し、コスト低減の可能性を示した。防除作業を委託した生産者はスマートフォンを通じてほ場の状況を確認できるという仕組みである。

株式会社レグミンは 2023 年、東洋経済社が主催する「すごいベンチャー 100」にも選ばれている。

### ④ エムスクエア・ラボ株式会社

エムスクエア・ラボ株式会社は、静岡県牧之原市にある、農業用自動走行ロボット「Mobile Mover」を販売するベンチャー企業だ。2009年に菊川市で創業し、生産者と実需者をつなぐ、「やさいバス」の運営も行っていたが、「やさいバス」は2017年に分社化した。



図 3-20.Mobile Mover  
(写真:エムスクエア・ラボ株式会社提供)

Mobile Mover は、出資社でもあるスズキ株式会社と電動車いすをベースに共同開発した。操作はジョイスティック、有線追尾、リモコンの3つの方法があり、切り替えが可能だ。最大積載量 100kg の屋外作業用のモビリティで、人も物も運べるうえ、動噴を載せれば遠隔で農薬散布も可能になる。すでに実績のある、スズキの高度な電動車椅子走行技術により、動作は安定している。

高知県北川村の実施した、ローカル 5G を活用した「スマート農業実証事業」にも参加している。「Mobile

Mover」の導入によって農薬散布時間が 50%、草刈時間が 35%削減された。

自動運搬台車の開発、販売を行う企業は多い。古くは、昭和40年代に急傾斜地の果樹園に設置された農業用モノレールが、収穫物運搬の作業を助けたように、重量物の運搬からの解放は、現在でも重要な課題である。普及には汎用化と低廉化が必要だが、200~300万円程度の価格帯が多い競合商品に比べ、「Mobile Mover」活用の可能性は非常に大きいと考える。

2021年に、JA 全農やクボタが、衛星画像を活用したほ場管理プラットフォームのサービス提供を始めるというニュースが大きく取り上げられた。2022年1月には、初めてバイオ炭の施用による J クレジットの認証が行われた。産業用ロボットは日本が強みを有する分野の1つで、国際ロボット連盟(IFR)によれば、日本は中国に次ぐ第2位の市場であり、出荷台数トップのファナック、2位の安川電機は共に日本企業である。安川電機は全農と共同でキュウリの葉掻きロボットを開発するなど、農業分野の自動化に取り組んでいる。

本項で紹介したスタートアップ・ベンチャーを取り巻く環境は、今後ブルーオーシャンからレッドオーシャンへと移り変わっていく可能性もあるが、今後も機動力とバイタリティーを発揮して活躍することを期待したい。

## コラム【ちゅうぶケンの独り言】第35回国際農業機械展 in 帯広に行ってきたよ!

2023年7月に帯広市で、第35回国際農業機械展が開催されました。コロナ禍で1年延期となり、5年ぶりの開催で、世界中から114社が出展し、北海道の雄大な景色をバックに、ロボットトラクタや ICT 機器、畜産機械など最新技術を搭載した農業機械が勢揃いしました。

会場にはキッチンカーも多数出展し、多くの外国人、歓声を上げる学生たち、トラクタのキャビンで記念撮影する家族連れなど、東京の展示会とは違った、まるでお祭りのような雰囲気でした。

将来の担い手が、最新技術に触れ未来を思い描く良い機会となったのではないのでしょうか。





## 第4章 農村とスマート農業

「農村」は「都市」と比較して捉えられることも多い。本稿では、第3章で取り上げた「農業」が市場経済の中で商品作物としての農産物をいかに効率的に生産するかといった領域であるとするれば、「農村」は、農業生産を支える基層とも言うべき食料生産基盤としてのコミュニティ、インフラと定義し、論を進める。

食料生産基盤としてのインフラの維持管理は、これまで農村という地域コミュニティに委ねられてきたが、担い手の減少で、こうした「農村」の果たしてきた役割、今後のあるべき姿を再考しなければならない状況になっている。そこで、農村に対して、スマート農業が果たす役割や効果について、自治体や教育研究機関の取り組み、中山間地域等における現状を調査してきた。

### 4-1 変わる農村の姿

日本の農村は、高度経済成長期に、機械化が進み余剰となった労働力を製造業へ供給することで、経済成長を支えてきた一面がある。その後も利便性やより高い賃金を求め、農村から都会への人材流出が続き、担い手の減少、高齢化の進行となって、農業生産の維持に重大な懸念を与える状況になっている。このような農村の変化は、農村における共同作業にも重大な影響を与えている。

そこで、2023年スマート農業シンポジウムの生源寺真一氏による講演（詳細は「中部圏研究 Vol.226 2-26頁」を参照）を問題提起として、変わりゆく農村におけるスマート農業への期待と新しいコミュニティについて、調査研究の結果を以下にまとめる。

#### ① 農業の新たな潮流と農村社会の役割<sup>1)</sup>

施設園芸や畜産といった、比較的規模が小さくても、労働投入量が多く生産性の高い農業がある一方で、土地利用型農業、特に水田農業のように、高齢化が顕著で、十分な収益を上げるためには規模拡大が必要だという農業もある。

### 貸し出される農地は急速に増加

水田作農家の規模別概況（2006年）

作付面積	水田作付 農家戸数	同左割合	経営主の 平均年齢	年金等収入	農外所得等	農業所得	総所得
	(千戸)	(%)	(歳)	(万円)			
0.5ha未満	591	42.2	66.7	239.2	256.5	-9.9	485.8
0.5～1.0	432	30.8	65.7	209.4	292.0	1.5	502.9
1.0～2.0	246	17.5	64.6	153.8	246.4	47.6	447.8
2.0～3.0	67	4.7	62.3	110.2	218.5	120.2	448.9
3.0～5.0	39	2.8	61.4	113.2	180.8	191.0	485.0
5.0～7.0			58.3	68.2	147.5	304.5	520.2
7.0～10.0	21	1.5	58.7	77.9	115.9	375.6	569.4
10.0～15.0	5	0.4	55.7	48.9	151.1	543.3	743.3
15.0～20.0			52.6	45.1	69.7	707.4	822.2
20.0ha以上	2	0.1	53.3	52.8	116.2	1,272.2	1,396.2

資料：農林水産省「農業経営統計調査（個別経営の営農類型別統計）」「農林業センサス」  
注）農業にタッチしない世帯員の所得は、一部を除いて表の所得の欄には含まれていない。

図4-1.水田農業の現状

図4-1は2006年の水田作農家の規模別の経営状況を示している。1ha未満の経営では農業収入はほとんど所得の源泉になっていないが、この規模の農家戸数が全体の7割以上を占めているということがわかる。この規模の農家は、米は自家消費等のために栽培し、家計は兼業や年金収入に依存しているといったことが想像される。世代交代も進まないため、経営主の平均年齢は65歳以上となっている。2006年時点でこの状況であるから、現在は多くの小規模の経営主がリタイヤし、農地の貸借が急速に進んでいる。

これまでは自作出来る限りは農業を続けたいという経営主が多く、貸し手有利の状況だったが、規模拡大が進む一方で、借り手である担い手が減少し、急速に借り手有利の状況に変化している。現在、地域によっては、引き受け手のいない農地が耕作放棄地化し、それが増加しているというような状況もある。

水田農業の急速な変化の背景には、田植機やコンバイン等といった機械化が少なからず影響を与え、田植えや稲刈りが家族や地域の協働により支えられていたが、機械を使えば1人で作業することが可能になり、機械化が兼業農業を支えてきたとも言える。田植えや稲刈りを通じた地域のコミュニケーション、さらには親子間の農作業を通じた技術の伝承も損なわれ、世代交代の機会も減少した。農業の機械化が規模拡大、効率的生産の実現に貢献した一方で、地域コミュニティの結びつきが希薄化した面もあるということだ。



農林水産省が新規就農者の調査を行っており、2022年は約4万6千人が新たに農業に従事している。40歳未満の新規就農者は約1万1千人で、このうち55%が農業法人等への雇用就農となっている。新規参入、すなわち自ら農地や資金を確保し農業を始めた新規就農者は14%であり、残りの約3割が親元就農という状況だ。

親元就農では、農地や機械・設備などを親から引き継ぐなど有利な面があるが、若手の新規就農者の半分以上が農家以外の出身者で、地元出身でもなく、都会育ちの農業者が新規就農の多数派になっている。農家の長男だから農業を継いだという判断は若い世代では稀で、自らの意思で農業に就くことを決める、つまり農業は職業として選ばれる産業という状況になっている。

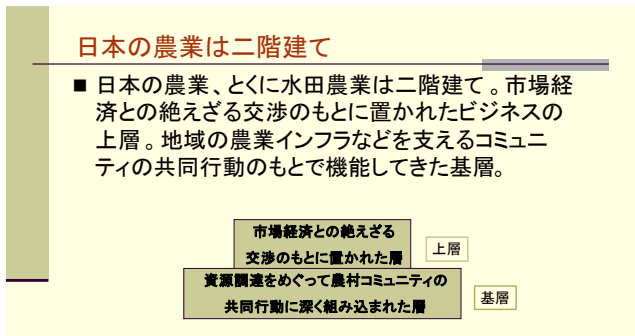


図 4-2. 日本農業は二階建て

日本の農業はよく2階建ての構図だといわれる(図4-2)。農村コミュニティの共同行動に深く組み込まれた「基層」の上に、ビジネスの層があるという捉え方である。担い手への農地の集積が進み、大規模化する一方で「基層」である農村の共同活動によって維持されてきた生産基盤、例えば用水の維持管理や鳥獣害対策といった、農地の保全活動にも支障が生じてきている面がある。

農業の機械化というイノベーションによって上層は効率化がされたが、基層は担い手の減少となって課題が残されている。「スマート農業」という新たなイノベーションは、上層のより一層の効率化に加えて、基層のところ、農村コミュニティの共同行動をいかに持続可能にしていくかについても、期待は大きいと考える。

農村で育った多くの若者が都会へと出ていく一方で、農村の中に、その土地にゆかりの無い、新たな人材が

加わり、異質ともいえる構成員を迎えたコミュニティが日本各地で誕生している。農村というコミュニティが、その土地にゆかりのある人材だけでなく、他所で育った人材を迎えた、これまでの農村とは異なる、新たな潮流が生まれているということだ。

## ② ITで多様な担い手を繋ぐ

農村に新たな潮流・変化が起こっている中で、ITを使った新しい担い手の確保に関する取り組みを3つ紹介する。

1つは、株式会社アグリトリオである。愛知県豊橋市にある自動車部品メーカーの武蔵精密工業株式会社の社内公募型スタートアップとして誕生した。農業バイトを斡旋するアプリ「農 How」を運営している。



図 4-3. 「農 How」仕事の流れ  
(出典:アグリトリオ・ホームページ)

ひとことで言えば、バイト情報サイトの農業版だが、その特徴は、農業に特化したというだけでなく、バイト選びの際に、利用者が実際に行う作業の動画を視聴し、「これならできる」と思ったアルバイトに応募するという流れだ(図4-3)。

予め作業の様子を動画で撮影してマニュアル化する。いわゆる一般のバイト情報サイトのプロモーション動画とは全く異なり、動画そのものがマニュアルになっていて、アルバイトもスムーズに仕事が始められる。まさにノウ・ハウそのものだ。このあたりはものづくり企業発のスタートアップらしい発想だと感じる。

応募は1日単位で、作業時間も終日から1~2時間といった短時間のものまで、応募者は自分のライフスタイルに合わせて仕事を選ぶことができる。現在、愛知県東三河地域や九州などでサービスを展開中で、今後拡大を計画している。

2 つ目は YUIME 株式会社だ。一次産業に特化した人材支援事業を展開する派遣事業者である。2012 年から派遣事業を始め、2018 年には生産者の課題解決を支援するデータプラットフォーム事業を開始し、現在はこの 2 つの事業を柱として展開している。また、2019 年に農業分野への派遣が認められた外国人人材も積極的に活用している。

農業は季節性があるので、夏は北海道でトウモロコシやジャガイモの生産に、冬は沖縄でサトウキビの収穫にと、周年で派遣人材を活用する事業を行っている。既に派遣登録者数は 18,000 名を超え、労働力不足に悩む地方に大きく貢献している。



図 4-4. 一次産業の課題解決プラットフォーム「YUIME Japan」  
(出典: YUIME ホームページ <https://yuime.co.jp/index>)

YUIME 株式会社は、農業人材派遣事業を通じて、全国各地域が抱える諸問題解決の支援を図るため、生産者の抱える様々な課題に対して 300 名の専門家が解決策や助言を行うデータプラットフォームを 2018 年に開設した(図 4-4)。生産者は Web サイトを通じていつでも専門家の助言を得ることができる。

株式会社おてつたびは、2018 年 7 月に、三重県尾鷲市出身の永岡里菜氏が設立したベンチャー企業だ。人手不足に悩む地方の自治体や事業者と、旅先でユニークな経験を求める旅行者をマッチングするサービス「おてつたび」を展開している。旅先での体験には一次産業に関するものも多い。

様々な地方でアルバイト(おてつだい)をしながら旅行(たび)をするというコンセプトで、全国各地、1,300 件以上の旅行先情報が紹介されている。



図 4-5. おてつたび

(出典: おてつたびサイト <https://otetsutabi.com/>)

おてつたびのサイトで、「#農業」で絞込検索を行うといくつかの募集がヒットする。様々な人が旅行を通じて農業に触れる機会を提供している(図 4-5)。

農林水産省はみどり戦略の中で、目指す姿として「消費者の行動変容を促す」としており、より多くの、多様な人材が多様に農業とかかわりを持つことは非常に重要なことである。地域性がある農業の課題を、シームレスで繋ぐことができるインターネットの活用は、農業者の課題解決と、消費者との情報共有の両面で重要な意味を持つ。基本法にも「多様な担い手の活用」が掲げられており、こうした農業者と消費者をつなぐ技術は今後重要である。

## ② 酒造会社が自ら取り組む酒米づくり

次に、自らの生業を継続していくために農業にかかわっているという事例を紹介する。



図 4-6. 関谷醸造本社(設楽町田口)



関谷醸造株式会社は1864年に愛知県設楽町田口に創業して以来、150年もの間、地元根差した酒造りを行っている。「蓬莱泉」などの銘柄で知られ、伝統の技と革新的な技術を用いて高品質の酒造りを行っており、国内のみならず、海外約20か国にも輸出して、人気を博している(図4-6)。また、吟醸工房(豊田市)や道の駅したら(設楽町)内に開設した酒ラボ等で、酒造り見学や酒造り体験も行い、インバウンドの取り込みをはかっている。

2006年に株式会社による農業生産特区の制度が始まったことを契機に、耕作放棄地や離農する土地を借り受け、酒造用米の生産を始めた。0.6haからスタートした酒米生産は2021年には34.5haに拡大、現在は借り受けた水田約250筆を、主に3名の従業員とパート2名で管理している。



図4-7.水位センサーを設置したほ場

2019年からスマートフォンで水田の状態を管理できる、水位センサーを導入し、今年は100か所設置した。合わせて自動水門の活用や、さらにはドローンの導入なども検討中とのこと(図4-7)。今後も高齢化により離農が進むことが予測されることから、生産規模は増加する見込みで、酒造・農業の繁閑による労働力の融通のほか、アグリ事業部で職員の採用を検討している。

関谷醸造株式会社は認定農業者の指定も受けており、コンバインやトラック、乾燥機も自社所有し、清酒製造規模3,400石の原料の約22%を自社生産米で賄っている。また、JAを通じて設楽町、新城市、豊田市の農家から、夢山水、チヨニシキ、夢吟香等の酒造好適品

