

2022 年度 卒業論文

スマート農業で持続可能な農業は実現可能か
~実証プロジェクトからわかる強みと課題~

東洋大学経済学部第1部総合政策学科
松本健一ゼミ

学籍番号 1230190163
関千紗子

要旨

地球が直面している気候変動によって、様々な環境問題や被害が起こっている。特に農業は人間が生きる上で必要不可欠な食料生産の役割を担っている。農業は自然環境の下で成り立っているため、気候変動の影響を直接受けてしまう。我が国日本においても農業への被害が確認されている。これに加えて、日本が抱える課題の1つに労働人口の低下が挙げられる。これは日本全体の課題ではあるが、特に農業界の労働人口の低下は著しい。このような環境、社会問題から農業を守っていくために、先端技術を導入しようという取り組みからスマート農業が始まった。そこで本研究では、まず現在日本の農業が抱える課題を3つに分け、それぞれスマート農業でどのように解決できるのかについて述べる。目的別や機能別に数多くの種類があるスマート農機について使用用途別に取り上げ、それぞれの機能やそこから得られる効果について述べた。次に現在実証実験の只中であるスマート農業分野で、実験から得られた成果を分析し、その効果を明らかにする。スマート農業実証プロジェクトの2020年度に採択された55地区のうち農林水産省から成果が発表されているものを取り上げて、分析を行った。この分析からスマート農業の強みと普及させる上で課題となった点を述べた。実証プロジェクトが始まる2019年以前は、高いコストと、必要な技術の多さから日本全国の農業への導入は現実的ではなかった。しかし世界全体の課題である持続可能な世界の実現、SDGsの達成には持続可能な農業を実現することが必須の課題となっている。国は、SDGsの達成のため、持続可能な農業の実現を農業従事者だけの問題ではないと認識し法整備を進めた。持続可能な農業の達成のためには、スマート農業の導入が不可欠であることが実証実験から明らかとなっており、そこからSDGs達成のためにもスマート農業は効果的であると考えられる。また、法整備は生産者と事業者がスマート農業を取り入れる十分なきっかけとなるであろう。実証実験の成果が全ての生産者、事業者にあてはまるものではなく、今後の動向分析が課題である。

目次

第1章 序論	1
1-1 背景	1
1-2 先行研究	2
1-3 目的・意義	3
1-4 論文の構成	3
第2章 日本の農業が抱える課題	5
2-1 労働者不足	5
2-2 食料自給率	6
2-3 環境への影響	7
第3章 スマート農業とは何か	9
3-1 ロボット農機	9
3-2 ドローン	9
3-3 その他のスマート農機	9
3-4 管理システム	10
3-5 農業技術学習支援システム	11
3-6 WAGRI	11
第4章 スマート農業の強み弱み	13
4-1 実証実験から明らかになるスマート農業の強み弱み	13
4-2 スマート農業の強み	14
4-3 労働者不足の解決	14
4-4 食料自給率の改善	16
4-5 環境問題の改善	17
4-6 スマート農業の弱み	17
第5章 スマート農業で持続可能な農業を実現するために	19
5-1 SDGs と農業の関係性	19
5-2 持続可能な農業実現のための国の取り組み	19
第6章 結論・課題	21
6-1 本論文のまとめ	21
6-2 結論	21
6-3 課題	21
参考文献	23

図表目次

図 1 職業別の就業人口の推移.....	5
図 2 我が国と諸外国の食料自給率.....	6

第1章 序論

1-1 背景

現在地球が直面している大きな課題の中の1つに気候変動がある。2021年の世界の平均気温は、基準値となる1991～2020年の年平均気温の平均値から+0.22℃を記録した(気象庁, 2022)。世界の年平均気温は変動を繰り返しながらも上昇しており、100年あたりで0.73℃の上昇が確認された(気象庁, 2022)。特に、1990年代半ば以降から高温となる年が多くみられるようになった(気象庁, 2022)。この気温上昇の影響を強く受けているものが農業である。農業とは自然の下で成り立っている産業であり、自然がなければ存続不可能である。そして農業とは人間に必要不可欠な食事を生産するための活動でもある。しかし地球温暖化という問題が地球全体、国単位での課題となっている。このまま人間が自然を破壊する行動をとり続けると食料の生産はおろか、気温上昇や海面の上昇等によって、100年後に今と同じ地球に住むことができなくなっている可能性が高いと研究者たちが警鐘を鳴らしている。地球の崩壊を食い止めるためには、農業界でもいち早く環境への負荷を軽減する行動をとる必要がある。日本の農業においても気温上昇による被害が確認されており、高温に弱い米が白く濁ってしまう例や、高温・多雨によって温州みかんの果皮と果実が分離するなどの品質の低下がみられた(農林水産省, 2021a)。品質の低下は販売価格の大きな低下へ繋がるため、このような被害が増加することになれば、生産者個人へのダメージのみならず農業界へのダメージは計り知れない。

さらに、2019年に日本は総人口に占める高齢者の割合が28.4%となり、超高齢社会に分類されている(内閣府, 2019)。加えて、生まれてくる子供の数が少ないため少子化社会でもあり、日本の労働人口は低下している。どの業界でも労働者の減少は確認されているがとくに農業の労働人口の低下は著しい(総務省統計局, 2022)。

労働力不足を始めとして様々な問題に直面している我が国の農業生産の現場では、ロボット等の先端技術を活用した「スマート農業」の社会実装の加速化がますます重要になっている。このため、農林水産省の予算の下、農業・食品産業技術総合研究機構が主体となって、2019年度から「スマート農業実証プロジェクト」を実施している。同プロジェクトにおいて、実証実験を通して農作業の自動化や情報共有の簡易化、データの活用等についての導入コストと経営改善効果の分析を行い、その成果について情報の発信をすることとした(農林水産技術会議, 2022a)。

本稿では、「持続可能な農業」を以下のように定義する。安定した作物の収量を供給し続けることが可能であり、国内の食料を賄えるような農業の体制を確立している。また国産の作物の品質を向上させ、世界で評価される作物を輸出する。さらに働き方を選べるようにし、農業を魅力的な職業にすることで農業従事者を安定的に確保する。そして地球へ悪影響を与えず、自然環境とそこから得られる資源を永久に使い続けられるような生産活動をして

いく(農林水産省, 2022a)。

1-2 先行研究

日本において、スマート農業の本格的な実証実験は2019年度から始まったため、歴史は浅いもののさまざまな観点から研究がなされている。天野(2014)は日本の農業をめぐる状況を概観し、スマート農業の意義と課題を明らかにしている。2013年に閣議決定した政府の成長戦略である「日本再興戦略」において、10年後の農業が目指すべき姿として、農地面積の利用を全農地の8割へ拡大、担い手の米の生産コストを4割に軽減すること等を掲げた。天野はこれによって農業生産活動において、作業の効率化・低コスト化、作業の標準化、有効な最新技術の導入等の一層の推進が求められているとした。天野はスマート農業の位置付けを、このような農業をめぐる状況を、従来からの農業技術と連携させ生産の効率化、農産物の高付加価値化を目指すものであるとした。スマート農業推進における課題について、コスト、システムや機械の導入・保守等による農業者への負担、IT利活用のサポート体制の強化、セキュリティ、ロボットの安全性確保、データの標準化の6つを挙げている。

鷲津他(2020)ではプロビット分析によって、スマート農業の普及に影響する要因を特定し、これによって起こる社会的効果を示している。その結果、情報通信技術の活用によってシステムやハードウェアに対する農家の専門知識を必要としなくなるということが示された。これに加え、情報通信技術を活用した農業機械購入時にメンテナンス対応、メーカーを重視することから都市と農山漁村が相互補完によって相乗効果を生み出しながら経済社会活動を行う地域循環共生圏の仕組みのさらなる進化がみられるということが示されている。

森本(2017)では、スマート田植機の導入によって農業の中の課題を解決できるということが述べられている。日本において、肥料自給率はほぼゼロに等しいため、年間の肥料代が1000万円を超える農業法人は少なくないという。また、水田は均一に見えても作土深にばらつきがあり、堆肥の散布のムラも起こる。その結果として収穫時期に稲が倒れてしまい収穫作業に支障が出る。こういった問題の解決方法として適正施肥栽培技術の重要性が提唱されており、森本(2017)は日本型精密農業を普及させるための切り口として、圃場情報の蓄積の重要性を説き「篤農技術をオペレーターへ」、「肥培管理のさじ加減を生産現場へ」というキーワードを掲げてスマート田植機の技術開発を行った。このスマート田植機では、作土深計測センサーと電極センサーから、圃場のデータを収集することができる。これまでの土壌サンプリングが圃場あたり数点であったところを、1年間で100haあたり約100万点のデータが収集できると述べている。これまでの1年に1種という頻度で行ってきた経験値の獲得を、スマート田植機の導入によって、作業中に土壌情報がマップやデータという形で可視化されるということが生産性の向上にイノベーションをもたらしたと述べている。

