

2023年12月26日 全11頁

食料安全保障とテクノロジー

食料安全保障強化に資するフードテックやアグリテックへの期待

コンサルティング第二部 主任コンサルタント 五十嵐 陽一

[要約]

- 昨今、新型コロナウイルス感染症拡大やロシアによるウクライナ侵攻により世界の食料需給に大きな混乱が生じ、国内外において食料安全保障が重要課題として取り上げられている。
- 本稿では、食料安全保障の定義や食料安全保障が注目されている背景について需要面と供給面から整理し、世界及び日本における食料安全保障の現状について概説した。現時点における日本の食料安全保障は世界各国と比較して高い水準で保たれているものの、もともと食料自給率は低く、飼料や種の自給率を考慮するとさらにその数値は低下する。
- そうした状況を受けた、直近の日本における食料安全保障政策の見直しの方向性について概観した後、食料安全保障強化に資する可能性のある主なフードテックやアグリテック分野として(1)垂直農法、(2)代替肉、(3)スマート農業を取り上げ、各分野の概要とその代表的な企業例を紹介した。これらの分野を盛り上げることで、我が国の食料供給における生産性向上、収穫率向上を目指し、食料安全保障を強化していくことが期待される。

1. 食料安全保障とは

食料安全保障とは、国連食糧農業機関（FAO）によると、「全ての人々が、いかなる時にも、活動的で健康的な生活に必要な食生活上のニーズと嗜好を満たすために、十分に安全かつ栄養ある食料を、物理的、社会的及び経済的にも入手可能である時に達成される」¹ものとされている。加えて、供給面、アクセス面、利用面、安全面の4要素が満たされている時、食料の安全が保障されていると定義されている（図表1）。

¹ FAO, Policy Brief “Food Security”, June 2006 Issue 2

(図表 1) 食料安全保障の 4 要素

要素		観点
Food Availability	(供給面)	適切な品質の食料が十分に供給されているか
Food Access	(アクセス面)	栄養ある食料を入手するための合法的、政治的、経済的、社会的な権利を持ちうるか
Utilization	(利用面)	安全で栄養価の高い食料を摂取できるか
Stability	(安定面)	いつ何時でも適切な食料を入手できる安定性があるか

出所：FAO, Policy Brief “Food Security”, June 2006 Issue 2 より大和総研作成

すなわち、食料安全保障は生存に必要な食料の量を確保することだけではなく、質、アクセス面、利用面、安定性等の複合的な要素を含み、さらには個人の健康や社会的・経済的要因にも注意を払う必要があることがわかる。

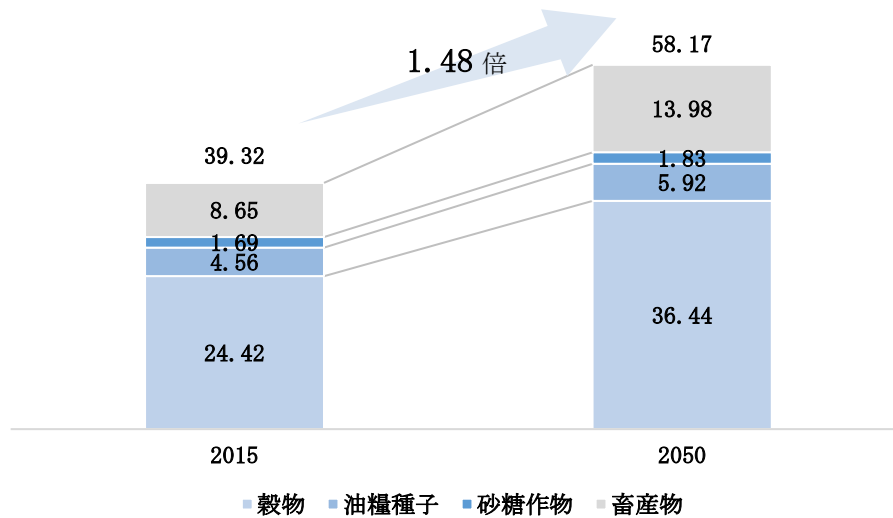
2. 食料安全保障が注目されている背景

食料安全保障が世界的に注目を集めている背景には、新型コロナウイルス感染症拡大やロシアによるウクライナ侵攻がきっかけとなり、世界的に食料不安が広がっていることが挙げられよう。そうしたことを踏まえ、本節では具体的に需要面と供給面に分けて食料安全保障を整理していく。

