

2022年度 学士論文

持続可能な農業の実現に向けた企業の取組
—スマート農業の有効性—

2022年12月16日

大関有里菜

1F190147-4

はしがき

本論文は、「持続可能な農業の実現に向けた企業の取組—スマート農業の有効性—」をテーマに、持続可能な農業の実現に貢献するスマート農業の在り方、またスマート農業を社会実装していくうえでの企業の役割について考えられている。近年はSDGsに見られるような、様々な分野における持続可能性の実現が求められている。農業分野も例外ではなく、社会・経済・環境すべてに対する影響を考慮して農業生産を行っていくことが理想である。日本国内においても、農林水産省が主導で行う「みどりの食料システム戦略」等、政策を中心に取り組みが実施されており、生産過程ではイノベーション等による持続的生産体制の構築が目指されている。具体的な目標としては生産性向上やCO₂ゼロエミッション化、化学農薬の使用量の低減など幅広い観点で示されており、今後は施策実行による効果が期待されている。また、スマート農業に関しても同様に取り組みが推進されている。「スマート農業実証プロジェクト」では全国各地で実証実験が行われ、ドローンを用いた作業ムラの削減による作業時間の短縮や、自動機械による人手不足の解消など実際に一定の効果が見られた。このように、持続可能な農業とスマート農業は両者とも活発な議論がなされており、中長期的なビジョンのもと施策が進められている。しかしながら、これまで持続可能な農業にスマート農業が貢献しうるのかといった議論はあまりなされてこなかった。上述した「スマート農業実証プロジェクト」でも、生産性と効率性に対する効果は数値化され明確に公表されているが、それと比較して環境に対する影響についてはわずかしき言及されていない。逆に、生産性・効率性を重視して農業機械等をむやみに導入したことで土壌汚染、地球温暖化などの環境問題を引き起こした例も見られる。そこで、生産性・効率性を保ちつつ環境にも配慮した農業を実現する農法としてのスマート農業の在り方とはどのようなものなのかを検討することを本論文では試みた。本章では、最初に持続可能な農業、スマート農業の定義を明らかにしたうえで、本論文での主体となる企業についてもその参入形態等をまとめている。次いで、問題提起に対する結論を導き出すためにRQ1「スマート農業の現状の課題を解決し、普及率を向上させるために企業はどのような取り組みが必要か」では文献を参考にした事例研究を、RQ2「スマート農業を普及させたいうえで、持続可能な農法として確立させていくために企業が出来ることは何か」では文献調査に加え実際に企業にアンケートを行った結果をもとに考察している。最後に総括として、スマート農業の今後の展望についてまとめている。

私が卒業論文を作成するにあたりテーマとして持続可能な農業を取り扱うことにした理由は、以前のゼミプロジェクトでの研究が関連している。私たち谷本ゼミ10期は、去年11月に行われた早稲田祭プロジェクトにおいて「日本企業のフードロス対策—川下企業に焦点を当てて—」というテーマで研究を行った。この研究では、重要視されている「食」分野のサーキュラーエコノミーへの転換において、避けては通れない課題であるフードロスへの対策を検討することが狙いであった。その中でも、フードチェーンの各段階を比較した際に最もフードロスへの対策が進んでいないのが小売、外食産業であり、それらを含めた川下産業に着目し研究を進めた。同研究では「フードチェーンの中で、小売・外食産業はどのようにフードロスを減らすことができるのか」という問題提起の結論として「企業内部ではコスト上の課題を解決し、外部ではフードロス削減に取り組みやすい市場環境を形成する。そのうえで、フードロス問題への意識向上とノウハウ伝達のために、フードチェーン内外で連携や情報共有を行い、中小企業も含めた多くの企業の取り組みを促進する。」という解を導いた。同研究を通して、フードロスについての知見を深めたのはもちろんであるが、それと同時に食分野における社会課題は他にも数多く存在していることを改めて感じた。そこで、私は次なる研究として別の角度から食分野の課題を研究したいという想いに至り、前回の研究で取り上げなかった川上に位置する生産過程に着目することを決めた。生産過程の中でも特に農業に焦点を当てた理由は、従来の農業は課題を多く抱えており、早急に変革させていく必要があると強く感じたからである。自身の地元である群馬県では農業生産が盛んに行われており、私自身も物心がついた時期から身近に農業が営まれていた。しかし、元は農業が行われていた土地も後に後継者がおらず荒廃農地と化していったり、住宅地へと姿を変えていったりする現状を目の当たりにしてきた。また、大学生

になってからも、大学の講義やゼミでの学びを通して、農業は環境とも深く関わっており環境破壊を引き起こす原因になりうることを知った。新たな農業の姿を模索していくことで社会・経済・環境の持続可能性を実現することは今後私たちの生活を支える上で必要不可欠であり、それについて知見を深め検討していくことは非常に有意義であると感じた。そのため、今回の大きなテーマとして農業生産を取り上げることにした。

この論文を書き上げることは私にとって容易な作業ではなかった。それは、スマート農業自体が比較的最近になって注目されてきた農法であり、まだ議論が始まったばかりの分野であるからである。スマート農業が注目されるようになった背景やこれまでの動向については本章で詳しく述べているが、スマート農業という言葉が初めて検索されるようになったのは2011年ごろであり、現在でも社会全体に普及しているとは言いがたい。そのためまだ政策や企業の取り組みも模索状態である。成功事例や先行研究が多いわけではない中で研究を進めていくにあたり、やはり農業分野に参入してスマート農業事業に取り組んでいる企業の実際の声を聞くことは有意義であったと考えている。企業がどのような取り組みに対し効果を感じているのか、反対に何を今後改善していくべき課題と感じているのか、これからどのようなビジョンでスマート農業事業を行っていくのかといったことがアンケートによって明確になったと感じた。それらをもとに、少しでも持続可能な農業の実現に繋がる内容になっていければと思う。また、本論文が一人で書く最初の論文であったことも論文作成に苦労した理由である。これまでのプロジェクトでは、同期や先輩、後輩とチームで行っていた。そのため、タスクを役割分担したりアイデアを出し合ったりすることで効率的に研究を進めることができた。しかし、今回はすべての作業を自分一人で行わなければいけないため、時に研究に息詰まることもあった。方向性が分からなくなり思うように進まなかった時期もあったが、なんとか書き終えることができ、書く前と比べて一段階成長したように感じる。

しかし、容易ではなかった分、論文作成を通じて得るものも多かった。一つは、本論文で調査した内容についての知識を得たことである。特に、農業分野に参入する企業についての新たな発見は多かった。これまでは、農業参入企業といえば農業分野に特化した製品やサービスのみを提供しているイメージであった。しかし、調査の中で主要事業が農業分野以外でありながら新規に農業に参入し課題解決に貢献している企業が多数見られた。スマート農業市場が成長していくにつれて今後さらに参入を試みる企業が増加し、活発化していくことが期待できると感じた。また、企業同士での協業もかなり積極的に行われており、今までにない新たなサービスを提供している事例などは印象的であった。まだ世間的に普及していない分そのような情報が自然にインプットされる機会は少ないが、今後は自ら情報収集をすることによってその動向に注目していきたい。もう一つ得たものとしては、情報を収集する力である。一人で研究を行う際は情報もすべて自分で収集する必要があるため、今回は様々な方法での収集を試みた。文献調査ではインターネット上の情報だけでなく論文やメディアで公表されているものをくまなくみることで、十分な情報量を確保することができた。また、その他にも企業の方々にウェブ上でのアンケート調査を行うことで、文献調査だけでは分からない現場のリアルな声を聞くことができた。このことにより、理論と実践の両方を兼ね合わせた研究を行うことができたのではないかと考える。

本論文を作成するにあたっては多くの方々にご協力いただいた。RQ2「スマート農業を普及させたいうえで、持続可能な農法として確立させていくために企業が出来ることは何か」の調査を行う際は、農業分野に参入している企業にアンケート調査を行い、これまで行ってきたスマート農業に関する企業活動やこれからの展望について詳しく教えていただいた。本論文で参考にさせていただいたのはもちろんであるが、それだけでなく私個人としても非常に興味深い内容が多く、論文作成を超えて、さらに農業分野について学びたいという意欲が湧くものであった。上述した通りスマート農業は未だ発展途上であるため、今回アンケートにご協力いただいた企業等の今後の動向に注目しながら、より理解を深めていきたい。また、私が所属する谷本ゼミの教授である谷本寛治先生には、去年4月から長期に渡って卒業論文に関するご指導をいただいた。その中で複数回に渡って進捗報告という形で卒論報告を行ったが、その都度いただく適切なアドバイスをもとに自分の中で何度も考え直し、納得のいく内容に仕上げる事ができた。ま

た内容に関してのみならず、論文作成の基本的なルール等基礎的な部分から熱心にご指導いただき、論文作成を通して自分の能力の高まりを強く実感することができた。さらに、同期である谷本ゼミ10期の方々には、モチベーション維持という面でお世話になった。ゼミ内で同期の進捗報告を聞くたびに、その内容のレベルの高さを実感させられた。同期の卒業論文に対する意欲的な姿勢があったからこそ、途中でくじけることなく最後まで完走することができた。

最後になるが、本論文を作成するにあたって関わったすべての方々に心から御礼申し上げる。

2022年12月16日

大関有里菜

目次

第1章 本論文の狙いと構成	p.2
第1節 テーマの選定理由と問題提起	p.2
第2節 本論文の構成	p.2
第2章 持続可能な農業について	p.4
第1節 持続可能な農業の定義	p.4
第2節 持続可能な農業が求められるようになった背景	p.4
(1) 世界の動向	p.4
(2) 日本の動向	p.5
第3節 日本の農業の課題	p.6
第3章 スマート農業について	p.8
第1節 スマート農業の定義と意義	p.8
第2節 スマート農業に関する日本の動向	p.8
第3節 スマート農業の課題	p.9
第4章 企業の農業参入	p.11
第1節 日本企業の農業参入	p.11
(1) 企業の参入形態	p.11
(2) 企業参入の現状	p.11
第2節 他分野企業が農業に参入することの意義	p.12
第5章 実態調査	p.14
第1節 問題提起	p.14
第2節 RQ1「スマート農業の現状の課題を解決し、普及率を向上させるために企業はどのような取り組みが必要か」	p.15
(1) スマート農業の課題の整理	p.15
(2) 課題選定	p.16
(3) 施策事例	p.17
(4) 事例を受けての結論	p.19
第3節 RQ2「スマート農業を普及させたいうえで、持続可能な農法として確立させていくために企業が出ることは何か」	p.19
(1) 調査方法	p.19
(2) アンケート調査の内容	p.19
(3) 調査を受けての考察	p.20
第6章 持続可能な農業の実現にスマート農業は貢献しうるか	p.26
第1節 結論	p.26
第2節 本研究の課題	p.27

第1章 本論文の狙いと構成

第1節 テーマの選定理由と問題提起

農業の持続可能性を確保し多面的機能を保持することは、私たちの生活を支えることに直結する。この農業の多面的機能という考えは、国内外問わず広く議論されてきた内容である。例えば、オランダ政府およびFAOは1999年9月に行われた会議(FAO/Netherlands Conference on “The Multifunctional Character of Agriculture and Land”)でその定義を明らかにしている。その内容によると、農業は食料安全保障という最も重要な役割の他に、環境的、経済的、社会的な機能に貢献するとしている(FAO,1999)。ここでの環境的機能とは、土地利用による生物学的もしくは物理的な自然環境への影響の事で、経済的機能とは農業生産の投入・産出が他産業等に及ぼす経済的影響の事で、社会的機能とは農業コミュニティの維持・管理が農業生態系や農村住民の生活の質の保持に貢献しているといった点や文化的遺産の継承等への貢献であると國井(2016)は説明している。また日本でも、農林水産省は「農業・農村の有する多面的機能とは、「国土の保全、水源の涵養、自然環境の保全、良好な景観の形成、分野の伝承等、農村で農業生産活動が行われることにより生ずる、食料その他の農産物の供給の機能以外の多面にわたる機能」のこと⁽¹⁾」であると紹介されている。このように、農業は単に食料生産を担うだけでなく、生活環境や経済など私たちの生活全体に大きく関与していることが分かる。しかし、農業は環境的、経済的、社会的な面で私たちの生活に正の影響を与えることもあれば、一方で不適切な方法で行われることによって負の影響を及ぼすこともある。従来の農業はしばしば、生態系破壊や地球温暖化といった環境破壊などを引き起こしてきた。そのため、本論文では様々な課題を引き起こしてきた従来の農業を見直し、持続可能な農業を実現を可能にするためには今後どのような施策が行われることが望ましいのかを検討していく。また、今回は持続可能な農業を実現するための農法としてスマート農業に着目しているが、スマート農業はこれまでの農業課題を解決するどころか持続可能性を破壊する恐れがあることも考慮しなければならない。スマート農業については第3章で詳しく取り上げているが、下に述べている通り現状のスマート農業は効率性、生産性の向上が大きな目的となっている場合が多い。これらの目的もちろん日本の農業をより良くするために重要なものであるが、それを追求するあまり環境性が無視され、土壌汚染や生態系破壊、地球温暖化等を引き起こされることがあってはならない。そのため、本論文内では効率性や生産性、また環境性の両立を達成するための農法としてスマート農業を変革させていくことを目指し、調査を進めていく。

「農業」に関して、広義の農業の定義では水産業及び林業も含まれているが、今回はそれらは含まずに耕種農業という狭義の農業に焦点を絞り研究を行う。また、農業は本来生産、加工、流通、販売等様々なプロセスを経て完結するものであるが、本論文では特に川上に位置する生産過程に着目し、その中で持続可能性を実現する施策を検討していく。農業生産の一過程に限定して考えても、農業従事者、政府、非営利組織、企業、地域住民など非常に多くのセクターが関わり合って成立しているが、本論文では特に企業を主体として、企業がどのような役割を果たすことができるのかを検討していく。この内容については下の第4章で詳しく述べているが、これまで農業生産に関する施策は、政府による政策を中心に行われることが多かった。しかし、スマート農業を推進していくにあたり、新技術やそれを扱いこなす人材が必要になるため、これまで農業分野に参入してこなかったIT企業等の存在が求められている。企業がこれまで培ってきた技術力やノウハウがどのように農業生産に活用されるのか、農業生産における企業の役割について調査していく。