スマート農業の中の1つである技術のデータ化に必要な、農業の暗黙知について佐藤(2018)が取り上げている。佐藤(2018)ではM. ボランニーによって、語るができない知

識であると提唱されている「暗黙知」の観点から農業における技能を取り上げ、その構造を明らかにし、農業において無意識及び情愛が果たす役割について論じている。作物をわが子と思うほどの情愛を注ぐことによって、技能や暗黙知の獲得に至っていると、情報科学の過度な適用は作物と農業者の距離を引き離し、暗黙知の獲得から遠ざけることについて指摘している。熟練農業者の技能を学ぶためには、形式知化に偏らず暗黙知の獲得による継承と、それを支える徒弟制度、習俗、思想、文化、それらを維持する村落共同体をも視野にいたれた総合的なアプローチが必要であると示されている。

そして梶瀧(2017)では有機農業運動に注目し、その黎明期に形成された農耕・農業のあるべき姿を「自然な方法で土や動植物に働きかけ、地球上の生命を持続的に支える全体論的(holistic)パラダイムを内包した農耕・農業」(梶瀧, 2017 より引用)であると定義しており、これを「持続可能な本来農業」であると表記している。さらに、現在も続く有機農業において「持続可能な本来農業」の思想がどのように継承されているのかを示している。

このように、本来の農業のあるべき姿を示し、技術改革が本当に農業にとって良いものであるのか指摘する研究もある。一方で、スマート農業を推進することが今後の農業の発展に必要な不可欠であると示している研究も存在している。しかしこれらの研究は、スマート農業の実証実験前や成果が出る前のものである。本研究では、実証1年目の成果が発表されたことによって明らかとなったスマート農業の今後の展望を考察しスマート農業の将来に貢献する。

1-3 目的・意義

本研究の目的は、現在取り組まれているスマート農業の実証実験で明らかになった効果をさらに分析することである。そして、スマート農業により持続可能な農業を実現するためには、国はどうか対応し、それを受けて生産者と事業者はどうか行動すべきであることを示す。

本研究の意義は、持続可能な農業実現の切り札として、スマート農業導入の有効性を明らかにし、今後のスマート農業のさらなる発展と全国への普及に寄与することである。

1-4 論文の構成

本論文の構成は以下の通りである。

第2章では、人間が生活していく中で不可欠な、食料を生産している農業という分野で今どのような問題が起こっているのかを認識し、大きく分けて3つの課題を明らかにする。第3章では、ITを活用した農業、すなわちスマート農業にはどういった製品が使用されているのかを取り上げ、具体的に農業へどういった恩恵があるのかを明らかにしていく。次の第4章では、実証実験から明らかとなったスマート農業の強みとなる点、弱みとなる点を確認する。さらに、前述の3つの課題の改善に効果的であることを述べる。そして第5章では、持続可能な農業を実現するために、国はどうか取り組みを行い、それによって生産者と事

業者にどう影響するのかを明らかにしていく。第 6 章では本研究の結論、および今後の課題について述べる。

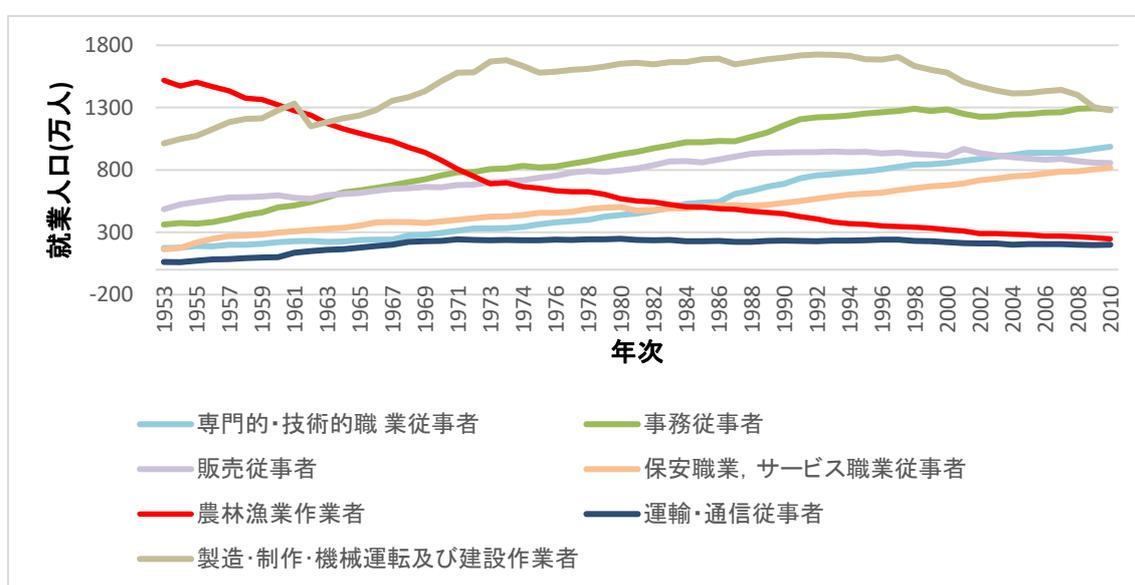
第2章 日本の農業が抱える課題

日本の農業が抱える課題について大きく3つに分け、労働者不足の問題、食料自給率の低下、環境への負荷の順に述べていく。

2-1 労働者不足

序章でも述べた通り、農業界における労働者不足はほかの業界と比較しても深刻な問題である(図1)。

図1 職業別の就業人口の推移



〔出所〕(総務省統計局, 2019 より筆者作成)

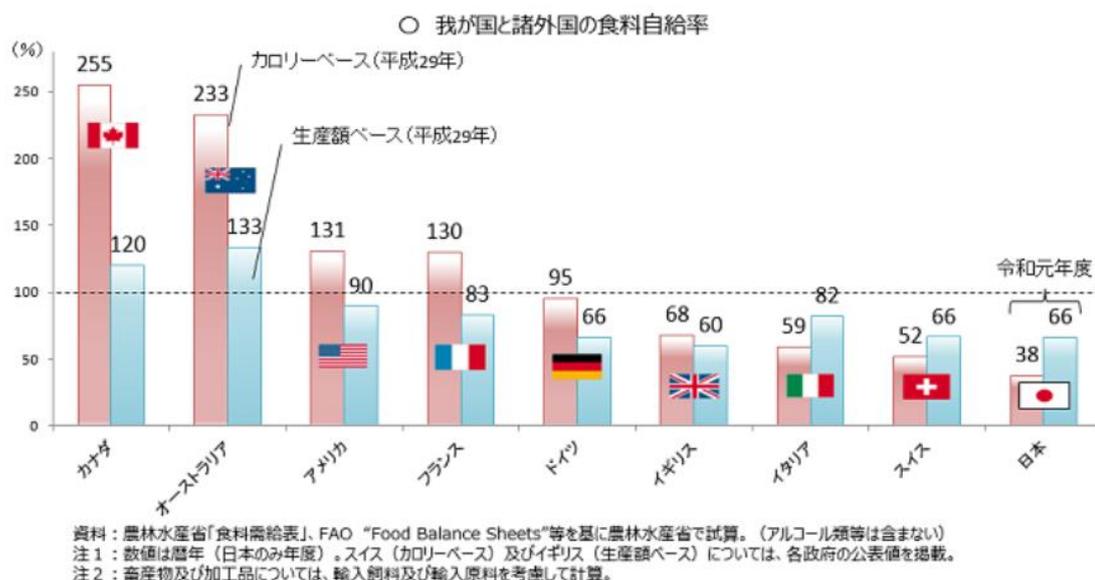
図1からわかる通り、農業従事者は1958年の1519万人が最多となりその後は減少の一途で、2021年では203万人となっている。労働者不足の主な原因として若年層人口の減少や農村部の若者の都市への流出が挙げられる。若者が農村部を離れ、都市へ移動することで地域の高齢化、過疎化が急速に進み耕作放棄地へ変わる事となった。しかし、ほかにも様々な理由がある。その1つが新規参入の難しさである。熟練生産者の技術は、無意識のうちの本人の経験の蓄積によるものであるため言葉にすることが難しい(NECソリューションイノベータ, 2022)。長年の経験を前提としている業界に入っても最初の数年は一切稼げず、その結果新規就農者が定着しない(農林水産省, 2022a)。また理由のもう1つに日本の土地の特徴も大きくかかわっている。アメリカのように広大な平地が広がる場所がほとんどないため、斜面の途中にあるような中山間地域での農業が中心となっている(農林水産省, 2022b)。そのような地域では、大きなトラクターや機械を使うことはできないため、手作業が中心になる。そして農作業中には、毎年300件前後の死亡事故が発生しており、10万人当たりの死亡

