

第2回 窒素排出を抑止する スマート農業と食品づくり 抑止の機会にはサプライチェーンの中にある

佐野則子



CONTENTS

- I 地球の限界と有機農業の重要性
- II 有機農業に寄与するデジタル活用の仕組みと海外事例
- III 食品会社による有機農業の普及促進に寄与する支援と海外事例
- IV オーガニック食品に対する生活者の意識と需要喚起
- V 地球の限界を超えない持続的な食品づくりに向けて

要約

- 1 化学肥料の使用によって自然界の自浄能力を超えて環境へ排出される窒素（余剰窒素）が原因となり、温室効果が100年以上持続する一酸化二窒素が放出される。二酸化炭素の排出削減にとどまらず、一酸化二窒素の排出を抑止する早期の対策が求められる。一つの解決策として有機農業が考えられる。
- 2 海外では、有機農業に役立つ取り組みとして、デジタルを活用したスマート農業を導入し、作物の五大栄養素の栄養状態を把握して適切な肥料量を判断したり、農薬を使わないか使用量を必要最小限にしたりする事例がある。
- 3 食品会社が生産者に対し、自然な方法で土壌を健康にする農業への移行支援を行ったり、調達者と生産者の間でデータを共有したり、マッチングしたりする取り組みがある。これらは有機農業の普及促進に寄与する。
- 4 有機農業でつくられたオーガニック食品への関心や課題を明らかにするために、野村総合研究所（NRI）は2021年に全国の生活者を対象に調査を実施した。地球温暖化防止の対策が「緊急」と考える人（ハイアラート層、全体の4割強）のオーガニック食品への関心度は、7割に上った。
- 5 食品サプライチェーンの出発点である生産地を「地球の限界を超えるような窒素を排出しない場所」に再生する必要がある。そのような生産地からの調達で食品づくりを行う企業とそれを求める生活者の行動がより重要となる。

I 地球の限界と有機農業の重要性

1 | 農業が地球環境に及ぼす影響

(1) SDGsに影響を与えた

プラネタリー・バウンダリー

2015年の国連総会で採択された持続可能な開発目標（SDGs）には、「プラネタリー・バウンダリー」が大きな影響を与えた。プラネタリー・バウンダリー（地球の限界）とは、人間が安全に活動できる地球環境であるか、自然界の自浄能力で回復できる限界点を超えていないかを九つの指標で評価するフレームワークで、指標ごとに地球環境の状況を「安全」「リスク増大」「高リスク」に分類する。「高リスク」は地球の限界を超え、不可逆的な変化が起こり得る状態を意味する。

17年、国際農業研究協議グループ（CGIAR）の研究プログラム「気候変動、農業と食料安全保障」（CCAFS）で発表されたキャンベル

氏らの論文^{注1}では、「窒素の循環」指標が「高リスク」であり、農業の寄与率を85%と推定した（表1）。

窒素循環とは、窒素が大気・陸・水域の間で自然に循環することを指す。肥料を使用すると、作物が吸収し切れなかった肥料の窒素（余剰窒素）は地下水や大気など環境へ流出する。余剰窒素が生じると、窒素循環の過程で一酸化二窒素が大気中に排出される。

(2) 高リスクの窒素循環がもたらす

一酸化二窒素

主要な温室効果ガスには、二酸化炭素（CO₂）、メタン、一酸化二窒素、フロン類などがある。IPCC（気候変動に関する政府間パネル）の第6次報告書^{注2}によると、人為的な温室効果ガスの総排出量で一番多いのはCO₂であり、一酸化二窒素の割合は4%にとどまる。

表1 地球の限界と農業の寄与率

No.	九つの指標		地球の状況	農業の寄与率
1	生物地球化学的循環	窒素の循環	高リスク	85%
		リンの循環	高リスク	90%以上
2	生物圏の一体性	絶滅の速度	高リスク	80%
		生態系機能の消失	リスク増大	80%
3	淡水利用		リスク増大	84%
4	土地利用の変化		リスク増大	80%
5	気候変動		リスク増大	25%
6	新規化学物質		安全	リスクを高める重要な推進要因
7	成層圏オゾンの破壊		安全	
8	大気エアロソルの負荷		安全	
9	海洋性酸化		安全	

出所) 以下の論文より作成

"Agriculture production as a major driver of the Earth system exceeding planetary boundaries.", Ecology and Society Vol22 No4 2017, Campbell et al.