種を調達している。原料の2/3程度は地元産を使用している。

酒蔵が自ら酒米の生産に取り組んでいる事例も存在する。こうした新規就農者の就農を、スマート農業が後押ししている一面がある。スマート農業の活用によって農作業が楽になるというだけでなく、技術の伝承やデータに基づく意思決定、経営判断など、スマート農業によって参入のハードルが下がっている。

#### 4-2 農村の変化とスマート農業への期待

コミュニティ全体がデータを共有することで収益向上を図っている事例、即ち二階建て構造の上層で活用されるスマート技術は、JA西三河のきゅうり栽培でも、若菜会のほうれん草栽培でも、生産性向上に貢献できることは前章で述べた。

ここでは、基層部分、農村インフラの保全や持続性に関するスマート農業技術への期待について紹介する。

##### ① 衛星データに基づく施肥・水管理<sup>2)</sup>

三重県多気町の農事組合法人・元丈の里営農組合では、デジタル田園構想の一環として、植生診断や土壌解析の結果を衛星画像の情報と突き合わせ、データに基づき化学肥料の使用量を減らし、牛糞堆肥、発酵鶏糞、緑肥作物など地域の未利用資源の活用に取り組んでいる。

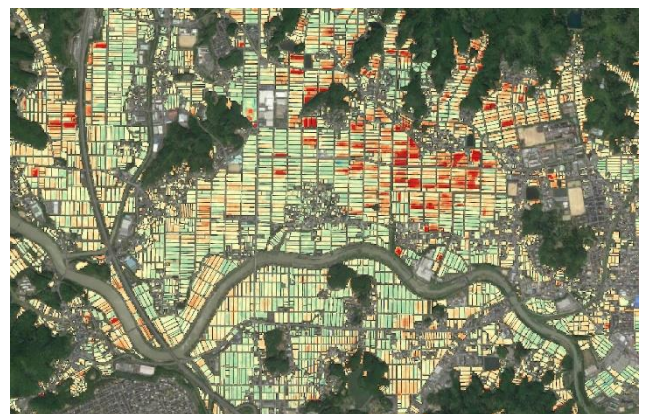


図4-8.衛星データを活用した土壌化学性評価技術

(出典:サグリホームページ)



衛星を活用した土壌診断技術を提供するのは、第3章で紹介した、サグリ株式会社だ。

「Sagri」を活用する元丈の里営農組合では、衛星情報は作業計画を立案する際に、水分配に関する組合員間の合意形成を円滑にする効果があったとし、LPWA等の情報通信ネットワークを活用した野生鳥獣の監視は、鳥獣害被害の低減に効果を示した。また、積算温度の情報が充実するよう、衛星からの情報の拡充に期待しているとのことだ。

## ② 水田の水管理システム

水田農業は大規模化が進んでおり、管理する水田が何百枚もあるといった農家も珍しくなく、精緻な水管理が難しくなっている。適切な水管理はコメの増収につながるだけでなく、最近では中干し延長によるメタンガス発生量の削減等にも効果が認められている。

この水田の給排水を自動化するのが水管理システムだ。スマート農業技術カタログには、12の水田の水管理システムが掲載されている。水位センサー、自動給水弁、通信システム等で構成され、カメラで水田の状況を見て、給水弁を遠隔で開閉するものや、水位センサーが水田の状況を検知して自動で給排水を行なうものまで様々なタイプがある。



図 4-9.株式会社笑農和の自動給水栓「paditch」

(写真提供:株式会社笑農和)

富山県滑川市の株式会社笑農和(えのわ)は、水門式水管理システム「paditch」を製造販売している。(図 4-9)スマホで給水栓を遠隔で開閉できるほか、

予め設定した水位をセンサーが感知して自動で給水することもできる。ゲート式の水門で開水路にも、給水バルブでパイプラインにも対応している。耐用年数は10年、メーカーのサポートもある。電源は電池またはソーラーパネル式の2つがある。中部圏だけでなく北海道、東北、新潟などのコメどころで広く使用されている。スマート農業実証事業での試験の結果、収穫量が16.4%増加し、水管理の手間を80%削減できたという結果もある。

「paditch」は電池またはソーラーパネルで稼働する水門本体と、水位・水温等を計測するセンサー、通信装置により構成されており、操作も専用のアプリ画面から簡単に行うことができる。

水管理システムの使用によって、水田の見回りや給水弁の開閉にかかる労働時間が削減されるため、生産者からは評価する意見も多い一方で、導入コストの負担を懸念する意見もある。



図 4-10.北菱電興株式会社の自動給水栓「Aquaport」

(出典:アクアポート製品パンフレット)

石川県白山市の北菱電興株式会社は自動給水栓「Aquaport」を販売している(図 4-10)。ほ場に給水弁と水位センサーを設置し、あらかじめ設定した水位で給水弁を開閉するというものだ。シンプルな構造である

為、操作がしやすく、どの年代の方でも使いやすいのが特徴だ。単一電池 4 本で半年間駆動し、本体価格も 5 万円以下と安価に使用できる。



図 4-12. 未来工業株式会社の自動給水栓「水田当番」  
(出典: 水田当番製品パンフレット)

また、岐阜県輪之内町の未来工業株式会社は、自動止水弁「水田当番」を供給している(図 4-12)。給水作業は必要になるが、水田の水位を検知して自動で給水弁を閉じる。無電源・機械式のシンプルな構造で、壊れにくく安価である。ドライバー 1 本で設置ができ、ランニングコストもかからない。給水弁を開けに行き、締めに行く必要がないということで、水管理の手間を半減できる。こちらは 2 万円/台ほどで販売されている。

水田のモニタリングから最適な水管理ができれば、コメの収量が増加し収益の増加につながる。一方、単に給水弁の開閉の手間を減らしたいということであれば、給水弁にかかるコストは安価なほうがいいと考える生産者もいると考えられる。様々な形式の水管理システムが、スマート農業実証を通じて、導入効果が定量化できれば、普及も進むものと期待する。

### ③ 九頭竜川下流地区のクラウド型水管理システム

農業インフラで最も重要な施設の 1 つが水利施設である。全国に約 4,500 地区ある土地改良区が、85% の農業水利施設を管理しており、受益面積は全国の耕地面積の 6 割を占めている<sup>3)</sup>。土地改良区の運営費用の約 4 割が揚水ポンプにかかる電気代で、効率的な排水はコストの低減と省エネに重要である。

### 水路組織



図 4-13. 水路組織の概要

(出典: 日本農学アカデミー・農学会公開シンポジウム  
「ICT が変える食料・農業・農村」講演資料)

九頭竜川下流地区は、福井県北部、福井・坂井平野に広がる地域で、県内有数の農業地帯である。九頭竜川下流地区では、頭首工で取水した後、パイプラインシステムにより各用水に配水しているが、各配水ユニットの中間地点に調圧水槽を設置し、需要変動により生じる水撃圧を吸収しパイプラインシステム全体の流況を安定させている(図 4-13)。

2009~16 年に実施した国営九頭竜川下流農業水利事業により農業用水の再編を行った際、幹線水路の調圧水槽、分水工等で、子局の整備のみで遠隔監視・遠隔制御が可能である「クラウド型水管理システム」(以下、「クラウド型」という)を試験的に導入した。

取水施設の取水口などリアルタイム監視・制御が求められる重要施設には NTT フレッツ等の有線回線を、分水工など定期的な監視・制御で対応している通常施設には ASP(Application Service Provider) 事業者が提供するソフトウェアによるクラウドサービスを導入した。

分水工におけるバルブの開閉状態、流量、水位および監視カメラ画像の閲覧が、インターネットを通じてスマートフォンや PC から確認、遠隔操作可能となった。いつでも、どこからでも遠隔監視、遠隔制御ができるため、利便性が高く、省力化に寄与している<sup>4)</sup>。

一方、クラウド型は通信速度が制限されるため、遅延が生じたり、サイバーセキュリティ上の懸念もある。システムの特性をよく把握して活用することも重要である。



#### ④ 次世代型水管理システム「iDAS」

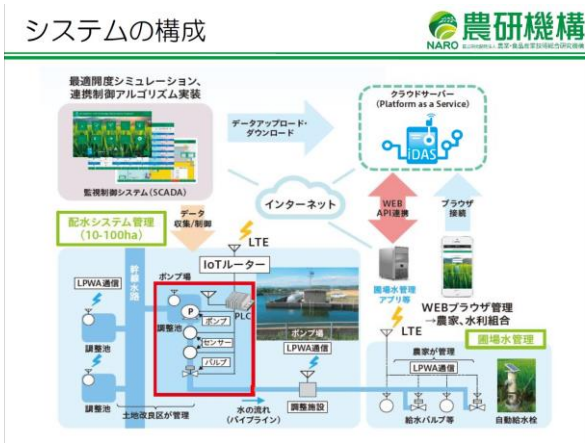


図 4-14. iDAS のシステム概要  
(出典: 日本農学アカデミー・農学会公開シンポジウム  
「ICT が変える食料・農業・農村」講演資料)

生産者が管理するほ場の給水システムと、土地改良区が管理する水利施設とを ICT を活用して連携させる新たな配水管理システムが iDAS (Irrigation and Drainage Automation System) である (図 4-14)。

改良区等が管理するポンプ場などの配水施設から、農家が管理する水田の給水栓までを 1 つのシステムとして捉え、ICT を活用して遠方監視・制御することで、農業用水の最適な配水、水管理の省力化、節水・節電を行う。

#### (参考) iDAS (連携型水管理システム)

- iDASは、支線・配水施設を管理する土地改良区と給水口を管理する短い手農家の双方が連携した農業用水の管理制御システム。本システムは低コストで容易に土地改良施設に導入でき、適正な水配分と施設の節水・節電が可能。
- 農研機構が全国6カ所で実証試験を実施中 (茨城県: 2カ所、愛知県: 3カ所、千葉県: 1カ所)。

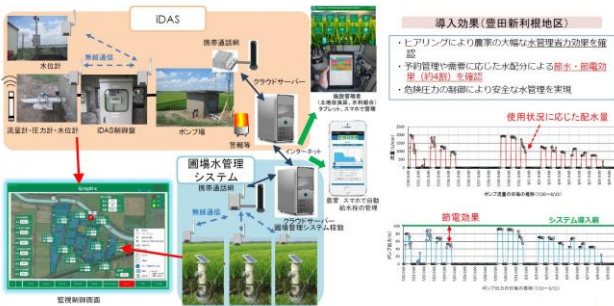


図 4-15. iDAS を活用した実証

(出典: 日本農学アカデミー・農学会公開シンポジウム  
「ICT が変える食料・農業・農村」講演資料)

パソコンやタブレット、スマートフォン上で簡易な水管

理・制御が可能で、水需要に応じた用水の適正配分や節水・節電が可能である。通信システムは汎用性の高い監視制御システム (SCADA, PLC) をクラウド、LPWA で運用するため、低コストで拡張性が高く、大幅な管理費の低下を実現する。

愛知県新城市の豊川用水地区では iDAS を活用して、水田における自動給水バルブの制御と、配水槽の水位等のモニタリングからポンプ場の運転制御の実証を行った (図 4-15)。用水の利用状況をもとに配水制御を行い、電気代を概ね半減した<sup>5)</sup>。

以上、②は生産者が、③は土地改良区が、そして④はその両者が連携して取り組む水管理技術を紹介してきた。生産者が単独で水管理システムを導入する場合はコストが課題となる場面が多いが、導入費用が高価でも、配水システム全体と連動することで、地域全体を最適化できるような技術が普及しつつある。

#### 4-3 中山間地域におけるスマート農業の活用

農林水産省における中山間地域等 (以下、「中山間地域」) の定義は、「山間地及びその周辺の地域、その他の地勢等の地理的条件が悪く、農業の生産条件が不利な地域」と規定されている。

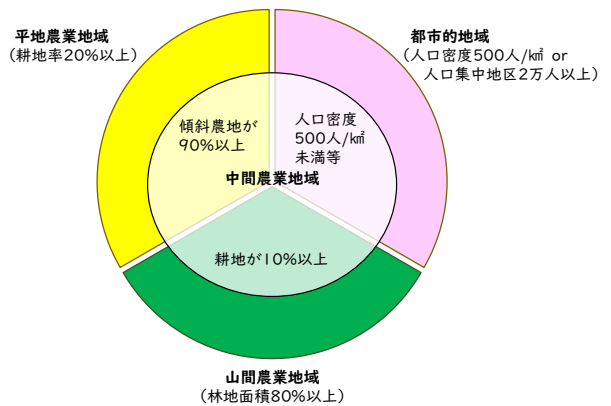


図 4-16. 農林水産省「農業地域類型区分」

「農業地域類型区分」において、農業地域を都市的地域、平地農業地域、中間農業地域、山間農業地域の4つに分類しており、山間地域と中間地域に島嶼地域などの条件不利地域を加えて、中山間地域としている



(図 4-16)。この、「農業地域類型区分」は、1950 年 2 月 1 日時点の旧市区町村を単位として区分されている。昭和と平成の合併以前の、いわば旧市町村で、1 万地区を越えている。

中山間地域は、人口では全国の約 1 割しか占めないが、農業経営体数、農地面積、農業産出額では約 4 割を占め、食料生産だけでなく豊かな自然や景観の形成・保全など多面的機能を発揮する面で重要な役割を担っている。

総じて、米だけでなく野菜、果樹、畜産、林業などとの複合経営が営まれる一方、中間農業地域 1 経営体当たりの農業所得は 109 万円(農林水産省「令和 4 年度食料・農業・農村白書」より)で平地農業地域の約 7 割(山間地域は 3 割)にとどまっており、土地生産性や労働生産性が低い。

それだけに、ロボット、人工知能(AI)、情報通信技術(ICT)、インターネットで機器を接続して相互に情報をやりとりする(IoT)を駆使したスマート農業の導入が期待されている。しかし、情報技術(IT)を駆使した農業は、米国などの大型農機メーカーがプレジジョン農業として先行・主導してきた経緯から、大型トラクタがシステムの中枢にあり、固くて平らで面積が大きい農地での利用が想定されてきた。日本でも平場での実用化が先行しており、中山間地域での導入が遅れている。

中山間地域には、狭小で大型の農機が入りにくい農地が多く、段差がありトラックなどによる運搬に制約がある。更に、急傾斜の段差は法面が大きく、草刈りなどの負担も大きくなるなど、平地とは条件が異なる。

特にその影響が顕著な中山間地域における、スマート農業を活用した取り組みについて紹介する。

#### ① 笑顔畑の山ちゃんファーム(静岡県浜松市)

笑顔畑の山ちゃんファーム(以下、「山ちゃんファーム」)は、浜松市天竜区春野町で、大根 40a、水稲 60a、茶 60a、18 棟のハウス(38a)でミズナ、キュウリ、トマトなどを栽培している。また同世代の農家 3 人で結成した「春野耕作隊」で、トラクタやドローンを共同利用し、地域の耕作放棄地でトウモロコシや大根を栽培している。

山ちゃんファームは、2020 年のスマート農業実証に

参加し、自動操舵トラクタなど 6 種類の機器と経営データを管理するソフトを導入した。自動操舵トラクタは、労務負荷の軽減を目的に導入し、作業時間の半減や作業の効率化、畝立てが真っ直ぐにできる等の効果を確認した。精神的な疲労感の軽減や、熟練者でなくても作業が可能になるなどの効果もみられた。一方、山林の近くは GPS 受信が不安定といった課題も残る。