事故件数も増加傾向にある(農林水産省, 2021b)。具体的には、トラクターの転倒や作業機を取り換える際に巻き込まれる事故(農林水産省, 2014a)、刈払機使用中に転倒後、刃で足を切ってしまうケースなどがある(農林水産省, 2014b)。農作業においては大型の機械を使用する機会が多いため、1つのミスが重大な事故につながるケースが少なくない。前述のように、手作業中心で体力的に厳しく危険も伴う仕事に就きたいという若者が少ないことが農業界の労働者不足の理由となっている。経験や勘のみに頼った技術や、きつい肉体労働を改善し、きつい・汚い・危険といったイメージを払拭するため最先端技術のITを活かしたスマート農業の活用を考える必要がある。

2-2 食料自給率

2019年の日本の食料自給率はカロリーベースで38%となっており、残りの62%の食料すべてを海外からの輸入で補っている(図2)。

図2 我が国と諸外国の食料自給率



〔出所〕(農林水産省, 2022c より引用)

一方で、国土面積の広いカナダの食料自給率は255%、オーストラリア233%、アメリカ131%と食料自給率が高い。広大な農地で小麦や大豆などを生産して自国で消費したうえで海外へ輸出ができるため100%を超えている。食料自給率が低い場合起こる問題として予測されるのが、価格の高騰や輸出が止まり、食料を購入できなくなることである。輸入相手国の事情に合わせて国内の食料事情も左右されることになる。輸入相手国の生産地の気象条件が悪ければ不作となり価格が高騰する。災害などで生産ができない場合や、生産量が少ない場

合には輸出の制限もされる。さらに政治情勢の悪化や、感染症の流行にも貿易は大きく影響を受ける。2020 年ごろから始まった新型コロナウイルス感染症は世界的パンデミックを引き起こし、世界中の多くの業界に多大な損害を与えたが、農業界も例外ではなかった。また 2022 年のロシアによるウクライナへの軍事侵攻においても日本を含む世界中で大きく影響をうけ、小麦や乳製品など様々な食品が値上げとなった。輸入価格が上下する理由には食品自体の価格の変動のみならず、生産、輸送時にかかる石油コストの影響が挙げられる。遠く離れた場所であるほど食品にかかる輸送コストが大きくなる。2022 年の物価高騰では急激な円安も原因の 1 つとなっていた(NHK, 2022a)。様々な要因によって食料を安定的に供給できなくなる場合があることを想定し、少しでも高く食料自給率を維持することでリスクを回避できる可能性を上げることが望ましい。国では関係者が取り組むべき内容を定めた「基本計画」を作成し 2019 年のカロリーベース 38%の食料自給率を 2030 年目標は 45%と定めている。基本計画の具体的な内容は、「需要が減少する米から自給率が低い麦や大豆等へ生産を転換するための支援、品目毎に、将来にわたって農業が続けていけるための支援、効率的・省コストで生産するための新しい技術の導入支援、生産基盤である農地や担い手を確保していくための支援、輸出の拡大にむけ、海外で日本の農産物を PR するための支援等」(農林水産省, 2022c) が挙げられている。

2-3 環境への影響

農業生産活動とは人間の活動によって創出されたもので、その土地は人が手を加えることで管理・維持されてきた二次的自然に分類されている(農林水産省, 2004)。二次的自然は人が手を加え続けることで成立しているため、放棄されてしまうとその土地特有の動植物が生息できなくなる(農林水産省, 2004)。現在の日本では中山間地域の過疎化、高齢化によって土地の放棄が増加したため、メダカやタガメなどの生物が減少し、環境省のレッドデータブックで絶滅危惧 II 類に定められている(環境イノベーション情報機構, 2009a)。農地を適切に使用することで、環境を保護する活動につながっている面もある。一方で、過度な効率化を求めることで、規定を超える薬剤を使用し、自然環境への負荷がかかることが注目されている。1 つは肥料の過剰使用による水質汚濁、水の富栄養化があげられる。植物を効率よく育てるためには、窒素やリンなどの栄養を与える必要があり、そのなかでも魚粉、骨粉などの有機肥料よりも、化学肥料は即効性があるため使用効果が高い。しかし、植物が吸収し切れない量の施肥を行うと、土壌にリンや窒素が残ってしまう。これらが河川などに多量に流出することで藻類などが繁茂する、富栄養化現象が起こる。実際に起こった事例として、1977 年 5 月に琵琶湖では赤潮が大規模に発生し、水道水の異臭味障害や魚の大量死が起こった(滋賀県, 2022)。この原因は住民の生活排水や農業排水であったとされている(滋賀県, 2013)。また、井戸水に窒素が変化した硝酸性窒素が含まれており、乳児がこれを摂取すると窒息状態になるブルーベビー症候群と呼ばれる病気を発症することもあった(農業科学技

術研究所, 2005)。加えて、硝酸が化学的変化を起こすと、温室効果ガスの一種である亜酸化窒素を発生させることも確認されている(農業科学技術研究所, 2005)。また、農薬も環境を汚染する可能性がある。農地に施用した農薬は土壤に浸透して地下水へ流れ、その後河川へ流入すると、そこに生息している虫や魚は死んでしまう(農薬工業会, 2022)。多くの病害虫に対して殺虫・殺菌効果があり、手ごろに使われていた臭化メチルも、オゾン層を破壊していることが明らかとなったため一部を除き使用が制限されている(環境イノベーション情報機構, 2003)。

以上の大きく分けて 3 つの課題について IT を用いて改善できるということを明らかにする。

第3章 スマート農業とは何か

スマート農業とは、ロボット技術や情報通信技術を活用し、省力化、精密化や高品質の農産物の生産を実現することなどを推進する新しい取り組みを用いた農業である(農業・食品産業技術総合研究機構, 2022)。第2章で取り上げた日本の農業が抱える課題を、このスマート農業を活用することによって、解決することが大きく期待されている。本稿では、スマート農業における効率化のための必須のツールを大きくロボット農機、ドローン、その他のツール、管理システム、農業技術学習支援システムの5つに分類し、ここに加えて管理システムの構築やスマート農業の普及に必須となる WAGRI という取り組みを説明する。

3-1 ロボット農機

ロボット農機については自動運転機能のついたトラクターや田植え機、コンバインがあげられる。トラクターに関しては、有人走行のもの、無人走行のものどちらもすでに実用化されている。また、直進部分のみ自動のものも販売されている。自動運転の導入によって、作業負担の軽減や効率化、人員不足の解消などの効果が得られる。農機メーカーのクボタが行ったインタビューによると、農機を運転する際の直線の走行は、気を張る作業だという(クボタ, 2019)。畝立ての作業などでは、その距離が長いほど集中力が落ちて、線が曲がってしまう。圃場のすべての作物を育成、収穫するには繰り返し、方向転換、直進の作業を行う必要があるため、長時間集中する必要がある(クボタ, 2022a)。このような問題の解決のために、直進走行を自動化することで作業負担を減らすことができる。また、自動で最適なルートを適用することで人的ミスによる、耕し忘れを戻って修正する手間などもなくなる。運転中に余裕ができることで、圃場全体の状態を確認して次の作業へ速やかに移行し、効率よく終わらせることができる。さらに、長年の経験と技術の必要であった農機の運転技術を、参入したての新規就農者でも比較的簡単に使用できるというところから、人手不足の解消も図れる(農林水産省, 2022d)。

3-2 ドローン

ドローンを活用することで手動、または自動飛行での農薬散布や施肥が行える。また、ドローン搭載のカメラでリモートセンシングを行い、生産者がその場にいなくても圃場の状態を確認できる。ドローンの導入により、作業時間の短縮、中山間地域での作業負担の軽減、センシングで得たデータを活用が期待できる(農林水産省, 2022e)。例として、人が動力噴霧器を使用して散布を行った場合、1haあたり約2時間かかるところを、ドローンでは約10分で散布可能となる(山進, 2022)。