しかし、一酸化二窒素が及ぼす影響は大きい。「温室効果ガスの総排出量」は、温室効果ガスごとに「排出量」と「地球温暖化係数」の積を合算したものである。排出量は、ある1年間における人為的な排出量を積算した値である。一方、地球温暖化係数は温室効果ガスによって異なる濃度単位当たりの温室効果をCO₂相当量に置き換える換算係数で、CO₂を1としてそれに対する倍率で表す。

一酸化二窒素は消滅するまでの寿命が約109年と長いので、排出をゼロにしてもすぐに温室効果が下がらない。そのため寿命も考慮して決定される地球温暖化係数は273で、同量のCO₂の273倍の温室効果を及ぼす。プラネタリー・バウンダリーでは、既に、窒素循環は「不可逆的な変化が起こり得る状態」であり、一酸化二窒素の排出抑制は重要といえる。

国際連合「世界人口予測2019」によれば、世界の人口は19年の77億人から30年には85億人（約10%増）、50年には97億人（約26%増）に達する見込みであり、食料増産が予想される。現在の農業のあり方を変えないと余剰窒素が増加するリスクがある。

地球温暖化防止のためには、CO₂の排出削減にとどまらず、余剰窒素によって一酸化二窒素が排出されるのを阻止する早期の対策が求められる。

2 | 余剰窒素を生じにくい農業

(1) 解決策としての有機農業

化学肥料を使う農業では、作物にすぐに吸収される無機態窒素（無機質の窒素）を直接土壌に投入するが、作物はその窒素を約半分³¹程度しか吸収できず、余った窒素から

一酸化二窒素が大気に排出される。一方、有機農業では有機肥料が微生物に分解されてゆっくり時間をかけて無機化する。そのため、化学肥料を使う農業は、有機農業と比べて余剰窒素が発生しやすい。

余剰窒素を生じにくい農業にするためには、化学肥料の使用を必要最小限にすることが望ましい。しかし、作物の肥料窒素の吸収率を正確に把握するのは難しく、結果として余剰窒素が生じやすい。したがって、より強力な解決策の一つは化学肥料を基本的に使用しない有機農業への「挑戦」である。

今後、後述するように、生活者の温暖化防止への意識の高まりとともに、これまで以上に生産地での対策に関心が高まる可能性がある。化学肥料の使用が本当に必要最小限なのかは生活者には分からないが、有機農業を行い、公的な認証を取得すれば環境に配慮した生産方法であることを証明できる。温暖化防止に貢献する農地での生産方法や農作物の調達への移行が、今後の企業の評価や成長につながる「先手」の取り組みとなる。

(2) 地球環境を再生するEU農業戦略

世界の中で、欧州は有機農業が進んでいる地域である。有機農業の普及率を2019年末の統計でまとめた「有機農業の世界 2021」³³で見ると、有機農業を行う農地が国内農地の1割以上を占める国の上位は、オーストリア（約26%）、エストニア（約22%）、スウェーデン（約21%）をはじめとする欧州の国が大部分を占めている。

欧州委員会は、20年5月に「Farm to Fork 戦略」³⁴を発表し、30年までの農業目標と行動の必要性を訴えている。

同戦略では、食料システム（食品の製造・加工・小売・包装・輸送など）が気候変動と環境悪化の主要な要因の一つで、生活者は今まで以上に食に価値を求め、持続可能な方法で調達された食品を望んでいるとする。

過剰な肥料の使用と農薬依存を減らし、有機農業を増やし、生物多様性の損失を逆転させることなどを急務とし、30年までに化学肥料の使用20%削減、化学農薬の使用50%削減、農地の25%を有機農業の農地に転換するという目標を立てた。

(3) 日本における有機農業の課題

一方、日本の有機農業は欧州に比べると遅れている。前述の「有機農業の世界 2021」によれば、日本の有機農業の普及率はわずか0.2%である。

有機農業の主な課題は三つある。第一に、日本は温暖で湿度が高いため病害虫や雑草が発生しやすく、人手で駆除するには手間がかかるため農薬の使用を避けることが難しいこと、第二に、人の経験や勘に頼っている面が大きく、ノウハウを得るために試行錯誤が必要なこと、第三に、有機肥料は化学肥料のような即効性がないため、同じ期間内の収穫量が減る可能性があること、である。