(1) 需要面

農林水産省によると、世界的な人口増加や新興国の経済発展を背景に、2050年の世界の食料需要量は2015年比1.48倍になると予測されている(図表2)。特に穀物と畜産物の需要量の増加が見込まれており、食料確保が世界的な喫緊の課題としてクローズアップされてきている。

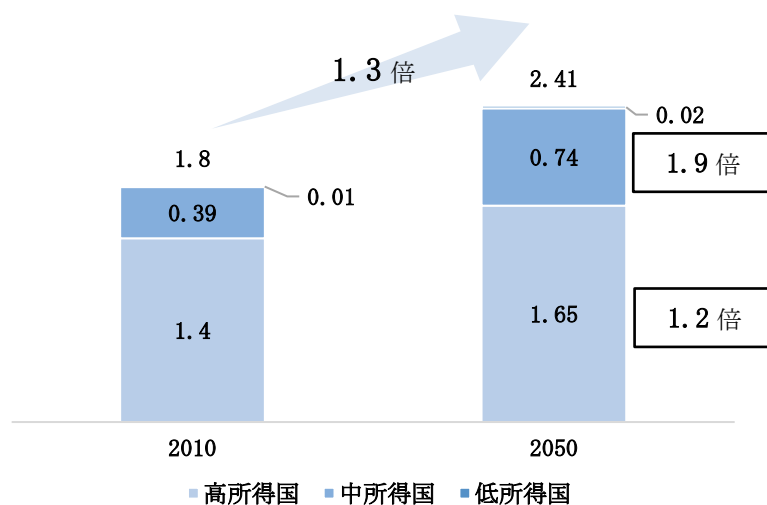
(図表 2) 食料需要量の見通し (単位: 億トン)



出所：農林水産省「2050年における世界の食料需給見通し」（令和元年9月）より大和総研作成

また、食料目的以外にも、バイオ燃料の原料としての作物需要増加も無視できない。バイオ燃料の原料はトウモロコシやサトウキビ、ソルガムなどの植物をはじめ、菜種油、パーム油、オリーブ油、大豆油等であり、気候変動問題への対応などから需要量の増加が見込まれている。具体的には、世界の2050年におけるバイオ燃料用の作物需要量は2010年比で1.3倍になると予測されている（図表3）。特に中所得国では、2050年に2010年比で1.9倍の需要が見込まれており、原料の確保という観点から注目を集めている。

(図表 3) バイオ燃料用作物需要量の見通し (単位: 億トン)



出所：農林水産省「2050年における世界の食料需給見通し」（令和元年9月）より大和総研作成

(2) 供給面

次に、供給面から見た食料安全保障に注目が集まっている背景を述べる。まず、新型コロナウイルス感染症の拡大により、低中所得国ではロックダウン（移動制限）により種子や化学肥料など投入財の入手や販売市場へのアクセス、流通等において様々な困難に直面したと報告されている²。特に生鮮食品はコロナ禍における流通の停滞により、都市部の人々が入手できなくなる一方で、農村部では行き場を失い廃棄するといった現象も起こった。また、高所得国・低中所得国の両方で食料需要の急激な変化が起こり、十分な供給が追いつかずフードサプライチェーンへの影響が発生する事態ともなった。このように、新型コロナを機にグローバル・フードシステムの抱えるリスクが改めて顕在化され、将来の食料供給を強固にすることが求められるようになっている。