図 4-17.ラジコン除草機

従来の草刈りは、防護服を着て、重い刈払機を担ぎ、足場の悪い場所で作業する、夏場の重労働だが、ラジコン除草機は、従来の重労働から解放し、作業時間の短縮だけでなく怪我のリスクも軽減した(図 4-17)。

雑草も細かく粉碎されるため、後のトラクタ耕うんが容易になるなどの効果もあった。操作に習熟が必要だが、これまで男性の仕事だった草刈り作業に女性も参加できるようになった。但し、刈払い機ほど精緻な草刈りは難しく、準備に時間を要するなどの課題もあった。



図 4-18.ドローン

ドローンによる防除は、作業時間も 1/3 程度に短縮され、高濃度散布が可能になるため薬剤調製に必要な水の運搬も大幅に削減された。ドローンの操縦には免許取得と習熟が必要だが、薬剤の被ばくを回避できるなど、安全作業にも効果があった(図 4-18)。

IoT カメラと電気柵監視システムは、センサーで野生動物を感知したり、野生動物が電気柵に触れると赤外線カメラが作動しリアルタイムで映像を確認できたりと、ほ場が分散する山ちゃんファームでは、日々の見回り作業の軽減効果もあった。赤外線カメラで、ダイコンの被害がウサギによるものと分かり、電気柵の設置高をウサギに合わせて低くするなどの対策も行った。

アシストスーツについては、可動域が制限されるため、想定したほどの効果は見られなかった。

最大の課題は採算性の確保で、スマート農機のシェアリングや汎用利用で稼働時間を増やすなど、導入コスト削減のための工夫が必要である。(詳細は「中部圏研究 Vol.224 94-102 頁」を参照)。

## 【引用文献】

- 1) 中部社研(2024) スマート農業シンポジウム「中部圏農業の未来」、中部圏研究 Vol.226、2-26
- 2) 石井勇人・鈴木剛(2023) 持続可能な農業生産の実現と中部圏の大学発スタートアップ、中部圏研究 Vol.223、128-134 頁
- 3) 全国土地改良事業団体連合会愛知川沿岸土地改良区(2018) 農事用電力の利用状況について、経済産業省第8回電力・ガス基本政策小委員会資料
- 4) 倉田進・平井亨弥(2020) 九頭竜川下流地区におけるクラウド型水管理に関する現状と展望、水土の知 88-1、31-34
- 5) 中矢哲郎(2019) ICT を活用したほ場-水利施設連携型の排水管理システム(iDAS)、農村振興 832、26-27

## コラム【ちゅうぶケン】の独り言】だれが草刈りを担うのか？

2024年3月27日に宇都宮市で、日本雑草学会の特別シンポジウム「緑に沈む国、日本。誰が草刈りを担うのか」が開催されました。

その中で、宇都宮大学名誉教授の小笠原勝先生が、栃木県那須烏山市大木須地区(113戸)の調査に基づく、農村における雑草管理の現状について報告しました。

農村における除草作業を高齢者が担っている現状や実際に耕作する農地の除草時間がわずか 23%であり、営農を続けていくため、周辺の雑草対策に多くの時間が取られていることについて報告しました。

また、公共地の雑草対策に供する時間も 14%と決して小さくはありません。

「誰が草刈りを担うのか」、ラジコン草刈機や、ドローンによる除草剤散布など、スマート機器を活用しながら、都市と農村が一体となった議論が、一刻も早く進むことを望みます。

### 農村における雑草管理の実態(1)

分担者別、方法別の除草時間(那須烏山市の事例)

分担者 (平均年齢)	平均除草時間 (hr.) / 人				平均総除草時間 (hr.) / 人
	手取・鎌	刈払機	除草剤	トラクター	
祖父 (83.7)	50.8	21.8	3.5	10.7	86.8
祖母 (83.0)	87.5	0.0	0.0	2.0	89.5
世帯主 (62.6)	17.5	106.5	4.4	4.2	132.6
配偶者 (60.9)	15.0	1.6	0.0	0.0	16.6
子 (35.1)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

・雑草管理を担っているのは高齢者である  
地域の雑草管理は待った無しの喫緊の課題である

### 農村における雑草管理の実態(2)

場所別の除草時間(那須烏山市の事例)

場所	除草時間 (hr.)	
私有地	農地	415.5 (23.3%)
	休耕地	35.5 (2.0%)
	法面・畦畔	326.0 (18.3%)
	木障・林地	246.5 (13.8%)
	屋敷周り	437.5 (24.5%)
	墓地	10.0 (0.6%)
公共地 (共有地)	道路・河川	110.5 (6.2%)
	公園・公民館	28.0 (1.6%)
	愛する会	112.5 (6.3%)
その他	隣家	60.5 (3.4%)
合計	1,782.5	(100%)

・私有地だけでなく、公共緑地も管理の対象になっている行政(国、県、市町村)の積極的かつ主導的な取り組みが求められる



(データは小笠原勝先生よりご提供いただいた)



## 第5章 持続可能な農業とは ～スマート農業への期待

SDGs や環境への関心が国内外で高まっている。農林水産業は土地、水、生物資源などの自然資本に立脚した産業であり、また農業は自然災害や環境変化の影響を受けやすい産業であるとともに、温室効果ガス（Green House Gas:以下 GHG）の吸収源を育む重要な産業である。持続可能な食料生産システムの構築を目的に農林水産省はみどりの食料システム戦略（以下、「みどり戦略」）を推進している。

第3回研究会では「みどり戦略とスマート農業」をテーマに、株式会社農林中金総合研究所研究部長の平澤明彦氏と農林水産省農林水産技術会議事務局研究調整課長（講演当時）の岩間浩氏にご講演いただいた（詳細は「中部圏研究 Vol.217 11-28 頁」を参照）。また、みどり戦略で掲げた有機農業の拡大に関して、第7回研究会で「有機農業とスマート農業」をテーマに、東京大学大学院の香坂玲教授と、農林水産政策研究所の田中淳志氏に講演いただき（詳細は「中部圏研究 Vol.226 52-82 頁」を参照）、持続可能な農業生産とは何かについて議論を行った。

換するほど影響が大きい。2019 年末に策定された欧州 Green Deal は、気候・環境関係の包括的な政策で、最優先で取り組まれており、筆頭は、2050 年の温室効果ガス排出ゼロ目標であり、また生物多様性条約などでも主導権を発揮することを目指している。新たな成長戦略に位置付けられており、成長を測る指標に SDGs を使う。

Farm to Fork は、この欧州 Green Deal のもとで策定されたフードシステムの戦略で、目標は世界標準化を意図した、フードシステム全体における公正・健康・環境に対する配慮の強化である。

政策課題は6分野あり、第1分野の「食料生産の持続可能性」が農業に直接関係する項目で、これが課題の記述の半分以上を占めている。第2分野以降は、「食料安全保障」、「加工・流通・食品」、「持続可能な消費」等、川下部門の課題になっている。

第1分野の「食料生産の持続可能性」の具体的な内容は温暖化ガスの削減、動物福祉、病虫害対策などについて、規制や制度が記されている。

### F2F 数値目標(食料生産)

- ・ 農業・養分損失・抗微生物剤の半減、農地面積シェア有機農業25%・景観特性10%、花粉媒介者増加
  - ・ 生物多様性戦略と目標の多くを共有（⇒生物多様性戦略の目標は大幅強化）
  - ・ EU環境規制や加盟国の計画とGAP(助成)による誘導を組み合わせて推進
  - ・ 目標自体は法的拘束力なし
- ・ 消費者に情報提供&表示 → 持続可能消費、廃棄や食肉消費の抑制

分野別戦略の達成目標(2030年まで)

達成目標	F2F戦略	生物多様性戦略
化学合成農薬の使用・リスクおよび高有害性農薬の使用50%削減	○ CAP, 規則改正	○ CAP, インシアプ
窒素・リン等養分損失50%以上、肥料使用20%以上削減	○ 規制実施, GAEC5	○ 規制実施
抗微生物剤の畜産・水産養殖向け販売を50%削減	○ 新規則	○ CAP, 行動計画
有機農業をEU農地の25%以上に拡大(2018年実績は8%)	○ CAP, 行動計画	○ CAP, 行動計画
生物多様性の高い景観特性の農地を10%以上に(2015/18年4.6%)	○ CAP, 指令	○ CAP, 指令
花粉媒介者の減少を逆転させる	○ CAP等	○ CAP等

有機は趨勢で2030年に十数%の見込み

図 5-1.F2F 数値目標

#### 5-1 みどり戦略と欧州 Farm to Fork

2021 年、農林水産省はみどり戦略を策定し、環境と調和の取れた食料生産システムを確立するため、2050 年までに化学農薬の使用量半減、化学肥料の使用量半減、有機農業に取り組む面積を 25% (100 万 ha) に拡大する等の目標を掲げている。

みどり戦略の KPI は Farm to Fork 戦略（以下、「Farm to Fork」）を参考に設定されたところも多い。EU の農業政策、農業のグリーン化の流れは世界の潮流となっており、本稿では Farm to Fork とみどり戦略の関係性についてまとめた。

#### ① 欧州 Farm to Fork の日本の農政への影響

Farm to Fork には大元の欧州 Green Deal という全体の枠組みがあり、この 2 つは日本の農業政策を転

Farm to Fork の数値目標には、農業・養分損失・抗生物質などの半減、有機農業の面積を農地の 25% に拡大、生物多様性の高い景観の農地を 10% 確保、蜂などの花粉媒介者を増加に転じさせるといった内容が規定されている（図 5-1）。なお、有機農業の面積は現在 8% であり、民間の予測によれば 2030 年には 13~



18%になると見込まれ、目標 25%の達成にはあと10%上乗せする働きかけが必要である。

温室効果ガスは、農業と土地利用部門を統合し、2035年までにそのGHG純排出量をゼロにすることが求められている。家畜由来のCH<sub>4</sub>、肥料由来のN<sub>2</sub>Oも対象になっている一方で、炭素貯留農業の認証制度も設けている。しかし、Farm to Fork に対しては、農業者団体からは非常に強い反発があり、政策の影響評価が必要だという指摘もある。

### F2F等の農業への影響（報告書）

- 欧州委員会傘下の研究機関による計量経済モデル分析
  - Barreiro-Hurle, et al. (2021) "Modelling environmental and climate ambition in the agricultural sector with the CAPRI model", JRC Technical Report, European Commission. (Published July 28)
- シナリオ: F2FとBDS**数値目標のうち4項目達成** 農業半減、肥料2割減、有機農業面積25%、生物多様性景観農地面積10%)
- 結果
  - 農業のGHG排出は**30%減少**、**環境上の便益が顕著**
    - いずれも基準の低い海外への生産移転により半ば相殺
  - **農業生産の10%低下** 牛肉15%、穀物・油糧種子10%、青果5%
    - おもに単収の低下による(← 有機農業拡大、化学肥料減)
  - **農産物の価格上昇** 豚肉40%、牛肉25%弱、青果10%、穀物5%)
  - **農業収入の減少**

図 5-2. Farm to Fork 等の農業への影響

欧州委員会の研究所の試算によれば、農薬と肥料を半減し、有機農業を25%に増加させ、生物多様性の高い農地面積を1割確保した場合、GHG 排出量が3割減少し、環境上の便益が顕著になったと報告した(図5-2)。

ただし、海外生産への依存の増加により、効果は半減し、有機農業と化学肥料の削減で生産が1割減少、農産物価格が上昇するという結果になった。国民に受容されるかについては、推移を見守る必要がある。

このような EU の農業政策を背景として、みどり戦略は、先進国の農政に沿った動きであり、日本も安全・安心・食料安保、そして多面的機能を謳っている以上、農業のグリーン化はやらざるを得ない。世界の潮流に遅れることなく、進めることが必要だ。

日本では、農業と農村があれば多面的機能が自動的に発揮されるという考え方に立っているが、ヨーロッパではそれとは異なり、農業によって多面的機能が十分に促進できておらず、実際にはむしろ劣化している面

がある。だから現在は政策目標を明確化し、政策手段と目標を合致させ、なおかつ対象を絞り込むことが重視されている。

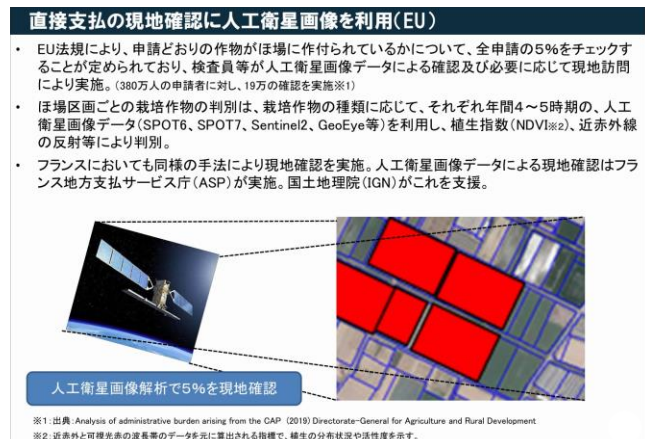


図 5-3. EU の人工衛星画像を活用した現地確認システム (出典: 農林水産省「海外における農地情報の整備・地理空間情報の活用状況について(スペイン・フランス等)」)

EU では 1992 年から補助金管理用のほ場識別システムを導入しており、地図情報システムで場所と航空写真、農業者などを紐づけている(図 5-3)。そこには色々な属性データが記録されていて、地図画面では場を見ながら、基礎データに必要な追加情報を加えて補助金申請を行うことができる。

このシステムの活用が広がり、実地検査の代替、環境気候対策の確認にも使われている。今後は衛星画像を加えて、農地の変化を追跡する用地監視システムも導入される予定だ。環境要件の確認だけでなく、政策効果自体の実績と目標の進捗の確認、農業統計の作成、作況の確認などにも活用できる。農家の経営判断、普及事業と、様々なところで活用が期待されている。

つまり、このようなデジタル技術がインフラになるということで、それを活用して新たな産業が生まれてくる可能性もある。日本でも、スマート農業の推進に加え、電子政府の一環として、このようなインフラを整備していくことも重要だと考える。

## ② みどり戦略の概要

農林水産省では、2021年5月にみどり戦略を策定した。2050年までに目指す姿として14の目標を掲げており、主なKPIは農林水産業のCO2ゼロエミッション化、化学農薬の使用量を50%低減、化学肥料の使用量を30%低減、耕地面積に占める有機農業の取り組み面積を25%、100万haに拡大等である(図5-4)。

みどり戦略の主要KPI

	目標	技術開発等
温室効果ガス	2050年までゼロ	営農型太陽光発電、省エネ園芸設備の導入
化学農薬	2050年までリスク50%減	ドローンによるピンポイント散布、RNA農薬
化学肥料	2030年まで30%減	AIによる土地診断、肥料利用効率の高い品種
有機農業	2050年まで25%・100万ha	光・音・振動使用の防除、病害抵抗性品種
園芸施設	2050年まで化石燃料不使用の施設に完全移行	高速加温型ヒートポンプ、超高効率の蓄熱設備
農業機械	2040年まで電化・水素化に関する技術の確立	トラクターの電動化、蓄電池・燃料電池の低コスト化
食品ロス	2030年まで事業系食品ロスを2000年比半減	ICT活用需要予測、未利用資源の食材活用

図5-4. みどり戦略の主なKPI

14の目標の実現に向けて、現場の優れた技術の横展開・持続的改良と革新的な技術・生産体系の開発・社会実装を進めるとしている。みどり戦略の副題に「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」とある様に、技術開発を重視した戦略で、裏を返せば、ステークホルダーの賛成した根底には「技術開発でやるならどうぞ」というステークホルダーに負担を強くないなら反対しない、といった面がある。技術だけで達成できるのか、検討すべき点は多々あるが、グリーン化の基本的な方向性、理念に理解を得たことは、それ自体大きな意義があると考えられる。