日本の法律では、有機農業は化学肥料だけでなく化学農薬も使用しないことを基本としなければならない^{注5}。農地によって地力（土壌が持つ養分、生態系の維持）や気象条件が異なり、それによって発生する病害虫や雑草も異なる。そのため既存農地のうち、できるところから段階的に有機農業へ移行することが望ましい。

II 有機農業に寄与するデジタル活用の仕組みと海外事例

前述のような作業負荷やノウハウ不足、収穫量減少などの課題を解消するため、デジタルを活用したスマート農業の推進が求められる。それにより作業全体の効率化を図り、判断を支援して有機農業にかかる時間とコストを削減できる。本章では、有機農業を実践するために、どのようにデジタルを活用して適切な肥料と農薬の使用を実現するべきかについて考察する。

1 | 適切な肥料使用の仕組み

(1) デジタルを活用する必要性

余剰窒素を生じさせないためには適切な肥料の使用が求められる。そのため、農地全体に一律に施肥する（肥料を撒く）のではなく、農地の中で作物の生育状況に合わせて肥料の量を増減させる「可変施肥」が求められる。その際、適切な肥料と灌漑を判断するために、AIなどのデジタルを活用することが効果的である。

日本では、執筆時点でドローンやトラクターで窒素のみ可変施肥する事例はあるが、次項で述べるような五大栄養素について最適な施肥を推奨するものはない。病害虫に対する抵抗力を高め、収穫量や品質を犠牲にしないために窒素以外の栄養素管理は有用である。

また可変施肥を行うとともに灌漑にも留意しなければならない。水の量が多すぎると肥料が土壌から流れ、さらに施肥が必要となり余剰窒素が生じる原因となる。灌漑のタイミングや最適な水の使用パターンは、過去データから導き出すことができる。

(2) スパセナス（ドイツ）の衛星画像による 五大栄養素の肥料適正化

スパセナス（Spacenus）は、データに基づく農業を可能にするプラットフォームANA（Agricultural Nutrient Assistant）を構築した（図1）。欧州宇宙機関（ESA）が資金提供するプロジェクトで開発され、その目的は余剰窒素を最小限にすることであり、単に収穫量や品質を上げることではない。

ANAは、衛星画像、気象データ、スマートフォンによる撮影画像などのデータに基づいて、AIが作物と土壌の状況を判断し、必要な肥料量を算定する。生産者はスマートフォンから作物の写真をANAに送信したり、肥料に関する推奨情報を参照できたりする。

ANAは、低コストで打ち上げられる低軌道衛星からのリモートセンシングにより、複数の植生指標^{注6}で作物の生育状況を監視でき、1ヘクタール当たりの乾物重量（作物から水分を除いた重さ）を推定する。作物の生育状況が異なるエリアごとに現在の栄養状態を五大栄養素（窒素、リン、カリウム、硫黄、マグネシウム）の絶対量（kg）で把握

し、栄養素ごとの必要な施肥量を導き出す。

これを基に、ANAは五大栄養素の最適な割合が記載された「施肥マップ」を作成する。施肥マップは有機農業でも利用でき、国際規格イソバス（ISOBUS）に対応しているため、ISOBUS対応のトラクターとそれに装着する施肥機であればどのメーカーのものでも施肥マップを基に施肥できる。ISOBUSとは、トラクターとそれに装着する作業機の間でデータ通信するための国際規格である。

スパセナスは、2020年、36カ所の小麦畑でANAの実証実験を行った。その結果、ほぼ同等の収穫量で、肥料の使用量を平均8%削減することに成功した。また、1ヘクタール当たり16ユーロの肥料コスト削減、12ユーロの収入増加も確認した。