2点目として、ロシアのウクライナ侵攻が挙げられる。ロシアやウクライナは主要な食糧輸出国であり、また、ロシアは肥料の輸出国でもある。ウクライナ侵攻により小麦等の国際価格が急激に上昇し、肥料や燃油価格の高騰や調達難が発生、生産へも影響し、食料価格の上昇につながった。結果的に国際社会における危機感を醸成し、食料安全保障が注目されることとなった³。

3点目は、気候変動の影響である。FAO⁴によると、地球温暖化の影響で現在の年間災害発生件数は1970年代と比べて4倍となっており、その中でも農業分野における災害が多くを占めていると分析されている。過去30年間での自然災害による作物と家畜生産に係る損失額は3兆8,000億USD相当と見積もられ、年間に換算すると平均で1,230億USDの損失、世界の年間農業GDPの実に5%に相当するとしている。特に低所得国と低中所得国への影響が大きく、それぞれの農業GDP総額の10~15%が失われたと推計されている。今後、地球温暖化が進行して干ばつ、洪水、大規模火災をはじめとした異常気象災害の頻度と程度が増大し、農業への影響が広がる場合、一層食料供給が滞り食料安全保障に影響を与える可能性も否定できない。

以上のように、今後世界的な人口増加やバイオ燃料需要の増加により食料需要は増加が見込まれる一方、食料供給には気候変動や感染症拡大等様々な事象により滞るリスクが存在することが改めて認識されよう。これらのことが背景となり、食料安全保障が地球規模の重要課題として注目され続けると筆者は考えている。

² 白鳥佐紀子・飯山みゆき「新型コロナウイルス感染拡大が世界に与えた食料安全保障と栄養へのインパクト」、農政調査時報、2021春・585号

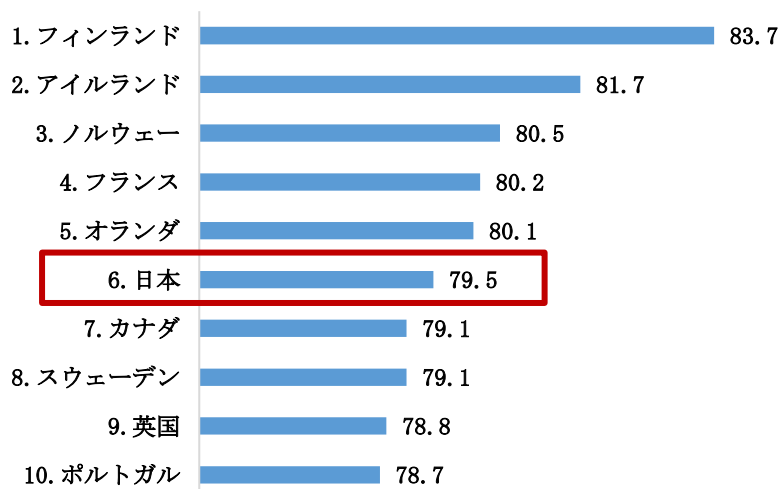
³ 笹口裕二「日本の食料安全保障—食料安定供給の確保に向けて—」、立法と調査/0915-1338、2023年11月

⁴ FAO, “The Impact of the Disasters on Agriculture and Food Security”, 2023

3. 食料安全保障の現状

では、日本は食料安全保障に関し、世界各国と比較するとどの程度備えられているのか。参考になる指標が、英誌エコノミストグループが毎年発表している世界の食料安全保障インデックス (Global Food Security Index) である。その 2022 年版によると、日本は世界 113 か国のうち第 6 位に位置付けている (図表 4)。