## ③ 気候変動への対応とスマート技術への期待

食料・農林水産業は環境の影響を受けやすい産業である。環境省が気候変動影響評価報告書(2020年12月公表)で気候変動の影響について指摘しており、気候変動が農業のリスクの1つになっている。

■ 日本の年平均気温偏差の経年変化

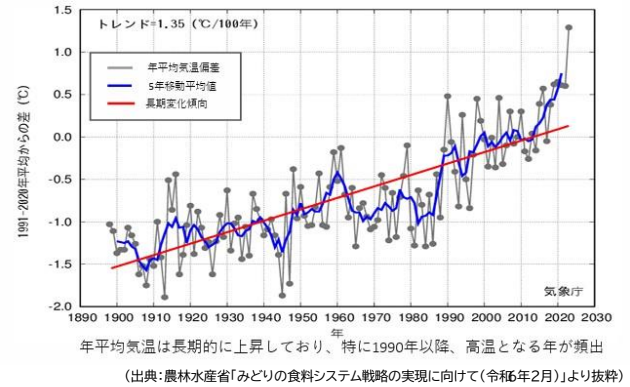


図5-5. 日本の平均気温偏差の経年変化

例えば、近年水稻の高温障害や大雨による農作物への被害などが増加している。日本の年平均気温は、100年あたり1.26℃の割合で上昇しており、世界平均の2倍近い上昇率で温暖化が進んでいる(図5-5)。

日本の農林水産分野のGHG排出量について図5-6に示した。世界のGHG排出量は、590億トン(2019年)で、うち農林業等に起因する排出は世界の排出全体の22%を占める。日本のGHG排出量は11.7億トン(2021年)で、うち農林水産分野は約4,949万トン(約4.2%)となっている。排出源としては、施設園芸や農業機械等の化石燃料由来のCO2、水田、畜産に由来するCH4、および施肥に由来するN2Oがある。

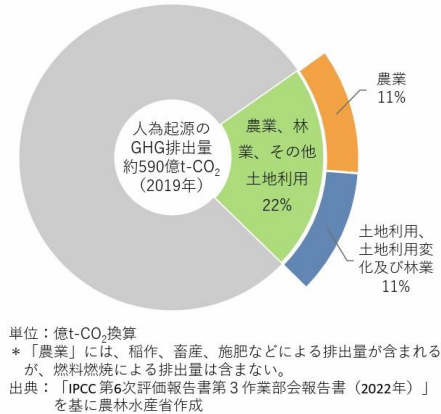
一方で、日本は国土の2/3が森林であり、森林、農地・牧草地で4,760万トンのCO2を吸収している。このように、農業生産におけるGHGのより一層の削減と、吸収源としての農地林地の保全が重要である。

日本では食料・農業・農村基本法における基本理念の1つとして多面的機能が記載されており、農業と農村があれば多面的機能が自動的に発揮されるという考え方に立っている。一方、スイスやEUでは、実際に多面的機能を発揮した農家にその対価として直接支払いを行うという考え方で施策を位置付けており、この点は日本と異なる。

## 世界全体と日本の農林水産分野の温室効果ガス(GHG)の排出

- 世界のGHG排出量は、590億トン (CO<sub>2</sub>換算)。このうち、農業・林業・その他土地利用の排出は22% (2019年)。
- 日本の排出量は11.7億トン。うち農林水産分野は4,949万トン、全排出量の4.2% (2021年度)。  
\* 日本全体のエネルギー起源のCO<sub>2</sub>排出量は世界比約3.2%(第5位、2019年(出典:EDMC/エネルギー経済統計要覧))
- 日本の吸収量は4,760万トン。このうち森林4,260万トン、農地・牧草地350万トン (2021年度)。

### ■ 世界の農林業由来のGHG排出量



### ■ 日本の農林水産分野のGHG排出量

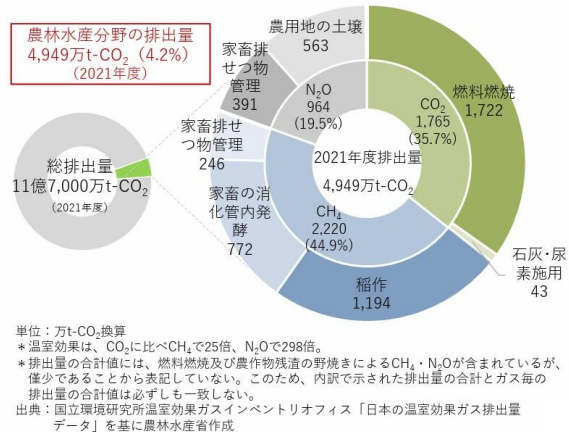


図 5-6. 農林水産分野の温室効果ガス(GHG)の排出 (出典：農林水産省「みどりの食料システム戦略の実現に向けて」)

この点について、ヨーロッパでは、農薬使用や家畜飼育に関する規制への対応、ロシアによるウクライナ侵攻による燃料の高騰など、農家の負担が増えている。

フランスでは、政府が農業用ディーゼル燃料の減税措置の打ち切りに端を発した抗議活動の広がりにより高速道路が一時封鎖されたり、ベルギー・ブリュッセルのEU本部周辺で大規模なデモが行われたり、ポーランド、チェコでも抗議活動が行われるなど、EUの農業政策に不満を持つ農家の抗議活動が各地で相次いでいる。2024年6月のEU議会の選挙でも焦点の一つになるとみられている。

平易な言い方をすれば、日本の現行制度は「環境にいいことをすれば補助金が増額」されるが、ヨーロッパは「環境への配慮に取り組まなければ補助金がもらえない」制度になっており、その負担が増大しているということだ。

みどり戦略で掲げるKPIの達成には、取り組みの効果を定量的に数値化することが重要で、スマート技術の活用が期待されるところだが、国際的な議論の動向も注視する必要がある。

## 5-2 有機農業を支えるスマート技術

2022年12月にカナダのモントリオールで開催された、国連生物多様性条約第15回締約国会議(COP15)で、「昆明・モントリオール生物多様性枠組み」が採択され、2030年までに地球上の陸域、海洋・沿岸域、内陸水域の30%を保護するという画期的な合意がされた。また、引き続き化学農薬のリスクの半減、外来種の定着や動植物の乱獲の防止などの議論が行われている。

このように、国際的に環境保全の視点から、カーボンニュートラル、サーキュラーエコノミー、そしてネイチャーポジティブへと議論を進めている中で、持続的な食料生産を行う上で、世界的に有機農業推進への機運が高まっている。

本稿では第7回研究会の講演録を再編してまとめた。(詳細は「中部圏研究 Vol.226 52-82頁」を参照)



## ① 有機農業の拡大

### 世界の有機ほ場面積の推移



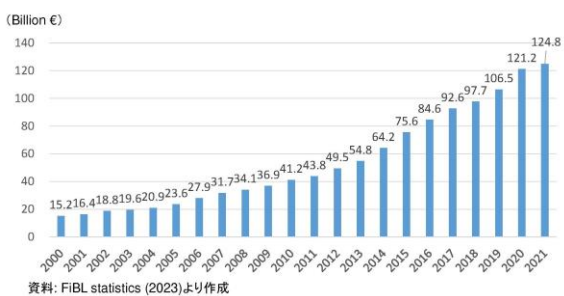
図 5-7. 世界の有機農地面積の推移

図 5-7. 世界の有機ほ場面積の推移

有機農業の世界で中心的な役割を果たしている、スイスの有機農業研究所 (FiBL) によれば、世界の有機栽培ほ場面積は年々増加し、2021 年には 7,600 万 ha となり、全世界のほ場面積の 1.6% を占めている (図 5-7)。

有機ほ場面積の推移が滑らかでないのは、中には突発的に統計データを取り始める国もあり、例えば 2013 年は中国のデータが追加されたため、大きく増加したように見えるが、いずれにせよ、世界的には増加している傾向が読み取れる。

### 世界の有機食品売上



アメリカ、ドイツ、フランスなどを中心に急激に増加し、直近 10年で2.5倍

図 5-8. 世界の有機食品の売上

図 5-8 に世界の有機食品の売上を示した。近年、アメリカ、ドイツ、フランスなど、急激に国内販売が伸びており、直近 10年で 2.5 倍になっている。自国の農産物だけでなく、タイや中国、葉物野菜に関してはベトナムと

いった具合に、有機農産物の輸入が増加し消費が拡大している。

日本はどうかと言うと、飲食料の最終消費額は 84 兆円で、農林水産省によれば、有機食品の消費額は 2,240 億円 (2020年) と推計され、およそ全体の 0.2% 程度と僅かだ。

また、みどり戦略では、有機農業面積を 25% (100 万 ha) に拡大するとの目標を掲げているが、有機 JAS 認証を受けたほ場面積は 1.5 万 ha、全農地の 0.35% にとどまっている。

### 有機ほ場面積割合

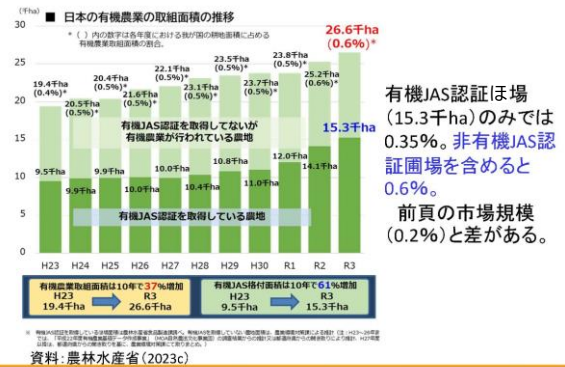


図 5-19. 有機ほ場面積割合

有機 JAS 認証を受けずに、有機栽培を行っているほ場については統計に反映されないが、農林水産省は有機 JAS 認証、非認証の有機ほ場面積をあわせて 2.66 万 ha、全ほ場に占める割合は 0.6% と推計している (図 5-9)。日本では有機農産物の生産、消費とも、それほど大きくなく、生産の拡大に合わせて消費の喚起も重要である。

日本のは場の約半分が水田であり、有機農業面積 25% の達成には、水田の有機転換が重要である。有機水田面積は 3,140ha であり、近年はほとんど増えていない。有機米の生産は技術的に難しく、労力がかかるうえ収穫量が減少するなど、取り組む農家が増えないのが現状である。また、有機農業を志向する新規就農者が、条件に合うほ場を確保できないという側面もある。

有機米栽培の労働時間（10a）北海道の事例

表1 水稲有機農業の労働時間単位：h/10a

有機農家	A	B	C	D	生産費調査
青 苗	6.78	3.97	5.29	5.27	5.68
耕起・整地	3.38	2.47	2.58	3.16	2.45
基 肥	1.03	0.75	0.61	0.51	0.45
移 植	2.51	2.38	1.40	2.50	3.39
除 草	16.92	15.69	17.96	8.51	0.74
追 肥	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
防 除	0.00	0.34	0.43	0.40	0.44
収穫・調整	2.21	1.62	1.46	1.67	2.51
生産管理	2.60	2.60	1.98	2.60	0.86
その他	7.31	7.54	3.06	6.27	3.99
間接労働	2.46	2.46	2.17	18.28	1.49
合 計	45.23	39.81	36.94	49.17	22.76
<内訳>					
家 族	38.31	30.77	30.71	41.54	21.45
雇 用	6.92	9.04	6.23	7.63	1.31

注) 生産費調査：北海道販売農家平均  
 除草作業、圃場管理(書類作成等)が長い  
 有機米(Ave.42.78h)は、慣行米(R3で22.29h)と比較して、平均2倍弱程度の労働時間と推測

図 5-10.有機米栽培の労働時間 北海道の事例

図 5-10 は、北海道の有機米栽培と慣行米栽培の労働時間を比較した事例である。有機米は平均 42.78 時間/10a だが、慣行米は 22.29 時間/10a で、有機米は労働時間が慣行米の約 2 倍になっている。特に除草時間が慣行米に比べ際立って多く、間接労働、つまり有機 JAS 認証取得のための書類作業も多くなっている。全国調査の結果も北海道の事例とほぼ同様である。

きており、規模が大きくなれば機械除草を効率的に行うことも考えられる。そのような状況も踏まえながら、有機米生産におけるスマート農業技術の導入の可能性について考える。

② 有機米生産に活用されるスマート技術

先に、有機米生産において、除草作業が際立って増加すると述べたが、除草作業を行うロボットを井関農機株式会社が2023年から発売している。

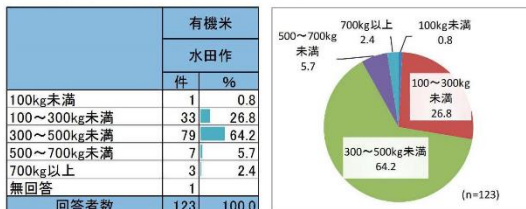
アイガモロボ



あなたの田んぼ、にござませす。  
 まったく新しい雑草対策  
 資料：有機米デザイン株式会社Webサイト  
 機能は除草ではなく抑草。  
 実証試験を経て2023年より販売開始。  
 他の抑草機ロボットと比べ、現時点で最も開発・普及が進んでいる  
 フロート型、外部電源不要のソーラー発電、GPS機能内蔵の自律航行ロボ。  
 開発は有機米デザイン株式会社、販売は井関農機株式会社

図 5-12.水田の除草作業をアイガモロボット

有機と慣行の反収（収量）



図表：10aあたりの有機米収量  
 資料：久野経済研究所（2022:19）令和3年度食料・農業・農村基本政策企画調査  
 慣行米反収平均520kgに対して、有機米では300~500kg。筆者の現地調査からの感覚では420kg（7俵）~450kgが平均という感覚。慣行米の8割程度。  
 ここまでで、慣行米に比べて有機米は労働時間で約2倍増、収量は約2割減。1労働時間あたりの収量では有機米：慣行米=1：2.38程度。  
 有機米栽培の労働時間を削減し収量を増やす、安価なスマート農業とは？

図 5-11.有機米と慣行米の収量比較

図 5-11 は有機米と慣行米の面積当たり収量の比較である。有機米の生産性は慣行米の 8 割程度となっている。このように、有機米は慣行米の倍の手間がかかり、生産性は 2 割減、さらにたい肥等有機肥料の購入、散布コストの増加を見込むと、有機米の慣行米との収益の差はさらに大きくなるのが想定される。

現在、大規模に有機米生産を行う農業経営体も出て

図 5-12 はアイガモロボットという、ソーラー発電と GPS 受信機を備えた、フロート式の自律航行ロボットで、有機米デザイン株式会社が開発した。

このアイガモロボットは、水田に浮かべると自動で動き回り、スクリューで水をかき回すと水が泥で濁り、日光を遮ることで雑草の生育を抑制する。実際には除草ではなく抑草を行うロボットだ。スマートフォンの専用のアプリの地図上で可動範囲を設定すると、GPS で位置情報を確認しながら自動で動き回る。田植の後から 3 週間、水田に入れっぱなしにするので、その間、水田の水を切らさないよう、水位が維持できるというのが条件になる。

2022年、全国で150台のアイガモロボットを稼働させ大規模な実証を行い、効果を検証したところ、多くの有機米生産ほ場で雑草の抑制により除草作業が大幅に減少した。また、一部のほ場ではジャンボタニシの食害が減少するという副次的な効果も見られた。