第2節 本論文の構成

スマート農業を持続可能な農法として確立していくためにはどのような施策を行うべきか、またそこに企業はどのように貢献できるのかという問題提起を明らかにしていくにあたり、本論文は5つの章によって構成されている。第1章では、第1節で上述した通り農業やスマート農業の位置付け、また主体となるセクターについて説明し、本論文の主旨を簡潔に述べている。続く第2、3、4章では持続可能な農業、スマート

農業、農業参入企業という3つの要素に分類し、各省ごとに焦点を当てていく。持続可能な農業について述べる第2章では、そもそも持続可能な農業とは何か、なぜ農業に持続可能性が求められるようになったのかをこれまでの動向とともに明らかにしていく。スマート農業について述べる第3章では、第2章と同様に定義づけとこれまでの動向を明らかにし、さらに現状のスマート農業が抱える課題を挙げていく。農業参入企業について述べる第4章では、企業が農業分野に参入する際どのような参入形態から選択することができるのか、また他分野企業が農業に参入することによってどのようなメリットがもたらされるのかをまとめる。第5章では、ここまでで明らかになった内容を受け、「スマート農業を持続可能な農業の実現のための農法として広めるために、企業は何ができるか」という大きな問題提起を立て、実態調査に入っていく。問題提起に対する解を明らかにするため、リサーチクエスチョン(以下、RQ)1「スマート農業の現状の課題を解決し、普及率を向上させるために企業はどのような取り組みが必要か」、RQ2「スマート農業を普及させようとして、持続可能な農法として確立させていくために企業が出来ることは何か」という2つの問いを設定し、文献調査やアンケート調査等を通して解を導いていく。最終章である第6章では、調査内容を踏まえ全体の結論を述べ、今後さらに調査の余地がある部分について触れたうえで論文を締める。

注

(1) 農林水産省「農業・農村の有する多面的機能」https://www.maff.go.jp/j/nousin/noukan/nougyo_ki_nou/ (最終閲覧日:2022年12月16日)

第2章 持続可能な農業について

第1節 持続可能な農業の定義

持続可能な農業については、様々な国や国際機関によって定義づけられている。FAOは、持続可能な開発の定義を1988年の総会で独自に承認し、また同時に持続可能な農法の定義を示した。そこでの定義は、「持続可能な開発とは、天然資源基盤を管理、保全し、現在及び将来の世代のために、人間のニーズを達成し、又は、継続して充足させるようなやり方で、技術的変化及び制度的変化の方向付けをすることである。そのような(農業、林業及び漁業における)持続可能な開発は、土地、水、植物及び動物の遺伝子資源を保全し、環境的に天然資源を悪化させず、技術的に適切、経済的に実行可能、社会的に受け入れ可能なもの」(矢口,1998, p. 28)である。つまり、「持続可能な農業とは、天然資源の損失や破壊を食い止め、生態系を健全に維持しつつ農業の生産性上昇を推進することを意味するのである」と矢口(1998, p. 28)は簡潔にまとめている。また、アメリカでは、「90年農業法」において定義が明確に示されている。持続可能な農業とは、①人間の食料と繊維に関するニーズを満たし、②農業経済を左右する環境の質と自然資源の基盤を向上し、③非生産資源や農業資源を最も効率的に利用し、かつ自然的生物学的な循環と管理を適切に統合し、④農場経営の経済的自立を持続し、⑤これらにより農民と社会全体の生活の質を高める、こうした項目を満たした地域特有の動植物生産の統合システムである。日本国内においては、持続可能な農業という言葉で明確に一律な定義がなされているわけではない。しかし、農林水産省のホームページでは「環境保全型農業とは、農業の持つ物質的循環機能を生かし、生産性との調和などに留意しつつ、土づくり等を通じて化学肥料、農薬の使用等による環境負荷の軽減に配慮した持続的な農業⁽¹⁾」と記されている等、他国での持続可能な農業とはほぼ同様の概念が存在していることが分かる。

宮崎(1991)は、持続可能農業は、肥料・農薬・機械多投型の在来農業がもたらした社会経済問題を解決するための改良農法として追求されていると述べている。社会経済問題とは、①自然環境やアメニティの破壊、②機械・化学物質の価格上昇に伴う農業生産コストの上昇、③農産物の生産過剰と構造的な農産物価格の低下、④強い農業構造がもたらした弱い農村経済、⑤価格・所得政策による農業政策コストの上昇、である。特に、直接の契機は環境問題であり、①化学肥料や農薬、家畜排泄物の不適切な処理による地下水や河川、湖沼の水質汚濁、②農薬に対する外注・病菌の抵抗性の発達と新農薬の開発との悪循環による自然生態系の破壊、③単作と収穫後の残渣搬出とにより畑地の裸地状態がもたらす土壌侵食、④大型機械による作土層直下の硬盤形成等がもたらす土壌劣化、といった環境問題を顕在化させてきたと説明している。これらの課題を解決するために農業の持続可能性が注目され、推進されてきたと考えられる。

以上を踏まえ、本論文では持続可能な農業を「環境に配慮しつつ生産性や効率性を高める農業である」と定義し、特に環境性の達成に焦点を当てた論述をしていく。

第2節 持続可能な農業が求められるようになった背景

(1) 世界の動向

これまで、SDGsに呼応する形で、持続可能な農林水産業の実現に向けた政策が取られてきた。持続可能な農業におけるこれまでの国際的な動きについて、主要な出来事を順に挙げながら説明する。EUでは、共通農業政策(以下、CAP)が1962年に導入された。EUの加盟国28カ国で現在も継続して講じられている農業政策であり、共通市場の設立、生産の増強を図るための調整を行うことが目的である。2013年には農業の公共財としての役割強化の観点等から見直しが行われ、環境対策の強化も視野に入れられた。当政策は、①農業者の所得を保証するための「価格・所得政策」、②農業部門の構造改革、農業環境施策等を実施する「農村振興政策」の2つの軸から成り立つ。2つ目の軸である農村振興政策に関して、具体的な施策としては環境・気候変動関連施策や小規模農家向け施策等が挙げられる。その中で、各加盟国は農村振興政策予算の30%を環境対策に配分することが求められている。このように、近年で

は2軸に付随する形で持続可能で生産性が高く、競争力のある農業の確立に向けた取組も行われており、環境面へのアプローチがより重要視されていることが見受けられる。またEUではCAPの他にも欧州グリーンディールの中の取り組みの一つであるFarm to Fork(農場から食卓まで)戦略も進めている。これは2020年5月に欧州委員会によって公表された戦略であり、生産から消費までの食品システムをより健康的で持続可能なものにするのが目的となっている。多くの分野で具体的な数値目標が示されているが、持続可能な食料生産の分野に着目してみると、「2030年までに全農地の少なくとも25%を有機農業とするための開発促進」「2030年までに化学農薬の使用料とリスクを50%削減」といった目標がある。さらに大規模な取り組みとして、国連食料システムサミットが挙げられる。2021年9月に開催されたサミットであり、参加国は150カ国以上、参加者は政府やNGO、個人を含め数万人と大規模なものとなった。議論の中では「食料システムの変革」が大きなテーマとなった。人口増加による飢餓人口増加や気候変動、生物多様性といった食料や農業に関する環境問題の解決に向けて従来のやり方を「変革」していく必要があり、その策を参加者で持ち寄ることが目的であった。当サミットの準備プロセスの中では、各国政府に対し独自の戦略を立てて国連に登録することが求められた。日本でもこれを踏まえ、農林水産省が策定した「みどりの食料システム戦略」を軸とした「我が国の目指す食料システムの姿」に登録した。同戦略は、農林水産業のCO₂ゼロエミッション化、化学農薬・化学肥料の提言、有機農業の取組面積の拡大、持続可能性に配慮した輸入原材料調達などの観点を盛り込んだ幅広いものとなった。サミット全体としては、議論を通して科学とイノベーションへの投資、地域の条件に応じた取り組み等が指摘され、またテーマごとに有志連合を作ろうとする試みも行われた。今後は2年ごとに進捗のフォローアップ会合の開催が予定されている⁽²⁾。

(2) 日本の動向

次に、日本のこれまでの動向について、国際的動向と同様に主要な出来事を順に挙げていく。日本では、農林水産省が1992年に「新しい食料・農業・農村政策の方向(以下、新政策)」を公表した。地域の意向を反映した形で育成すべき経営体の明確化及び施策の集中化・重点化、地域内発型の農林水産関連産業やグリーン・ツーリズムの振興などの政策の展開方向を提示した。特に農業に関しては、「農業の持つ物質循環機能を生かし、生産性との調和に留意しつつ、土づくりを通じて化学肥料・農薬の使用等による環境負荷の低減に配慮した持続的な農業」を環境保全型農業として位置付け、全国的に推進した。また1999年には、この新政策をベースとした新たな農政「食料・農業・農村基本法」が制定された。多面的機能の発揮や農業の持続的発展、農村の振興が同法に位置づけられるとともに、農産漁村及び中山間地域等の振興に関する総合的な政策の企画・立案・推進が行われた。情勢の変化に対応するべく5年ごとに変更することとされており、直近では令和2年に新たな計画が閣議決定された。その後、2020年には「みどりの食料システム戦略」の検討が開始され、翌年には中間とりまとめが公表された。同戦略は、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させるため、中長期的な観点から戦略的に取り組む政策方針として策定された。調達、生産、加工・流通、消費のサプライチェーン全体について、労力軽減・生産性向上、地域資源の最大活用、脱炭素化(温暖化防止)、化学農薬・化学肥料の低減、生物多様性の保全・再生を目指す。その際、①2040年までに、革新的な技術・生産体系を順次開発、②2050年までに、革新的な技術・生産体系の開発を踏まえ、今後、「政策手法のグリーン化」を推進し、その社会実装を実現、という2段階の目標を掲げている。2050年までに目指す姿として具体的な数値目標も掲げられており、化学農薬の使用量を50%低減、農林水産業のCO₂ゼロエミッション化の実現等が示されている。特に生産に関しては、イノベーション等による持続的生産体制の構築を主題とし、以下6つの行動目標を掲げている。それは、①高い生産性と両立する持続的生産体系への転換、②機械の電化・水素化、資材のグリーン化、③地球にやさしいスーパー品種等の開発・普及、④農地・森林・海洋への炭素の長期・大量貯蔵、⑤労働安全性・労働生産性の向上と生産者のすそ野の拡大、⑥水産資源の適切な管理、である。これらの目標を達成するために期待される取組・技術の一つとして、ス

マート農業が挙げられている。みどりの食料システム戦略によりもたらされる効果として経済・社会・環境の3視点から捉えている。経済面は持続的な産業基盤の構築、社会面では国民の豊かな食生活と地域の雇用・所得増大、環境面では将来にわたり安心して暮らせる地球環境の継承である。また、確立した食料システムを国際的に打ち出し、食料分野における日本のプレゼンスを高めていく狙いもあると考えられる。

第3節 日本の農業の課題

上述のように、国内外で持続可能な農業を実現するべく取り組みが急がれている。このように農業生産の持続可能性が求められている背景には、従来の農業が多方面で課題を引き起こしてきたからであると考えられる。特に日本国内ではどのような課題が存在しているのか、以下にまとめていく。

梶原(2016)は、日本農業生産の現状課題について、以下5つを指摘している。1つ目は、耕地面積の減少である。日本の耕地面積は、1960年から総面積としては減少し続けている。耕地の荒廃、宅地への転用等が原因であると考えられる。その中でも耕作放棄地の増加が目立ち、耕地面積に占める耕作放棄地の割合も増加している。2つ目は、農作物作付け面積の減少である。農作物作付け延べ面積は、1960年代から2013年の間にほぼ半減している。耕地面積の減少ならびに耕地利用率の低下は、日本農業における耕地利用の劣弱性を示している。3つ目は、農業産出額の減少である。1990年を境に農産物の輸入自由化と国内需要の低迷のため減少傾向となり、1990年は11.5兆円であったのに対し2013年には8.5兆円となっている。4つ目は、食糧自給率の低下である。日本の食糧自給率は他の先進諸国と比較して低く、食糧自給の増大は国民的課題となっている。5つ目は、農業従事者の減少と高齢化である。農業経営体の推移をみると、農家数は1960年は606万戸であったが、2014年には141万戸に減少しており、専業農家数も208万戸から41万戸に減少している。農業就業人口も減少しており、1960年には1454万人であったが、2014年までには227万人までに減少している。農業就業者の高齢化も大きな問題であり、農業就業人口に占める65歳以上の割合は、1970年には17.8%であったが、2014年には63.7%と大幅に増加している。

佐々木(2018)は、日本農業と環境の関係性について、OECDの「農業環境指標」によって概要を把握し、①地球温暖化、②生物多様性、③エネルギー、④水質、⑤景観という日本の農業環境上関心が高いテーマについて言及している。ここでは、日本における農業環境の現状が他のOECD諸国と比較して決して良好な水準にないことを示している。①について、農業部門からの温室効果ガス排出削減は世界的な課題となっているにも関わらず、日本は単位面積当たりの平均的な排出量は他国と比較して高いため、無視できない課題である。②に関して、農林水産省の生物多様性にかかわる総合的な戦略として取りまとめられた「農林水産省生物多様性戦略」の冒頭でも、農林水産業と生物多様性の関係性について言及されている。しかし、昨今では農業従事者の高齢化等による農林水産業による地域の環境への働きかけの減少のために、今後生態系サービスが十分に供給されるかどうか懸念されている。③に関して、日本はエネルギー生産性に関してOECD全体の生産性の平均値を下回っており、エネルギー効率の良い農業活動が行われているとは言い難い。④に関して、ヘクタール当たりの余剰窒素収支、余剰リン量はいずれも日本は高い値であり、水質汚染リスクが高い。また、気温や降水量や農耕形態等様々な要因が影響するため、農薬使用量が多いからといって直ちに環境負荷が高いことを示すわけではないものの、単位農地面積当たりの農薬販売量に換算すると、OECD加盟国の中では韓国について2番目に大きい。⑤に関して、農業景観は日本における農業の多面的機能を論じる際に重要な要素として言及されることが多い。しかしながら、水田、棚田面積が減少している現状を鑑みると、農業農村景観保全や改善のための農業環境政策の整備が必ずしも積極的になされているとは言い難い。