3-3 その他のスマート農機

その他のものにはアシストスーツや遠隔操作草刈り機、自動収穫機、自動選別機がある。

アシストスーツは、モーターによるアシストや人工筋肉等によって、重いものの持ち上げ・下げ時に腰や腕にかかる負荷を軽減させる製品のことで、20kg のコンテナ持ち上げ時、10~30%の力を補助可能となるため、作業時間の短縮効果や、筋肉量の少ない高齢者や女性の作業を助ける(農林水産省, 2022f)。次に自動や遠隔操作の草刈り機について述べる。急傾斜地や人が入りにくい耕作放棄地等で使用しやすいリモコン操作の草刈り機がある。危険な場所での除草作業も安全に実施可能で、作業時間を刈払機の 80%削減可能である(農林水産省, 2022g)。自動草刈り機は作業範囲を決めるエリアワイヤーを、専用の機械で埋める、もしくはペグで地表に固定することで範囲内を完全自動で除草できる(和同産業, 2022)。次に、自動収穫機はトマト専用やキャベツ専用の製品が開発されている(農林水産省, 2022h)。共通の機能として、AI を活用して収穫適期の果実を認識し、位置を特定して傷をつけずに収穫することが可能であることが挙げられる。トマト自動収穫機は 1 台につき 1 時間で 350 個収穫可能で、連続で 8 時間以上稼働できる(農林水産省, 2021c)。自動選別機にはイチゴ用の製品があり、パック詰めまで自動で行う。AI 画像処理を用いて収穫箱からイチゴを自動で取り出してサイズ別に選別しパック詰めを行う。センサーで収穫箱内のイチゴを検出し、デジタルカメラで果実の質量や方向を推定して果実の選別を行い、5.5 秒で果実 1 つを選出しパック詰めできる。完全無人化で作業可能であるため、人件費削減に加え、イチゴに最適な 0℃~5℃の低温に保った部屋で作業を行うことが可能となり、品質保持効果が期待される(農林水産省, 2022i)。

3-4 管理システム

管理システムには経営、栽培管理システム、水管理システム、生育収量予測システム、病害虫の発生予測システムなどがあり、全てに共通することは、過去のデータの蓄積からこの後起こる状況を予測し、通知もしくは自動で適切に対処を行うことである(農林水産省, 2022j)。一例として農業機械メーカーのクボタが運営する、クボタスマートアグリシステム(以下 KSAS)を紹介する。KSAS でできることは、圃場管理、作業記録、作業進捗、作付計画、食味・収量、乾燥調製システムの 6 つで構成されている。多くの圃場をもつ農家では、毎年地図を手作業で更新する必要がある。また、新人が入るたびに圃場の配置情報を共有する必要がある。さらに自分の現在地がわからない地図では、作業対象とは異なった圃場で作業を行ってしまうミスに繋がる。KSAS に登録している生産者はパソコンやスマートフォン上でいつでも圃場の地図と自身の現在地を確認できるため、作物ごとの色分けや面積の計算も可能となり圃場管理が簡単になる。生産者は作業を行った場合毎回日誌を記載するが、手書きで記入項目や名称も統一されていない場合もある。これらをパソコンやスマートフォン上で記録するようにし、過去の記録もすぐに確認できるようになる。さらに KSAS 対応機という、通信機が設置されたトラクター、コンバイン、田植機と連動して使用することもでき、品質・収量が刈り取りを行っている間に確認、記録ができるため、翌年度の施肥

量などの計画を立てやすくなる(クボタ, 2022b)。

3-5 農業技術学習支援システム

熟練生産者の技術は言葉にすることが難しく、作業の中で本人たちは当たり前のことだと考えていて気づいていない。こういったデータを集めるために、熟練生産者へ画像を提示してこういった状況で熟練生産者ならどう作業するか、といった質問を繰り返し、その回答を正解とした学習教材が作成された。学習者は同じ画像を見て考え、熟練生産者が行うであろう作業を考えて回答する。これを繰り返すことで新規就農者にも効率よく作物の育成に必要な知識が植えつけられることが期待されている(NEC ソリューションイノベータ, 2022)。

3-6 WAGRI

スマート農業に活用するために、国内外の農機メーカーを始め、IT 企業等が様々なシステムを開発している。環境データや作物情報、生産計画・管理、技術ノウハウ、各種統計等、幅広い農業データがあるにもかかわらず、システム間で形式が違うため相互利用が不可能な状態である。WAGRI とはこれら農業データの形式を統一し、最大限に活用できるようにする取り組みのことである。データ形式が統一されることでメーカーの違うスマート機器で情報の共有が可能となる。また、記録の単位や名称を統一し、データの比較が可能となることで新たなシステムの開発へとつながる。土壌、気象、市況などさまざまなデータの蓄積が可能となり、生産者と事業者に役立つ情報の提供、販売が実現する。情報を収集してから利用できるまでに手間がかかっていたが、毎年データが蓄積されていくことで農業全体の知的財産となる(農業データ連携基盤協議会, 2017)。

第4章 スマート農業の強み弱み

2019年度から始まったスマート農業の実証プロジェクトによる実証実験の成果から明らかとなった、スマート農業の強みと弱みを述べる。

4-1 実証実験から明らかになるスマート農業の強み弱み

スマート農業の強みと弱みを見ていくためにまずは実証実験の成果を4つ挙げる。以下、農林水産技術会議(2022b)を参照してまとめる。

1つ目は竹ノ原農園を中心に行った熊本県立大学の実証実験で、中山間地域における米作りでの導入検証が行われた。棚田での労働時間を35%削減することを目標とした。結果は、肥料散布と防除作業で10aあたり50分かかっていたところをドローンの使用により8分に減らすことができたため、労働時間80%削減を達成した。また、水管理システムを導入したため、圃場の水位を遠隔管理できるようになった。この実証実験で導入した水管理システムは、水位センサーと給水ゲートであった。水位センサーを設置することで圃場の現在の水位をスマートフォンから確認できるようになり、給水ゲートを設置することでスマートフォンから圃場への給水、止水の操作ができようになった(farmo, 2022)。これらを使用したところ、現場への見回りを1日2,3回から0,1回に減らすことができ、圃場間を移動してバルブを調整する際にかかっていた時間も1回に20~40分であったところを15~30分に短縮することができたため、全体で70%の労働時間を短縮した。一方で、ドローン使用前の登録作業や、ドローン操作技術の不足によって時間がとられてしまうといった状況も起こった。

2つ目は三重県のヒラキファームで、米作りにおいて作業時間35%減を目標に実証が行われた。結果は、GPSガイダンス付き水田除草機を用いたところ、手取りのみで行うと10aあたり200分かかっていた作業を140分で終えることができた。また、直進アシスト機能付きの田植え機を使用したところ、アシスト機能ありの場合田植えの条間の長さの最大値は38cm、最小値は18cmであったが、アシスト機能なしの場合は最大値39cm、最小値13cmとアシストありの方が最大値と最小値の差が小さく直進精度の高さが確認できた。そのほかにも、ドローンも使用しており、作業時間全体で10aあたり19.1時間かかっていたところを9.7時間と50%の削減を達成した。一方で、同時に導入していた水管理システムは、実証期間中に発生した通信障害が解消されなかったため検証がされなかった。

3つ目の北海道鹿追町農業協同組合を中心に行われた実証実験では、キャベツの生産において全体の労働力の50%削減を目標に行われた。導入した技術は可変施肥、自動収穫機、ドローン等であった。可変施肥は、事前に分析していた圃場内の必要な施肥量を箇所別にトラクターに登録し、自動で施肥量を調節する技術で、使用していない場所と10aあたりの収量を比較すると、未使用箇所は10.6トン、使用箇所は11.1トンと5%の収量アップが確認された。キャベツの自動収穫機においては、従来使用していた機械ではオペレーター1名、補

助作業員 6 名の合計 7 名で作業する必要があった。自動収穫機では補助作業員 3 名のみでの作業が可能であったため、労働力 57%削減を達成した。また、2020 年の実証実験では従来の人の手による収穫作業と同じスピードしか出なかったが、2021 年の実証実験では 1.2 倍程度へと向上した。一方、収穫部で作物を超えて土を掘ってしまったことが原因で、異常停止が頻繁に起こっている。また収穫機の重量バランスの悪さも改良が必要だと確認された(鹿追町スマート農業コンソーシアム, 2022)。

4 つ目の長崎県島原雲仙農協ブロッコリー一部会連絡協議会の実証実験では、ブロッコリーの生産においてスマート農機による栽培システム、防除対策システム、出荷量予測システム、自動選果システムを導入した。無人地上車両を活用し、収穫物を自動運搬したことで 10a あたりの作業時間が、以前の 1 時間 19 分 37 秒から 39 分 41 秒へと 50%の短縮が確認できた。また防除の際も無人地上車両を使用したことで、作業時間が 10a あたり 28 分から 4 分 25 秒へと 84% 短縮した。また防除システムの利用では、根こぶ病菌密度を測定し、スマートフォンで発病レベルマップを確認できるようにした。根こぶ病菌密度の低い圃場に薬剤の使用を控えた場合に費用を元の 1380 万円から 550 万円へと、60%の削減可能であることが確認された(ベジタリア, 2017)。出荷量予測システムは、本来個別に確認する必要がある天気、気温、日射量の情報や作物の過去の販売実績を自動で反映し、そこから算出された、出荷量予測モデルをスマートフォン上で確認できる機能がある(NTT データ, 2022a)。ブロッコリー自動選果システムはサイズ、品質を自動で選別可能であるため、1 日の処理株が 7 万株から 7 万 3930 株へ 6%の向上が確認された。