可変施肥の結果、一律に肥料を撒くやり方と比較して収穫量が減らず、成育のばらつきがなく、品質が下がらず、肥料が増えなかったという効果が認められれば、可変施肥の効果はあると評価できる。実験は小麦だったが、一律に肥料を撒く場合でも作物品目によって必要な肥料量は異なる。日本で可変施肥の実証実験を行う場合、品目ごとにコスト削減だけでなく、これらを確認することが望ましい。ANAはドイツの学習データを基に開発され、現在ドイツで使用でき、今後は他国展開が計画されている。

(3) ペッスル（オーストリア）の センサーなどによる肥料が流れない 灌漑管理

ペッスル・インストゥルメンツ（Pessl Instruments）（以下、ペッスル）は、農地に設置した計測器で農地環境を観測し、環境に



合わせた最適な灌漑のタイミングと水量を推定するシステムを提供している。

計測器は太陽電池とバッテリーで駆動し、センサーと光学式の高解像度カメラを備えている。センサーの監視項目は、「農地の気象状況」「土壌状態」「作物の状況」「灌漑システムの状況」などに及び⁷、センサーやカメラで取得したデータは無線通信⁸でクラウドに送信される。

ペッスルは、土壌における水の過不足は近距離で大きく変化し、水の量が多すぎるとは、少なすぎるよりも悪影響を及ぼすと指摘する。水の量が多すぎると土壌から肥料が流出してしまうからである。

生産者は、Webサイトやスマートフォンを通じて、赤（水分不足）、緑（快適ゾーン）、青（水分過剰）と示されたデータを参照し、農地内の場所によって最適な灌漑のタイミングと量を知ることができる。これにより、肥料が流れない灌漑を実現するとともに、灌漑時間を最大50%削減、肥料・水・エネルギーを節約できることも確認されている。

2 | 適切な農薬使用の仕組み

(1) デジタルを活用する必要性

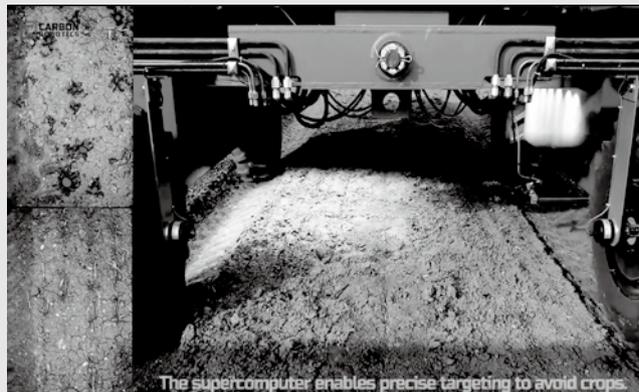
病害虫や雑草の管理には、化学農薬だけに頼るのではなく複数手段を適切に組み合わせるIPM（総合的病害虫・雑草管理）が必要とされ、国際連合食糧農業機関（FAO）でも推進している。その基本的な取り組みは、「予防」「判断」「防除（病害虫・雑草の駆除）」の三つである。

「予防」は、病害虫や雑草が発生しにくい環境づくりを指し、天敵生物のすみかをつくったり、抵抗性品種の導入や、葉や茎で土を覆う被覆作物を植えたり、輪作などを行う。その上で、病害虫・雑草の発生状況を把握し、可能な限り防除の必要性やタイミングを適切に「判断」し、「防除」を行う場合は多様な手段から適切な手段を選択する。

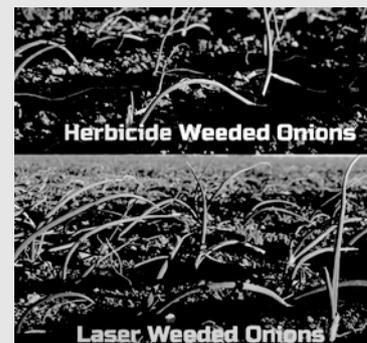
適切な手段について、有機JAS認定を受けている有機農作物では、太陽熱で病原菌を死滅させるなどの物理的な方法や、輪作など「予防」のできる防除を優先し、やむを得ない場合にのみ生物農薬と化学農薬を使用する

図2 カーボン・ロボティクス（米国）のレーザー除草ロボット

a. AIカメラによる雑草検知



b. 効果
(除草剤処理したタマネギ(上)と
レーザー除草したタマネギ(下))