注

(1) 農林水産省「環境保全型農業関連情報」https://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/hozen_type/

(最終閲覧日:2022年12月16日)

(2) 国連食料システムサミットの説明は、農畜産業振興機構「国連食料システムサミットの概要～持続可能な食料システムへの変革～」(https://www.alic.go.jp/joho-c/joho05_001912.html)を参考にしている。

(最終閲覧日:2022年12月16日)

第3章 スマート農業について

第1節 スマート農業の定義と意義

北嶋(2017)によると、日本において検索により「スマート農業」という言葉が最初に登場したのは2011年である。スマート農業の考え方は経済産業省が2011年に公表した「産業構造審議会情報経済分科会中間とりまとめ」において示されている。検索性数が急激に増加し始めるのは2014年以降であり、その背景には2013年に策定された「世界最先端IT国家創造宣言」等の影響があると考えられる。また、2014年3月に農林水産省が公表した『「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』によって、「スマート農業」の概念が整理され、この発表によって、「スマート農業」の考え方がより広く普及し始めたものと考えられる。そのとりまとめの中では、スマート農業は「ロボット技術やICT等の先端技術を活用し、超省力化や高品質生産等を可能にする新たな農業」であると定義されている。また、スマート農業の実現によってもたらされる新たな農業の姿を以下5つに整理している。それは、①超省力・大規模生産を実現、②作物の能力を最大限に発揮、③きつい作業、危険な作業から解放、④誰もが取り組みやすい農業を実現、⑤消費者・実需者に安心と信頼を提供、である。農林水産省が公表した「平成30年度 食糧・農業・農村白書」の中でも、「スマート農業とは、ロボット、AI、IoT、ドローン等の先端技術と、我が国で培われてきた農業技術を組み合わせる新たな農業であり、生産性の向上や規模拡大、作物の品質向上、新規就農者等への技術の継承、高度な農業経営を実現しようとするものである」と同様な定義がなされている。スマート農業には、生産性の向上や農産物の高品質化、高付加価値化をもたらす次世代型農業として高い期待が寄せられてきた。農林水産省の「食料・農業・農村基本計画」では、日本農業の活性化のカギとしてスマート農業が位置づけられており、農業者からの期待も高まっている。以上を踏まえ、本論文ではスマート農業を「先端技術を活用した、従来の農業がもたらす課題を解決するための新たな農法」と定義する。

これまで、日本では主に超省力化や高品質生産等を主な目的としてスマート農業が進められてきた。農林水産省が2018年に公表した「スマート農業の社会実装に向けた取組について」の中で、スマート農業を推進すべき意義として、「先端技術の積極的な活用により、農業現場に画期的なイノベーションが生じ、生産コストの大幅削減や農産物の高付加価値化が促進され飛躍的な生産性の向上が期待(p. 2)」され、また「ロボット技術やAI等の活用により農作業の省力化・自動化や、熟練者のノウハウを見える化し、農業の高齢化の進行等による労働力不足を解消して、次世代への技術の継承を行うことが可能(p. 2)」になると述べられている。しかし近年では、持続可能な農業の実現、環境面での貢献も期待されている。上述した農林水産省の「みどりの食料システム戦略」では、持続的生産体制の構築の実現に向け期待される取組・技術としてスマート農業によるピンポイント農薬散布、次世代総合的病害虫管理、土壌・生育データに基づく施肥管理等が挙げられている。既に実証実験も行われており、例えば自動走行技術を用いた農機により作業負担を減らすだけでなく、作業のムラを減らし省エネや農薬・肥料散布量の低減に貢献している。これが、本論文内で目指すスマート農業の姿である。効率性や生産性だけでなく、環境性にも貢献する農法として普及させていくことで、従来の農業がもたらした課題を解決し、持続可能性を実現することができると考える。

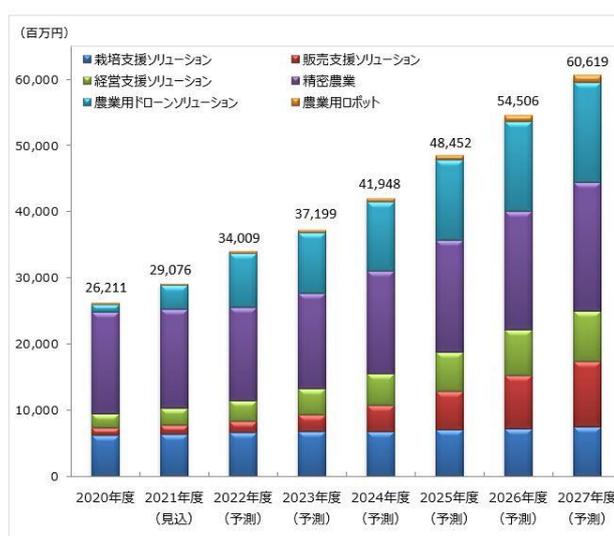
第2節 スマート農業に関する日本の動向

日本におけるスマート農業は、主に政策を中心に実行されている。農林水産省は、スマート農業の実現に向け、ロボット技術利用で先行する企業やIT企業等の協力のもと2013年に「スマート農業の実現に向けた研究会⁽¹⁾」を立ち上げ、推進方策等について検討を行っている。検討事項としては、スマート農業の将来像と実現に向けたロードマップ、ロボット技術安全性確保策、ロボット技術・ICTの活用に係る公的研究機関や異分野の民間企業等の連携が挙げられている。企業からは、クボタ、トヨタ自動車、富士通などの企業が多数参加している。また2019年には、農林水産省が中心となり「スマート農業実証プロジェクト」が開始されている。当プログラムは、スマート農業の社会実装を加速させていくべく、技術を実際に生

産現場に導入し、技術実証を行うとともに、技術の導入による経営への効果を明らかにすることを目的としている。令和元年の開始以降、これまでに全国205地区において実証を行っている。令和元年に行われたプロジェクトは全69地区で実施され、農林水産省によってその検証結果も報告されている。その報告内容によると、ほぼ全ての地区で労働時間の削減が見られた。また、非熟練者にも熟練者と同様の作業を行うことを可能にすることで、就農者の幅を広げる効果もあった。さらに、経営面の効果の他にも、一尾の地区においては、平均収量を維持しつつ肥料費を削減するなど、より持続可能な農業生産に貢献する効果も見られた。一方、ロボットトラクタ等の導入による機械費の増加や、温度管理等のための化石燃料への依存などが散見された。今後はプロジェクトを通して露呈した課題に対して対策を行っていくことが求められている。

矢野経済研究所は2021年に、国内のスマート農業に関する調査を行い、市場規模、参入企業の動向、またそれらを踏まえた上での将来展望を明らかにした。その結果は、以下の図のとおりである。

図表3-1 スマート農業国内市場規模推移と予測



注1. 事業者売上高ベース
 注2. 市場規模には農業向けPOSシステム、農機・ドローンなどのハードウェア本体は含まれていない
 注3. 2021年度は見込値、2022年度以降は予測値

出所: 矢野経済研究所「スマート農業に関する調査を実施」(2021年10月7日)より
https://www.yano.co.jp/press-release/show/press_id/2820

この図を見ると、スマート農業の国内における市場規模は年々拡大していく予測ができ、特に農業用ドローンソリューションや経営支援、販売支援ソリューションが大きく伸びていく可能性があることが見受けられる。

第3節 スマート農業の課題

姫野(2017)は、スマート農業の課題として①製品・サービスのコストが高いこと、②就農者のICTリテラシーが不足していること、③(スマート農業を受け入れる)日本農業の市場自体が縮小していること、を挙げている。①に関して、製品やサービスが高価であり、購入・導入できる生産者が限定的になってしまい、小規模農家にまで行き届かない可能性がある。②に関して、特に高齢の就農者にとって、ICT機器の利用が障害となる場合がある。③に関して、就農者の減少や高齢化に伴い、日本の農業市場そのものが縮小しているため、その中でスマート農業の市場拡大を行う必要がある。また、天野(2014)は、スマート農業推進における課題として、①コスト面の問題、②機械・システムの導入・改修・保守等の作業、③サポート体制の強化、④ICTにおけるセキュリティの確保、⑤ロボットにおける安全性の確保、⑥データの標準化、

を挙げている。①に関して、スマート農業は発展途上なため費用対効果の見通しが不透明であり、導入を躊躇することに繋がる。また、機械の導入資金の調達が困難であったり、産業規模が小さいため規模の経済が働きにくく機械の価格が下がりにくいといった懸念点も見られる。②に関して、スマート農業は多くの機械やシステム等を用いるため、その改修作業や保守作業等が増加し本来の農作業に支障を与える可能性が懸念される。③に関して、農林水産省が2012年に行った「農業分野におけるIT利活用に関する意識・意向調査結果」では、農業者が求めるITの利活用を促進するための取組として「地域において農業分野におけるIT利活用に精通したサポート人材の充実」の割合が60.2%と最も高くなっている。この結果から、農業者はサポート体制の強化を求めていると考えられる。④に関して、農業分野におけるネットワークやクラウドの活用が進むにつれて、情報漏洩等のセキュリティリスクに備える必要が出てくるだろう。⑤に関して、農業用ロボットの実用化には安全技術の開発、安全性を評価する仕組みの構築、安全基準の策定・規格化が必要である。⑥に関して、農業関連データの利活用を進めるにはその標準化を進め利便性を高める必要がある。さらに、川野(2016)は、スマート農業技術を大規模農家だけにとどまらず小規模農家や新規参入者・企業まで広く普及させるためには、①システムや機器のプラットフォーム(共有)化による低コスト化、②IT機器に不慣れな高齢者や新規参入者へのIT教育体制の構築によるITリテラシーの向上、③各農業経営体が収集したデータの共有化や篤農家が有する匠の技の数値化・マニュアル化による伝承、が課題となると述べている。

農林水産省が2021年に公表した「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」の中で、スマート農業に対する農業従事者の意識調査の結果が述べられている。最初に、営農管理の方法について、営農管理システム以外の活用により営農管理を行っている者において、営農管理システムを活用する以降については「活用する意向がある」と回答した割合が51.8%、「活用する意向はない」が45.8%であった。また、活用する意向がない者において、その理由については「営農管理システムを利用する必要がないから(現状の方法で十分だから)」と回答した割合が51.2%と最も高く、次いで「自分の営農管理にどのように利用すればよいか分からない」(36.8%)、「使い方が難しそうだから」(35.5%)の順であった。次にスマート農機の営農への活用について、「活用していない」と回答した割合が84.9%と最も高く、次いで「活用している(共同利用やレンタルを含む)」(12.0%)、「自ら保有はしていないが、委託先が活用している」(1.8%)の順であった。

また、農林水産省は、2022年に「農業分野における環境問題に関する意識調査(農業分野の地乳温暖化緩和策に関する意識・意向調査結果)」を公表した。等調査によると、農業者(2776人)に対して、「農地での温室効果ガス排出・吸収が起きていることを知っていたか」という質問に対し、「知らなかった」と回答した割合が64.5%であった。また同様の質問を消費者(1000人)に対して行ったところ、知らなかったと回答した割合は73.3%であった。また、市区町村(1295地区)に対しても同様の質問を行ったところ、「知っていた」と回答した割合は69.4%と他のセクターと比較して高い値であった。しかし、「農地での温室効果ガス排出削減の取組に対して予算的支援を行っているか」という質問に対しては「現在何もしておらず、今後行う予定はない」と回答した割合が77.1%に及んだ。その理由として、「温室効果ガス削減の取組を行いたいという農業者がいない」という回答が70.2%で一番高い結果となった。

以上2つの調査結果から、農業従事者の環境に対する意識は高いとは言えず、またスマート農業の導入に対しても、利用方法が分からない等の理由で消極的な傾向があることが見受けられる。

注

(1) 農林水産省「スマート農業の実現に向けた研究会」https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kihyo03/gityo/g_smart_nougyo/

(最終閲覧日:2022年12月16日)

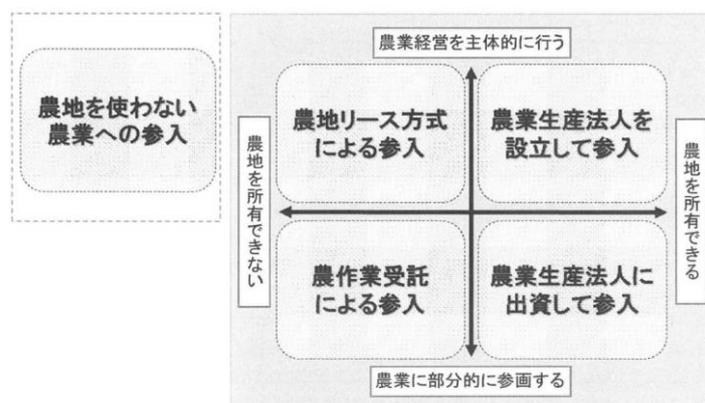
第4章 企業の農業参入

第1節 日本企業の農業参入

(1) 企業の参入形態

企業が農業生産分野に参入する際、その企業が元々農業関連事業を行っているとは限らず、異分野から進出するケースもある。また、その目的はそれぞれ異なるため、企業は様々な参入形態の中から目的達成に一番近道な方法を選択する。渋谷(2014)は、農地法をもとに一般企業の農業分野への参入方式を以下の図のように5つに分類している。