4-2 スマート農業の強み

以上の 4 つの実証実験では明らかな作業効率の向上が確認された。これをうけてスマート農業を導入する強みをまとめると、大幅な労働時間の短縮、労働人数の削減、生産物の品質・収量の向上、技術習得期間の短縮が期待できるという点が挙げられる。また、4-1 では具体的な数値は示していないが、作物の収量向上による所得の向上も強みの 1 つであるといえる。2 つ目の実証実験で挙げた直進アシスト機能付きの農機を利用することで経験の浅い新規就農者が、短期間の練習で熟練者に近いクオリティの作業を行えることが確認できた。さらに、4 つ目の実証実験で挙げた出荷量予測システムを活用することで、近年では気候変動の影響で熟練生産者でも予測が難しい、収穫時期の判断をサポートすることができる。その年の気温の状態などで生産者の計画になかった生産量の向上が起こった場合にも、収穫が遅れ廃棄になってしまうという事態を防ぐことができるため、結果として所得の向上へとつながる(NTT データ, 2022b)。

4-3 労働者不足の解決

それでは第 2 章で述べた、日本の農業が抱える 3 つの課題をどのように解決するのかを

順番に述べる。1つ目の労働力不足の問題は、新規参入のハードルを下げることと中山間地域の作業を軽労化すること、農業事故を減らすことが改善のきっかけとなる。新規参入のハードルを下げるためには、技術は見て学ぶものでデータなどは一切なく経験が全て、という部分をデータ化し、植物の栽培方法や経営方法を誰が見ても一目でわかるようにまとめることが必要だと考える。そのなかの一部に4つ目の実証実験であげた出荷量予測システムも含まれている。その他にも新規就農者向けの新たな取り組みとして、農業技術学習支援システムが開発されている(NECソリューションイノベータ, 2022)。このシステムで学習をすることで、経験を積むこと以外に技術を高める方法がなかった、これまでの状況を変えることが可能となった。データ化されているため、パソコンやスマートフォン上で、場所を選ぶことなく学習が可能であり、農作業中に判断が難しい場合もその場で確認ができる。また、何十年も経験を積まなくても高収量、高品質の作物づくりができる可能性が上がるため、離農へつながる心配がなくなる。農作物の品目ごとや生産地ごとに必要な判断は異なってくるため、今後品目別にデータを集めることができればその技術を地域の1つの財産として活用することが可能になる(NECソリューションイノベータ, 2022)。このような学習システムを活用していくことで、新規就農者が感じている作業のハードルの高さを改善できるのではないかと考える。

現在の中山間地域における農作業が、大型農機を活用しづらく手作業中心であるという状況を、スマート農機を導入することで改善できる。実証実験で1つ目にあげた竹ノ原農園、2つ目のヒラキファーム、4つ目の島原雲仙農協ブロッコリー部会連絡協議会は中山間地に位置しており、いずれの場所でも導入の効果がみられるスマート農機があった。農林水産省が「中山間水田農業に有望なスマート農業技術」の中で、特に中山間水田農業での導入が効果的だと示しているものが防除・施肥用のドローンと遠隔操作草刈り機、水田センサーである(農林水産省, 2020b)。前述のように、ドローンのメリットは大幅な軽労化と作業時間の短縮である。加えて、機種によって農薬散布、肥料散布、水稻直播などの複数の作業で利用可能となるため導入コストの低減が可能になる。また、機種によって経路、散布範囲を指定することで自動航行、複数台で飛行させることも可能である。遠隔操作草刈り機のメリットは、大幅な軽労化と作業時間の短縮に加え、機種によって30～55度の傾斜でも遠隔操作が可能であるため、中山間地域の急な傾斜地を炎天下で作業する必要がなくなり事故のリスクが低減する。水田センサーのメリットは、居住地区から離れた起伏の激しい中山間地の水田に設置することで見回りの回数を減らすことができる。自動水管理システムと併用することでさらなる省力化、増収、雑草管理につながる。そして、すべての地域での農作業に共通することであるが、これらの機器と合わせて経営管理システムの導入がさらに効果的であると農林水産省は示している(農林水産省, 2020b)。以上のスマート農機やシステムを導入することで、中山間地域の作業負担を軽減し、耕作放棄を無くすことができる。また新規参入の場合も土地を選ばずに就農し、その後の農業の継続が実現すると考える。

スマート農業を導入することで毎年 300 件前後の死亡事故を減らすことにも効果的である。稀に台風時に田んぼの様子を見に行った人が亡くなるという事故が起こるが、これは生産者にとって貴重な収入源を守りたいという行動から起こる事故である(NHK, 2022b)。こういった事故をなくすために、現在の田んぼは用水路から水を引き入れるために木の板や鉄の板を抜き差しすることが主流であるが、この板を機械化することにより、スマートフォンで簡単に用水路を開閉できる(笑農和, 2022)。豪雨の際の田んぼの見回りによって起こる事故をなくすためには、危険な時に外に出ることなく、家の中から田んぼの水位を管理できる機能が必要であると考え。このような機器を設置することで普段の作業時間短縮にもつながり、非常時の安全対策にもなる。

さらに、農作業中は単独行動が多く、熱中症など早期に発見されれば助かるような症状であっても発見が遅れ、亡くなる例が多い(農林水産省, 2022k)。このような事故は水温、推移監視システムを活用した作業者の見守りシステムを活用することで減少させることが可能となる(新潟県十日町市, 2022)。携帯電話の電波の届かない山奥でも使用可能で、腕時計型専用端末を通して作業者のバイタルを確認できる機能や、圃場の近くで身動きが取れなくなった場合などに小型専用端末から SOS を送信できる機能、いつどここの圃場に入ったりしたのか送信される機能がある。これを使用した実証訓練では SOS を確認後、行動履歴をたどって無事 SOS の発信者を見つけることができた。こういった機能を活用することで人が人や急病人の早期発見が可能となる(新潟県十日町市, 2022)。以上で述べてきたことから、肉体労働で危険が伴うという理由で敬遠されてきた農業も、きつい・汚い・危険といった印象を改善できると考える。

4-4 食料自給率の改善

日本の食料自給率を 38%から 2030 年目標の 45%まで引き上げるためにスマート農業は有効な手段だと考えられる。食料自給率をあげるために作物の生産量を増やす必要があるが、スマート農業を導入したことで収量がアップしたという事例も存在している。例として、北海道の小坂農園ではかぼちゃの生産において、ドローンでの空撮画像に基づいた生育判定で生育が遅れている株を特定した(農林水産技術会議, 2022b)。この場所へ窒素追肥を行った結果、追肥をしていない箇所が 10a あたり 1.1 トンであるのに対して 1.5 トンの収穫ができた。スマート機器を活用し、作物の収量を安定、向上することで同じ面積の作業でたくさんの収穫を上げられることが期待されている(農林水産技術会議, 2022b)。さらに作物の品質を向上することで価値を高めてブランド化をすることも可能である。高知県本山町には「土佐天空の郷」というブランド米がある。スマート農業導入前にブランド化した米であるが、農家によって味や香りなどの品質や出来栄えにばらつきがある上、後継者がいない場合栽培技術が途絶え、次の担い手探しが難しくなることからデータ農業への取り組みを始めた(マイナビ農業, 2020)。米の品評会で 1 位をとれたとしても品質を継続することは難しい

め、そのサポートとしてスマート農業の導入を検討するというのは効果的であると考える。

4-5 環境問題の改善

農地を適切に活用し、環境生物との共生を実現させるために、スマート農業が効果的である。例えば4-1の3つ目でとりあげた実証実験の鹿追町のキャベツ生産で導入した可変施肥技術も必要最低限の肥料を土壌に使用することで河川に流出する量を最小限に抑えることができる。また、4-4で取り上げた小坂農園の例のようにドローンによる空撮で生育状況を把握し、ピンポイントで追肥が可能になったことも土壌に不要な負担をかけずにすむ取り組みだ。これは農薬でも同じ対応が可能である。従来では圃場全体に農薬を撒く必要があったが、ドローンでの空撮画像から害虫を発見した場合、その場所にのみ農薬を撒くだけでよいため、従来の農薬と比較して90%の削減が確認された(オプティム, 2022)。

