

# 「食」×「農」×「テクノロジー」による新たな 食料供給産業の創出

## —フードバリューチェーンの重要性—

濱田 隆徳

「食」と「農」分野の調査・コンサルティングに取り組む中で大きく二つの課題を感じている。一つは、農業参入を検討している企業ですら、農業を取り巻く現状と課題を十分に理解できていないことであり、もう一つは、生産現場の思いと消費者意識のギャップが改善されていない状況が続いていることである。本稿では、視野を国内外に広げ、課題認識やその解決手段としてのフード&アグリテックならびにその代表事例となるスタートアップを紹介しつつ、今後、大きな成長可能性を秘めている食料供給産業への期待をまとめた。

キーワード：サステナブル、フードバリューチェーン、フード&アグリテック、食料供給産業

### 1. はじめに

わが国の農業をはじめとする第一次産業は、零細事業者がその多くを占める中で、担い手の高齢化、衰退産業というネガティブなイメージが先行しがちである。たとえば、新幹線の車窓から見える田園風景はわが国を象徴する風景の一つであるが、近年は手入れされていない荒地が所々に虫食いのように目立つようになってきており、高齢化、後継者難による耕作放棄地化が進行していることを想像させる。一方で、筆者が訪問する農業法人や新たなイノベーションを創出しようとする「食」と「農」分野のベンチャー企業の経営者などは、「農業は、わが国に残された唯一の成長産業である」と言って憚らない。ただ、「成長」については感覚的な発言が多く、筆者が現実の生産現場や流通実態、価格など収支に関して説明すると経営者は驚きをもって現実を受け止めることが多い。

この農業をめぐるギャップは、農業を単に第一次産業として捉えるか、それとも農業を「食料供給産業」として捉え、「農業経営の革新」、中でも新たな技術の導入に積極的な状況を把握しているか否かに起因するところが多いと思われる。そこで改めて、農林水産業を取り巻く課題を整理し、課題解決の一つとして注目されているフード&アグリテックの状況を俯瞰したい。そのうえで、国内外で注目される代表的なスタートアップ

プを取り上げ、「食」と「農」をフードバリューチェーンも踏まえた、「食料供給産業」と捉え、その可能性を探っていく。

### 2. 農業を取り巻く課題

#### 2.1 地球規模での現状と課題

農業を取り巻く地球規模の課題の第一は人口問題である。

国連人口統計によると、2050年の世界人口は現在のほぼ1.3倍の97億人と推計され、日本など先進諸国では減少が見られる中、アフリカ諸国を中心に人口は増加し続けると予想されている。同時に、中所得国などを中心とする畜産物の需要、飼料穀物需要の増大などを背景として食料需要は2050年には58億トンと2010年の約1.7倍に拡大すると見込まれている。

このような潜在的な食料需要に対応できる世界的な食料供給システムの再構築が求められている。同時にわが国をはじめ、多くの国々が気候温暖化や世界情勢の変化が引き起こす食料価格などの高騰に見舞われており、優先課題の一つとして、食料危機の可能性とその対応策を念頭に置かざるを得なくなったといえよう。

また、食料供給システムの再構築を考えるうえで、農業による地球環境への負荷も重視しなければならない。化学肥料等由来の反応性窒素過剰による河川、海洋などの汚染の実に7割が農業由来と考えられており、温室効果ガスにおいては、総排出量の約1/4が農林業やその他の土地利用に起因するものである。もはや、生産効率のみを重視した従来の方式では地球の自然循環機能が破綻することが科学的に証明されてきており、

はまだ たかのり  
野村アグリプランニング&アドバイザー（株）  
〒100-8130 東京都千代田区大手町2-2-2  
アーバンネット大手町ビル20F  
takanori.hamada.napa@nomura.com

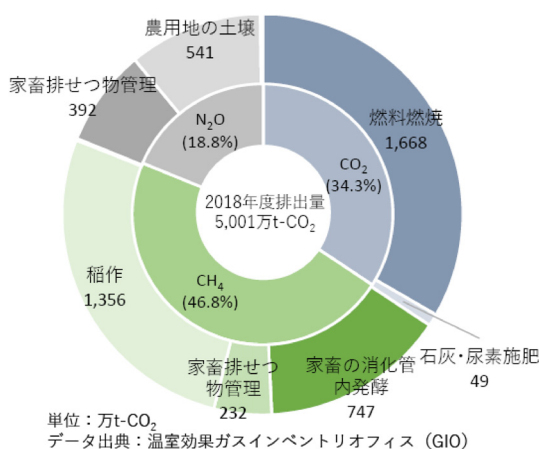


図1 日本の農林水産分野のGHG排出量

新たなイノベーションの創出による解決策の提示は世界規模で急を要する課題となってきた [1-3].