図表4-1 農業参入企業の種類



出所:渋谷(2014)p. 2より

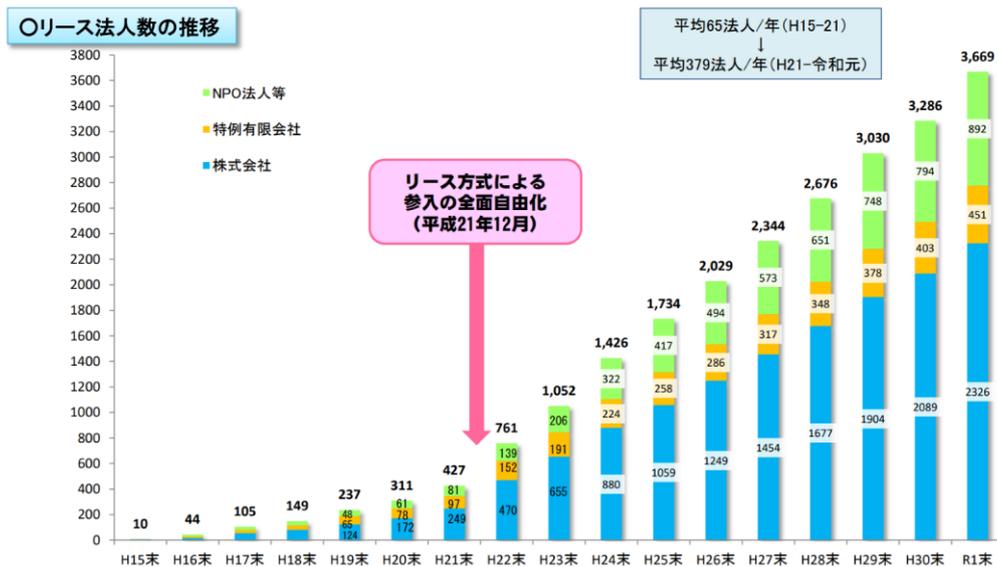
農地所有の有無、農業経営への関与という2つの軸をもとに4つに分類し、さらに施設栽培等農地法の対象外となる農法を「農地を使わない農業への参入」としている。

しかし、近年では農業生産に直接的に関わる形態だけでなく、支援という形で参入する企業も見られる。農林水産省は「農業支援サービス事業」として紹介し、農業支援サービスとは「農業現場における作業代行やスマート農業技術の有効活用による生産性向上支援等、農業者に対してサービスを提供することで対価を得る業種のことをいい、データ分析やドローン散布等の作業受託、農業機械のシェアリング、農業現場への人材供給等、農業を支援するサービスのこと」であると述べている⁽¹⁾。農林水産省は令和3年に「農業支援サービス提供事業者が提供する情報の表示の共通化に関するガイドライン」を策定し、農業者等が各種農業支援サービスを比較・選択できる環境の整備に取り組んでいる。また、トーマツ農林水産業ビジネス推進室は、2013年に実施した「農業ビジネス実態調査」の結果から、「これまで、農業ビジネスと言えば、農家による生産から流通・販売に至るバリューチェーンでの事業を指していた。しかし、近年では農業の持つ多面的機能や新たに認識された機会(農作業によるリハビリ効果、ビッグデータの活用等)に着目した関連分野への進出が増えている。関連分野では、これまで農業とは関係のなかった企業が「農業」の持つ潜在的可能性に着目し、「〇〇事業×農業」から新たなビジネスの機会が生まれている。⁽²⁾」と述べている。これまでは農業参入企業と言えば農業生産を直接的に行う企業を指していたが、近年はより広範囲におけるビジネスを指すと考えられる。

(2) 企業参入の現状

施設園芸等農地取得の必要がない事業については一般企業の直接的な農業参入が可能である。一方、農地を利用して農業経営を行うリース法人は、農地法により制約があったものの、平成21年の農地法改正によりリース方式による参入が全面解禁となった。これをきっかけに、1年あたりの平均参入法人数は、改正前の約5倍のペースで増加しており、令和2年ではおよそ4000法人に及んでいる。

図表4-2 リース法人数の推移



出所:農林水産省(2021)「リース法人の農業参入の動向」より

https://www.maff.go.jp/j/keiei/koukai/sannyu/attach/pdf/kigyuu_sannyu-2.pdf

また、このように企業が農業の担い手として期待されるようになった背景には農業者の高齢化や農村の過疎化にともなう農業の担い手不足があるとも考えられる。一方、企業の農業参入目的は単に地域貢献にとどまらず、経営の多角化、本業製品の付加価値化・差別化、雇用対策、原材料の安定的な確保といった狙いもある。

第2節 他分野企業が農業に参入することの意義

農林水産省はHPの中で、農商工連携について、各地域の特色ある農林水産物、美しい景観などの資源を有効に活用するため、農林漁業者と商工業者がお互いの技術やノウハウを持ち寄り新しい商品やサービスの開発、提供に取り組むものである⁽³⁾と説明している。また内閣府が2009年に公表した「地域の経済2009」の中でも、農業と他産業との連携の広がりについて以下のように述べられている。日本の農業は、農業従事者の減少と高齢化が進行し、担い手不足の課題を抱えている。また、担い手不足等によって耕作放棄地も増加傾向にあり、農業の活力低下が見られる。こうした課題を抱える農業ではあるが、他産業との連携や異業種からの新規参入によって、活性化に向けた動きも広がりつつある。農業分野の活性化に向けて、地域経済の主要な担い手である農林漁業者と中小企業者が、互いの経営資源を持ち寄り連携することで、新たな製品やサービスを開発し、新しい付加価値を創り出そうとする「農商工連携」の取組が各地域で広がっている。商工業者の中には、これまでの独自のノウハウや技術を活かせる新たなビジネスチャンスとして、地域農業との連携を捉える事業者も増えている。農商工連携の取組を支援するため、「農商工等連携促進法」(2008年7月施行)が策定され、農商工連携に取り組もうとする農林漁業者と中小企業者が共同で行う新商品・新サービスの開発、販路拡大等の事業計画が国の認定を受けた場合、認証を受けた事業者に対して、信用保証協会の信用保証枠の拡大、日本政策金融公庫による低利融資、設備投資減税等の支援も講じられている。

このように、農業分野に他分野企業が参入することは、現状で農業が抱える課題の解決に貢献しうだけでなく、参入企業にとってもこれまでの技術やノウハウを生かした新たなビジネスを展開することができるという点で両者にメリットがあると考えられる。本論文では、農業参入企業の中でも特に「農業生産を技術等によって支援する企業」を主体として考える。

注

(1) 農林水産省「農業支援サービス関係情報」<https://www.maff.go.jp/j/seisan/sien/sizai/service.html>
(最終閲覧日:2022年12月16日)

(2) デロイトトーマツ「調査レポート 農業関連分野企業参入の実態」
<https://www2.deloitte.com/jp/ja/pages/consumer-business/articles/ag/agribusiness-entry.html> (最終
閲覧日:2022年12月16日)

(3) 農林水産省「はじめよう！農商工連携！！」
<https://www.maff.go.jp/j/shokusan/sanki/nosyoko/>
(最終閲覧日:2022年12月16日)

第5章 実態調査

第1節 問題提起

現状のスマート農業に関する政策の多くは、生産性や効率性の向上を第一の目的として推進されている。農林水産省が公表した『平成30年度 食糧・農業・農村白書』の中でも、スマート農業は、先端技術と日本で培われてきた農業技術を組み合わせた新たな農業であり、生産性の向上や規模拡大、作物の品質向上、新規就農者等への技術の継承、高度な農業経営を実現しようとするものと定義されており、環境面に関することは含まれていない。2014年3月に農林水産省が発表した『「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』でも、スマート農業の実現によってもたらされる新たな農業の姿としては超省力や多収・高品質生産等の実現であり、同様にスマート農業を実現することによる環境への影響はほとんど視野に入れられていない。上述したスマート農業実証プロジェクトにおいても、労働時間の削減や農作物の増産等が主な効果として挙げられた。一部肥料費の削減など環境に関する効果も見られたが、付随的な効果として位置づけられている。

しかし、環境面の課題を克服しなければ持続可能な農業を実現することはできない。宮崎(1991)は、農業は、自然生態系を破壊する側面をもつ。耕作のための裸地化は自然の改変であり、収穫による搬出は物質の循環を阻害している。過剰耕作による地力低下や土壤荒廃、裸地化による土壤侵食、過放牧による植生の破壊等も、農業の環境破壊的側面である、と述べている。実際、下図のように、農業生産活動はあらゆる面で環境負荷を引き起こしている。

図表5-1 農業生産活動別の主な環境へのリスク

○農業生産活動別の主な環境リスク

主な農作業	河川・湖沼・地下水・海域	大気・温暖化・オゾン層	土壌・生態系
施肥	○過剰な施肥による水質汚濁・富栄養化	○肥料成分由来の温室効果ガス(一酸化二窒素)の発生	○品質が不良な肥料の使用による重金属の蓄積のおそれ ○化学肥料への依存による土壌の劣化
防除	○不適切な農薬使用による水質への影響のおそれ	○土壤消毒用臭化メチルによるオゾン層の破壊	○不適切な農薬使用による周辺自然生態系への影響のおそれ
かんがい	○水田代かき用水の排出などによる水質汚濁・富栄養化		
農業機械・加温設備等		○化石燃料の使用による温室効果ガス(二酸化炭素)の発生	○農業機械作業による土壌の鎮圧
プラスチック資材等		○野焼きなどによる有害物質の発生	○不適切な埋立などによる生態系の攪乱
家畜飼養	○畜舎からの排水、家畜排せつ物の不適切な処理などによる水質汚濁・富栄養化	○悪臭など ○反すう動物の消化管内発酵による温室効果ガス(メタン)の発生	
ほ場管理	○土壌粒子の流亡などによる水質汚濁・富栄養化	○水田土壌等からの温室効果ガス(メタン)の発生	

出所:農林水産省(2004)「農業生産活動に伴う環境影響について」(資料3)(p.2)より

https://www.maff.go.jp/j/council/seisaku/kikaku/bukai/10/pdf/h160514_03_siryu.pdf

スマート農業は生産性や効率性の向上に効果があることは実証により明らかになっているが、環境負荷軽減に対しても貢献しうる形で推進していく必要がある。OECDが公表している「日本農業のイノベーション、生産性及び持続可能性」の中でも、農業分野のイノベーションには新技術を採用するための幅広いスキルが必要であり、デジタル技術に関するスキルがより求められていると記述されている。同様に、OECDが2019年に発表した『OECD政策レビュー・日本農業のイノベーション:生産性と持続可能性の向上をめざして』でも、「農業におけるイノベーションは他産業で開発された技術への依存度を高めている。

イノベーションは、様々な関係者の間で双方向性の高いプロセスになっている。農業イノベーションシステムをより需要主導的なものに転換し、より効率的に革新的な解決策を創出できるかが課題」であると述べている。日本の農業生産体制を変化させ持続可能な農業を実現させるには、技術を用いたスマート農業の推進が一つの手であると考えられている。

以上の内容を踏まえ、問題提起を「スマート農業を持続可能な農業の実現のための農法として広めるために、企業は何ができるか」とする。問題提起を明らかにするためのRQとして、RQ1を「スマート農業の現状の課題を解決し、普及率を向上させるために企業はどのような取組が必要か」とし、RQ2を「スマート農業を普及させたいうえで、持続可能な農法として確立させていくために企業ができることは何か」とする。

第2節 RQ1「スマート農業の現状の課題を解決し、普及率を向上させるために企業はどのような取組が必要か」

(1) スマート農業の課題の整理

現状のスマート農業が抱える課題をここで改めて整理する。主な課題を1)～10)で以下にまとめた。

1) 姫野(2017)はスマート農業の製品やサービスが高価であり、購入できる農業生産者が限定的であるという現状があると指摘する。この原因について天野(2014)は、経済性を評価する仕組みが整っていないこと、スマート農業市場が小さく規模の経済が働きにくいこと、農業機械の価格が下がりにくいことの2点を述べている。さらに導入費用に加え、改修・保守等のコストも生産者の負担となる。特に、投資余力が限られている小規模農家にとっては大きな負担となる。

2) スマート農業では最新のテクノロジーを用いる機械を利活用する必要があるため、それを使いこなせるほどの知識や技術を身に付けることが求められる。しかし、現状では就農者のITリテラシーは十分とは言えないのが現状である。上述したように、農林水産省が2021年に行った「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」では、営農管理システムを現在使用しておらず今後も活用する意向がない理由として、「自分の営農管理にどのように利用すればよいかわからない」「使い方が難しそうだから」と回答したのが72.3%であった。このことから、スマート技術に対しての知識不足が導入を妨げていることが分かる。特に、農業従事者の高齢化が進行する現状において、どのように正しい知識や技術を普及させていくかは早急な課題であると言える。

3) 就農者の減少や高齢化に伴い、日本の農業市場自体が縮小しているという課題がある。基幹的農業従事者は平成7年から31年の24年間で約81万人減少し、平均年齢も59.6歳から67.0歳へと上昇しており、高齢化が進んでいることが分かる。また、農地面積に関しても、荒廃農地の発生や宅地等への転用等により、減少が続いている。そもそも市場が拡大しないとスマート農業の普及も活発化していかないため、農業を収益性の高い産業へと変革させていくことが求められる。

4) スマート農業は多くの農業機械、センサー、システム等をICTによって相互連携させることで、高度な機能を提供するものである(天野,2014)。そのため、従来の農作業に加えて新たな作業が伴う可能性がある。機械等の導入、改修作業、故障等に伴う保守作業などが本来の農作業の負担にならないように工夫する必要がある。

5) スマート農業の普及に伴いネットワークやクラウドの活用が進んでいくが、これらにはセキュリティリスクが必ず伴う。特に将来的にAI農業が実現し、熟練農家の技術を取り込むことができた場合、こうした技術は知的財産であり、その管理手法を構築し、制度的にも守っていく必要があるだろう。