4-6 スマート農業の弱み

スマート農業を広めるうえで障害となることはいくつもあるが、第一にスマート農業という取り組みは生産者には受け入れられづらいことがわかっている。2020年度に農林水産省によって行われた、ICT(Information and Communication Technology)を活用した農業の取組に関する意識・意向調査結果では、1033人の農業従事者に営農管理システムを活用する意向を尋ねたところ、45.8%が活用の意思はないと回答した。活用しない理由としては、51.2%が現在の方法で十分だからであるとし、36.8%は利用方法がわからない、35.5%は使い方が難しそう、13.5%は利用料が高価であると回答した(農林水産省, 2021d)。スマート農業実証プロジェクトが始まったことで徐々に理解が広まっているとはいえ、スマート農業の普及において未だ大きな弱みであるといえる。

今回のスマート農業実証プロジェクトから判明した要素は3つある。ここに今回の実証実験では触れられていないが、スマート農業の普及を妨げている1点を加え、全部で4つ述べていく。1つは価格、2つ目が資格や事前準備、3つ目が情報通信基盤の整備、4つ目がデータの互換性である。価格の高さという問題はスマート農業を普及するにあたって1番の課題である。例として、100馬力の標準トラクターは1100万円で購入できるが、自動運転機能がついたトラクターでは1400万円である(農林水産省, 2021c)。トラクターを始めとして農機をスマート農機で揃えると、生産者1団体で負担するには費用が掛かりすぎる。実証実験では、スマート農機の実証面積が小さかったことから、機械導入による減価償却費の増加を吸収することができず、利益の減少が確認された(農林水産技術会議, 2022b)。新たな機械を導入して利益を向上させるには機械の稼働率を上げ、使用する面積を増やす必要がある。

次に資格や事前準備が必要である機械について述べる。通常のドローンを飛ばす際に資格は必要ないが、農業用ドローンを扱い、農薬散布を行うためには「産業用マルチローター

オペレーター技能認定」の取得と国土交通省への飛行申請が必要となる(農林水産省, 2020b)。農林水産航空協会の指定教習施設で教習を受講し、その後検定に合格することが必須条件である。教習ではドローンと農薬散布機の操作、取り扱いに関して試験を行い、学科教習では、ドローンの利用技術や農薬についての知識を問われる(農林水産航空協会, 2017)。また、この産業用マルチローターオペレーター技能認定は、ドローンの機種ごとに与えられるため、技能認定を受けた機種のドローンのみ利用可能となっている。さらに、農薬散布は航空法の危険物輸送にあたるため、事前に飛行申請書を提出し国土交通省の承認を取得する必要がある(国土交通省, 2022)。この2点について、農作業とは別に準備をする時間がとられてしまうことに注意が必要である。

遠隔操作草刈り機は、機器導入前に畦畔法面の状況を正確に把握しマップを作成し、導入できる箇所を正確に把握する必要がある。これは法面の傾斜角度によって使用できない場合や、凹凸によって購入後に使用できないという状況を避けるためである。そして遠隔操作草刈り機のみでは作業が終わらないため、細部には別途刈払い機を使用する必要があるうえに、従来の刈払い機よりも遠隔操作草刈り機はメンテナンスに時間がかかる(農林水産省, 2020b)。浜松市農業水産部の実証実験では作業時間は短縮するものの、準備時間が増加するため0.68a未満では非効率的であることが確認された(農林水産技術会議, 2022b)。

3つ目の情報基盤の整備とは、スマート農業を行う上で前提となるデータ通信のエリアの整備を指す。農業を行う一部の地域では電波が弱いもしくは届かない場所が存在しているため、スマート農機の普及の上で重大な障害となっている(農林水産省, 2022i)。

また、2022年7月に起こったKDDIの大規模通信障害によってスマート農機が使えなくなったという事例も起こっている。収穫時期などの一刻を争うような時期に影響しないよう、安定的な通信回線の確保が必要である(日本農業新聞, 2022)。

4つ目のデータの互換性については、様々な農機メーカーがデータを収集しそれをビッグデータとして活用することができるスマート農機を開発している。しかし、メーカーによって使用しているソフトウェアやフォーマットが違うため機器同士の互換性がない。このことがスマート農機を普及させる妨げになっている。メーカーやシステムの垣根を越えて連携させるオープンAPI(Application Programming Interface)の整備を推進するため、農機メーカーやICTベンダー等の事業者の対応指針を国は整理する必要がある(農林水産省, 2021d)。

その他にもドローンの1回のバッテリー使用時間が短いという問題がある。1回の充電で飛行可能時間は10~30分であるため、広い農地では1回で作業を終えることができない(農林水産省, 2020b)。この問題の1つの解決方法として、3-4でも取り上げた北海道の小坂農園ではドローンの薬剤補充とバッテリー交換を同時に行うことで作業時間の効率化を行ったが、全国の農家で使用するにあたっては、バッテリーの1回の使用時間が伸びることが望ましい。

第5章 スマート農業で持続可能な農業を実現するために

5-1 SDGs と農業の関係性

環境問題を考えるうえで SDGs という目標が定められている。SDGs とは 2015 年に国連サミットで採択された、17 のゴールと 169 のターゲットから成る 2030 年までに、持続可能でよりよい世界を作るための世界共通の目標のことで、農業に該当する目標も多い(外務省, 2022)。例えば 2 番の「飢えをなくし、だれもが栄養のある食料を十分に手に入れられるよう、地球の環境を守り続けながら農業を進めよう」、12 番の「生産者も消費者も、地球の環境と人々の健康を守れるよう、責任ある行動をとろう」という目標を達成するためには農業が中心的存在となっており、食料の安定的な生産と品質保持が強く求められている。次に 7 番の「すべての人が、安くて安全で現代的なエネルギーをずっと利用できるようにしよう」という目標は、農作業で使用する全ての石油エネルギーを代替エネルギーへ変えていく必要があることを示している。15 番の「陸の豊かさを守り、砂漠化を防いで、多様な生物が生きられるように大切に使おう」という目標は、森林や土地と深く関わっている農業従事者の生活を守るために重要な目標である。その他のすべての項目も農業に間接的に影響があるものであるため、SDGs 達成と持続可能な農業の実現は密接にかかわっていると考える(農林水産省, 2022m)。本論文の 1-1 で、持続可能な農業とは安定した作物の収量を供給し続けること等であると定義した。そして第 4 章でこの持続可能な農業を実現するために、スマート農業の導入が不可欠であることが明らかとなった。このことから、SDGs の達成にスマート農業の導入が必須であるといえる。

5-2 持続可能な農業実現のための国の取り組み

環境問題と農業の両方の面から、国全体で取り組むべき指標として、2022 年 7 月に「環境と調和のとれた食料システムの確立のための環境負荷低減事業活動の促進等に関する法律」が施行された。この法律は、「もって農林漁業及び食品産業の持続的な発展並びに国民に対する食料の安定供給の確保に資するとともに、環境への負荷の少ない健全な経済の発展を図りながら持続的に発展することができる社会の構築に寄与することを目的とする。」(令和四年法律第三十七号, 第一条より引用)という目的で定められており、加えて農業活動に革新的な技術を導入するための資金面での支援の提示など、農業に対して国が対応すべき方策を定めている。この法律が制定されたことによって、コストと機能のバランスから当面は現実的でなかったスマート農業の普及を力強く後押しすることとなった。農業の持続、発展と食料の安定供給の確保を目指す方針を「みどりの食料システムの実現」とし、生産者、事業者、消費者等の連携や技術の開発・活用、円滑な食品流通の確保を基本理念に定めている。そして、国が対応すべき施策としてあげられている、関係者の理解の増進、技術開発・普及の促進、環境負荷低減に資する調達・生産・流通・消費の促進、環境負荷低減の取り組

みの見える化等がスマート農業を普及させるために必要な施策となる。具体的に国が生産者に対して行う支援措置は、必要な設備の購入資金を無利子、低利子で行う。また農業改良資金等の貸与における償還期限を10年から12年へ延長した。そして農地転用許可手続き等の行政での手続きをワンストップ化した。またルール化が未完成である有機農業の栽培管理に関して地域の取り決めを促進するという項目も挙げられている。国が事業者側に行う支援措置は、必要な設備等への低利融資である。また、事業者向けにも行政での手続きのワンストップ化を行った。そして、新品種を出願する際の料金の4分の3を軽減し、病害虫に強い品種開発の促進を図っている(農林水産省, 2022n)。