## 2.2 わが国の現状と課題

このような地球規模での課題認識がわが国に十分に浸透しているとはいえず、わが国の課題認識は多少異なる。人口問題でいえば、世界的な人口増加と対照的に、わが国は他の先進国に先駆けて減少時代に突入しており、高齢化も加速している。基幹的な農業従事者は130万人を下回ってきており、この15年で4割近く減少している。2019年には農業従事者の65歳以上の割合が7割に達し、あらゆる産業の中で人口減少と高齢化が顕著な産業となっている。

同様に農地も減少し続けている。農地面積が最大であった1960年代と比較しておよそ3割減の435万haとなっているが、そのうち約1割は耕作放棄地となっており、その規模は富山県の面積（約42万ha）に匹敵する。

次に環境への負荷という側面でわが国の農業に注目してみたい。先に示したとおり、世界の温室効果ガス（以下GHG）排出量490億トン（CO<sub>2</sub>換算）のうち、農林業の排出は25%を占める。その一方、わが国の排出量12.4億トンのうち、農林水産分野は5,000万トンと排出量の4%程度で影響は少ないように見られる。ただ、温室効果がCO<sub>2</sub>の25倍であるメタン（CH<sub>4</sub>）の多くをわが国では稲作と家畜の消化管内発酵（ゲップ）から排出されている（図1）[4].

また、多くの農家が利用している窒素肥料は化学合成物が一般的であり、1960年代に「緑の革命」といわれるほど、安価に入手可能となった窒素肥料で飛躍的に収量を伸ばしてきた。ただその反面、土壌に施した窒素肥料の約50%は摂取されずに空気中に気散してお

り、土壌は劣化を続けているという事実はあまり知られていない。

さらに窒素肥料から生じる亜酸化窒素ガス（N<sub>2</sub>O）による地球温暖化、硝酸性窒素による地下水汚染、河川や湖沼、沿岸海域の富栄養化などが、自然環境に深刻な影響を及ぼしている。N<sub>2</sub>Oは温室効果がCO<sub>2</sub>の298倍といわれており、もはや一定の限界値を超えて回復不可能な状況となっている。加えて従来の農業慣行に起因する土壌劣化は深刻な懸念材料となっている。EUでは、土壌劣化による年間の社会的損失の合計を約1,000億ドルと推定し、対策に向けた検討が始まろうとしている中、わが国でも、2021年度、農林水産省は「みどりの食料システム戦略」を策定し、農業分野の脱炭素化を農業政策の重要な柱に位置付けた。

ただ、「化学肥料の使用量を削減しても同程度の収穫量を得られる新たな生産システム」の実現は簡単ではない。なぜなら、農家は施肥量を減らして収量低下のリスクを取るよりは、少々施肥量を増やしても、確実に高い収量が得られる方を志向すると考えられるからである。このことも「農業が変わらない」つまり、イノベーションを阻害する要因の一つと考えられる [5].

生産する作物の単価が需要側主導で決定されるシステムとなっている現状において、農業による所得向上は難しく、わが国の農業におけるイノベーションはバリューチェーン全体で捉えなければならない課題である。

## 2.3 わが国のフードバリューチェーンの現状

わが国におけるフードバリューチェーンを俯瞰すると、生産者である農家は、JAなどの集出荷団体による卸売だけでなく、食品製造企業やECなどを通じた実需者への直接販売など流通経路は多岐にわたっている。その一方、各流通段階の取扱高のうち、卸売市場を経由する流通金額はデータがあるものの、民間流通を把握している統計が存在していないため、全推定市場規模から引き算せざるを得ないのが現状である。また、小売など川下領域では食品に限定した統計は存在せず、各業態の推計値が公表されるにとどまっている。

以上を踏まえた弊社推計では、2019年時点の農業生産額は約11兆円にすぎないが、最終消費者は小売、外食等で約93兆円を消費していると考えられ、日本の国内総生産約557兆円の約17%を占めており、フード&アグリ産業はわが国の重要な産業と位置付けられる（図2）[6, 7].