6) 天野(2014)は、特に農業用ロボットの実用化に向けては、安全技術の開発、安全性を評価する仕組みの構築、安全基準の策定・規格化が必要であると指摘している。農林水産省の平成27年度予算概算要求の「農林水産業におけるロボット革命の実現に向けた導入実証事業」では、ロボットの安全性の確保等の課題解決、標準化すべき規格や安全性の確保のためのルールづくり等に関する検討を支援するとしている。こうした実証事業を通じて、農業用ロボットの安全性が担保され、その市場形成が図られるとともに、国民のコンセンサスが形成されることが望まれる。

7) 農業関連データの利活用は他分野と比較して遅れをとっている。農業関連サービスを提供する民間企業の増加等により今後拡大が期待できるが、個々の企業が自社のシステムにおいて、独自の方法でデータを取り扱った場合、相互運用性及可搬性が犠牲になり、データ利活用の拡大が阻害される恐れがある。農業関連データの利活用を図るうえで、「世界最先端IT国家創造宣言」と「農業情報創成・流通促進戦略」で打ち出されたデータ利活用の基本方針である「相互運用性/移植性」と「可搬性/自主運用性」の確保が重要であり、今後策定される見通しの「農業情報創成・流通促進戦略」に基づくガイドラインを通じ、データ標準化の推進を図る必要がある(天野,2014)。

8) スマート農業で利用される機械は数多くの企業が開発しているため、違うメーカーの機械同士では互換性が低いケースがある。現状では農作業ごとにばらばらに機械の開発が進んでいるため、今後はメーカーによる規格の統一や、トータルサポートを担う存在が期待される。

9) 日本の農家は耕作面積が小さいケースも多く、現状の農業機械等は小規模な農作業に適さないという指摘もある。また、日本は地域ごとに生産している作物の種類が多く、一つの作物に対して位は最適な機械やサービスであっても、他の作物には転用できない場合もある。

10) 日本の消費者間におけるスマート農業の認知度が低く、スマート農業で生産した農産物であっても付加価値を付けることができないという課題がある。井上(2021)が行った消費者のスマート農業に対する認知度に関するアンケート調査によると、半数以上がスマート農業について「聞いたこともなかった」と回答しており、内容まで知っていた回答者は10%未満にとどまることから、現状では認知度が低いことが伺える。また、スマート農業への知識がある人ほど、ドローンで生産された農産物への抵抗感がないことが明らかとなり、正確な情報を提供しなければスマート農業に対してネガティブなイメージを抱きかねないことが示唆された。

(2) 課題選定

(1) で、スマート農業を推進していく際の課題について述べてきたが、これをセクターごと(農業従事者、農業分野参入企業、その他)にまとめた。まず農業従事者の課題としては、①コストがかかる、②ITリテラシーが不足している、③農業分野でのIT活用に需要を感じていない、である。次に農業分野参入企業の課題としては、①使いやすく安価な機械・システム等の開発が発展途上である、②販路開拓が難しい、③農業者のニーズに対応しきれていない、である。その他の課題としては、①日本の農業市場自体が縮小している、②「情報漏洩等のセキュリティリスクに対する対策が不十分である、③安全性の確保が不十分である、④農業関連データの標準化が不十分である、⑤IT導入による効果が不透明である、⑤消費者や流通業者のスマート農業に対する認知度が低い、である。

以上のように農業従事者が抱える課題、農業分野参入企業が抱える課題、その他考えられる課題に分類した。その中でも、本論文では特に農業従事者が抱える課題について追求していきたい。理由は、そもそも現状において農業従事者のスマート農業に対する意識が低いため、それを改善していかないことにはスマート農業の普及は見込めないからである。農林水産省が2021年に公表した「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」では、「営農管理システムを活用する意向があるか」という問いに対し「活用する意向がある」と回答したのは51.8%と半数に留まっており、広く普及させていくには未だ改善の余地があることが分かる。国際大学グローバル・コミュニケーションセンターが2019年に公表した「調査研究報告書 農業へのIT導入障壁の特定とIT促進施策・人材供給施策の提案」の中でも、現状として農業従事者のIT普及に対する意識は農業IT事業者と比較して低いため、農業従事者にIT導入の効果を正しく啓発し、今農業従事者が感じている課題の解消にも繋がるということを示すことが、農業へのIT導入のハードルを下げることに繋がると述べられている。

また、農業従事者の抱える課題の中でも、特に①コストがかかる、②ITリテラシーが不足している、の2点について検討していきたい。理由としては、このような農業従事者が抱えているスマート農業に対する

イメージを変え、魅力的な農法として変化させていくことで需要の増加に繋がると考えるからである。上と同様の農林水産省の調査結果によると、営農管理システムを活用する意向が無い者において、その理由として「自分の営農管理にどのように利用すればよいかわからない」「使い方が難しそうだから」「利用料が高いから」が挙げられている。実際に社会実装していくためには、このような懸念点を払拭し新たな対策を講じる必要がある。

以上を踏まえ、本論文では、スマート農業における農業従事者が抱える課題に着目し、それらを解決するための取組を企業視点で明らかにしていく。

(3) 施策事例

(2)で述べた課題について、一つずつさらに原因を深掘りし、それに効果的であると思われる施策事例を取り上げていく。原因の深掘りについては、農林水産省が2021年に公表した「スマート農業実証プロジェクトによる実証成果(中間報告)」等をもとにしていく。

①コストがかかる

「コストがかかる」ことの原因としては、スマート技術の導入面積が狭く、また機械費用等が高価なことであると考えられる。「スマート農業実証プロジェクト」によると、実証実験を行った畑作、露地野菜、施設園芸、果樹、地域作物の5つの営農類型のうち、畑作、露地野菜、果樹、地域作物の4つは過年度と比較して利益が減少する結果となった。これは、機械等の導入に伴う機械費用の増加により支出が増加したことによるものであると考えられる。また、スマート農機の導入面積が経営面積の一部に限られたことから面積当たりの機械費が大幅に増加し、支出が増加した。一方で、営農類型のうち施設園芸においては収入が増加している。スマート農業技術を導入したことにより機械・施設費は増加しているものの、施設園芸において課題とされていた温度・湿度管理が技術によって改善したことにより収量が大幅に増加した。そのため、利益が過年度と比較して16%増加する結果となった。

コストがかかるという課題を克服するには、スマート機器等を導入する際の支出を収益が上回る必要があると考えられる。これに効果的な施策事例として、以下2つを挙げる。

施策1) スマート農業技術のシェアリング(岡山県における広域シェアリング⁽¹⁾)

岡山県では、スマート農業加速化実証事業として、シェアリング(機械・技術の共同利用)に取り組んでいる。当活動では、近隣でのシェアリングは作業時期が競合するという課題も鑑み、南北約100キロメートル、標高差約500メートルでの広域で直進アシスト田植え機と食味・収量コンバインのシェアリングを行い、競合せずに稼働率を向上させ導入コストを低減させる取り組みを実証した。実証の効果としては、田植え機の稼働面積が約2.2倍、コンバインでは約1.8倍に向上し、それに伴って単位面積当たりの減価償却は大幅減少した。高価な機械を購入せずとも新技術を利用でき、広範囲でシェアリングを行うことで時期が被ることなく使用できるというメリットも見られた。一方、気象条件等によってスケジュール通りに作業が進まず複数台機械を準備する必要があること、機械の破損等への対応しなければいけないこと、機械の保管場所と保管費用が必要なことなどがデメリットとして挙げられた。

企業は、このようなデメリットを解消するために貢献することができる。実際に、inaho株式会社(以下、inaho)は、2019年に自動収穫ロボットのシェアリングビジネス、サブスクリプションサービスを開始している⁽²⁾。当企業は、自社製品である自動野菜収穫ロボットを初期費用およびメンテナンス費を完全無料で提供し、ロボットが収穫した量に応じて利用料を支払う仕組みとなっている。使用されたロボットのネットワークから情報を収集することができ、企業側としても大きなメリットを得ることができる。また、同社はシェアリングビジネスを行ってきた知見を生かし、シェアリングサービスを行いたい企業向けのコンサルティングも行っている。また、クボタは同様に「農機シェアリングサービス⁽³⁾」を行っている。同社が保有・管理する農機を会員登録した農業従事者が利用できるサービスであり、定期的なメンテナンスや保険が含まれるため利用しやすいといった特徴がある。inahoのサービスと異なる点としては、農機の移動、使用

後の清掃、給油等を利用者自身が行うことである。利用者の作業は増加するものの、利用料金を低価格に抑えることができ、また貸し借りの24時間対応が可能になるといったメリットがある。

このように、農業従事者は農機の管理やメンテナンスを気にすることなく、必要に応じてロボットを借りることができる。しかし、現状では企業の取り組みは自社による自社製品のシェアリングサービスが主流であり、複数の企業のスマート農機を一括で取り扱うようなサービスはほとんど見られなかった。自社製品だけでなく複数企業の製品をトータルで管理するサービスを行うことで、より地域や気象条件に応じた柔軟なシェアリングが可能になると考える。

施策2) ニーズ把握による技術開発

農林水産省は、2020年に公表した「スマート農業の社会実装に向けた具体的な取組」の中で、ニーズを踏まえた技術開発によって導入可能な価格での技術提供を目指していると述べている。現状として異なる地域、品目等への対応が課題であり、価格面を含め農業現場での利用までを想定した研究開発ができていない状況があると指摘している。その上で、農業者、企業、研究機関等様々なセクターが一つのチームとなり、現場実装を視野に生産者のニーズを踏まえ研究開発を実践することで確実に技術を社会実装していくことを目指している。具体的には、全国の農業従事者から生産現場の技術的課題を聴取し、その内容を踏まえ、農業者、企業、研究機関等のチームが開発、実証実験を行うといったものである。まだ当活動は始められたばかりであるため結果は出ていないものの、今後進めていくことで各地域・品目のニーズに応じた技術を開発することが可能になり、また価格面でも導入可能なものを提供していくことが可能になるだろう。

企業としては、このような場を活用することによって現場のニーズを把握し、価格面も考慮したうえで技術開発を行っていくことが求められる。例えば、北菱電機株式会社は現場のニーズを踏まえたうえで低価格で高品質な製品の提供を実現している⁽⁴⁾。当企業は水田管理用のAquaportを販売しており、稲作における水管理の自動化に貢献している。水管理に必要最低限の機能を付けることにより低価格化を実現し、さらに設置の際に工事をする必要がないため導入ハードルが低い。また、株式会社農業情報設計社は、自社の運転支援アプリと連動して直進運転をアシストする安価な直進・自動操舵装置を新たに開発した。従来の製品と違い、既存のトラクターに取り付けるだけであるため大幅な低価格化を実現した。

②ITリテラシーが不足している

「ITリテラシーが不足している」ことの原因としては、農業従事者の高齢化や、農業従事者がスマート農業に触れ合う機会が少ないことが挙げられる。農林水産省が2021年に公表した「農業を担う人材の育成・確保に向けて」では、基幹的農業従事者における65歳以上の割合は2003年では53.9%であったのに対し、年々増加し2020年では69.6%となっている。総務省が2016年に実施した「通信利用動向調査⁽⁵⁾」の中で、利用者の年齢階級別インターネット利用率が明らかになっている。2016年における20代の利用率は99.2%であるのに対し、60代は75.7%、70代は53.6%、80歳以上は23.4%という結果となっており、年齢が上がるにつれてインターネットの利用率が下がり、馴染みがなくなっているということが分かる。また、もう一つの原因であるスマート農業に触れ合う機会が少ないことについて、たとえ普段はIT利用者であったとしても農業分野で使いこなすことは容易ではない。上述した農林水産省の「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」でも、ITに対する知識不足や苦手意識が導入の障壁となっていることが分かった。農業従事者のITリテラシーを向上させる、またはリテラシー不足を補うために効果的な施策として以下に2つ述べていく。

施策1) 勉強会の実施

農林水産省が2018年に公表した「スマート農業の社会実装に向けた取組について」では、農業従事者と企業のマッチングミーティングの開催について言及されている。当ミーティングは、農業従事者と技術提供者である企業が直接対話を行う場を設けることで、技術導入等を促すことを目的として実施されている。2018年には2回開催され、参加者数は約600名、出展企業数は約100社に及んだ。企業は自社の技術を農業従事者に対しプレゼンテーションを行い、その後個別での説明や実機展示などを行った。この

ような専門的な技術に関する知識やノウハウを持つ人々と農業従事者との接点を多く作り、情報提供を行うことでリテラシーを高めることができる。また、実際に農場での技術指導を行うことも効果的であると考えられる。例えば、農業用ドローンを開発、販売しているXAG JAPAN株式会社は、バイエル クロップサイエンス株式会社と協業して開発したSoraNaviの使用法や操縦方法に関するレッスンを現場で行い、技能資格認定なども実行している。

施策2) ミドル人材の育成、派遣

農林水産省が2022年に公表した「今後のスマート農林水産業の推進施策の方向」では、スマート農業を担う人材に関して、研究者、営農指導者(JA)等の人材が支援チームを構成し農業従事者に対し技術的支援や情報発信を行う計画を行っている。そのチームに企業も参加し、研究開発等で培ったノウハウを発信していくことができると考えられる。また、知識を既に持っている企業が人材を派遣することも考えられる。実際、農業の人材派遣サービス事業を行う企業も見られ、技術者と生産者を繋ぐ架け橋の役割を果たしている。このように、企業は専門的技術に関する技術やノウハウを持つ人材を企業内から選出し、他の機関と協働しながら農業従事者に対し支援を行い、ITリテラシーを高めることに貢献することができる。

(4) 事例を受けての結論

(3)では、コストとITリテラシーという2つの課題を取り上げ、施策を検討した。コストに関しては、シェアリングサービスを推進することにより導入費用を抑えること、またニーズに合った製品開発を行うことにより余分な機能を省き、低価格で製品を提供することに繋げることの2点を挙げた。ITリテラシーに関しては、勉強会や現地での実証などによる指導を行ったり、専門技術の知識を持つ人材を派遣し情報提供等を行うことを挙げた。

以上により、RQ1「スマート農業の現状の課題を解決し、普及率を向上させるために企業はどのような取り組みが必要か」という問いに対しての解は「スマート機器等の導入にかかるコストを開発や提供段階で抑え、また企業が持つ技術力やノウハウを農業従事者に共有することにより、農業従事者がスマート農業を受け入れ易い環境を作る」とする。

第3節 RQ2「スマート農業を普及させたいうえで、持続可能な農法として確立させていくために企業ができることは何か」

(1) 調査方法

RQ2「スマート農業を普及させたいうえで、持続可能な農法として確立させていくために企業ができることは何か」を明らかにするため、現状把握を目的として企業を対象にアンケート調査(資料1)を行い、現在行っている取組内容や課題に感じていること、今後の展望等を回答していただいた。続く(2)で、その調査の内容を述べていく。

なお、調査方針は農林水産省が2022年に公表している「みどりの食料システム戦略におけるスマート農業の果たす役割」で言及されている「スマート農業の総合推進対策」の内容を参考にしている。等対策のポイントとして2点挙げられており、1つは産地ぐるみでの先端技術の現場実証、もう一つはスマート農業普及のための環境整備である。この2点をもとにスマート農業の社会実装の加速化を目指している。筆者が行うアンケート調査でも、社内における農業と環境への意識は前提としたうえで、以下2点を軸としてアンケートを実施した。1点目は、技術開発・実証実験についてである。技術開発の際に効率性、生産性と環境性をどのようにバランスを取っているのか、実証実験等のプロセスにおいてはどのようなセクターと協働しているのかを明らかにしていく。2点目は、環境整備としての農業従事者へのアプローチ方法についてである。現状では、農業従事者の農業と環境の関係に対する関心は低い。農林水産省が令和4年に公表した「農業分野の地球温暖化緩和策に関する意識・意向調査結果」によると、「農地での温室効果ガス排出・吸収が起きていることを知っていたか」という問いに対し「知っていた」と回答した農業者は35.