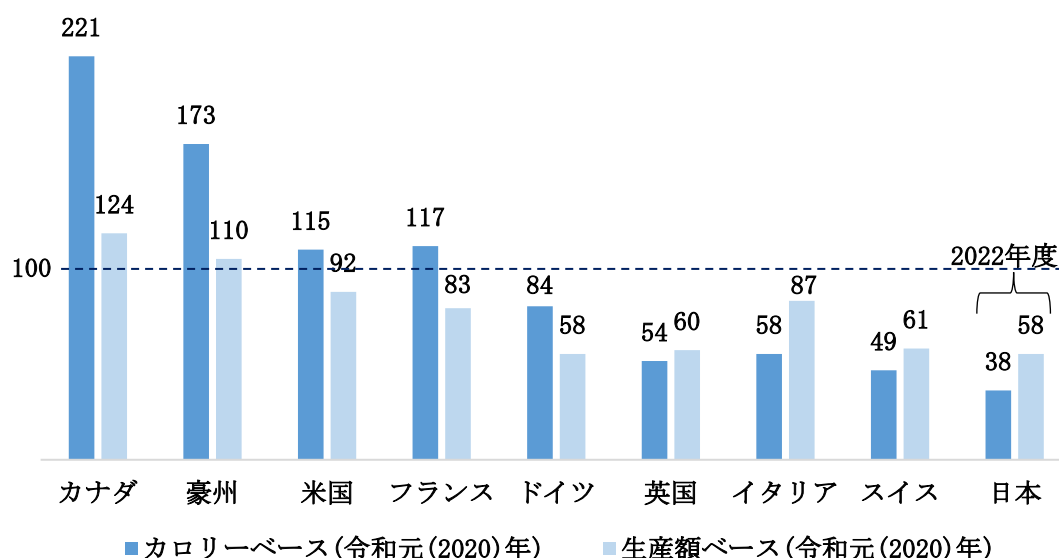
(図表 4) 食料安全保障インデックススコア トップ 10 (2022 年)



出所：Economist Impact “Global Food Security Index 2022” より大和総研作成

新型コロナウイルス感染症やロシアによるウクライナ侵攻の影響で世界的に食料価格が高騰する中でも、日本は輸入を含めて安定的に食料を確保できていると評価され、特に“Availability”の項目で世界一位のスコアを獲得し、上位にランクインしている。これによると、現在の日本の食料安全保障には問題がなさそうに見える。

一方、別の指標として食料自給率を見てみたい。食料自給率とは、国内の食料供給に対する国内生産の割合を示す指標である。日本の 2022 年度における食料自給率は、カロリーベースで 38%、生産額ベースで 58%となっており、先進各国と比較して低い水準に留まっている (図表 5)。

(図表 5) 世界各国の食料自給率⁵ (単位 : %)

出所：農林水産省「諸外国・地域の食料自給率等について」より大和総研作成

品目別の 2022 年度における自給率⁶を見てみると、日本で昔から食べられてきた米、野菜、魚介類については米 99%、野菜 79%、魚介類 54%と比較的高くなっている。畜産物については牛肉 39%、豚肉 49%、鶏卵 97%であり、外国で大規模に生産されている小麦、大豆、トウモロコシなどは輸入依存度が高く、小麦 15%、大豆 6%、油脂類 14%と、その自給率は非常に低い数値となっている。

一方、比較的自給率の高いとされている野菜は見方を変えると安穩としてはいられない事実が浮かび上がる。実に種の 9 割を輸入に頼っているため、種を計算に入れると自給率は 2020 年時点で 8%程度まで下がるという指摘⁷があるのだ。同様なことは畜産分野にも言えよう。肥育に必要な飼料のみならず、鶏の初生ひなはほとんどを輸入に頼っているため、それらを考慮すると自給率は牛肉 9%、豚肉 6%、鶏卵 12%まで下がり、今後自給率はさらに減少していく可能性もあると分析されている⁷。

加えて、化学肥料の原料となるリン、カリウムについてはほぼ 100%が輸入であり、尿素についても約 95%を輸入に頼っている⁸点も表面上の食料自給率には表れない隠れたリスクであると指摘する向きもある。

このように、現時点における日本の食料安全保障は世界各国と比較して高い水準で保たれているものの、もともと食料自給率は低く、飼料や種の自給率を考慮するとさらにその数値は低下