## 3. 「食」と「農」の未来を切り拓くテクノロジー

このように、人口動態、環境などさまざまな課題に

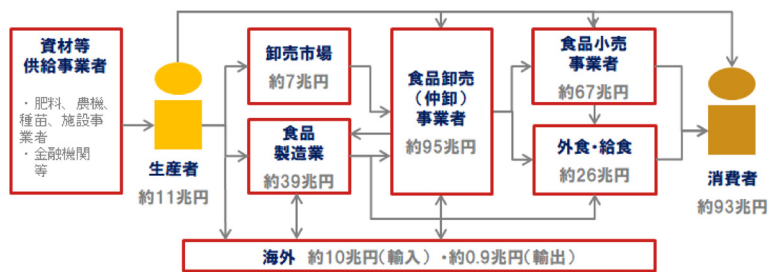


図2 フードバリューチェーン推計 (2019年)

直面する「食」と「農」の未来を切り拓くテクノロジーとして「フード&アグリテック」が注目されている。フード&アグリテックを活用することで、既存の食料供給システムを、地球に優しく安心して安定した「持続可能なエコシステム」として再構築することが期待される。同時に、従来の農業の伝統を守りつつ新たなイノベーションも積極的に導入を試みようとする「挑戦」と位置付けることもできる [8]。

食料供給の総量は「農地面積」×「単位面積当たり収量」という掛け算で決定されるが、世界的にみるとこの50年で人口はほぼ倍増したにもかかわらず、農地面積はわずか10%程度しか増えていない。異常気象に伴う地球環境の悪化に加え、高齢化などによる耕作放棄地の増加などが影響しており、これまでの常識に縛られると、農地拡大という課題への解決策を講じることは難しい。ところが発想を転換して、都市部の建物、工場設備、倉庫など農地という既存概念に縛られず、さまざまなテクノロジーを駆使することで、新たな農地の代替として「植物工場」を捉えると、新たなビジネス創出の可能性が高まる。

そもそも植物工場は、栽培に必要な空気、光、水などを制御することで、1年を通じて安定して収穫を可能にする生産システムであり、農地面積の拡大という側面と単位面積当たり収量の増加という二つの側面からも食料供給を向上させる解決策の一つと捉えられる。このような食料供給システムを支えるフード&アグリテック市場について概観してみたい。

### 3.1 複合領域で形成されるフード&アグリテック

フード&アグリテックといってもその範囲は広く、主に、植物工場や陸上養殖などの次世代生産システム領域、農業用ドローン・ロボット領域、IoTを活用した各種営農支援サービス領域、また、昆虫食、代替タンパクなどに代表されるアグリバイオ領域と分類される。技術動向や研究開発の進捗によって社会実装される時期やその普及時期は大きく異なるが、共通する特

徴として複数の研究領域や技術分野が複合的に領域を形成していることがあげられる。

先の植物工場を例に考えてみると、工場としての建屋建築の技術をはじめ、LEDなどの照明技術ならびに空調管理システム、温度や湿度などのセンシング技術や自動搬送システムといったハード技術のほか、作物を栽培するうえで必要な技術やノウハウといったソフト面を融合した複合技術で形成されている。そのため、建物・設備は設計どおりにできたとしても、栽培が思うようにいかない（収量が上がらない）ことは多く、数年で事業を断念した企業もかつては多かったが、近年は、複数の企業で連携して技術開発や標準化に取り組むなどノウハウを蓄積してきた結果、大型化が進み始め、植物工場は一つの産業として成立する段階にまで成長している。

### 3.2 市場規模推計

このような植物工場だけでなく、フード&アグリテックの各領域は、持続可能な新たな食料供給システムとして新産業を創出する成長領域と位置付けられる。

産業サイクルで捉えると一部の農業用ロボットやドローンなど市場に認知され始め、新たな産業として確立してきた領域から、代替タンパクのように今もなお研究・開発が続いているアグリバイオ領域など、社会実装段階には差異がある（図3）。

そのような背景を踏まえ、弊社では、フード&アグリテックの国内市場規模が2019年の2,576億円から2025年には9,046億円、2030年には1兆6,351億円と拡大すると予測しており、この間の年平均成長率(CAGR)は16.7%とほかの産業と比較しても極めて高い（図4）。

一方で、グローバルでの市場規模は2030年には80兆円近くに達し、年平均成長率(CAGR)も28.6%と見込まれるなど、巨大な成長マーケットとして認識されており、スタートアップやベンチャー企業などへの出資もわが国とは桁違いの状況で伸びている。