5%と、半数に満たなかった。また、農林水産省が同年に公表した「有機農業等の取り組みに関する意識・意向調査結果」によると、「有機農業に取り組む理由」に関して、「よりよい農産物を提供したい」「コスト低減」が上位にきている。このような結果から、農業従事者は農業が環境に与える影響を十分には理解しておらず、また環境保全型の農業に取り組んでいたとしてもあくまで品質や利益の確保が目的となっている場合が多いことが分かる。そのため、企業は農業従事者に適切なアプローチを実施し、スマート農業を普及させるための環境整備を行っていく必要がある。以上の2点をもとに、アンケートを作成した。アンケートでは、「技術開発・実証実験」、「環境整備としての農業従事者へのアプローチ方法」の段階においてどのような施策が効果的であるかを明らかにするために、これまでの施策で実際に効果が見られた施策、また現状で困難であると感じており今後改善していく必要があると感じている点等を記述していただいた。また同時に、社内意識の改革についても同様にこれまで実行してきた効果的な施策と今後改善すべき点をご回答いただいた。今回は合計8社の企業にアンケートにご協力いただいたが、その中でも、株式会社ナイルワークス、ニシム電子工業株式会社、バイエル クロップサイエンス株式会社の3社の取組を具体事例として以下で取り上げている。この3社の他にも非常に興味深い施策を行っていることが見受けられたが、本論文では特にRQ2を明らかにするうえでの視点となっている「技術開発・実証実験」、「環境整備としての農業従事者へのアプローチ方法」の2点に関して積極的に取組を行っている企業を挙げている。

(2) アンケート調査の内容

1) 株式会社ナイルワークス

株式会社ナイルワークス(以下、ナイルワークス)は、2015年に設立された企業であり、農業用ドローンの開発、製造、販売やデジタル農業・農業DXにおける技術開発、サービス提供を行っている。同社のHP上にあるサステナビリティページ⁽⁶⁾では、生態系を守りながら作物生産を持続していく工夫として、農業用ドローンを用いた化学農薬・化学肥料の使用量の減少を目指していると述べられている。アンケート調査によると、同社が企業活動の中で実際に注力している環境課題は土壌汚染による環境破壊・生態系の崩壊である。

ナイルワークスの活動の中で特筆すべき点は、農業従事者へのアプローチ方法である。同社は、自治体が推進するプロジェクトに参加することによって自社製品の認知度を広め、導入を促している。例えば、北海道美唄市が2020年から実施している「美唄市スマート農業加速化プロジェクト⁽⁷⁾」において、ナイルワークスは美唄市やJA、北海道空知農業改良普及センター、農業従事者等の関係機関とともに構成機関として参加している。同プロジェクトはドローン等のスマート農業技術を活用した営農体系を確立することを目的としており、ナイルワークスは農業用ドローンを提供、導入することで地域農業に貢献している。プロジェクト内での農業事業者との関わりとして、現場での実証実験や展示会・実演会等の機会が挙げられる。実証実験やドローンの展示会、実演会、試乗会を開催することで農業従事者との直接的な接点を作っている。その際、同社は農業用ドローンによる可変農薬散布、可変施肥(必要な箇所に必要な量を散布する)が効率性のみならず環境課題に貢献する旨を説明し、農業従事者の関心を得ている。このように、ナイルワークスは製品を生産して販売するだけでなく、利用する環境や仕組みまで構築することで、持続可能な農業を目指している。

また、ナイルワークスは上述したプロジェクトの他にも、農業従事者との接点としてスマート農業に関するイベントへの参加も行っている。例えば、2022年10月に開催された「第12回 農業week」に出展し、農業用ドローンや農業プラットフォーム「NileBank(ナイルバンク)」を公開した⁽⁸⁾。同イベントの来場対象者は農業法人や個人農家、農協、自治体、小売業者、農業参入検討企業など多数に渡り、農業従事者を含め様々な主体に対し自社製品を認知してもらうことができる。

2) ニシム電子工業株式会社

ニシム電子工業株式会社(以下、ニシム電子工業)は、1963年に設立された企業であり、主な事業内容としては電気通信機器、電気機器、衛生設備、計測機器の開発、製造、販売及び保守、また情報配信収集サービスの提供等幅広くビジネスを展開している。農業分野への参入は最近であり、農業向けITセンサー「MIHARAS(ミハラス)」が2017年にリリースされた⁽⁹⁾。ミハラスのプロダクトHPでは、見回り省力化、生産性向上の支援という目的の他に、SDGs達成への貢献も掲げている。具体的に、SDGsの17項目の中でも、13番の「温暖化する地球の環境計測をささえる」、15番の「人と動植物の共生をみまもる」等を重要課題として設定しており、環境面との両立も目指し農業分野に参入していることが見受けられる⁽¹⁰⁾。アンケート調査によると、同社は環境問題の中でも特に温室効果ガスによる地球温暖化や農薬の過剰散布による水質汚染等を課題に感じている。

ニシム電子工業の企業活動の中で特筆すべき点は、他セクターとの協働による新価値の創出やニーズ把握である。同社が提供している農業用センサーについては他企業とのデータ連携を行っており、一社だけでは実現することができない価値を農業従事者に提供している。データ連携がスマート農業の今後の課題の一つであるが、これはその解決に貢献している例であるとも考えられる。企業以外にも自治体や大学等との協働も進めており、全国で実証実験等が行われている。例えば、同社は兵庫県で行われている「豊岡市スマート農業プロジェクト⁽¹¹⁾⁽¹²⁾」に参加し、自社製品であるMIHARASを導入している。プロジェクトは豊岡市とKDDIによって計画され、その目的はコウノリの生息地である豊岡市の環境を守りつつ農業を活性化させていくことであった。コウノリを育む農法には水管理が必要不可欠であるが、その管理の非効率性が課題であった。その課題を解消したのがニシム電子工業の製品であるMIHARASであり、遠隔でもデータが確認できるため効率性を向上させ、コウノリを育む農法の実現に貢献した。このように、ニシム電子工業は地域ごとの課題を把握し、適切なソリューションを提供することで自社製品を着実に広く普及させ、効率性と環境性に貢献している。

3) バイエル クロップサイエンス株式会社

バイエル クロップサイエンス株式会社(以下、バイエル クロップサイエンス)は、ドイツに本社を構えるバイエルの子会社の一つである。1941年に日本特殊農薬製造株式会社として設立され、1991年に社名を日本バイエルアグロケム株式会社に変更した。その後2002年にアベンティス クロップサイエンス シオノギ株式会社と統合し、現在のバイエル クロップサイエンスとなった。主な事業としては農薬および防疫用薬剤の開発、製造、輸出入及び販売を行っている⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾。当社はHP上のSustainabilityページにおいて、「日本の農業を持続可能にすること」をコミットメントとして掲げている。特に環境面に関してはより環境へのリスクの低い農薬の開発等による環境負荷の軽減を目指すなど、サステナビリティをイノベーションと事業活動の中核として位置づけている⁽¹⁵⁾。アンケートによると、全世界で2030年までに達成することとして掲げられている「作物1kgあたりに排出される温室効果ガスの30%削減」、「農薬による環境への影響を30%削減」、「持続可能な農業ソリューションにアクセスできるよう1億人以上の小規模農家を後押し」の3つの目標への貢献を目指し、日本では特に「最適な農薬と使用方法の開発」、「デジタル農業」、「人と地球の共栄」の3つの領域に注力している。

バイエルクロップサイエンスの企業活動の中で特筆すべき点は、2点ある。1点目は、環境課題の解決に貢献する製品開発力とそれらの製品のアウトプット方法である。当社は、農業活動によって環境に悪影響を与えることがあり、それが農薬にも当てはまることを認知したうえで環境への影響がより少ない農薬を開発、提供することを目指している。また、近年では長年に渡り培った散布技術を生かし、ドローンや農業用無人車を活用することで最適散布の実現にも注力しており、さらなる環境負荷軽減を試みている。このように環境負荷軽減に貢献する先端技術の開発、導入が可能である理由として、独自のプラットフォームの活用、環境への影響の正確な測定、また下記のテーラーメイド・ソリューションの部分で説明している通り技術を強みとしている企業との協働といった要素が関係していると考えられる。当社はBayer Forward Farmingという知識プラットフォームを形成し、農場における持続可能な農法について共有している。このプラットフォームには農業従事者、バリューチェーンパートナー、学界、科学者、市民社会の人々が参

加しており、実践を通して持続可能な農業の確立を目指している。また、環境への影響の測定方法として、当社は農薬環境影響評価(CP EIR)手法を用いており、農地ごとに農薬による影響を正確に把握することが可能になっている。このようにして開発された製品を、当社は圃場ごとに最適な製品を提供する「テラーメイド・ソリューション」として提供している。環境モニタリングや病害予測、精密散布といったデジタルファーム技術(SoraNavi)と、独自に開発された農薬を掛け合わせることで、状況が異なる圃場でも個別で適切なソリューションを提案し、最適散布を実現している。デジタルファーム技術の一つであるロボティクスによる精密散布は、XAG社との協働で行われている。農業分野におけるドローンのリーディングカンパニーである同社とのノウハウを共有することによって、性能の高いロボティクスの開発、提供を可能にしている。

2点目は、社内意識向上施策である。バイエル クロップサイエンスでは、ドイツ本社が環境に関する明確な目標とその項目、具体的数値を社内外に向けて公表することで社員の意識向上に貢献している。実際、上述したように国際的な目標として「作物1kgあたりに排出される温室効果ガスの30%削減」、「農薬による環境への影響を30%削減」、「持続可能な農業ソリューションにアクセスできるよう1億人以上の小規模農家を後押し」の3つが掲げられており、それを受け日本では「最適な農薬と使用方法の開発」、「デジタル農業」、「人と地球の共栄」が重点課題として取り扱われている。

(3) 調査を受けての考察

(2)で3社の企業を挙げ様々な施策を取り上げたが、(3)ではそのまとめとして考察を行っていく。その際、(1)で述べた観点をもとに、1)社内での農業と環境に関する意識、2)研究開発、実証実験、3)農業従事者へのアプローチ、という3つの段階に分けて述べていく。1)~3)のそれぞれの段階において、企業が現時点で課題に感じていることを含め、それを克服するためにどのような取組を実行しているのか、今後さらにどのような取組を取組を行っていくべきであるかを検討する。

1) 社内での農業と環境に関する意識

「社内間における「環境に配慮した農業を実現するべきである」という意識やそれに関する知識が十分であると感じていますか。」という設問に対する回答を通して、意識向上が十分であると感じている企業と、不十分であり今後改善の余地があると感じている企業とでは、企業規模の大きさ、または主要事業が農業関連であるかそうでないかという2点が異なることが見受けられた。企業規模について、ベンチャーのような新規に農業参入し小規模で事業を行っている企業は、社内意識の統一が比較的容易である傾向がある。一方、規模が大きい企業に関してはビジネスとの距離感が発生するため、社内全体に情報を共有することは困難であると考えられる。また主要事業が農業関連であるかという点に関しては、初めから農業関連企業として農業用機器等の開発、製造、販売等を事業としていた企業は、自社製品そのものが持続可能な農業に影響を与えるものであるため、普段から意識の高まりが期待できる。一方、元々は異なる分野でのIT機器等の開発、製造、販売等を行っており、それらのノウハウを生かし新規に農業分野に参入した企業では、既存のビジネス領域と異なるため社内での農業と環境に関する認知が追いついていないという現状であることが分かる。

この現状を受け、社内での意識向上と適切な知識の取得に効果的であると考えられる方法として、①社内での具体的な目標等の提示、②他の組織との協業による情報収集、の2つを提案する。①に関して、上述したようにバイエル クロップサイエンスでは本社が明確な目標や効果の具体的数値を社内に向けても公表し、また国内でも独自に重要課題を設定している。この取組により、同社は規模が大きいながらも、社員が環境課題の把握とそれに対応する自社の事業展開を理解し、自身の活動がどのように持続可能性に結びついているのかを実感することができている。②に関して、ウォーターセル株式会社(以下、ウォーターセル)は自治体等と積極的に協業案件を進めることにより情報やノウハウを取り込み、それらを社内でも共有することによって意識向上を図っている。主要事業が農業関連でなくノウハウの蓄積がな