	収量増	収量減	収量±0	比較環境が 変わらなかった 圃場(全体の約60%)	合計 サンプル数
2021年	9	2	0	2	13
2022年	8	7	2	8	25

アイガモロボを使用し、雑草調査&収穫量調査の両方を実施した圃場の60%で収穫量が増加

ここまでのまとめ

アイガモロボを使用することで、除草の手間を減らし(労働時間削減)、収穫量を維持・増加し、ジャンボタニシの防除も可能。

アイガモロボの価格次第で生産コストの削減につながり、加えて有機米デザイン株式会社の提示する魅力的な買取価格(後述)で経営が成り立つと考えられる。

資料：有機米デザイン株式会社(2022)

図 5-13.アイガモロボの実証結果

図 5-13 に有機米生産におけるアイガモロボの使用が収量に及ぼす影響について示した。その結果、アイガモロボを使用したほ場の 60%で収量が増加した。つまり、アイガモロボは除草の手間を減らし、収量を維持または増加、さらにジャンボタニシの防除にも有効という結果となった。

アイガモロボの価格は 55 万円/台で、みどり交付金で半額助成が受けられる。メーカーが推奨する 1 台あたりの使用面積は 30~70a だが、経営へのコスト負担を軽減するため、アイガモロボを開発した有機米デザイン株式会社が高値で有機米の買い取るなどの支援も行っている。

他の水田抑草ロボットの例



ミズニゴール

販売予定。8kg。ラジコン操作で圃場内を動きまわり、水田の泥をかき混ぜながら走行して雑草の光合成を遮断する。バッテリー搭載

GPS搭載自動運転版も実証試験中

雷鳥 1号

販売予定。軽量(2kg)小型。複数台で1枚の田んぼをかき混ぜる。圃場の大きさにより台数調整可能。ソーラー発電。圃場内の動きをプログラミング。



2023年時点で販売されているものはアイガモロボのみ。

図 5-14.他の水田抑草ロボットの例

中山間地域などの狭いほ場ではアイガモロボは大き過ぎるため、小型の抑草ロボットの開発も進んでいる。図 5-14 に小型抑草ロボットのミズニゴールと雷鳥

1号という商品を紹介する。ミズニゴールはラジコン操作で動き回るロボットで、重量は 8kg と軽く、スピードは早い。GPS の自動航行も試験中とのことだ。雷鳥 1号はさらに小さく重量 2kg の小型のロボットで、複数台で 1 枚の水田をかきまわすというもので、ほ場の大きさによって稼働台数を調整する。予めプログラミングされた経路で動く。いずれも今後販売予定としている。

これら除草ロボットの稼働には、水田に十分な水位が保たれている必要があり、水稻の生育の面からも水管理は重要である。

水田ファーム



株式会社farmo Webサイトより

水位計を設置し(右)、電波を飛ばし、スマホで田んぼの水位を確認(左)。生産者は水位低下した圃場のみ出勤し水足し。見回りの手間を省略。地表が露出すると雑草が急激に成長するため、有機農家は深水管理(最終15cm程度以上※)を行うが、水利の関係で難しいことも多い。

※慣行農家も田植え初期に寒さから苗を保護する際に行い、苗長の3/4程度が目安

図 5-15.水田水位センサー

この水管理を支援するのが水位センサーで、スマートフォンで水位を確認できるというものだ。有機農家の間では水田ファームという商品がよく使用されており、19,800 円/台と比較的安価で、すでに 1 万台以上販売されている(図 5-15)。毎日の水田水位の見回りに 1 時間以上かかるという有機米農家もいて、省力化に貢献している。

③ 経営管理ツールを活用した有機 JAS 認証支援

もう 1 つ、有機米生産で課題となるのが有機 JAS 認証の帳票管理だ。農業法人 COG 株式会社では自社が扱う有機農産物の生産者にスマートフォンで使えるアプリを提供している。予め使用する有機栽培用資材を登録しておき、生産工程管理記録の作成を支援する。有機農家はスマートフォンから簡単に入力でき、最後に印刷すると有機 JAS 認証機関に提出する帳簿ができる。



(参考) 株式会社コープ有機の生産者支援

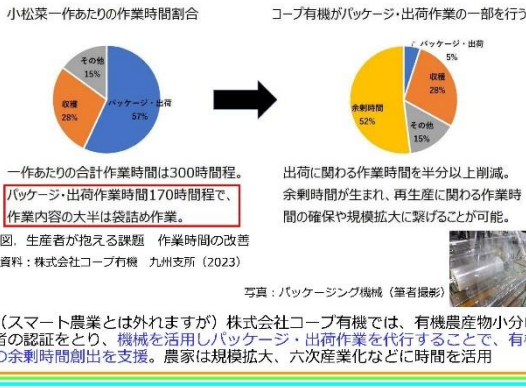


図 5-16. COG 社の生産者支援の取り組み

さらに、COG 社では、農家の作業工程を観察し、どの行程にどれだけ時間を要したかを見える化するサービスも行っている(図 5-16)。例えばコマツナでは収穫よりもパッケージ、出荷作業に多くの時間を要している。余力がある農家は少なく、COG 社がパッケージング作業を請け負うことで余力を創出し、有機農家は規模拡大につなげている。このように、有機農業の生産の現場では、スマート農業の導入によって、一部は省力化が実現しているものの、有機農業の取り組みにかかるコストは、消費者の理解と支援が必要な状況にある。

参入後の定着の難しさ

表. 福岡県における環境保全型農業実施水準別の変化 (経営体数, %)

	2015年					計
	有機	特裁	減減	慣行		
2010年	122 (12.5)	103 (10.6)	159 (16.3)	589 (60.5)		973 (100.0)
特裁	106 (2.8)	559 (15.0)	635 (17.0)	2,426 (65.1)		3,726 (100.0)
減減	53 (0.9)	239 (4.3)	1,038 (18.5)	4,282 (76.3)		5,612 (100.0)
慣行	141 (0.6)	470 (2.0)	1,500 (6.4)	21,194 (90.9)		23,305 (100.0)
計	422 (1.3)	1,371 (4.0)	3,332 (9.9)	28,491 (84.8)		33,616 (100.0)

注: 2010-2015年の間で接続可能かつ耕地等がある経営のみ。  
資料: 楠戸ら (2023)

5年後に12.5% (122経営体) しか残存せず (後述)。60%は慣行へ

2010年、2015年の農林業センサスの農業経営体個票と福岡県の独自項目で把握されたデータを接続し、有機農業に取り組んでいた経営体の取組水準の変化とその要因を分析 (次頁の多項プロビットモデル)

図 5-17. 有機農家の定着差の難しさ

図 5-17 は、農林水産政策研究所が、2010 年、2015 年の農林業センサスにおいて福岡県の有機栽培のアンケート調査の結果をパネルデータにしたものである。有機農家に 5 年後の姿を尋ねた結果、有機農業を継続していると答えた農家はわずか 12.5%で、労

働力確保や販路の問題から 60%が慣行栽培に移行していると答えた。なお、福岡県は独自に「福岡エコ農産物認証」を実施しており、JAS 認証を取得せずに有機農業に取り組む農家が、地域認証に移行したことも考慮する必要があるが、有機農業を続けることの難しさを示しているデータである。

消費に関する研究も進んでいて、有機農産物を志向する消費者について、年齢、性別、収入、子供の有無、世帯人数といった人口動態属性によるクラスタリングから、心理的変数、行動変数を含めてクラスタリングするのが一般的になりつつある。

有機農産物の消費者把握  
—消費者セグメンテーション解明—

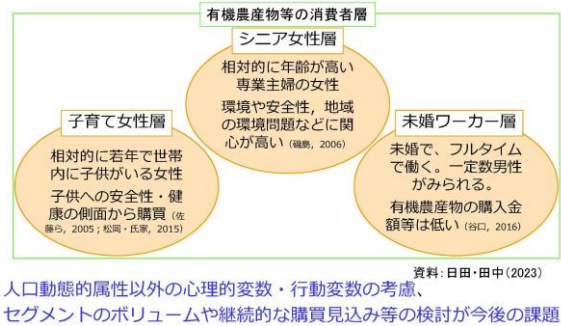


図 5-18. 有機農産物の消費者のセグメンテーション例

有機農産物の売り先をどうするか、図 5-18 は有機農産物の消費者のセグメンテーションの例だが、それぞれのセグメントの大きさ、つまり十分な売上が見込めるボリュームゾーンなのかといった研究が現在行われている。また、こうしたデータをもとに有機農産物の販路開拓を行う生産者のグループも出てきており、企業との農家訪問などの交流を通じて顧客を獲得する取り組みを行っている。

みどり戦略の有機農業 25%目標を達成するためには、消費を喚起しボリュームを増やしていく活動も必要であり、こうした調査も今後は重要になると考える。

5-3 SDGs とスマート農業

持続可能な開発目標である SDGs だが、最近は行

政やメディアの周知によって理解が進んでいる。

1972年の「国連人間環境会議」を契機として、環境と経済開発に関する世界的な議論が始まり、1987年のブルントラント委員会で「Sustainable Development (持続可能な開発)」の概念が生まれ、1992年の地球サミットの「リオ宣言」、1997年の第3回気候変動枠組条約締約国会議(COP3)の「京都議定書」へと発展してきた。2000年、国連がこれらの議論をまとめ2015年を年限とするMDGs (Millennium Development Goals) を掲げた。

SDGs は MDGs の後継として 2030 年までに達成すべき持続可能な開発目標を示したもののだが、発展途上国にも先進国にも共通する普遍的な目標として、国や国際機関の取り組みだけでなく、企業等が果たし得る主要な役割を認識しているという点が、MDGs から大きく進展した点である。

年 1 回、Sustainable Development Solutions Network (SDSN) が発行している「Sustainable Development Report」から、日本の SDGs 達成度に関する評価を見てみる。

2017 年には世界で 11 番目にランクされていた日本だが、年々順位を下げ、2022 年には 19 位となっている。

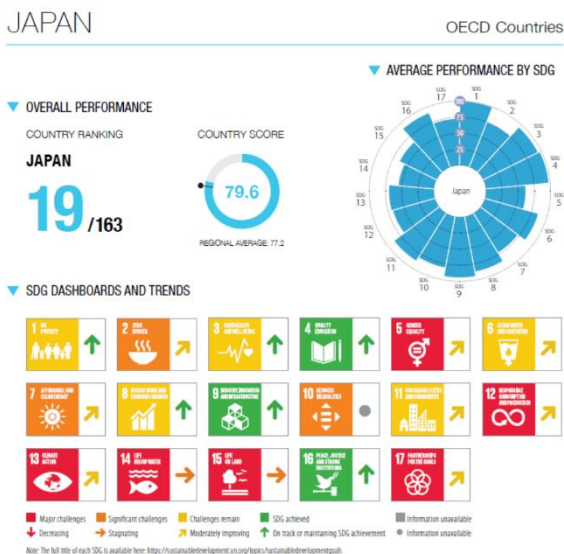


図 5-19. 日本のカテゴリ別の達成度

(出典; Sustainable Development Report 2022)

2022 年度の日本の国別評価を図 5-19 に示した。

日本は、17 のカテゴリのうち「4. 質の高い教育」、「9. イノベーション」、「16. 平和と公正さ」の 3 点で「達成している」と評価されているが、6 項目で「達成できていない」、3 項目で「努力が必要」と評価され、半数以上のカテゴリでより一層の努力が求められている。

SDGs について

○日本が世界に求められているカテゴリのなかで農業ができること・すべきこと

目標	達成度	なぜ? 評価が低い指標	農業分野での取り組み
1 貧困をなくそう	△	持続可能な窒素(肥料)の管理	○化成肥料の過剰施用を抑制 ○有機農業の拡大
5 男女の平等を	×	男女の賃金格差 国会議員における女性議員数	○女性が活躍できる職場環境の整備 ○多様な働き方(子育て中の経営者等)
7 安全で持続可能なエネルギーを	△	低い再エネ比率	○化石燃料消費の削減と再エネ活用
10 所得格差をなくそう	△	所得格差 高齢者の貧困率の高さ	○農産物の適正価格の確保 ○スマート農業を活用した農福連携の推進
12 持続可能な消費と生産	×	電子品、プラスチックの廃棄 輸入品による窒素排出	○農用プラの削減・生分解プラの活用 ○栽培における窒素吸収で排出総量削減
13 気候変動に具体的な対策を	×	高いCO <sub>2</sub> 排出量(燃料・セメント) 炭素税・クレジットの取引	○炭素吸収源としての農業生産 ○農業生産におけるCO <sub>2</sub> ・CH <sub>4</sub> 発生抑制
14 海洋汚染の防止と水産資源の維持	×	乱獲(獲るだけ) 海洋生物の多様性に対する配慮	○陸上養殖 ○マイクロプラスチックの原因物質を削減
15 陸域生態系と生物多様性の保護	×	生物多様性への配慮(陸・水域) レッドリストの多さ	○農業使用量の削減 ○食文化と紐づけた伝統野菜の生産
17 パートナーシップを強化	×	ODA等の途上国支援の低さ	○外国人技能実習生等の受入れ

図 5-20. SDGs 達成に向けた農業分野での取り組み案 (Sustainable Development Report から中部社研が作成)

次に、「達成できていない」、「努力が必要」と評価された各カテゴリにおいて、低評価となった理由と、農業分野における SDGs 達成に貢献する取り組みの拙案を図 5-20 にまとめた。

例えば、「2. 全ての人に安全で十分な食料を」では、日本は食品や肥料として輸入する窒素量が多く、一部のは場で過肥となっていることから、持続可能な食料生産を続けていくためには、より一層の窒素管理による環境負荷低減が求められており、有機農業の拡大や適正な施肥管理が重要と考える。

同様に、温室効果ガス低減のため、化石燃料消費の低減と再生可能エネルギー(以下、「再エネ」)の活用、男女の賃金格差是正に資する女性活躍の推進、スマート農業の導入によるハンディキャップを持つ多様な人材の活用など、農業分野で実践すべき SDGs 達成に向けた取り組みを挙げたが、これらはすでに各地の農業生産現場で実践されている事項でもある。

SDGs 達成の取り組みとして、意図して取り組んでいる事例だけでなく、実践する生産者が、意図せず取り組んでいる事例も含め、「こんなことが SDGs 達成に貢献できるのだ」という気づきにつながることを期待し、中部



園の生産者の取り組み事例を紹介する。

### ① イノチオファーム豊橋



図 5-21.イノチオファーム豊橋施設全景(イノチオみらい提供)

イノチオファーム豊橋は、愛知県の「次世代施設園芸導入加速化支援事業」を活用して、2016年に豊橋市の三河湾に面した工業用地の一角に建設された。土地は愛知県から借用している(図 5-21)。

運営を担うイノチオみらい株式会社(以下、「イノチオみらい」)は、農業を総合的に支援するイノチオグループ傘下の企業である。3.6haの温室でミニトマトを生産、従業員は65名、このうち正社員が8名(販売営業含む)、特定技能実習生は2名である。

イノチオグループの強みである、農業資材、施設建設等に関する豊富な経験を生かした生産管理を行ない、単収21t/10aを実現(一部区画)、年間約550tのミニトマトを生産している。



図 5-22.イノチオファーム豊橋の高軒高ハウスとミニトマト栽培  
(イノチオみらい提供)

施設は高軒高ハウスでハイワイヤー誘引栽培を行い、ICT機器を使った複合環境制御、養液栽培による徹底した植物の管理などを行っている(図 5-22)。

近接する豊川浄化センターの放流水熱を温室の補助加温に利用し、化石燃料使用量30%削減を目指し、その他の取り組みとあわせ46%削減している。栽培に使用した養液を回収してリサイクルし、規格外や地面に落下したトマトは豊橋市内の動物園に寄贈するなど、徹底したロス削減、効率化にも取り組んでいる。