⁵ 日本は 2022 年度、諸外国は 2020 年（暦年）の数値。

⁶ 農林水産省「食料需給表 令和 4 年度」

⁷ 鈴木宣弘「世界で最初に飢えるのは日本」、講談社、2022 年

⁸ 農林水産省「食料安全保障月報（第 23 号）」（2023 年 5 月）

を余儀なくされる。今後、農産物のみならず、食料生産を支える飼料や肥料、種子の輸入が滞った場合、我が国の食料供給体制に甚大な影響が生じることも否定できないと言えよう。

4. 食料安全保障政策の見直し

こうした流れを受け、日本政府は食料安全保障強化に向けて検討を進めている。具体的には、農政の基本方向を示す「食料・農業・農村基本法（平成 11 年法律第 106 号）」（略称：基本法）の見直しが挙げられよう。基本法は 1999 年の制定から約 20 年が経過し、本稿 2. で述べたように食料安全保障上のリスクが高まっていることから見直しが進められており、2023 年 6 月に農林水産省の有識者会議よりその方向性が示されている（図表 6）。

（図表 6）食料・農業・農村基本法の見直しの方向

<p>平時からの国民一人一人の食料安全保障の確立</p> <ul style="list-style-type: none"> ○食料安全保障の定義 ○輸入リスクの軽減に向けた食料の安定供給の強化 ○海外市場も視野に入れた産業に転換 ○適正な価格形成に向けた食料システムの構築 ○全ての国民が健康的な食生活を送るための食品アクセスの改善
<p>環境等に配慮した持続可能な農業・食品産業への転換</p> <ul style="list-style-type: none"> ○環境と調和のとれた食料システムの確立
<p>人口減少下でも持続可能で強固な食料供給基盤の確立</p> <p>～急激な農業者の減少下で食料供給を行える農業の確立～</p> <ul style="list-style-type: none"> ○人口減少下でも生産を維持する供給基盤の確立 ○スマート農業などによる生産性の向上 ○家畜伝染病・病害虫、防災・減災等への対応強化、知的財産の保護 等 <p>～農村人口減少の中での農村集落機能の維持～</p> <ul style="list-style-type: none"> ○農村コミュニティの維持 ○農村インフラの機能確保

出所：食料安定供給・農林水産業基盤強化本部 第 4 回（令和 5 年 6 月 2 日）資料より大和総研作成

見直しの方向では、①平時からの国民一人一人の食料安全保障の確立、②環境等に配慮した持続可能な農業・食品産業への転換、③人口減少下でも持続可能で強固な食料供給基盤の確立、の 3 つの柱が示され、これらに基づき 2024 年の通常国会への基本法改正案提出に向けた作業を加速化していくとされている。

この中で「スマート農業」について触れられているように、日本において食料安全保障を強化するにあたって一つの鍵となり得るのがテクノロジーの活用による食料供給・農業の高度化であると筆者は考えている。そこで以下では、食料安全保障の強靱化に資する可能性のある主なフ

ードテックやアグリテックの分野として (1) 垂直農法、(2) 代替肉、(3) スマート農業を取り上げ、各分野の概要と先進的な企業例について紹介したい。

5. 食料安全保障強化に資するテクノロジー

(1) 垂直農法 (Vertical Farming)

垂直農法とは、高層建築物の内部などで、垂直的に農産物の育成を行う方法を言う。AI や IT 技術を駆使し、限られた土地を最大限に活用することで水や肥料などの資源を効率的に使い、都市部での農業生産を可能とする。垂直農法は栽培プロセス別に水耕栽培 (Hydroponics)⁹、アクアポニックス (Aquaponics)¹⁰、エアロポニックス (Aeroponics)¹¹ に分類される¹²。

この垂直農法が広がると、食料供給の地域的な分散を促進し、都市部において新鮮な野菜を安定的に供給できる。また、気候変動や自然災害の影響を受けにくいため、食料安全保障の強化につながる。さらに、我が国は化学肥料の原料の多くを輸入に依存していることは先に述べた通りだが、垂直農法により作物栽培における肥料の使用量を削減しながらも食料を調達できるという意味で、食料安全保障の向上にもつながる。