出所) AIカメラによる雑草検知、効果の画像とも、<https://youtu.be/vSPhhw-2ShI> より転載（2022年1月19日検索）

という生産方法が取られている^{注9}。

この「判断」や「防除」において、デジタルを活用することで、次項で述べるように判断の正確性を上げ、防除を効率化し、農薬使用を必要最小限にすることができる。

(2) カーボン・ロボティクス（米国）の農薬を不要にしたレーザー除草

カーボン・ロボティクス（Carbon Robotics）は、有機農業の最大の障害の一つは雑草対策とし、自律走行型のレーザー除草ロボットを開発した（図2）。このようなロボットを使うことで農薬の使用量を大幅に削減できる。

除草ロボットは、高解像度カメラで撮影した画像からAIなどを活用して人間の視覚機能を再現したコンピュータビジョン技術を用い、リアルタイムで雑草と作物を識別する。雑草を検知すると高出力レーザーを照射し、1台で1時間に10万本以上、1日に15~20エーカー（約6~8ヘクタール）の除草ができ

る。障害物検出用LiDARセンサーを搭載しているため、昼夜を問わず自律走行し、溝を移動して隣の畝に向かうことができる。

レーザー除草は、機械による除草のように土を搔いて土壌の生態系を傷つけることがないため、効率化とコスト削減だけでなく作物品質と収穫量も向上する。除草ロボットはワシントン州農業局（WSDA）のオーガニック認証を得ており、公的に認められた除草手段である。

(3) ペッスル（オーストリア）の病害モデルとAIによる病害虫管理

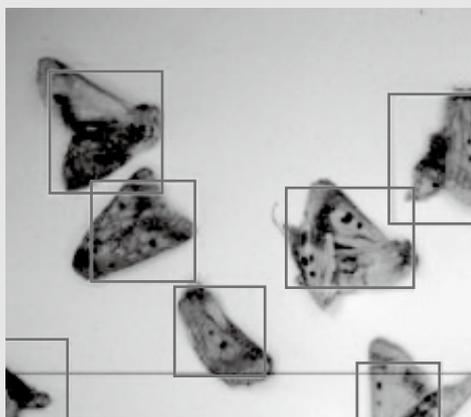
ペッスルは、病害虫の発生判断を支援するシステムも開発している。センサーやカメラで観測した農地環境の計測データと、40種類以上の作物に対する85種類以上の病害モデルに基づいて病害発生を判断し、病害アラートを発して、必要なタイミングで必要最小限の農薬量を算定し、適切な農薬散布の判断を支援する。

図3 ペッスル・インストゥルメンツ（オーストリア）のAI活用による害虫モニタリング

a. スマート捕虫器（iSCOUT）



b. 捕獲した害虫
(AIが認識して四角で囲んだ写真)



出所) スマート捕虫器（iSCOUT）、捕獲した害虫とも、<https://metos.at/iscout/#technicalspecifications> より転載（2021年12月9日検索）

2018年にはジョン・ディア (John Deere) と共同で害虫の発生状況を把握するスマート捕虫器 (iSCOUT) を開発した (図3)。スマート捕虫器は電子機器と粘着プレートで構成され、軽量で太陽電池とバッテリーで駆動するため、必要な場所に吊るすことができる。スマート捕虫器に組み込まれた光学式カメラが粘着プレートを高解像度 (1000万画素) で撮影し、画像は1日1回 (最大3回)、クラウドに送信され、画像からAIが害虫を検出する。生産者は、Webサイトやスマートフォンで害虫の写真や個体数とその推移などをリアルタイムで参照し、農薬の散布タイミングの判断を支援する。

なお、ベッスルの事例にはないが、気温から日本の害虫の発育ステージを推定する知見^{注10}がある。日本の害虫の種類や性質に関する知見を整備し、害虫ごとに最適な農薬使用タイミングと少量の農薬で効率的な駆除が