図 5-23.バックヤードの様子(ハサミの保管棚、歩行帯)

バックヤードはきれいに整理整頓され、壁管理の仕組みや、整理整頓された道具類などは、自動車の組み立て工場を想起させる(図 5-23)。共用で使っていたハサミや葉かきナイフを従業員に一つずつ持たせたら、扱いが丁寧になり、交換頻度も減った。

従業員との定期面談、子育て中の従業員に対する支援制度の充実等、環境への配慮だけでなく、働く人に焦点を当てた、SDGsが目指す「だれ一人取り残さない」取り組みを実践している。

### ② いちごファーム Hakusan の小水力発電の取り組み

石川県白山市鳥越地区のいちごファーム Hakusan は、イチゴの摘み取り体験施設で、2017年に北菱電興株式会社が建設し、地元んなーがら上野営農組合のサポートを受け運営している(図 5-24)。

いちごファーム Hakusan は、北菱電興株式会社が水力発電を施設する際、電力の需要先として計画されたイチゴの栽培施設だった。





図 5-24. いちごファーム Hakusan の摘み取り体験施設

北菱電興株式会社はビニールハウスの建設や温室の環境制御設備、システム等を販売するメーカーであり、施設の運営には自社開発した環境制御装置の集中管理システムを活用している。温室の状態がタブレットやスマートフォンからリアルタイムで確認でき、天窗の開閉などが遠隔で行えるため、休日や夜間に遠方からでも操作ができる。そのため、イチゴの安定的な生産はもとより、ハウスへ出向くことなく労働時間が短縮され、完全週休 2 日制を実現している。スマート技術が働き方改革と生産性向上に寄与している。

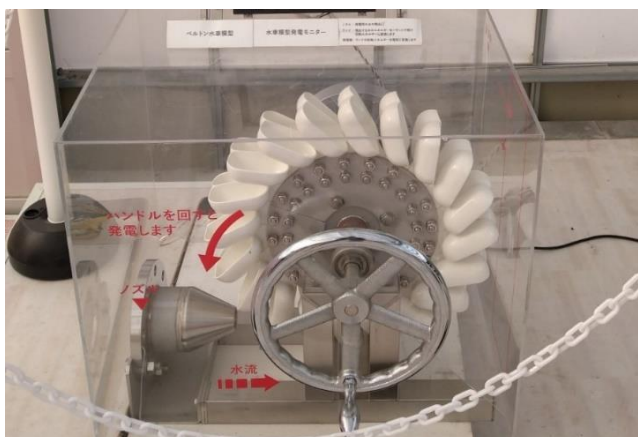


図 5-25. 水力発電の水車模型

いちごファーム Hakusan の最大の特徴である農業用水を活用したマイクロ水力発電は、石川県立大学、株式会社別川製作所が産学連携により開発したものだ。農業用水の流量変動による発電効率の低下を、並列水車が解決している(図 5-25)。



図 5-26. 水力発電施設

実際の発電施設は、イチゴハウスの駐車場から東に 100m ほど離れた、農業用水沿いに 10m ほど下ったところに建設されている(図 5-26)。この発電設備は引水点からの有効落差約 11メートルを利用して、最大で約 10kw/h 発電する能力を有している。イチゴ温室で使用する電力のおよそ 4 割を賄うことができ、不足分は買電している。

農業用水を活用した水力発電の導入要件として、水量や落差といったエネルギーのポテンシャルのほかに、「水利権」という重要な課題があり、権利者との合意が必要だ。当該発電施設は農業用水の最下流、排水路に位置し、発電所より下流側に用水を使用する農業者がいないことから、関係する全ての農家の了解が得られた。農業生産における再生可能エネルギーの利用に関する課題について、重要な示唆を与えてくれる。

### ③ 株式会社スマートアグリカルチャー磐田

株式会社スマートアグリカルチャー磐田(以下、「SAC IWATA」)は、静岡県磐田市で、パプリカを生産する農業生産法人である。大規模温室を 2 棟(1.2ha と 1.8ha)有し、社員 19 名、パート 45 名、計 64 名でパプリカを生産している。



社名 株式会社スマートアグリカルチャー磐田(愛称 SAC磐田、SAC iWATA)  
 設立 2016年4月1日  
 所在地 静岡県磐田市高見丘219-1  
 代表者 久枝和昇  
 資本金 100,000,000 円  
 従業員数 65名  
 施設概要 パプリカハウス北:約1.2ha、パプリカハウス南:約1.8ha等

図 5-27. SAC iWATA 概要

(出典:SAC iWATA ホームページ)

SAC iWATA は 2016 年4月に、磐田市の「アグリ・バレー構想」に賛同した、富士通・オリックス・増田採種場の 3 社が中心となり、磐田スマートアグリバレー推進区域(以下、「アグリバレー」)に設立された。2021 年に、大和フード&アグリが株式譲渡により経営参画し、現在は大和証券グループとなっている(図 5-27)。

温室はスマートインターチェンジを備える東名高速道路遠州豊田パークイングの南側にあり、東京・名古屋方面にもアクセスが容易である。パークイングエリアを挟んで大型商業施設、工業団地があり、磐田スマートアグリバレーにも都市ガスインフラが整備されており、重油ではなくガスボイラが温室の暖房として利用されている。都市ガスは燃焼の際に生じる CO2 の発生量が重油の 1/4 であるため、カーボンニュートラルの視点から非常に有利である。



図 5-28. SAC iWATA のパプリカ

現在ではパプリカに特化し、ベル型の「プリンセスパプリカ」や細型の「プリンセスパプリカ極甘」をブランド化するなど、高品質、高付加価値のパプリカの生産に取り組んでいる(図 5-28)。パプリカの生産量は年間約 600t に及び、その殆どを市場を通さず、約 50 社の仲卸に相対で販売している。

SAC iWATA では、「地域の産業として農業の事業性向上を図り、良いものを適正価格で販売することで儲かる農業を実現する」とし、近隣の生産者からパプリカを仕入れ、販売している。

また、従業員に対しては、週休 2 日の確保、成果と連動したインセンティブの付与など、サラリーマンと同等の労働環境を確保している。



図 5-29. 温室の中 SAC iWATA のパプリカ温室

SAC iWATA の温室はオランダ製の施設を採用している。Priva 社のオートメーションシステムを導入しており、当該システムは、すべての環境を複合的にコントロールし、植物に最適な環境条件を与えることで、生産性を最大化している(図 5-29)。

収穫は 8、9 月の酷暑を避け、冬期はガスボイラで暖められた温水を温室内に循環し加温している。パプリカは色ごとに品種も異なるため、それぞれ異なる栽培管理を行っている。

また、労務管理ソフトにより作業員の勤務状況を把握すると同時に、生産現場では記録用紙を設置し、全ての従業員が温室の状況を把握できるよう、デジタルとアナログを上手に活用している。

温室にあるセンサー・デバイスから様々なデータが取



得できるが、データの品質の確保が重要で、SAC IWATA では、データ活用の前に、生産現場の標準化が必要であると考えている。更に情報を基盤とした経営モデルを確立するという、次のステップに進んでいくことに大いに期待する。

#### ④ 株式会社無限大

株式会社無限大（以下、「無限大」）は、福井県三方郡美浜町で、枝豆、トマト、水稻および牧草を生産する農業生産法人である。従業員は、社員が木子博文社長を含め 5 名、パート 6 人、外国人 4 名（特定技能 1 名、技能実習生 3 名）で、パート及び外国人は全員が女性である。



図 19. 株式会社無限大のトマトハウス

2007年5月、福井県職員を早期退職した木子社長が、枝豆を生産する農業生産法人として設立、労働力の季節性を解消しようと、2017年にトマトを生産する施設、「Tomato LABO Fairy Bell」を開設した（図 19）。無限大は 2021 年、農業電化推進コンクールで大賞（農林水産省生産局長賞）を、2022 年全国優良経営体表彰で農林水産省経営局長賞（生産技術革新部門）を受賞している。

現在、温室 4 棟 0.6ha でミディトマトを、露地では延べ 42ha で枝豆、牧草、水稻を栽培している。トマトの生産は 2017 年から取り組んでいるが、福井県は冬には雪も降るし日照も短いので施設園芸には向かない土地だ。



図 20. 株式会社無限大のトマトハウス（株式会社無限大ホームページより）

木子社長は「今日新しいことは明日には古くなる、現状維持は後退」と語る。これまで、先進地域へ訪問し、新しい技術、新しい品種や作目の導入、農機メーカーとの連携など、新しい取り組みへの挑戦を続けてきた。

トマトの密植栽培における相互遮蔽を LED 補光で改善できないかというのも、チャレンジの一つだ（図 20）。冬季日射量が少ない北陸において収量は期待通りとはいかなかったが、食味の向上に繋がられないかと考えている。バリアフリーな低段密植栽培、木質ペレットボイラーの導入などの挑戦を続けている。

経営の安定化に最も重要な課題は雇用の安定確保だ。女性職員の役員や部門リーダーへの登用、リフレッシュ休暇やファミリーサポート休暇などの特別休暇の導入など、働き方改革にも取り組んでいる。きれいなトイレというのも、女性が働きやすい職場の重要なポイントだという。



図 21. 病害虫の防除はロボットが活躍



木子社長は現在62歳、後継者は第三者継承を考え、植物生理を学んだ新卒学生の獲得を視野に、福井県立大学と接点を持つなど、この先10年は後継者の育成に取り組みたいと話す。病虫害の防除作業はロボットを活用するなど、優秀な人材を永続的に雇用できる労働環境の整備にも取り組んできた(図21)。



図 22.通販サイトで紹介されているトマト

トマトは主に関西方面に出荷しており、直接小売業者と取引することは少ない。通販も行なっている(図22)。規格外のトマトは、障害者施設に一次加工を委託し、学

校給食や加工品原料として供給しており、実際の廃棄率は5%程度である。「売ることは作ること以上に難しい」と話す木子社長だが、新しい商品のパッケージには紙容器を使うなど、環境と家庭にやさしいトマトの販売も開始した。SDGsが新しい付加価値となると考え、トライ&エラーを繰り返しながら、チャレンジを続けている。

SDGsとは、誰かの困りごとの集合体である。誰かの困りごとの解決に、みんなで取り組みましょうということである。脱炭素など環境負荷低減の取り組みに注目されがちだが、日本がまず取り組むべきは、女性活躍の一層の推進であり、地域に賦存する資源の持続的利用の仕組みを構築すること、そして地域が一体となって発展を考えていくことであるとする。

本項で紹介した4つの事例は、必ずしもSDGsの目標達成を目的として事業活動を行っているわけではないが、自分の、あるいは周囲の人の困りごとに対し、積極的に解決の方策を模索し、結果的に経営の好循環を生んでいる。持続可能な農業生産への示唆を与えてくれる。

## コラム【ちゅうぶケンの独り言】イノベーションが切り開く未来

第2回研究会で、理化学研究所・福島大学・前川総研等の研究チームが取り組む、「マルチオミックス解析による農業生態系のデジタル化」を取り上げ、植物がアミノ酸などの有機物を利用している科学的エビデンスについて解説しました。これまで「無機栄養論」の定説を覆す、新たな発見です。また、中部圏研究で、名古屋大学農学部教授の村瀬先生による、水田由来メタンガスの抑制に関する研究を取材させていただき、環境負荷低減・脱炭素を目指す第一線の研究の現場について紹介しました。



(詳細は、中部圏研究 Vol.218 56-67 頁、Vol.223 128-134 頁を参照)

環境微生物研究所は、石川県立大学の馬場保徳先生が立ち上げた、野菜くずや雑草などからメタンガスを発生させ、熱やエネルギーへの利用を図るスタートアップだ。

スーパーの倉庫内に設置できるほどコンパクトで、牛の胃袋に棲む微生物を培養して発酵に用いている点が特徴だ。

馬場先生はこのメタン発電装置を使って、食品ロスの低減や災害時の炊き出しなどにも活用したい考えた。

イノベーションが実現する豊かな未来に期待したい。



## 第6章 総括

2020年5月から2024年4月にかけて「中部圏のスマート農業」に関する調査研究に取り組んできたが、この間、世界ではコロナ禍、ロシアによるウクライナ侵攻、国内では基本法の改正と、農業を取り巻く環境が劇的に変化した。スマート農業に求められる役割についても、省力化や生産性向上に加え、環境との調和と持続的生産の実現等へと、その期待は拡大した。

みどり戦略で農林水産省が目指す姿のひとつにあげたのが「消費者等の行動変容を促す」ということだが、国民全体が「私たちの食」について、自分事として考える契機にしようという呼びかけでもあったと考える。「私たちの食」を生産する基盤としての農業の未来を考える、全体的な議論を始める呼びかけとして、本章をまとめる。

### 6-1 食料・農業・農村基本法とスマート農業

政府は2024年2月27日に「食料・農業・農村基本法」の改正案を国会に提出した。改正案の最も重要な主題は「食料安全保障の確保」と「環境との調和の

とれた食料システムの確立」で、「多面的機能の発揮」、「農業の持続的な発展」、「農村の振興」とともに、改正案の基本理念として位置づけられた。

基本法改正の議論の中で、スマート農業は農業の持続的な発展に関する施策として生産性向上に資する先端的な技術との位置づけで、積極的な活用が見込まれている(図6-1)。しかし、スマート農業技術は生産性を向上させるだけでなく、農村インフラの維持・活性化や、環境調和型農業実現への可能性にも期待できるということが、研究会で明らかになった。

衛星やドローン画像から土壌の状態を把握し、最適な施肥を行うことで環境負荷を減らしたり、温室内の温度・湿度・CO2濃度等を最適化することで、暖房にかかる燃料消費を最小限にして、生産性向上と脱炭素化を推進したりと、スマート技術が活用される領域は各所に広がっており、一部は実装されている。