さらに令和四年法律第三十七号第十五条では、特定環境負荷低減事業活動の促進を図る区域を特定区域とし、この区域内でのスマート農業の活動を支援することが述べられている。特定区域を設定するためには、集団またはそれに相当する規模の団体として取り組む必要がある、その中で生産方法や流通方法を共通化する必要がある、かつ地方自治体との連携を行い技術の共有や視察の受け入れ等を行う必要もある。こういった条件を満たす団体を結成し、有機農業あるいは地域資源を活用した温室効果ガスの削減に貢献できる農業、あるいは環境負荷の低減が可能である先端技術を使用した農業のいずれかに取り組んでいることが特定区域として認定される条件となる。特定区域内では税制の優遇や低金利での貸付、手続きのワンストップ化等の支援がなされる(農林水産省, 2022n)。

そして国の認定を受けた環境負荷低減に効果のある農業機械や設備を、国の認定を受けた生産者、事業者は税制の優遇を受けて購入することができる。税制の優遇とはみどり投資促進税制と呼ばれるもので特別償却のことを指す。みどり投資促進税制が認められれば、購入初年度の所得税、法人税負担が軽減されることとなり、具体的には通常の償却額に一定額を上乗せした償却が認められることとなる。国に認定されている農業機械の例として、可変施肥田植機や農薬散布ドローン、草刈りロボット等がある(農林水産省, 2022n)。

このように、国としても環境問題と農業は密接に関係しているととらえ、法整備も進み始めている。スマート農業を普及する上で、4-6で示した通り、生産者の理解を得られないということが課題となっていたが、令和四年法律第三十七号のような法整備が実現することで、スマート農業を導入する際の障壁を減らすことが可能となり、スマート農業への理解が得やすくなると考える。持続可能な農業を実現するということが持続可能な世界の実現へ繋がる、という認識の下で環境の負荷低減に最も有効な手段であるスマート農業の普及を全面的に支援する動きとなった。

第6章 結論・課題

本章では第5章までのまとめを記す。そして本研究の結論と今後の課題を述べる。

6-1 本論文のまとめ

本研究では、現在取り組まれているスマート農業の実証実験について分析し、その効果を明らかにした。具体的な実証から得られた成果から、スマート農業の強みと普及させる上で課題となった点を述べた。日本の農業の抱える、労働者不足、食料自給率、環境への影響を、スマート農業を活用することで解決し、さらに農業の更なる発展に貢献できることを示した。

主に価格面から現実的ではないとされてきたスマート農業という分野が、国の方針である持続可能な世界を実現させるためには持続可能な農業を実現させることが有用だという認識が広まったことで再評価されることとなった。環境の負荷を低減させるためにはスマート農業の導入が不可欠であるという認識の下で実証実験が続けられ、法の整備も進み、国からの支援によって生産者と事業者が積極的にスマート農業に取り組むことになると考える。

6-2 結論

本研究はスマート農業で持続可能な農業は実現可能であるかというテーマで進んできたが、スマート農業は持続可能な農業の実現に必要な不可欠な要素であることが明らかとなった。実証実験の途中段階ではあるものの導入した際の目標はいくつも達成されており、2023年以降の新たな実証実験、予算案も組まれている。今後の更なる実証実験や法整備、現実的な機能と価格の設定が求められているが、将来的にスマート農業を利用している農家は全国的に増えていくであろう。

6-3 課題

本研究の対象であるスマート農業実験プロジェクトは2019年度から新たに始まった取り組みであり、実証実験の成果が全ての生産者と事業者にあてはまるものではない。さらに、今回は実証成果の全体を均等に分析していたが、1つに注目して聞き取りを行うことでより現実的なスマート農業実現の意見を得られた可能性も高い。

今後も実証実験や製品化が進み、より一層盛り上がるスマート農業界の動向を追い、日本にもたらす影響を分析することでよりよい研究になると考える。

参考文献

- ・ 天野英二郎[2014]「スマート農業の推進: ICT・ロボット等を活用した農業の取組」『立法と調査(参議院事務局企画調整室)』359号 pp.44-57.
- ・ 佐藤忠恭[2018]「農業における技能の構造: 無意識及び情愛の役割」『有機農業研究(日本農業学会)』10巻1号 pp.78-86.
- ・ 森本英嗣[2017]「スマート田植機によるビッグデータ生成」『JATAFF ジャーナル(農林水産・食品産業技術振興協会)』5巻10号 pp.25-28
- ・ 榭瀧俊子[2017]「有機農業運動の展開にみる〈持続可能な本来農業〉の探究」『環境社会学研究(環境社会学会)』22巻 pp.5-24
- ・ 鷺津明由・中野諭[2020]「日本における ICT を活用したスマート農業の実態把握に向けたパイロット・スタディ」『先端社会科学研究所ワーキングペーパー(早稲田大学)』p.1-27
- ・ NEC ソリューションイノベータ株式会社(2022)NEC 農業技術学習支援システム<<https://www.nec-solutioninnovators.co.jp/sl/nougaku/index.html>>,2022.12.01
- ・ NHK(2022a) サクサク経済 Q&A 「値上げの秋」10月は8月の2.5倍に…<<https://www3.nhk.or.jp/news/special/sakusakukeizai/20220802/517/>>,2022.12.01
- ・ NHK(2022b) 2人が亡くなった町 大雨で田んぼを見に行く農家の本音とは<<https://www3.nhk.or.jp/news/html/20221021/k10013865131000.html>>,2022.12.03
- ・ e-Gov (2022)令和四年法律第三十七号環境と調和のとれた食料システムの確立のための環境負荷低減事業活動の促進等に関する法律<https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=504AC0000000037_20220701_0000000000000000>,2022.12.01
- ・ マイナビ農業(2020)小さな産地の戦い方 品質向上とブランド化に欠かせないのはスマート農業<https://agri.mynavi.jp/2020_08_31_130076/>,2022.12.01
- ・ 一般財団法人環境イノベーション情報機構(2003)臭化メチル<<https://www.eic.or.jp/ecoterm/?act=view&serial=1200>>,2022.12.05
- ・ 一般財団法人環境イノベーション情報機構(2009a)二次的自然<<https://www.eic.or.jp/ecoterm/?act=view&serial=2046#:~:text=%E8%A7%A3%E8%AA%AC,%E5%8B%95%E6%A4%8D%E7%89%A9%E3%81%8C%E7%94%9F%E6%81%AF%E3%81%A7%E3%81%8D%E3%81%AA%E3%81%8F%E3%81%AA%E3%82%8B%E3%80%82>>,2022.12.01
- ・ 一般社団法人農林水産航空協会(2017)産業用マルチローターオペレーター技能認定基準<https://www.j3a.or.jp/business/multitrotor/1kijun/ginou_kijun_h29.pdf>,2022.12.01
- ・ 外務省(2022)持続可能な開発目標 SDGs とは<<https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/sdgs/about/index.html>>,2022.12.01
- ・ 株式会社 笑農和(2022)paditch<<https://paditch.com/>>,2022.12.01

- ・ 株式会社 NTT データ(2022a)あい作出荷予測ソリューション<<https://aisaku.nd-agri.jp/solution/03>>,2022.12.01
- ・ 株式会社 NTT データ(2022b)ブロッコリーの出荷予測システムを活用 生産者の収益拡大を目指す JA 香川県の取り組み<https://www.nttdata.com/jp/ja/case/2020/093000/?__hstc=74240269.518d91199770d61a04ee2e8d3d05e708.1669646022192.1669895731823.1670124515226.3&__hssc=74240269.4.1670124515226&__hsfp=2250771667>,2022.12.04
- ・ 株式会社 オプティム(2022)<<https://www.optim.co.jp/agriculture/smartagrifood/technology>>,2022.12.04
- ・ 株式会社 クボタ(2019)～直進アシスト機能付き小型トラクタ NB21GS で、エンジンの土壤消毒作業効率が格段にアップ！適期作業が可能に～<<https://agriculture.kubota.co.jp/agriinfo/interview/2019/10/nb21gs.html>>,2022.12.04
- ・ 株式会社 クボタ(2022a)～高い技術を必要とする全面マルチ作業を、直進アシスト機能付きトラクタで！～<https://agriculture.kubota.co.jp/agriinfo/interview/2022/06/post_263.html>,2022.12.04
- ・ 株式会社 クボタ(2022b)KSAS<https://ksas.kubota.co.jp/farming_course/function/taste_yield.html>,2022.12.01
- ・ 株式会社 farmo(2022)スマホでらくらく水管理「水田ファーモ」<https://farmo.info/pady_y_lp/>,2022.12.06
- ・ 株式会社 ベジタリア(2017)根こぶ病原菌診断サービス<<https://www.vegetalia.co.jp/our-solution/plant-clinic/>>,2022.12.01
- ・ 株式会社 山進(2022)散布事業<<https://yamashin55.jp/spraying>>,2022.12.01
- ・ 気象庁(2022)世界の年平均気温<https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an_wld.html#:~:text=%E4%B8%96%E7%95%8C%E3%81%AE%E5%B9%B4%E5%B9%B3%E5%9D%87%E6%B0%97%E6%B8%A9%E5%81%8F%E5%B7%AE,%E5%A4%89%E5%8C%96%EF%BC%881891%E3%80%9C2021%E5%B9%B4%EF%BC%89&text=%E4%B8%96%E7%95%8C%E3%81%AE%E5%B9%B4%E5%B9%B3%E5%9D%87%E6%B0%97%E6%B8%A9%E3%81%AF%E3%80%81%E6%A7%98%E3%80%85%E3%81%AA%E5%A4%89%E5%8B%95%E3%82%92,%E3%81%8C%E5%A4%9A%E3%81%8F%E3%81%AA%E3%81%A3%E3%81%A6%E3%81%84%E3%81%BE%E3%81%99%E3%80%82>,2022.12.01
- ・ 国土交通省(2022) 無人航空機の飛行計画の通報要領<<https://www.mlit.go.jp/koku/content/001520662.pdf>>,2022.12.01
- ・ 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 農研機構(2022)スマート農業実証プロジェクト 労働力不足の解消に向けたスマート農業実証<<https://www.naro.go.jp/smart-nogyo/kaisho/index.html>>,2022.12.01