い場合でも、他組織との協業により新たな知識を取得したり、実際に活動することで社員の意識向上を促進することができる。

2) 研究開発、実証実験

環境課題に対応した製品・サービスの開発や実証実験を行うにあたって困難であると感じている点について、回答の中では協業パートナーの選定や環境への影響の測定が挙げられた。協業パートナーの選定について、生産者や自治体によってスマート農業への取組に対するモチベーションが異なるため、選定が困難である場合がある。また、新技術を現場に導入する際に信頼関係を構築するのに多くの時間を要する必要があるといった意見も見られた。環境への影響の測定について、環境負荷の数値化プロセスは確立されていないため容易な作業ではない。また、環境への影響という関連で、一つの環境課題への対策に偏りすぎると別の環境課題に影響を及ぼすことがあり、そのバランスを保つことが課題となる。しかし、上述したバイエル クロップサイエンスは、専門的技術をもつ第三者機関を利用して環境への影響を数値化しており、そのような仕組みを利用することでより正確に効果を計り、研究開発に生かすことができると考える。

このように研究開発、実証実験において企業が課題に感じていることは多数あるが、それらを解消するための施策として、同じ志をもつ機関との業務提携を提案する。例えばウォーターセル株式会社(以下、ウォーターセル)は、2018年に新潟市で行われた「スマート農業企業間連携実証プロジェクト」に参加し、実証実験を行った。同プロジェクトは、各企業が有する技術を組み合わせ、クラウドで一元管理することによる結果の可視化を実現することが目的であり、ウォーターセルの他には井関農機株式会社、株式会社スカイマティクス、国際航業株式会社などが参加した。各企業によって農薬散布用ドローンやICT農機など提供する製品やサービスは異なるが、データの一元管理による可視化という統一された目標をもち活動を行うことで、農業情報の管理というこれまで課題とされていたことの解決に貢献し、企業としても同等のモチベーションを持つ者同士で新たな事業を展開する機会を得ることができた。

3) 農業従事者へのアプローチ

企業活動全体における農業従事者との接点について、アンケートを行った企業の多くは製品開発から実証実験、サービス提供時といったほとんどのプロセスにおいて関わりがあるという回答をしており、実際に製品・サービスを利用するユーザーの視点を大切にしていることが分かった。次いで、「農業従事者(顧客)に対して、貴社の製品が環境課題に対応した製品であると認知されるような活動を行っていますか。」という問いをしたところ、イベントでのプレゼンを行い農業事業者向けに自社製品を紹介している、サービス導入による環境への貢献を数値化して提示している等の取組が挙げられた他、環境に対応した製品は開発、改良段階であり顧客に向けた普及活動は今後の課題であるという意見も多数見られた。

製品やサービスを実際に利用する立場である農業従事者に対し、自社製品の環境面での有効性をアピールする方法として、展示会等のイベントへの参加が効果的でありかつ実際に行動に移しやすい取組であると考えられる。アンケートの中で、株式会社Happy Qualityや上述したナイルワークスはスマート農業に関するイベントに参加していると回答しており、他の企業に関してもイベントへの参加は多く見られた。このような農業に関するイベントは一年を通して行われているが、例えば2021年に開催された「アグリビジネス創出フェア2021(スマート農林水産業～みどりの食料システム戦略の実現にむけて～)」では、全国の様々な機関が、農林水産や食に関する最新の研究成果を展示やプレゼンテーション等で発表した。このフェアの特徴的な点が2点あり、1点目はコーディネーターと呼ばれる豊かな知見をもった人が出展者と来場者のマッチングを行っており、商品化や事業化の連携促進を促していることである。2点目は、対面での開催のみならずオンラインでも参加できることもあり、より幅広い層の来場者が訪れることができることである。このように、よりニーズとシーズが合うような工夫を行い農業分野のさらなる活性化に貢献している。ただし、上述したようなイベントは自ら足を運ぶ必要があるため、元々スマート農業や持続可能な農業に興味を持つ農業従事者が集まることが前提である。そのため、より広い層の農業従事者に対しアプローチしていくには別の活動も並行して行っていく必要がある。そこで、自治体等が主体となり実

施している実証プロジェクト等への積極的な参加が求められると考える。株式会社ミライ菜園は、アンケートの中で、販売においてエンドユーザーである農業従事者へ到達するには自治体やJAの協力が必要であると述べており、実際に自治体を通して農業従事者との接点を確保している。上述したナイルワークスの美唄市スマート農業加速化プロジェクトの例でも、プロジェクトを通して自社製品を現場に導入し認知を広めている。

以上のように、スマート農業を持続可能な農法として確立させていくために、まずは社内での意識改革を行い、次いで研究開発や実証実験、社会実装という一連の流れの中で、それぞれのプロセスにおいてどのような施策が必要であるかを考察してきた。社内での農業と環境課題に対する意識向上については、社内で具体的な目標を提示することにより身近に環境問題を感じることができる環境作りをしたり、他機関との協働によって得た知識やノウハウを社内でも共有することが重要である。研究開発や実証実験の段階においては、自治体や他機関が主導となって行っているプロジェクト等に参加することによって、同じ目標を持つ他組織と協業パートナーとして新たな試みを積極的に行っていくことが求められる。実際に社会実装するための農業従事者へのアプローチについては、展示会等への参加や自治体の実証実験等への参加を行うことにより、農業従事者との接点を多く設け、自社製品についてアピールするとともに農業従事者との意見交換を通じさらなる製品、サービスの質向上に繋げることが期待できる。

以上より、RQ2「スマート農業を普及させたいうえで、持続可能な農法として確立させていくために企業が出来ることは何か」という問いに対しての解は「他セクターとの協働・協業により社内意識向上や研究開発、実証実験を行い、同時に農業従事者との接点を多く設け、社会実装を促す。」とする。

注

(1) 農林水産省「シェアリングによるスマート農業技術の導入コスト低減の取り組みー岡山県における広域シェアリングー」

<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/forum/R2smaforum/rice/seika87.html> (最終閲覧日:2022年12月16日)

(2) inaho「大企業・研究機関向け、PoC、プロトタイプ開発サービス」 <https://inaho.co/solution/#development> (最終閲覧日:2022年12月16日)

(3) クボタ営農ナビ「クボタ農機シェアリングサービス」 https://agriculture.kubota.co.jp/agriinfo/news/2021/07/post_244.html (最終閲覧日:2022年12月16日)

(4) 北菱電興「Aquaport」 <https://www.hokuryodenko.co.jp/aquaport/> (最終閲覧日:2022年12月16日)

(5) 内閣府「3 インターネット・リテラシー」

https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2018/html/zenbun/s1_3_2_3.html (最終閲覧日:2022年12月16日)

(6) ナイルワークス「サステナビリティ」

<https://www.nileworks.co.jp/corporate/sustainability.html> (最終閲覧日:2022年12月16日)

(7) 美唄市「美唄市スマート農業加速化プロジェクト」 <https://www.city.bibai.hokkaido.jp/soshiki/14/7249.html> (最終閲覧日:2022年12月16日)

(8) ナイルワークス「第12回 農業week」に、ナイルワークスが出典ー「農業用ドローン」と「農業DX」で、明日の農業を変えるー <https://www.nileworks.co.jp/news/info/20221005-29.html> (最終閲覧日:2022年12月16日)

(9) ニシム電子工業「会社沿革」 <https://www.nishimu.co.jp/about/history> (最終閲覧日:2022年12月16日)

(10) ミハラスHP「「持続可能な開発目標(SDGs)」達成への貢献」 <https://www.nishimu-products.jp/miharas/sdgs> (最終閲覧日:2022年12月16日)

- (11) 豊岡市「豊岡市スマート農業プロジェクト開始」<https://www.city.toyooka.lg.jp/shisei/chihososei/1006996/1005198.html>(最終閲覧日:2022年12月16日)
- (12) ミハラス「MIHARAS導入事例 市役所と地域の農家さんで取り組む『コウノリとの共生を目指す農業を見守る』」<https://www.nishimu-products.jp/miharas/case/hyougo>(最終閲覧日:2022年12月16日)
- (13) バイエル クロップサイエンス株式会社「会社概要」<https://cropscience.bayer.jp/ja/home/corporate/>(最終閲覧日:2022年12月16日)
- (14) バイエル クロップサイエンス株式会社「沿革」<https://cropscience.bayer.jp/ja/home/corporate/history/>(最終閲覧日:2022年12月16日)
- (15) バイエル クロップサイエンス株式会社「より環境への負荷を減らす農業のために」<https://cropscience.bayer.jp/ja/home/sustainability/for-agriculture/03/>(最終閲覧日:2022年12月16日)

第6章 持続可能な農業の実現にスマート農業は貢献しうるか

第1節 結論

本論文全体の問題提起として、「スマート農業を持続可能な農業の実現のための農法として広めるために、企業は何ができるか」という問題提起を立てた。これらを明らかにするために、まずは研究をするにあたっての前提やこれまでの議論の確認、現状の分析等を行った。それらを踏まえたうえで、RQ1では現状のスマート農業が抱える課題を解決するための施策検討を試みた。続くRQ2で、スマート農業の課題を解決したうえで、さらに環境面にも配慮した持続可能な農法として社会実装していくための取組を検討した。

ここまでの研究を簡潔にまとめ、最後に問題提起に対する結論について言及する。第1章では、本論文における農業を定義したうえで、農業の多面的機能について述べた。農業は社会・経済・環境のすべてと密接に関わっており、正の影響を与えることもあれば時に負の影響を与えることもある。そのため、持続可能な農業を営まなければ深刻な環境課題や社会課題を引き起こすことになる。農業に持続可能性が求められるようになってきた背景には、根底にこのような考え方がある。続く第2章では、持続可能な農業についてより深く追求している。最初に持続可能な農業について改めて定義を明らかにしたうえで、持続可能な農業に関するこれまでの動向をまとめた。日本では、海外の動きを後追いの形で政策を中心に取組が行われてきた。最近では「みどりの食料システム戦略」が掲げられ、農業生産を含めたフードチェーン全体で生産性・効率性を重視しつつ環境にも配慮した持続可能な食料システムを構築しようという試みがなされている。農業分野でもCO₂排出量削減や化学農薬の使用量低減などの具体的な数値目標が掲げられ、その達成が期待されている。しかし、現状では未だ持続可能性が実現されているとは言えず、農業従事者の減少による農地荒廃や環境への悪影響等様々な課題が残っている。次の第3章では、今回扱う農法であるスマート農業について言及している。第2章と同様に、最初はスマート農業の定義とこれまでの動向についてまとめている。日本でスマート農業が本格的に注目されるようになったのは2000年代に入ってからであり、徐々にその市場規模は拡大している。「スマート農業実証プロジェクト」のような全国規模の実証実験プロジェクトも行われており、これまでの農業にイノベーションをもたらす農法として大いに期待されている。しかし、スマート農業も依然として課題は残る。コストがかかることや農業従事者のITリテラシーが不足していること等が導入の妨げとなっており、社会実装していくためにはこれらの課題を解決していく必要がある。また、スマート農業はその導入目的として生産性・効率性の向上が挙げられていることが多く、環境性への貢献が重要視されていないという現状も見られた。第3章では、本論文での主体となる企業について述べている。企業が農業分野に参入する場合、その参入形態は様々である。農地を所有したり農地経営を行ったりすることにより直接農業生産を営む方法もあれば、農業生産を営む人に対し農業機器や情報サービス等を提供する方法もある。今回主体として考えたのは後者であり、他産業分野の企業が農業分野に参入することで新たな技術やノウハウがもたらされ農業の活性化が促されるほか、企業側としても新たな市場での事業展開ができるという点でメリットがある。農林水産省はこのような参入企業が行う事業を「農業支援サービス事業」として取り扱っており、今後さらなる企業参入が期待されている。ここまでの研究を受け、第5章では問題提起を提示し実態調査を行った。最初に現状のスマート農業の課題を改めて整理し、RQ1ではそれを解決するための施策を文献調査を用いて検討した。スマート農業の課題の中でも特に農業従事者が抱える課題であるコストによる負担、ITリテラシーの不足という2点を取り上げた。コストに関しては、シェアリングで導入コストを抑えたり、低価格な製品開発を行うことで解消されることを述べた。ITリテラシーに関しては、企業が持つ専門技術に関する知識やノウハウを生かし、勉強会、指導会の実施や人材派遣事業の展開を挙げた。続くRQ2では、RQ1での結論を受け、さらに持続可能な農法として普及していくための施策を検討した。方法としては、文献調査の他、実際に農業に参入する企業にアンケートを行った。社内間の農業と環境課題に対する意識、研究開発や実証実験、農業従事者へのアプローチという3つの段階に分け、それぞれのプロセスでどのようなことが課題であり、それを克服するためにどのような取組が効果的であるのかを考察した。社内間の意識に

については、比較的新規に農業分野に参入したり企業規模が大きかったりすると意識向上が困難であるという課題があり、それを解消するための施策として他組織との協働によって情報収集を行い、社内間での情報共有を徹底することを提案した。研究開発や実証実験の段階においては、協業パートナーの選定が困難であることが課題であり、その対策として同志が集まる自治体主催のプロジェクト等に積極的に参加することを挙げた。農業従事者へのアプローチについては、現時点でその段階まで手が回らないといった企業も多かったが、農林水産省等が主催する農業イベントや展示会への参加は行動に移しやすかつ農業従事者との接点を増やすことができる。また、実証実験プロジェクト等に参加することで農業従事者に自社製品の導入を促し、かつ意見交換によりさらなるサービスの質向上に繋げることができるため、効果的な方法であることを述べた。

以上を踏まえ、「スマート農業を持続可能な農業の実現のための農法として広めるために、企業は何ができるか」という問題提起に対する結論を、「企業が持つ技術力や情報を生かしコストやITリテラシー不足等の課題を解決し、農業従事者が導入しやすい環境を作る。同時に研究開発や実証実験の段階で他セクターと協働し農業と環境課題への意識を高め、また農業従事者との接点を多く設けることでそれらをアウトプットし、スマート農業の社会実装を促す」とする。