できる仕組みづくりが求められる。

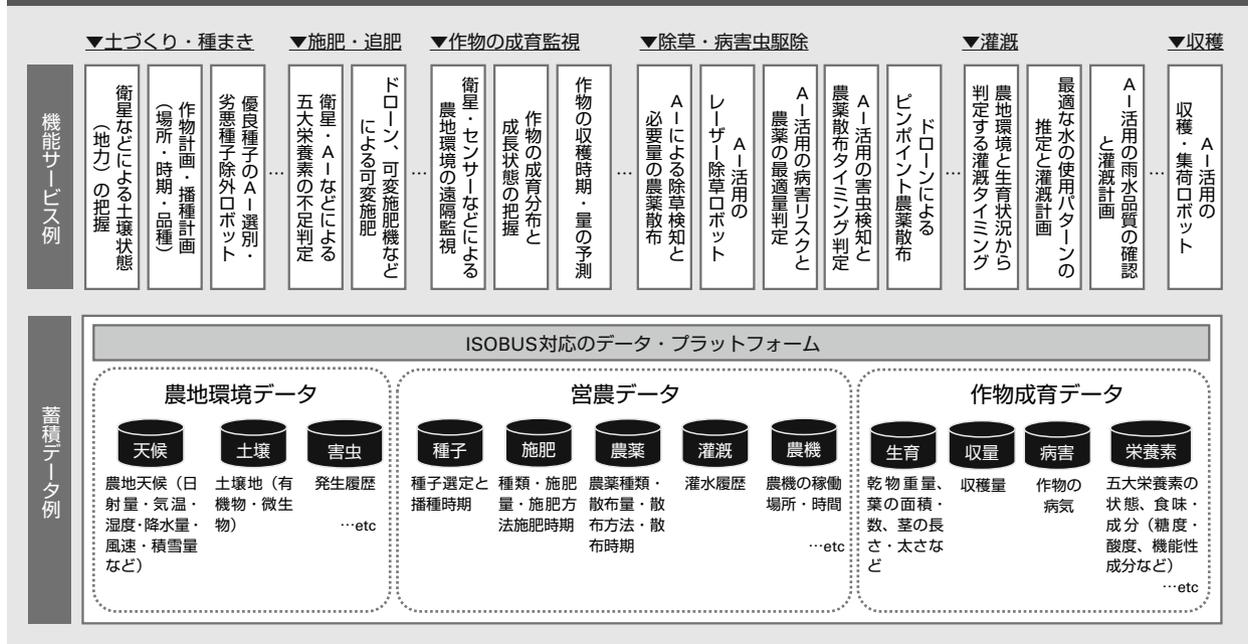
3 | 有機農業におけるデータ活用

これまで取り上げた事例は、デジタルを活用して適切な肥料や農薬使用の判断を支援し、作業の効率化を可能にするが、これらはデータを基に実現されている。

試行錯誤が必要な有機農業は、デジタルを活用して作業全般をできるだけ人の手を介在させず、経験と勘に頼らない方法で実践する必要がある。そのためには農業のデータを記録・蓄積することが望ましい。

農業で記録・蓄積するデータは多岐にわたり、農地の気象などの「環境」データや、肥料・農薬の散布回数や量、灌漑、防除などの「営農」データ、作物の生育状況や栄養状態、収穫量などの「作物生育」データなどが挙げられる (図4)。これらのデータを自動で収集・蓄積し、必要なら気象データなどの

図4 スマート農業の蓄積データと機能サービス例



オープンデータ^{注11}も利用することで、AIなどのデジタルを活用してより効率的に、より容易に有機農業を実践できる。

Ⅲ 食品会社による有機農業の普及促進に寄与する支援と海外事例

食品会社が有機農業でつくられたオーガニック食品を新たに生産・拡充するには、有機農業の普及が必要である。しかし、生産者が単独で有機農業に移行するには技術面などで難しい場合もあり、第三者の支援が有用となる。本章では、食品会社による生産者への支援について考察する。

1 | 食品会社による生産者支援の必要性

食品会社による生産者への支援方法として二つ考えられる。

第一に、有機農業への移行支援を行うことである。方法として土壌づくりなど有機農業の実践支援やスマート農業の導入支援などが考えられる。食品会社によるこのような取り組みは、品質の高い原材料を得るための調達戦略となる。さらに「Farm to Fork戦略」で示されたように、生活者が「持続可能な方法で調達された食品を望んでいる」ならば、環境に優しい農地から調達することで食品会社はブランドを強化できるため、ブランド戦略ともなる。