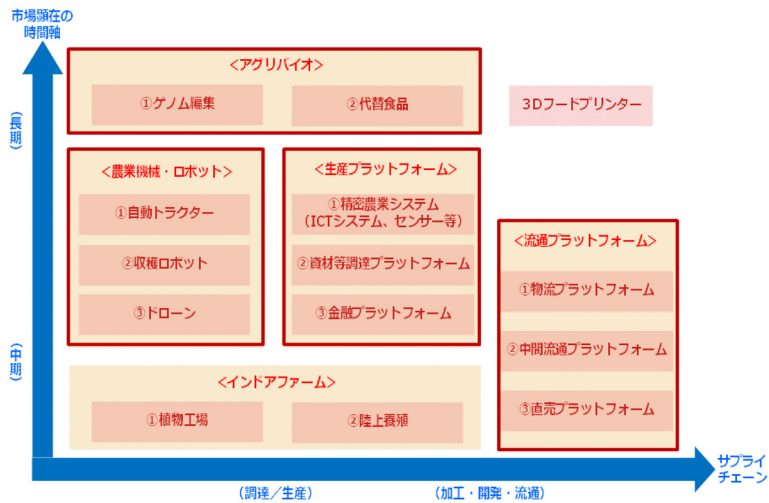


図3 フード&アグリテックの社会実装時期

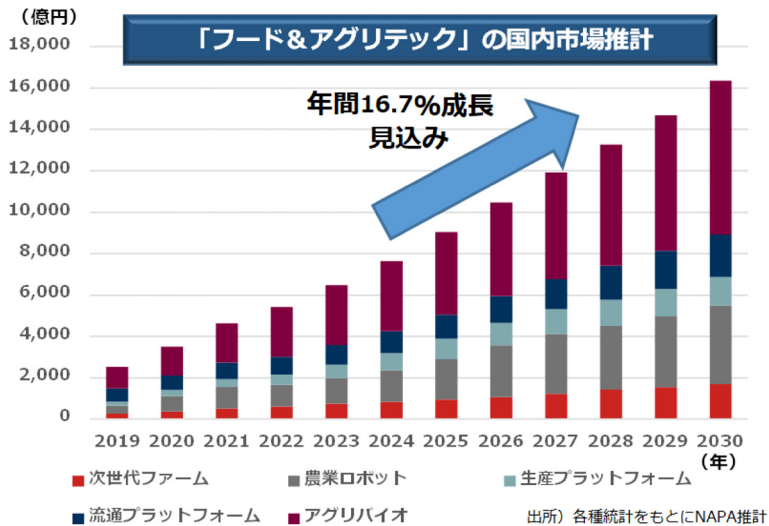


図4 わが国のフード&アグリテック市場推計

成長の背景として Google などが確立した IT 情報基盤を活用したデジタル化 (DX: デジタルトランスフォーメーション) がさまざまな産業で進行しているが、フード&アグリ産業では植物工場のようにセンシングなどにおいてデジタル技術を活用し、効率化だけでなく、収量増加にも寄与している。これまで個別農家の経験と勘に頼っていた農業分野においてデジタルとの親和性は極めて高いことがさまざまな産業から認識されてきており、産業間での連携が加速していることもあげられよう。

### 3.3 わが国の代表的なスタートアップ事例

フード&アグリテックにおける国内のスタートアップは多岐にわたり、その特徴を集約することが難しい。

ここでは、国内フード&アグリテックとして過去最高額の 40 億円をエクイティ調達した植物工場スタートアップのस्पレッド社 (京都) を紹介したい。

同社の植物工場はいわゆる人工光型植物工場 (図 5) (工場のような施設内で光や温度・湿度を制御しながら年間を通じて安定した生産が可能) であり、その生産技術と出荷実績では世界でもトップクラスの実力を誇っている。

人工光型植物工場に関する技術開発は 1970 年代からわが国で世界に先駆けて実用化に向けた研究開発がすすめられたものの、規模の拡大に伴う空調制御など安定した生産技術を確認するまでに多くの企業が挫折した歴史がある。そのような中で同社は青果流通から