こうしたスマート技術を活用する人材の育成も積極的に行われており、新たな担い手が、新たな、持続可能な農村を構築することにも期待が大きくなっているところである。

基本法改正後の基本理念と基本的施策（主なポイント）

基本理念	基本的施策
<b>食料安全保障の確保（第2条）</b> ・国民一人一人の「食料安全保障」の確保 ・国内の農業生産の増大、安定的な輸入・備蓄 ・需要に応じた供給 ・農業生産の基盤等の食料の供給能力の確保 ・食料の供給能力の確保のための輸出の促進 ・食料システムの関係者による、持続的な食料供給に要する合理的な費用を考慮した価格形成 ・不測時の措置	<b>食料施策</b> ① 食料・農業・農村基本計画において食料自給率に加え食料安全保障の確保に関する事項の目標を設定し、毎年進捗を公表（第17条） ② 幹線物流やラストワンマイル等の国民一人一人の食料安全保障上の課題に対応する円滑な食料の入手のための確保（食料の輸送手段確保、食料の寄附促進の環境整備等）（第19条） ③ 食品産業の持続的な発展に向けた、環境負荷低減、円滑な事業承継、先端技術の活用、海外展開（第20条） ④ 農産物、生産資材の安定的な輸入に向けた、官民連携による輸入相手国の多様化、輸入相手国への投資の促進（第21条） ⑤ 輸出促進に向けた、輸出産地の育成、輸出品目団体の取組の促進、輸出相手国における販路拡大支援、知的財産の保護（第22条） ⑥ 持続的な供給に資する合理的な費用を考慮した価格形成に向けた、関係者による理解の増進、合理的な費用の明確化の促進（第23条） ⑦ 不測の事態が発生するおそれがある段階から、食料安全保障の確保に向けた措置の実施（第24条）等
<b>環境と調和のとれた食料システムの確立（第3条）</b> ・環境負荷低減を通じた環境と調和のとれた食料システムの確立 ・多面的機能の発揮	<b>農業施策</b> ① 担い手の育成・確保を引き続き回りつつ、農地の確保に向けて、担い手とともに地域の農業生産活動を行う、担い手以外の多様な農業業者も位置付け（第26条） ② 家族経営に加えて、農業法人の経営基盤の強化に向けた、経営者の経営管理能力向上、労働環境の整備、自己資本の充実（第27条） ③ 農地集積に加えて、農地の集約化・農地の適切かつ効率的な利用（第28条） ④ 防災・減災、スマート農業、水田の地力も視野に入れた農業生産基盤の整備、老朽化への対応に向けた保全（第29条） ⑤ スマート農業技術等を活用した生産・加工・流通の方式の導入促進や新品種の開発などによる「生産性の向上」（第30条）、 ⑥ 6次産業化、商品質の品種の導入、知的財産の保護・活用などによる「付加価値の向上」（第31条）、 ⑦ 環境負荷低減に資する生産方式の導入などによる「環境負荷低減」を位置付け（第32条） ⑧ 人口減少下において経営体を支えるサービス事業者の活動の促進（第37条） ⑨ 国・独立行政法人・都道府県等、大学、民間による産学官の連携強化、民間による研究開発等（第38条） ⑩ 家畜伝染病・病害虫の発生予防・まん延防止の対応（第41条） ⑪ 生産資材の安定確保に向けた良質な国内資源の有効活用、輸入の確保や、生産資材の価格高騰に対する農業経営への影響緩和の対応（第42条）等
<b>農業の持続的な発展（第5条）</b> ・望ましい農業構造の確立 ・将来の農業生産の目指す方向性として、生産性向上 ・付加価値向上 ・環境負荷低減	<b>農村施策</b> ① 農地等の保全に資する共同活動の促進（多面的機能支払）（第44条） ② 農村との関わりを持つ者（農村関係人口）の増加に資する、地域資源を活用した事業活動の促進（第45条） ③ 中山間地域の振興に資する農村RMOの活動促進（第47条） ④ 農福連携（第46条）、鳥獣害対策（第48条） ⑤ 農泊の推進や二地域居住の環境整備（第49条）等
<b>農村の振興（第6条）</b> ・地域社会の維持 ・生産条件の整備、生活環境の整備	

図6-1. 基本法改正後の基本理念と基本的施策（出典：農林水産省「基本法検証部会（令和6年3月11日）配布資料より）

## 6-2 総括座談

第8回農業の持続的生産とスマート農業研究会では、4年間の研究会活動を振り返り、中部圏農業の未来について提言を行う座談会を開催し、各委員に意見を求めた。その発言録をいかにまとめた。

### 参加者

座長 生源寺眞一氏 (公財)日本農業研究所

委員 松田裕子氏 三重大学大学院

委員 竹下広宣氏 名古屋大学大学院

委員 石井勇人氏 (株)共同通信アグリラボ

委員 加藤百合子氏 (株)エムスクエア・ラボ

事務局 鈴木剛 (公財)中部社研

(以下、敬称略)

### ① スマート農業技術への期待と今後の活用領域

#### 【鈴木】

基本法改正の議論が進められている中で、「食料安全保障」に対する関心が高まっている。基本法見直しの4つの方向性の中で、スマート農業は生産性向上を目指すまさに新技術の一つとして位置づけられているがスマート農業ができること、期待されることはもっと広いのではないかと。

#### 【加藤】

まさに今、我々がチャレンジしているところでもあるが、農林漁業の生産者を訪ねると、皆さん「IT、ロボットを作ってくれるのはいい、若い人たちが田舎に来てくれるだけでも、活性化してウェルカムだ」と言ってくれるが、経営には全く役に立たないというのが大半の意見だ。

我々は農業をやりながらITもやっているのだから、やれることとやれないことの整理が大体ついてきていると思う。「売れる」ということが最も大事で、つまり消費者に商品の価値が伝わっているか否か、自分たちの地域の価値が伝わるか否かが、最も大事だと思う。

儲かっている農家は、やはり営業が上手。商品がすごく差別化できているわけではなくても、安定した品質、安定した量というのが最大の付加価値になる。

すごくおいしいものを作る人たちもいるが、それが

売れるとは限らない。やはり営業が大事。スマート農業が欠けている領域があるとすれば営業に関するところで、営業も技術者と同じく人に紐づいているので、どこまでスマート化できるかわからないが、PRを行う部分や、Chat GPTなどを活用して、消費者といかに上手に繋がるかというあたりは、もっとスマート化できるのではないかと。

#### 【竹下】

スマート農業が安全保障と相対する方向に進んでいる気がする。日本の食糧安全保障を考えると、そこにどんな貢献ができるのかは不明である。仮に、スマート農業が安定品質、安定供給というものを追求して行く技術だと考えると、基本法見直しの4つの方向性が、単に言葉の羅列になっているだけで、これらとスマート農業がうまくつながる展望が見えないのは、制度、政策に経済という側面が捨象されている点があるのではないかと。

また、今、国が進める、技術に頼った方向性については、普及のハードルがあまりに高く、今後まだ時間がかかると考える

これまでの研究会では、スマート農業技術の普及を前提とする、女性活躍やSDGsに関する議論が不十分だったとの反省もあったが、これに加えて、農協組織についての議論ももっとすべきだったように思う。

匠の技の伝承ということもスマート農業の活用が期待されているところではあるが、決して簡単ではない。先駆者というものは座っていて勝手に育っていくものではなく、集団には先駆者となるリーダーがいて、それに追従する人がいて、どちらでもなく、その様子を見ている人がいて、という構成の中で成功体験がたくさん増えてくると、見ている人が追従する人へとシフトし、追従する人がリーダーに追いつきという具合に技術が普及していく。その中でまたリーダーが育っていく。このような形で匠の技の伝承を国主導で作れるのかというと、そう簡単にいくものではないと思う。

#### 【生源寺】

基本法見直しの過程で、「食料安全保障」の概念をものすごく広くした。これまでは不測時の食料安全保障ということを基本にしていたが、それを国際的に使われているフードセキュリティに重ねることになった。



フードセキュリティ問題の多くは、日々の食に事欠く途上国の人々のような状況なのだが、この分野をカバーするかたちに「食料安全保障」の定義を広げた。不測時の危機管理とともに、日本でも購買力の不足によって十分な食事がとれない人、立地によって食品へのアクセスが困難な人が増加しているが、これらを全て一括りにしている。そこをきちんと分ける必要がある。食料への日頃のアクセスについても、ラストワンマイルと購買力の不足は少し違う話で、どのような対策を講じるかはそれぞれ異なるはずだ。

それらが「食料安全保障」でひとくくりになされているため、議論がしにくい状態になっている。

食料の問題にもスマート農業が役立つところとそうでないところがある。たとえば、購買力の問題は、スマート農業で生産性を上げて、価格を下げれば解決する問題ではない。課題をデータ化して、見える化して、整理する必要がある。

## ② 基層で活躍するスマート農業とは

【鈴木】

スマート農業実証事業によって、ビジネスの領域で活用されるスマート農業技術の効果が定量化され、理解・普及が進んでいる。一方、農村インフラの維持・管理・強化に資するスマート技術についても活用は始まっている。しかし、インフラの部分は収益には直結せず、その負担は小さくない。

【生源寺】

日本の農業は二階建てというのは、私がよく話していることだが、典型として水田農業では農業用水路、あるいは排水路という共有のインフラを使うことを指すが、畑作や果樹でも、例えば共同選果場で選果して出荷する場合も、共有の資源を共有しているという意味で、二階建ての基層部分がある程度存在すると思う。

ほ場整備は非常に長期の取り組み。農地に係る投資は30年、50年にわたって使われることも。用水関係の施設などはかなり老朽化していて、更新時期を迎える施設がどんどん増えている状況であり、このあたりにもなかなか厳しい状況があると感じている。

【石井】

鳥獣害監視システムはいい、被害金額の大きさもあるが、それ以上に精神的ダメージが大きくて、対策だって一人ではできない。あと、浜松の山ちゃんファームで聞いた話だが、食害の真犯人、イノシシかと思って対策していたら、監視カメラに写っていたのはウサギだったという、そういうところは本当に技術が使えるところ。そういうのは面白い。鳥獣害対策は家畜の防疫とも密接に関わるところだ。

【生源寺】

国が財源を投入することは、納税者が費用を負担することになるので、国民みんなが納得する効果があること、それが短期的な効果でなくても、自分たちに返ってくるということを説明する必要がある。その仕組みについてきちんと説明することも大事だと思う。以前は説明するのが当たり前だったように思うが、最近あまり聞かなくなった。どうして農業にこんなにお金が必要なのだという意見が出てきてしまうのは、この辺りを丁寧に説明する必要があるということではないだろうか。

## ③ コストと効果

【鈴木】

農林水産省では、スマート農業実証事業を令和5年度末でいったん区切り、成果をまとめている。コストと効果、単に儲かるかだけでなく、投資のリスクも農家の負担になっている。

【加藤】

対象を分けて考える必要がある。ITやロボットの導入先として考えているのは売上げ3,000万円以上の農家を対象と考えている。

若い経営者が、雇用をしようか迷っている経営体。成長のために投資をしていく、経営を続けていく高いモチベーションがあるか。それが普及に向けてのポイントだと思っている。

単に人手が不足だからではなく、自分たちの農場経営を拡大するために、人を増やさず大きくしよう、人を増やさず品質を上げようと考えたとき、ロボットやITを活用しようとなるのでは。

その時、ファーストペンギンの農家を使い始めるに足る機能を持っていて、きちんと効果を出せる技術になっているかというのが本当に大事なところではないかと思う。

農家の間では、トラクタの話題よりも、どんな経営管理ツールを使って経営管理するかといった話題の方が多くなっていると聞く。特に若い農家は経営管理ツールに満足してないようだ。どのツールも帯に短し褌に長して、まだまだ開発、改善の余地があると思っている

#### 【松田】

全く同感。最近、三重県内の農村で農家の方と話をする機会があるが、今使っている農業機械が壊れたら更新せず、農業をやめる。正直に言えばむしろ壊れるのを待っている、という実態も聞かれる。高齢で経営存続の見込みがなく、後継者もない、将来性や発展の見通しが立たない経営が増えている。

スマート農業の推進は、費用対効果の観点から、導入する意欲やスキル、体力がある経営に焦点を当てて進めるべきだと感じている。

同様に、農業用水の問題も深刻だ。規模拡大に伴い、担い手の負担が大きくなってしまっているのでは本末転倒で、離農した人にも負担を求めざるを得ない。

また、水門の開閉など、人手で行っている部分も多く残っている。スマート技術で解決できる問題と、農業・農村の仕組み自体を変えなければ解決できない問題の両方が存在している。

スマート技術はツールに過ぎず、時代に即して他の要素も変革していくことが不可欠だと感じている。

#### 【生源寺】

この研究会を通じて、スマート農業には、いろいろな技術があることを感じてきた。経営のタイプにもよるが、単品だけでなく、いくつか組み合わせて使うことで効果が得られるものもあると思う。現時点で利用可能なスマート技術だけでなく、開発中のスマート技術もあるわけで、それも含め全体像を俯瞰して考えることも必要ではないか。今あるものと組み合わせることで、5年後、10年後にこういうものができているはずだということもあるだろう。経営像に合わせて、それを支えるスマート技術がこれとこれ、といった具合に

経営と技術要素がイメージできるといい。

今はスマート技術単品の紹介ということが多いが、おそらく農業経営の側からすると、それでは充足されない、そういう印象を持った。

#### 【鈴木】

酪農の場合は、ある程度経営全体をカバーするようなスマート技術が出揃ってきた印象を持つが、いかがか。

#### 【生源寺】

オランダなどで、先進的な取り組みが行われ、それをモデルとして取り込むことができたという有利性があったからだ。一方、稲作については、海外に先進事例は乏しく、日本国内で構築するしかないという事情がある。分野によって少し異なる面はある。

#### 【竹下】

技術の普及に向けて必要なこと、そのコストに見合うということでは規模拡大とセットになる。規模拡大せずに技術導入するなら、導入によって生まれる余剰の労働力でいかに他で収益を増やすかということになる。結局は経営感覚を持ち、きちんと数字を見ることができるといのが非常に重要になる。経営管理ツールも幾多あるが、日本の場合はそこがまだ十分でなく、これは現場からも指摘されているところかと思う。

#### 【鈴木】

コストを規模拡大で吸収するという方向と、小規模のところはシェアリング等でコストを縮小してするという、2つの方向性があるということか。スマート農業は、機械がスマートになるだけでなく、それを使う人間の側がスマートになることも必要ではないか。

よく「スマート農業は儲かるか」と尋ねられるが、使う側が、儲かる・儲からないをメーカー任せにしている現状がある。いくつかの先進事例にみられるような、スマート農業技術を使って、スマート農業経営を行う、「超スマート農業」を実現する必要があるように思う。

#### ④ 研究会を通じて感じたこと、所管など

#### 【竹下】

この4年間で、スマート農業の技術はすごく発展しているし、そのスピードがどんどん上がっていきと感じている。普及にはまだいろんな課題があるが、スマー

ト農業は必ず普及する、必要なものが残っていくと、それは間違いない。なぜなら、今、農業をやりたい人がこんなにも増えている、30年前と比較すると全く違う状況になっている。その中で残っていく人たちはどんな人かという、結局は自ら考える人たちであり、新しいことにチャレンジする人たちであろう。

この先農業をする人達はこういったニュータイプの人たちで占められるだろう。その人たちが農業経営技術の取捨選択をして新しい農業を作っていくっていくということが期待できると思う。

#### 【石井】

いろいろ取材して一番印象に残ったのが山ちゃんファーム。お金ではなく、「かっこいい」と言って子供たちが寄って来てくれた、やっぱりかっこよくないとダメなんだ、子供が見せて見せてと言って寄ってきて、それがうれしかったと言っていたのがすごく印象的で、やはり、新しい技術を導入していくときには、そういうのが大事だと思った。

#### 【加藤】

研究会に参加した期間は、コロナ禍もあり、ここ数年で農業も農村も大きく変わった、というより農村自体、変わらざるを得ない状況に追い込まれているのが現状かと思う。その中で、いろいろなスマートなツールを使い、農家自身はその活用方法を見出して、自分たちで何とかしていこうという動きも出て来た。これまでの農家とはたいぶ違う、未来志向の農業者が出てきて、本当にスマートな人たちがこれからの農村を牽引していくのだなという気配を感じている。

すべての問題、人手不足、環境問題、エネルギー問題、それら全て抱えて農業経営に取り組むので、スマートでないとやっていけない、そういう意味でこの新しいメンバーがこの国自体を牽引するのではないかというほど、大きな期待をしている。私自身も一生懸命頑張っていきたいと思っているところ。

#### 【松田】

先日、東海エリアの高校生を対象としたSDGsのアイデアコンテストで、ファイナルに進んだ12チームの高校生と触れ合う機会があった。ファイナリストの多くは、環境に配慮した取り組みや循環型農業、蓮根炭を使った水田の土壌改善など、実際に農作業や