垂直農法の代表的な企業の一つが米国の AeroFarms である。同社はエアロポニックスの栽培方法に基づき、LED、自動栄養供給システム、空調管理システム等を導入して植物工場システムを構築している。2021 年には Nokia Bell Lab と提携し、AI を用いて葉の大きさ、茎の長さ、色、曲率、斑点、裂傷など植物に関する膨大な情報を解析することで効率的な農業生産を実現するとしている¹³。

また、米国において日本の高級イチゴを垂直農法で栽培しているのが Oishii Farm である。日本の施設園芸 (グリーンハウス農業) とエレクトロニクス技術を用いた植物工場により、高品質なイチゴを量産している。2022 年には米国の高級スーパーマーケット「ホールフーズ」での販売をスタートさせた。2023 年には安川電機と資本業務提携し、植物工場の完全自動化を実現することで、生産コスト削減と安定生産を進めるとしている¹⁴。

(2) 代替肉 (Alternative Meat)

代替肉とは、動物肉を代替する原料を使い、動物肉の食感、形、味を似せたタンパク質

⁹ 垂直農法で主に利用されているシステムであり、土壌を使わずに水と肥料溶液に根を浸して栽培される。

¹⁰ 水産養殖の「Aquaculture」と水耕栽培の「Hydroponics」を掛け合わせた魚と植物を同じシステムで育てる栽培方法。

¹¹ 土壌を使用せず、植物の根を空中に浮遊させ、肥料溶液を根に噴霧することで栄養を与える栽培方法。

¹² Infosys, “Vertical Farming Using Information and Communication Technologies”, 2019

¹³ “AeroFarms And Nokia Unveil Partnership For Next Generation AI-Enabled Plant Vision Technology”, August 5, 2021

¹⁴ <https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000004.000075385.html>

源である。代替肉は生成される原料の違いから、主に植物肉¹⁵、培養肉¹⁶、微生物発酵肉¹⁷に分類される。

代替肉はその名の通り、食肉を代替するテクノロジーである。本稿 2. で紹介したように今後世界的な人口増加を背景に畜産物の需要が拡大していくことが見込まれている。一方でその需要を賄うだけの供給が追い付かず、タンパク質供給不足（プロテインクライシス）の可能性が欧米を中心に議論されている。特に日本は、本稿 3. で見たように畜産物の自給率が低いいため、世界的に畜産物が不足するとその影響は深刻化する可能性がある。その点、代替肉の提供が広がると畜産物を輸入せずとも国内でタンパク質源を確保でき、食料安全保障の強化につながる。

ただ、現時点で代替肉市場の大半を占めているのが植物肉と言われ、今後も世界的に成長が期待できると考えられる¹⁸が、その原料である大豆や小麦等は本稿 3. で述べたように輸入依存度が高い。植物肉生産を拡大しても全体としてみれば必ずしも食料自給率向上につながらない可能性があるという側面もあり、食料安全保障という観点で期待されるのは培養肉であると筆者は考えている。

培養肉は培養液の中で細胞を培養して増やすため、家畜から食肉を生産する場合に比べて土地や水といった資源を節約して生成できる。また、少量の動物の細胞を培養して増やして作られるため、畜産物の輸入依存度の改善につながる。培養肉は生産コストの高さから現時点では普及に至っていないとされている¹⁹が、今後技術発展によりコストは下がっていく見込みと指摘する向きもある²⁰。結果として、世界の培養肉市場は 2050 年には 7,000 億円程度にまで到達すると推計されている。2020 年 10 月にシンガポールにおいて世界で初めて培養肉の販売認可を受け、一般消費者向けに培養肉の販売を開始したのが米国の Eat Just である。培養肉を「GOOD Meat」ブランドで展開し、培養チキンナゲットの販売から開始し、2022 年 5 月にはミシュラン掲載店 Keng Eng Kee でチキンサテの提供も開始²¹、デリバリー限定の培養肉メニュー展開も行っている²²。2023 年 3 月には米国食品医薬品局（FDA）から培養鶏肉の安全性を認める通知を受け取ったと発表²³されており、米国展開によるさらなる成長が期待されている。