第2節 本研究の課題

本研究に残された課題として、次の2点を挙げる。1点目は、日本における施策事例のみ取り上げたことである。今回はRQ1、RQ2ともに具体的な事例を挙げたうえで結論を導いたが、どちらも日本企業による取組の中から効果的であると考えられるものを用いた。しかし、より先進的なスマート農業を行っている国は他に多く存在する。例えばスマート農業先進国と言われているオランダでは、国土は決して広くはないものの2021年の農産物・食料品輸出額は世界第2位となっており、その要因の一つがスマート農業であると考えられている。また、生産性の向上だけでなく、トリジェネレーションという施設園芸にCO₂や排熱を利用する技術を利用するといった環境配慮型のスマート農業も実現している。もちろん国によって農業環境や政策、抱える農業課題は異なるため単に施策を横展開することはできない。しかし、海外の先進的な取組を参考にし、日本にも適応する形で変化させながら取り入れることは日本のスマート農業の社会実装を加速させていくうえで必要なことであると考え。2点目は、スマート農業の課題をすべて考慮することができなかったことである。RQ1(1)でスマート農業の課題について整理したが、本論文では特に農業従事者が抱える課題に焦点を当て調査を行った。しかし、スマート農業を推進していくには企業内部の課題や政策との兼ね合い、私たち消費者の意識改革など多くの面で変革を起こしていく必要がある。各場面でセクター同士が協働しながら課題を解消していくことで、スマート農業は持続可能な農法として確立していくことができるのではないだろうか。

資料1「スマート農業に関するweb調査」結果

- (1) 調査対象: 農業生産分野に参入しており、かつ企業理念や目標等で環境課題の解決を掲げている企業
- (2) ご回答いただいた企業: 井関農機株式会社、ウォーターセル株式会社、株式会社ナイルワークス、ニシム電子工業株式会社、バイエル クロップサイエンス株式会社、株式会社Happy Quality、株式会社ミライ菜園、A社(五十音順)
- (3) 調査方法: Googleフォームによるwebアンケート調査
- (4) 調査期間: 2022年11月10日～12月6日
- (5) 質問事項:
 1. 企業名をご記載ください。
 2. 農業が環境にもたらす影響(水質汚染、地球温暖化等)の中で、どの課題が最も喫緊であると感じていますか。また、企業活動の中で実際に注力している環境課題はありますか。
 3. 貴社が提供している製品・サービスについてお聞きます。特に環境課題に対応した製品・サービスの開発や実証実験を行うにあたり、工夫している点、困難であると感じる点はありますか。
 4. 社内間において、「環境に配慮した農業を実現するべきである」という意識やそれに関する知識は十分であると感じていますか。(選択式: 十分である/概ね十分である/やや不十分である/不十分である/環境配慮の必要性を感じない)
 5. 4に関して、「十分である」「概ね十分である」と回答した方は社内での意識向上に貢献したと考えられる施策はありますか。また、「やや不十分である」「不十分である」と回答した方は意識向上においてどのような点が困難であると考えていますか。
 6. 企業活動全体の中で、農業従事者との接点はありますか。ある場合、どのような場面での接点ですか。
 7. 農業従事者(顧客)に対して、貴社の製品が環境課題に対応した製品であると認知されるような活動を行っていますか。行っている場合は、具体的な活動内容とそれにより感じた効果等もご記載ください。
 8. 製品開発、実証実験、販売等の各プロセスにおいて、他セクター(自治体、他企業等)との協働はありますか。ある場合は、その具体的内容やメリットもご記載ください。
 9. 持続可能な農業の実現を目指すにあたり、今後の目標やさらなる施策実行の予定はありますか。
 10. 企業名を卒業論文内で明記しても差し支えないでしょうか。(選択式: はい/いいえ)

参考文献

1. 秋津元輝, 小池恒男, 新山陽子編(2017) 『新版 キーワードで読みとく現代農業と食料・環境』「農業と経済」編集委員会監修 昭和堂
2. 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』No. 359 pp.44-57
3. 内山智裕(2011)「農業における「企業経営」と「家族経営」の性質と役割」『農業経営研究』第48巻第4号 pp.36-45
4. 大浦裕二, 佐藤和憲(2021) 『フードビジネス論—「食と農」の最前線を学ぶ—』 ミネルヴァ書房
5. 檜原正澄(2016) 『食と農の環境問題—持続可能なフードシステムを目指して—』 すいれん舎
6. 川野茉莉子(2016)「期待が集まるスマート農業の新展開—増加する企業の農業参入とビジネス展開—」『経営センサー』東レ経営研究所
7. 北嶋守(2017)「中小企業基盤技術のスマート農業分野への適用状況の分析—産業セクター融合による地域イノベーションの可能性—」『機械経済研究』No.48 pp.21-40

8. 國井大輔(2016)「農業・農村の多面的機能と生態系サービスの定義と評価手法に関する整理」『農林水産政策研究』第25号 pp.35-55 農林水産用農林水産政策研究所
9. 佐々木宏樹, 荘林幹太郎(2018)『日本の農業環境政策—持続的な美しい農業・農村を目指して—』農林統計協会
10. 渋谷往男(2014)「企業の農業参入の類型と特徴」『食農資源経済論集』食農資源経済学会 pp.1-11
11. 内閣府(2009)『地域の経済2009』
12. 柘瀧俊子(2017)「有機農業の展開に見る〈持続可能な本来農業〉の探求」『環境社会学研究』第22号 環境社会学会編集委員会
13. 町田武美(2014)「スマート農業の展開とイノベーション」『スマート農業—農業・農村のイノベーションとサステナビリティ—』農業情報学会編, 農林統計出版 pp.8-11
14. 宮崎猛(1991)「有機農業と持続可能農業」『農林業問題研究』第27巻 第1号 pp.28-34
15. 矢口芳生(1998)『食料と環境の政策構想』農林統計協会。
16. 李海訓(2020)『東京経大会誌』第305号 「スマート農業の歴史的・技術論的位置づけ—日本と中国を事例に—」 pp.231-256

URL一覧

1. アグリビジネス創出フェア <https://agribiz.maff.go.jp/> (最終閲覧日:2022年12月15日)
2. inaho <https://inaho.co/> (最終閲覧日:2022年12月9日)
3. 井上領介(2021)「政策研究レポート スマート農業は消費者にどう評価されるか? オンライン選択実験によるエビデンス」三菱UFJリサーチ&コンサルティング
https://www.murc.jp/wp-content/uploads/2021/09/seiken_210909.pdf
(最終閲覧日:2022年12月16日)
4. ウォーターセル(2018)「新潟市革新的農業実践特区 スマート農業企業間連携実証プロジェクト」
<https://www.city.niigata.lg.jp/shisei/seisaku/jigyoproject/kokkatokku/tokku/aguri/smartagri-last.files/water-cell1.pdf>(最終閲覧日:2022年12月16日)
5. 株式会社XAG JAPAN <https://www.xa.com/jp/about> (最終閲覧日:2022年12月16日)
6. OECD(2019)「OECD制作レビュー:日本農業のイノベーション—生産性と持続可能性の向上をめざして—」(資料3) https://www.maff.go.jp/primaff/koho/seminar/2019/attach/pdf/200122_03.pdf(最終閲覧日:2022年12月16日)
7. OECD(2019)「日本農業のイノベーション、生産性及び持続可能性 要旨,評価と提言」
https://www.oecd.org/tokyo/newsroom/2019-Innovation-booklet_JPN.pdf(最終閲覧日:2022年12月16日)
8. 欧州連合日本政府代表部(2020)「EUの共通農業政策の現状と今後の展望」
<https://www.eu.emb-japan.go.jp/files/100105491.pdf>(最終閲覧日:2022年12月16日)
9. 関東農政局「イベント情報」<https://www.maff.go.jp/kanto/seisan/kankyosmart/event.html> (最終閲覧日:2022年12月15日)
10. クボタ営農ナビ <https://agriculture.kubota.co.jp/agriinfo/index.html> (最終閲覧日:2022年12月9日)
11. グローバルノート「世界の農産物・食料品 輸出額 国別ランキング・推移」
<https://www.globalnote.jp/post-3280.html> (最終閲覧日:2022年12月13日)
12. 国際大学グローバル・コミュニケーション・センター(2019)「調査研究報告書 農業へのIT導入障壁の特定とIT化促進施策・人材供給施策の提案」情報産業研究会2018
https://www.glocom.ac.jp/wp-content/uploads/2020/03/PROPOSAL_SMART_AGRICULTURE_GLOCOM_20190619.pdf(最終閲覧日:2022年12月16日)

13. SoraNavi <https://www.soranavi-drone.com/soranavi/xag05.php> (最終閲覧日:2022年12月13日)
14. JETRO <https://www.jetro.go.jp/> (最終閲覧日:2022年12月2日)
15. JETRO (2020)「EUの「Farm to Fork(農場から食卓まで)戦略について～2030年に向けて、持続可能性(サステナビリティ)を最優先課題とするEU農畜産業・食品部門～」(農林水産省「第2回あふの環勉強会」)https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/being_sustainable/attach/pdf/scaff-0806-2rv.pdf (最終閲覧日:2022年12月16日)
16. デロイトトーマツ <https://www2.deloitte.com/jp/ja.html> (最終閲覧日:2022年12月6日)
17. 豊岡市 <https://www.city.toyooka.lg.jp/index.html> (最終閲覧日:2022年12月14日)
18. ナイルワークス <https://www.nileworks.co.jp/> (最終閲覧日:2022年12月11日)
19. ニシム電子工業 <https://www.nishimu.co.jp/> (最終閲覧日:2022年12月12日)
20. 農業week <https://www.agriexpo-week.jp/tokyo/ja-jp.html> (最終閲覧日:2022年12月13日)
21. 農畜産業振興機構 https://www.alic.go.jp/joho-c/joho05_001829.html (最終閲覧日:2022年12月2日)
22. 農林水産省 <https://www.maff.go.jp/> (最終閲覧日:2022年12月2日)
23. 農林水産省(2022)「【第3部】今後のスマート農林水産業の推進施策」(資料3)
https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/atarashii_sihonsyugi/wgkaisai/nougyou_dai3/siryou3.pdf(最終閲覧日:2022年12月16日)
24. 農林水産省(2021)「スマート農業実証プロジェクトによる実証成果(中間報告)」
https://www.affrc.maff.go.jp/docs/smart_agri_pro/jissho_data/file4R1excusuiden_mid.pdf(最終閲覧日:2022年12月16日)
25. 農林水産省(2020)「スマート農業の社会実装に向けた具体的な取組」(資料3-2)
<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/miraitoshikaigi/suishinkaigo2018/nourin/dai16/siryou3-2.pdf>(最終閲覧日:2022年12月16日)
26. 農林水産省(2018)「スマート農業の社会実装に向けた取組について」(資料4)
<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/miraitoshikaigi/suishinkaigo2018/nourin/dai11/siryou4.pdf>(最終閲覧日:2022年12月16日)
27. 農林水産省(2016)「「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」https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kihyo03/gityo/g_smart_nougyo/pdf/cmatome.pdf(最終閲覧日:2022年12月16日)
28. 農林水産省(2021)「農業を担う人材の育成・確保に向けて」
https://www.jasso.go.jp/gakusei/career/event/guidance/_icsFiles/afeldfile/2021/07/09/nourin.pdf (最終閲覧日:2022年12月16日)
29. 農林水産省,農村振興局(2020)「農村政策を中心とした戦後農政の流れ」(資料2)
https://www.maff.go.jp/j/study/nouson_kentokai/attach/pdf/farm-village_meeting-3.pdf(最終閲覧日:2022年12月16日)
30. 農林水産省(2021)「農林水産統計 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」
<https://www.maff.go.jp/j/finding/mind/attach/pdf/index-68.pdf>(最終閲覧日:2022年12月16日)
31. 農林水産省(2022)「農林水産統計 令和3年度 食料・農林水産業・農山漁村に関する意識・意向調査 農業分野の地球温暖化緩和策に関する意識・意向調査結果」
<https://www.maff.go.jp/j/finding/mind/attach/pdf/index-74.pdf>(最終閲覧日:2022年12月16日)
32. 農林水産省(2022)「令和3年度 食料・農林水産業・農山漁村に関する意識・意向調査 有機農業等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-75.pdf>(最終閲覧日:2022年12月16日)
33. 農林水産省(2021)「みどりの食料システム戦略」(本体)

- <https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/midori/attach/pdf/index-10.pdf>(最終閲覧日:2022年12月16日)
- 34.農林水産省「みどりの食料システム戦略」(参考資料)(全体版) <https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/midori/attach/pdf/team1-153.pdf>(最終閲覧日:2022年12月16日)
- 35.農林水産省(2022)「みどりの食料システム戦略におけるスマート農業の果たす役割」(スマート農業推進フォーラム2021in北海道)
<https://www.maff.go.jp/hokkaido/suishin/smart/2021/attach/pdf/gaiyou-2.pdf>(最終閲覧日:2022年12月16日)
- 36.農林水産省(2022)「令和3年度 食料・農業・農村の動向」「令和4年度 食料・農業・農村施策」(第208回国会(常会)提出)
https://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/r3/pdf/zentaiban.pdf(最終閲覧日:2022年12月16日)
- 37.バイエル クロップサイエンス <https://cropscience.bayer.jp/ja/home/> (最終閲覧日:2022年12月13日)
- 38.美唄市 <https://www.city.bibai.hokkaido.jp/> (最終閲覧日:2022年12月13日)
- 39.姫野桂一(2017)「スマート農業の現状と課題」野村アグリプランニング&アドバイザー
<https://www.nomuraholdings.com/jp/company/group/napa/data/20171101.pdf>(最終閲覧日:2022年12月16日)
- 40.北菱電興 <https://www.hokuryodenko.co.jp/> (最終閲覧日:2022年12月10日)
- 41.ミハラス<https://www.nishimu-products.jp/miharas> (最終閲覧日:2022年12月13日)
- 42.矢野経済研究所 <https://www.yano.co.jp/>(最終閲覧日:2022年12月16日)