図5 スプレッド社の人工光型植物工場

立ち上がったユニークなポジションにあり、地道な研究開発のほか、栽培から販売までのトライ&エラーを長年繰り返しながらビジネスモデルを確立した。

植物工場は気象条件や場所に左右されず、しかも省力化やフードマイレージの削減などこれからの脱炭素社会における「サステナブルな農業生産システム」として注目を集めている。海外では複数のユニコーン企業（時価総額が10億米ドルを超える創業10年以内の未上場企業）が生まれており、将来の成長が期待されている分野である。栽培技術や生産ならびに販売実績となると、スプレッド社はこれらユニコーン企業とも互角以上に競争できる企業として高く評価されている。今回の資金調達もその評価の表れといえよう。後に続くスタートアップ企業も複数立ち上がっており、植物工場という日本発の技術が社会に実装され、成長産業として認知されていくであろう。植物工場における成功事例はわが国の新産業創出モデルとしてフード&アグリテック領域にその可能性が十分にあることを示唆している [9]。

#### 4. フード&アグリテックが促す「食」と「農」の新たなバリューチェーン

これまで、フード&アグリテックを中心に「食」と「農」を見てきたが、わが国における「食」と「農」の捉え方は、それぞれが別のものとして認識されている。

たとえば、「農（業）」はあくまでも生産現場（一次産業）での話として、食も含めたフード&アグリ分野全般が俯瞰されてはいない。背景には、農業＝農産物、畜産など食料の生産事業という先入観が先にたってしまうことや、農産物独特の流通ルートが存在するなど、いわゆるバリューチェーンが分断されてしまっており、それぞれの業種、業界による慣習が効率化を妨げていることも一つの原因であると考えられる。

輸出促進が叫ばれる一方で、物流体制や検査体制などは多くの地域で分断しており、いまだに非効率な状態が続いている。農畜水産物を食する消費者にとってみれば、安心で安全な食材が安定して入手できれば良いのだが、昨今、いわゆる産地偽装問題などが契機と

なり、必ずしもそうではなくなっている。諸問題に向けた対策はその都度講じられてきてはいるものの、当面の問題解決にすぎず、抜本的な解決に至っているわけではない。

そもそも「食」と「農」は一体であり、生産者と消費者の信頼関係で成り立つものである。生産者からすれば、丹精込めて育てた農産物を旬の時期に食べてもらいたいと思っても、多くの消費者は、近くのスーパーでできるだけ安く購入したいと考えており、どこかの産地の誰が栽培した（生育した）ものかを意識したとしても、隣の陳列棚に並んだ農産物が安ければ、そちらに手が伸びてしまいがちである。つまり、生産品のブランディングや消費者に向けた食育など地道な啓蒙活動が重要であり、テクノロジーが普及したとしても根本原因を追究し、解決していかなければ、わが国のフード&アグリ産業全体が成長産業になるのは難しい。

#### 5. トレーサビリティが生み出す新たな価値創出モデル

上述したように、わが国の食品流通経路は卸売市場を経由する流通金額は把握可能だが、民間流通を把握している統計が存在していない。そのため、全推定市場規模から引き算せざるを得ない状況下で、実態把握が急がれている。そのような中、トレーサビリティに注目が集まっている。

トレーサビリティは、「物品の流通経路を生産段階から最終消費段階あるいは廃棄段階まで追跡が可能な状態」をいうが、フード&アグリ領域においては、「食品の移動を把握できること」にほかならない。トレーサビリティを制度やシステムとして導入することは、生産者、加工業者、物流業者、小売業者に新たな負担を強いることになるため、関係者のモチベーションやインセンティブが非常に重要になる。

弊社で行った調査事例によると、2006年にホウレン草へのO157混入で多くの死亡者がでたことを契機として、FDA（米国食品医薬品局）が業界団体に、トレーサビリティを明確化する行動を強く指示したが、政府による強い規制を望まなかった業界団体は、自主的に推進組織（PTI: Producer Traceability Initiative）を設立し、自らトレーサビリティの導入計画やガイドラインの策定を進めた。当推進組織では、自らトレーサビリティを導入した後、自社の取引先にも導入の義務化や推奨を進めていたが、米国で生鮮流通の25%のシェアを占めるWalmartが川上の取引業者に導入を義務付けたことで、Whole Foods Marketなどほかの大手

小売企業も追随したことから、導入開始後5年あまりで導入率が60~70%に達したといわれている。

政府主導ではなく、業界団体が自主的に組織を設立し、自ら導入するというのはいかにも米国らしいが、わが国においても農林水産省は「食品トレーサビリティの推進方策の検討」を開始し、ようやく実態把握が始まったところである。導入にはまだまだ時間がかかることが予想されるうえに、だれがどう主導するかなどがバナンス上の課題も多い。