実験、地域での活動に取り組む農業高校の生徒だった。彼らの姿を見ながら、次世代の農業の担い手像を思い描いてみた。

次世代の農業の担い手は完全なデジタル世代であり、同時に、SDGs世代でもある。教科書にSDGsが載り、学校で学び、持続可能性や環境に対する意識も昭和世代とは異なる次元で高まっている。

また、数年前から、高校で「情報」の授業が必修となり、大学でも文系理系を問わずデータサイエンスが学べるようになってきている。

次世代農業の担い手は、こうした環境で育ちつつあり、あと数年もすると、最低限の情報技術を習得したデジタル・情報人材として社会に出てくる。つまり、新社会人のほぼ全員が、スマート技術やデータサイエンスを使いこなせる可能性がある、というのが近い将来への期待だ。

現状、スマート技術の普及が思うように進展しない阻害要因もあるが、デジタルに不慣れな高齢農家にスマート技術を普及させようとするのと、これからの若い世代の適応力は全く異なる状況になるだろう。

一方で、今の高校生や大学生は、お金や時間に対する感覚についても、我々とはかなり異なる。彼らが求めるものはコスパやタイムパフォーマンスの向上だからだ。

以上のような時代の変化に伴い、これからのものづくりに求められる要素も大きく変わっていくだろう。コスパ重視の流れの中で、企業も利益を出す方法を模索する時代に突入しているのではないだろうか。

#### 【生源寺】

東京大学、名古屋大学、福島大学で学生と接する機会があった。学生がいろいろなところに就職していく中で、都会ではコンサルなどに就職する学生が多くなっているが、福島大学では食品産業を志向する学生も多かった。食品産業も都会と地方とでは趣が異なっている。地方ではものづくり的な色彩が濃く、個性を發揮したいという若者もいる点で雇用機会としても重要だろうと感じる。食品産業はすぐ川上に農業、水産業があり、あわせて食の産業として1つのカテゴリーになると思う。この研究会は中部圏の9県が対象で、ものづくりの産業がしっかり根付いている地域



の1つであり、農業だけでなく食品産業に対しても高い関心がある地域だと感じた。

このような農業の研究会を開催すると、通常は農業者や農学系の研究機関の専門家が講演しておしまいとなりがちだが、中部圏社会経済研究所の研究会は、NEDO や前川製作所、アイシンといった、農業とは違う分野の研究機関、企業が参加し、話をうかがえる機会があったわけで、この地域では当たり前かもしれないが、農業の研究会として意味のあることだと思う。

これから研究会の活動を報告書にまとめて、成果として地域にお返し、次のステップへの土台としてつなげていくわけだが、その内容には日本におけるこの地域の持ち味が含まれていると思う。場合によってはアジアの国に対して何らかの発信をすることにも意味があるのではないか。これからは東南アジアからOECD に加盟する国が出てくる可能性もあると思う。少し褒めすぎかもしれないが、この地域に限らず、アジアをはじめ国外にも情報発信していく価値のある研究会であったと思う。

(おわり)

### 6-3 まとめ

第1章では、日本海側から太平洋側まで、平野部から山間部まで、多様な農業地域を有する中部圏の農業の概要について解説し、スマート農業に取り組む斉射ん社の取り組みを紹介した。また各自治体のスマート農業導入に関する支援について解説し、全国で最も早くスマート農業推進計画を策定した岐阜県、全国に先駆け全県単位でRTK 基地局を整備した福井県、農業大学校を母体として、全国で初めて農林環境専門職大学を開講した静岡県など、未来志向で農業者を支援する行政の取り組みも紹介した。

第2章では、フードチェーンにおいて、生産者に安全な農産物を安定的に届けるために、ICT や分光分析といったスマート技術が活用されている様子を紹介した。また、流通・消費の過程で生じる食品ロスの低減に寄与するスマート技術についても紹介した。

第3章では、中部圏の生産現場でも活用が進む、ドローンやロボットなどのスマート農機や、環境制御システムなどのICT 技術について紹介した。また、中山間地域などでも効果を発揮する、新たなスマート農業技術への期待と、ベンチャー・スタートアップの活躍についても触れた。

第4章では、担い手の減少や高齢化等によって、農村コミュニティの共同活動が立ち行かなくなってきている一面があり、スマート技術で一部の機能を補いつつ、多様な担い手による農業生産への関与や、中長期を見据えたインフラの整備など、食料生産基盤を地域全体で支える仕組みづくりに向けた議論の必要性について提案した。

第5章では、農業分野でも、気候変動対策やSDGs への貢献が求められており、スマート農業技術に求められる役割が拡大してきている現状について解説した。有機農業で活用が進むスマート技術や、環境負荷低減への貢献が期待されるスタートアップの活躍、センシングとAI による最適化診断、精密農業を実現するロボティクス技術等の進展など、各関係先の活躍を紹介した。

本章では、1章から5章を総括して、今後のスマート農業への期待、変わりゆく農村における新たな役割について総括する座談会を開催し、これからの中部圏農業の姿について提言を行った。

多様な自然環境・社会環境を背景として、多様な農業を育ててきた中部圏だが、農業を取り巻く環境が劇的に変化し、農村にも新たな潮流が生まれている。このような環境変化へ適応と、消費に基づいた食料生産の両立が求められている中で、共助の文化とテクノロジーの融合によって、持続可能な食料生産の基盤を再構築していくことが重要である。

## 編集後記

2020年5月から4年間にわたり「中部圏のスマート農業に関する調査研究」を実施してきた。この間、新型コロナウイルス感染症の拡大、ロシアによるウクライナ侵攻、歴史的円安と、世の中が劇的に変化する事件が立て続けに起きた。農業分野では、みどり戦略の策定、食料・農業・農村基本法の改正と、日本の農政の大きな転換点を迎えた時期でもある。地域に目を向ければ、明治用水頭首工の漏水事故があり、能登半島沖地震などの自然災害による農業者への影響と、振り返れば、激動の4年間であったと思う。

農業経済学の第一人者である、福島大学食農学類長(当時)の生源寺眞一先生を座長に迎えて研究会を立ち上げ、4年間にわたり、懇切丁寧にご指導を賜ったことは、中部社研にとっても、事業を担当した小生にとっても最大の幸運であったと思う。果たして、研究会活動、および本報告書がそのご厚恩に見合ったものであったか、皆様からのご叱責をいただきたいところである。

研究会を推進していく中で、小生の理解不足から周りを困惑させる場面が多々あったが、三重大学の松田先生には、助言と丁寧な解説を頂戴し、運営をサポートいただいた。名古屋大学の竹下先生には、同じ名古屋市にあるという近しさから、些細なことから相談に乗っていただき、厚かましくも最も頼りにさせていただいた。(株)エムスクエア・ラボの加藤社長は、スマート農業のビジネスを実践されており、研究会だけでなく実践の場や外部の講演等で、様々な気づきを与えていただいた。共同通信の石井氏には、研究会活動に加えて、スマート農業の実践者への取材にもご同行いただき、そのレポートを機関誌へ寄稿いただいた。また、報告書等をまとめる際には全般的なご指導もいただいた。

生源寺先生はじめ、委員の皆さまに心より感謝申し上げます。

「中部圏のスマートい農業に関する調査研究」を始めた当初は緊急事態宣言の真ただ中であつたため、オンラインコミュニケーションツールを活用して、研究会

やシンポジウムの開催、インタビュー等を行った。はじめに、愛知県立大学情報科学部教授の小栗宏次先生から、オンラインイベントの催行についてご指導いただいたことは僥倖であり、感謝申し上げたい。

よく、「スマート農業は儲かるか」と尋ねられる。スマート農業は道具や手段であつて目的ではない。道具を上手に使って儲けるのであつて、儲けている人も、儲けていない人もたくさんいる。そんな、上手にスマート技術を使っているたくさんの生産者、研究者、事業者の皆さんとお会いし、意見交換をすることができた。

中でも、農業を取り巻く環境が厳しさを増すこの現状を好機ととらえ、ベンチャービジネスに取り組む若い経営者の方々にはたくさんの気づきと刺激を頂いた。

大学、専門学校、高校と、ビジネスだけではなく学究や教育の場にも赴き、教員や学生、生徒の皆さんからたくさんの質問やご意見を頂戴した。それらの全てを本書に反映できなかったのは心残りだが、小生の能力不足のためと、ご容赦願いたい。

本事業を運営する中で、レポートやシンポジウムのテーマに対して、「これはスマート農業ですか？」というご指摘をいただく場面がたびたびあった。世間の「スマート農業」のイメージとは異質な点があったという自覚もある。スマート農業の実装、普及の行き着く先にあるものとは、「豊かで持続可能な食料生産を実現する社会」ではないだろうか。

農業の担い手が減少する中で、農作業の全てが自動化されて、無人で食料生産が行われるような生産現場と、生産者と消費者が、バーチャルとリアルの両面につながり、地域の風土に根差した多面的機能を有する「賑やかな農村」とが、バランスよく併存し、食料の安定的な確保を実現する未来があるのではないかと。

最後に、「中部圏のスマート農業に関する調査研究」にご協力いただいた全ての皆様に、心から深謝申し上げます。

公益財団法人中部圏社会経済研究所 鈴木 剛

## 研究会開催記録

	タイトル	講師	季報
第1回	スマート農業の現状と課題 ～経営視点で考える農業イノベーション～	九州大学大学院農学研究院 教授 南石 晃明 氏	Vol.213 19-33 頁
第2回	マルチオミクス解析による農業生態系のデジタル化 土壌有機態窒素の作物生育の影響 微生物資材とビジネス	理化学研究所バイオリス研究センター チムリダ-市橋 泰範 氏 福島大学農学群食農学類 准教授 二瓶 直登 氏 株式会社前川総合研究所 代表取締役社長 篠崎 聡 氏	Vol.216 56-67 頁
第3回	「欧州 Farm to Fork」について 「みどりの食料システム戦略」の概要	株式会社農林中金総合研究所 研究部長 平澤 明彦 氏 農林水産省農林水産技術会議事務局 研究調整課長 岩間 浩 氏	Vol.217 11-28 頁
第4回	講演「栃木県のスマート畜産の現状と担い手育成に向けた課題」	栃木県畜産酪農研究センター 所長 脇阪 浩 氏	Vol.220 32-47 頁
第5回	「新興国(インド)農村地域での小型バイオガス発電システムによるスマートVillage化」 「みどりの食料システム戦略実現のためのメタン発酵、消化液の液肥利用技術の役割・可能性」	株式会社アイシン イノベーションセンター 主査 久城 款 氏 農研機構農村工学研究所 上級研究員 中村 真人 氏	Vol.220 48-67 頁
第6回	「地域の風土を活かした持続可能な循環型農村経済圏」	山形大学株式農学部やまがたフィールド科学センター 教授 浦川 修司 氏	Vol.224 69-93 頁
第7回	「生物多様性の動向： 有機農業と世界の動向の現場から」 「有機農業とスマート農業： —有機米圃場普及の視点から—」	東京大学大学院農学生命科学研究科 森林科学専攻 教授 香坂 玲 氏 農林水産省農林水産政策研究所 政策研究調整官 田中 淳志 氏	Vol.226 52-82 頁



## シンポジウム開催記録

	タイトル	講師	季報
2020 年度	<p>【基調講演】</p> <p>コミュニティーベース精密農業の課題と展望</p> <p>【パネリストスピーチ】</p> <p>5G・ローカル5G等を活用した地域課題の解決 ～総務省のICT施策～</p> <p>岐阜県のスマート農業の推進について</p> <p>棚田地域における安定的な営農継続のための 先端機械・機器低コスト共同利用モデルの実証</p> <p>中山間地域の夏ほうれんそうにおける産地全体で取 り組むシェアリング・新たな通信サービスモデルの実証</p>	<p>東京農工大学名誉教授 澁澤 栄 氏</p> <p>総務省東海総合通信局情報通信振興課 課長 青山 智明 氏</p> <p>岐阜県農政部農政課スマート農業推進室 室長 加留 祥行 氏</p> <p>(有)すがたらいず 代表取締役 中島 悠 氏</p> <p>飛騨蔬菜出荷組合 ほうれんそう部会若菜会会長 南 祐太郎 氏</p>	Vol.214 2-30 頁
2021 年度	<p>【基調講演】</p> <p>蛍光分光法を活用した持続可能な食料供給を 支えるスマート技術</p> <p>【パネリストスピーチ】</p> <p>リモートセンシングから始まったつじ農園の米作 り・仲間作り</p> <p>生産と流通をつなぐ AI を搭載した最新鋭の選 果設備</p> <p>信州プレミアム牛肉による長野県産牛肉の ブランディング戦略</p>	<p>京都大学大学院農学研究科 教授 近藤 直 氏</p> <p>株式会社つじ農園 代表取締役 辻 武史 氏</p> <p>シブヤ精機株式会社 製品企画本部副本部長 兼開発部 部長 二宮 和則 氏</p> <p>長野県畜産試験場 場長 神田 章 氏</p>	Vol.218 46-73 頁
2022 年度	<p>【基調講演】</p> <p>農林水産分野におけるゼロエミッション実現に 向けた取り組み</p> <p>【パネリストスピーチ】</p> <p>半閉鎖型温室の環境制御への産業由来 CO2 の活用</p> <p>農研機構のスマート農業技術開発</p> <p>電動農機開発の意義</p> <p>「おいしい」と「サステナビリティ」を両立する土壌微 生物培養技術を活用した次世代農業プロジェクト</p>	<p>NEDO 技術戦略研究センター 新領域・融合 ユニット(農水) ユニット長 櫻谷 満一 氏</p> <p>豊橋技術科学大学大学院 機械工学 計測シ ステム 教授 高山 弘太郎 氏</p> <p>農研機構農業機械研究部門無人化農作業領域小型電動 ロボット技術グループ グループ長補佐 吉永 慶太 氏</p> <p>株式会社 TOWING 代表取締役 CEO 西田 宏平 氏</p>	Vol.222 2-34 頁
2023 年度	<p>【基調講演】</p> <p>農業の新しい潮流と農村社会の役割を考える</p>	<p>公益財団法人日本農業研究所研究員 東京大学・福島大学名誉教授 生源寺真一氏</p>	Vol.226 2-26 頁

「中部圏のスマート農業に関する調査研究」  
報告書

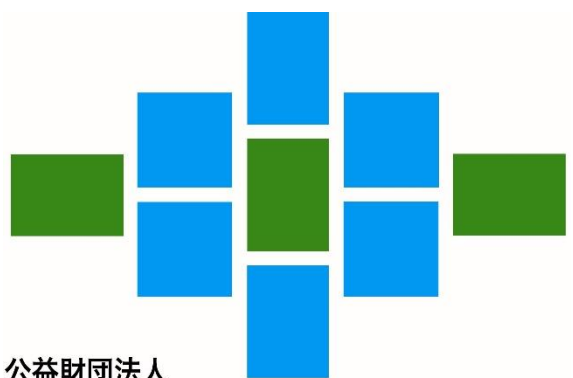
---

2024年4月

制作発行 公益財団法人 中部圏社会経済研究所  
(担当：鈴木 剛)  
〒460-0008 名古屋市中区栄四丁目14番2号 久屋パークビル3階  
TEL：(052) 212-7-8790 FAX：(052) 212-8782  
URL：https://www.criser.jp/

---

本調査研究報告書の著作権は、当財団に帰属します。  
無断で複写・転載する事をご遠慮ください。



公益財団法人  
**中部圏社会経済研究所**  
Chubu Region Institute for Social and Economic Research

〒460-0008

名古屋市中区栄四丁目 14 番 2 号 久屋パークビル 3 階

TEL:(052)212-7-8790 FAX:(052)212-8782

URL:<https://www.criser.jp/>