- ・ 滋賀県(2013)農業排水対策営農技術集<<https://www.pref.shiga.lg.jp/ippan/shigotosangyou/nougyou/ryutsuu/18395.html>>,2022.12.01
- ・ 滋賀県(2022)びわ湖の日とは?<<https://www.pref.shiga.lg.jp/biwakatsu/quiz/index.html>>,2022.12.01
- ・ 鹿追町スマート農業コンソーシアム(2021)加工キャベツを導入した大型畑作経営でのスマート農業技術(鳥獣害対策を含め)の低コストを目指したマシーネンリング体系の実証<<https://www.maff.go.jp/hokkaido/suishin/smart/2021/attach/pdf/gaiyou-9.pdf>>,2022.12.01
- ・ 首相官邸(2013)日本再興戦略<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/saikou_jpn.pdf>,2022.12.03
- ・ 新潟県十日町市(2022)スマート農業加速化実証プロジェクト成果報告会～スマート農業とともに考える十日町の地域づくり～<<https://www.city.tokamachi.lg.jp/soshiki/sangyokankobu/norinka/1/event/6791.html>>,2022.12.01
- ・ 総務省統計局(2022)労働力調査 長期時系列データ職業別就業者数<<https://www.stat.go.jp/data/roudou/longtime/03roudou.html>>,2022.12.01
- ・ 内閣府(2019)第1章 高齢化の状況(第1節1)<https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2020/html/zenbun/s1_1_1.html>,2022.12.01
- ・ 日本農業新聞(2022) KDDI 通信障害 スマート農業に影響 緊急時の対応が課題<<https://www.agrinews.co.jp/news/index/86957>>,2022.12.04
- ・ 農業データ連携基盤協議会(2017)WAGRI<<https://wagri.net/ja-jp/aboutwagri>>,2022.12.01
- ・ 農業科学技術研究所(2005)農業における窒素と環境の関わり<<https://www.naro.affrc.go.jp/archive/niaes/topics/envchemi/nptop.html>>,2022.12.01
- ・ 農林水産技術会議(2022a)「スマート農業実証プロジェクト」について<https://www.affrc.maff.go.jp/docs/smart_agri_pro/smart_agri_pro.htm>,2022.12.03
- ・ 農林水産技術会議(2022b)令和2年度スマート農業実証プロジェクト(初年度成果)<https://www.affrc.maff.go.jp/docs/smart_agri_pro/kanren/R2seika/rojiyasai/index.htm#toc_mark>,2022.12.01
- ・ 農林水産省(2004)農業生産活動に伴う環境影響について<https://www.maff.go.jp/j/council/seisaku/kikaku/bukai/10/pdf/h160514_03_siryu.pdf>,2022.12.01
- ・ 農林水産省(2014a)こうして起こった農作業事故 4 5. 個別事例 トラクター<https://www.maff.go.jp/j/seisan/sien/sizai/s_kikaika/anzen/pdf/04-501.pdf>,2022.12.01
- ・ 農林水産省(2014b)こうして起こった農作業事故 4 5. 個別事例 草刈機 1<https://www.maff.go.jp/j/seisan/sien/sizai/s_kikaika/anzen/pdf/04-502.pdf>,2022.12.01
- ・ 農林水産省(2020a)スマート農業の展開について<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/pdf/smart_agri_tenkai.pdf>,2022.12.01

- ・ 農林水産省(2020b)中山間水田農業に有望なスマート農業技術<<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/forum/R2smaforum/rice/seika81.html>>,2022.12.01
- ・ 農林水産省(2021a)農業分野における気候変動・地球温暖化対策について<<https://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/ondanka/attach/pdf/index-72.pdf>>,2022.12.01
- ・ 農林水産省(2021b)農作業事故及び農作業安全をめぐる動向<https://www.maff.go.jp/j/seisan/sien/sizai/s_kikaika/anzen/attach/pdf/index-171.pdf>,2022.12.01
- ・ 農林水産省(2021c)スマート農業の展開について<https://www.soumu.go.jp/main_content/000775128.pdf>,2022.12.01
- ・ 農林水産省(2021d)令和2年度 食料・農林水産業・農山漁村に関する意識・意向調査 ICT を活用した農業の取組に関する意識・意向調査結果<<https://www.maff.go.jp/j/finding/mind/attach/pdf/index-68.pdf>>,2022.12.04
- ・ 農林水産省(2021e)第2回 新 AI 戦略検討会議農林水産省 説明資料<https://www8.cao.go.jp/cstp/ai/shin_ai/2kai/siryos3-1.pdf>,2022.12.04
- ・ 農林水産省(2022a) 令和3年度 食料・農業・農村白書 全文<https://www.maff.go.jp/wpaper/w_maff/r3/pdf/zentaiban.pdf>,2022.12.01
- ・ 農林水産省(2022b)中山間地域等について<https://www.maff.go.jp/j/nousin/tyusan/siharai_seido/s_about/cyusan/>,2022.12.03
- ・ 農林水産省(2022c)その2: 食料自給率って低いと良くないの? <https://www.maff.go.jp/j/zyukyu/zikyu_ritu/ohanasi01/01-02.html>,2022.12.01
- ・ 農林水産省(2022d)ロボット農機<<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/forum/R2smaforum/mattingu/robot.html>>,2022.12.01
- ・ 農林水産省(2022e)農業用ドローン<<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/forum/R2smaforum/mattingu/drone.html>>,2022.12.01
- ・ 農林水産省(2022f)アシストスーツ<<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/forum/R2smaforum/mattingu/assist.html>>,2022.12.01
- ・ 農林水産省(2022g)リモコン草刈機<<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/forum/R2smaforum/mattingu/kusakari.html>>,2022.12.01
- ・ 農林水産省(2022h)2019 国際ロボット展<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/maff_irex.html>,2022.12.01
- ・ 農林水産省(2022i)スマート農業技術カタログ(施設園芸)イチゴの自動選別・パック詰めロボット<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/smart_agri_technology/smart_agri_catalog_hinmoku/pdf/smartagri_catalog_shisetsu-24.pdf>,2022.12.01
- ・ 農林水産省(2022j)経営・生産管理システム<<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/forum/R2smaforum/mattingu/kanri.html>>,2022.12.01

- ・ 農林水産省(2022k)農作業中の熱中症による死亡事故の発生状況①<https://www.maff.go.jp/j/seisan/sien/sizai/s_kikaika/anzen/attach/pdf/nechu-24.pdf>,2022.12.04
- ・ 農林水産省(2022l)農業農村における情報通信環境整備のガイドライン Ver.01 <https://www.maff.go.jp/j/nousin/kouryu/jouhoutsuushin/attach/pdf/jouhou_tsuushin-9.pdf>,2022.12.04
- ・ 農林水産省(2022m)SDGs の目標とターゲット<https://www.maff.go.jp/j/shokusan/sdgs/sdgs_target.html>,2022.12.01
- ・ 農林水産省(2022n)みどりの食料システム戦略の実現に向けて<<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/midori/attach/pdf/houritsu-7.pdf>>,2022.12.01
- ・ 農薬工業会(2022)自然環境やその他生物に及ぼす影響などについて<https://www.jcpa.or.jp/qa/a3_01.html>,2022.12.05
- ・ 和同産業株式会社(2022)ロボモア（自律走行無人草刈機）KRONOS<<https://www.wadong.jp/mr-300/>>,2022.12.01