トレーサビリティの導入に向けては、既存の取り組みを踏まえつつ、どのような情報提供を行うかが重要である。生産者や加工業者であれば、如何に栽培や加工にこだわっているかなどの工夫を理解してもらい、付加価値を高めることで取引価格もプラスに働くと考えられる。また、物流業者であれば、鮮度維持のための流通時間や流通トラックなどの位置情報や温度変化に関する情報、さらに小売であれば、旬の農産品などがタイムリーに届けられているといった在庫管理情報などが求められよう。

これらの情報を一元的にスマホなどの携帯端末で消費者が目にすることができ、商品選択に影響を与えることができるようになれば、普及に弾みがつくと思われる。その際、やはり消費者の「食」に対するリテラシー（食育）が重要であり、厳しい目をもった消費者が結果的に生産者を救うことになることを社会全体で受容できる環境が必要となる。

## 6. おわりに

「食料供給産業」としてのフード&アグリ産業に関与するということは、特定の生産者や加工業者、さらには流通小売業者の課題を解決するだけでは十分ではなく、常に「バリューチェーン」を意識して俯瞰した課題解決を心がけなければ、抜本的な解決には至らないであろう。しかし、その俯瞰領域があまりにも幅広く、フード&アグリビジネスで起きている新たなイノベーションも踏まえて問題解決にあたるには、各主体で孤軍奮闘して取り組んだとしても限界があると思われる。したがって、業種・業界といった組織の垣根を

越えて「連携」することがますます重要になってくることは言うまでもないが、その際に、連携をリードするコーディネーター的な存在（プロモーター）が欠かせない [10]。

フード&アグリ分野にかかわる人々は、もれなく5年後、10年後の市場・業界の姿を見据え、今やらなければならないことに着実に取り組むという「バックキャスト思考」で地域の枠を超えたオールジャパンでの連携を考えていかなければならない。その手段となるのが、IoTやセンサー、ロボティクス、アグリバイオテクノロジーなどといったフード&アグリテックであると考えている。第一次産業としての農林水産業が食料供給産業としてのポジションを確立し、成長産業となる日を楽しみにしたい。

## 参考文献

- [1] 農林水産省, 「国連食料システムサミット」, [https://www.maff.go.jp/j/kokusai/kokusei/kanren\\_sesaku/FAO/fss.html](https://www.maff.go.jp/j/kokusai/kokusei/kanren_sesaku/FAO/fss.html) (2022年7月8日閲覧)
- [2] 国連広報センター, 「国連食料システムサミット:事務総長による議長サマリーおよび行動宣言(2021年9月23日)」, [https://www.unic.or.jp/news\\_press/info/42974/](https://www.unic.or.jp/news_press/info/42974/) (2022年7月8日閲覧)
- [3] J. ロックストローム, M. クルム, (武内和彦, 石井菜穂子監修, 谷淳也, 森秀行ほか訳), 『小さな地球の大きな世界—プラネタリー・バウンダリーと持続可能な社会—』, 丸善出版, 2018.
- [4] 農林水産省, 「気候変動に対する農林水産省の取組」, [https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/GR/attach/pdf/s\\_win\\_abs-71.pdf](https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/GR/attach/pdf/s_win_abs-71.pdf) (2022年7月15日閲覧)
- [5] The Food and Land Use Coalition, The Growing Better report 2019, <https://www.foodandlandusecoalition.org/global-report/> (2022年7月8日閲覧)
- [6] 農林水産省, 令和元年農業・食料関連産業の経済計算(概算), 卸売市場データ集(令和2年度版), 農林水産物輸出入情報・概況, 2021.
- [7] 農林水産省, 「みどりの食料システム戦略」, <https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/midori/index.html> (2022年7月15日閲覧)
- [8] 佐藤光泰, 石井佑基著, 野村アグリプランニング&アドバイザリー編, 『2030年のフード&アグリテック—農と食の未来を変える世界の先進ビジネス70—』, 同文館出版, 2020.
- [9] 株式会社スプレッド, 「ニュースリリース」, [https://spread.co.jp/news-release\\_20220802/](https://spread.co.jp/news-release_20220802/) (2022年8月2日閲覧)
- [10] 大泉一貫, 『フードバリューチェーンが変える日本農業』, 日本経済出版社, 2020.