¹⁵ 植物性原材料（大豆、小麦、エンドウ豆等）で生成された肉。

¹⁶ 可食部の細胞を組織培養して生成された肉。

¹⁷ 発酵技術を利用して生成された肉。

¹⁸ 詳細は拙稿「植物肉市場に将来はあるのか？」（2023 年 7 月 19 日付）を参照。

https://www.dir.co.jp/report/column/20230719_011063.html

¹⁹ 農林水産省「令和 3 年度 細胞培養食品等の法制度等・フードテック市場規模に関する調査委託事業」

²⁰ CE Delft, “TEA of cultivated meat. Future projections for different scenarios”, November 2021

²¹ business wire, “GOOD Meat Launches Chicken Satay with Popular Singapore Hawker”, May 17, 2022

²² Foodpanda “Eat Just and foodpanda partner on world’s first home delivery of cultured meat”, April 20, 2021

²³ business wire, “GOOD Meat, the World’s First-to-Market Cultivated Meat Company, Receives U.S. FDA Clearance”, March 21, 2023

(3) スマート農業 (Smart Agriculture)

「食料・農業・農村基本法の見直しの方向」の中でも言及されているスマート農業とは、ロボット、AI、IoT など先端技術を活用する農業を指す幅広い概念である。その中で、①ドローンを用いたモニタリング・播種、②栽培、モニタリング、収穫の自動化ロボットについて取り上げる。

① ドローンを用いたモニタリング・播種

カメラが搭載されたドローンを用いることで作物の状態を検知し、水や肥料、農薬が必要な農作物のモニタリングや、種まきや肥料散布を遠隔で実施できる技術である。これにより、従来人が行ってきた圃場の見回りや異常の検知を遠隔で自動的に行うことができ生産性の向上につながる。それだけではなく、自動化等が進むことで結果的に水や肥料、農薬の使用量を削減することも可能となろう。

ドローンをはじめとするスマート農業ソリューションを提供する会社に、日本の OPTiM がある。ドローンで撮影した画像データと気象・センサーデータを活用し、圃場を一括管理、病害虫判定、リスク診断を提供している。また、AI による画像解析と病害虫の発生ポイントへのピンポイント農薬散布を組み合わせることで農薬使用量の低減も実現している。

② 栽培、モニタリング、収穫の自動化ロボット

GPS を用いて圃場の位置情報を捉え、データに従って AI が機器を制御し散水、肥料散布、収穫を自動化するロボットの活用も広がっている。これにより作業時間の短縮や 1 人での複数作業（例：無人機で耕耘・整地、有人機で施肥・播種）が可能となり、結果的に 1 人当たりの作業可能面積が拡大することで大規模化に寄与するなど、ロボット活用は農業生産性向上に資する。

世界に先駆けたロボット農機を提供する会社としては、日本のクボタがある。クボタのロボットトラクターは高度な GPS と自動運転機能により耕耘、代掻き、肥料散布、粗耕起といった作業を自動で実施できる。また、AI カメラとミリ波レーダ²⁴を搭載することにより実現した世界初の無人自動運転で米・麦の収穫が可能なコンバインを展開している²⁵。

6. おわりに

本稿では、食料安全保障の定義を解説し、食料安全保障が世界的な重要課題として注目されている背景を需要面と供給面から整理した上で、世界及び日本の食料安全保障の現状について概説した。そして、直近の日本における食料安全保障政策の見直しの方向性について述べた後、食

²⁴ ミリ波と呼ばれる電磁波を照射して対象物を検出するセンサーの一種。

²⁵ <https://www.kubota.co.jp/news/2023/newproduct-20230614.html>

料安全保障強化に資する可能性のあるテクノロジーとして垂直農法、代替肉、スマート農業と各分野における代表的な企業例を紹介した。これらの分野を盛り上げることで、我が国の食料供給における生産性向上、収穫率向上を目指し、食料安全保障を強化していくことが期待される。

—以上—