第二に、有機農業でつくられた食品の販売支援を行うことである。方法として生産者と調達者間のデータ共有や、生産者と調達者のマッチングが考えられる。データ共有によって食品会社が食品の販売状況を生産者に提供

すれば、生産者は売れ筋を見て何をどのくらい生産すべきかを決定でき、マーケット・インの生産が可能となる。その結果、食品会社は市場ニーズに合う調達が可能となる。生産者が農作物の収穫時期や量などの情報を提供すれば、生産者と食品会社のマッチングが可能となり、生産者は強固な販路を築き、食品会社は効率的な調達ができる。

食品会社が生産者に対して有機農業への移行支援や販売支援を行うことで、有機農業の生産と調達の双方を盤石にする。

2 | 生産者への支援事例

(1) ゼネラル・ミルズ（米国）の土壌を健康にする農業への移行支援

世界有数の食品大手ゼネラル・ミルズ（General Mills）は、農務省認証を受けたオーガニック・ブランドを多数所有し、有機農業でつくられた農畜産物の調達に依存している。

同社は2018年、3万4000エーカー（約1.4万ヘクタール）の農地を20年までに有機農地に転換する移行計画を発表した。19年には30年までに100万エーカー（約40.5万ヘクタール）を対象に、自然な方法で土壌を健康にする農業プログラムの推進を発表している。

同社は、温室効果ガス排出量の3分の1が食料システムに由来し、そのうちの8割が農業を由来とするため、食品会社として関与する必要がある、地球再生のためには土壌を健康にすることが最も有望だと主張する。

代表取締役会長兼CEOのジェフ・ハーミングは「私たちは150年以上にわたって家族に食事を提供してきた。この先の150年も食事を提供し続けるためには、強い地球が必要である」とし、「私たち全員が共有する地球

環境を改善する最大の機会は、私たち自身のサプライチェーンの中にある」と述べた^{註12}。

プログラムの実施場所は、調達上の優先度が高い米国やカナダの地域を選定した。プログラムには有機農業や従来型農業を行う生産者、サプライヤー、農業コンサルタントが参加し、三年間、生産者に対するマンツーマン指導と技術支援を行う。具体的には、土壌診断、被覆作物の栽培や輪作スケジュールなどIPMの「予防」に関する計画づくり、土壌の生物多様性と収益面での評価を行う。また、生産者に対する継続的な教育やフィールド・デーの提供、Facebookグループを利用したアイデアやベスト・プラクティスの交換など生産者のコミュニティづくりを推進し、地域ごとに学びの加速と共有を行う。

農地での取り組みがどの程度土壌を健康にしているかを判断する無料の自己評価ツールも提供する。このツールは、農地の規模や、有機農業か従来型農業かを問わず使用でき、生産者だけでなく、農畜産物を調達する企業が農地での取り組みを可視化するのに役立つよう設計されている。

15年以降、同社は土壌を健康にするために400万ドル以上を投資した。その成果である有機農作物を自社ブランドを通じて商品化し、生活者に対して土壌を自然な方法で健康にする農業でつくられたオーガニック食品であることをアピールすることで、市場を拡大する活動を行っている。

(2) ランド・オ・レーク (米国) の 市場ニーズのデータ共有

米国農業協同組合であるランド・オ・レーク (Land O'Lakes) のブランドであり、農

業サービス事業を行うウィンフィールド・ユナイテッド (WinField United) は、データ共有プラットフォーム「データサイロ (Answer Tech Data Silo)」を構築した。

データサイロでは、生産者、小売業者、サードパーティ・プロバイダーが提供するデータを共有できる。データサイロによって、生産者は農地でどの作物を栽培するのがよいかなどのベスト・プラクティスの情報が得られる。地域の小売業者が提供する販売データが安全に保存されて集計されるため、生産者はシーズンを通して集計データに基づいて市場の状況を把握し、生産品目などの決定に役立てることができる。生産者も任意で農地や作物に関するデータを提供できるため、小売業者にアピールして販路の拡大に活用できる。

(3) アグリゲータ (米国) の 調達者・生産者マッチング

米国のアグリゲータ (Aggregator) は中小規模の生産者を支援して地産地消を推進し、地元の農産物を提供するBtoBマーケット・プレイスを運営している (図5)。

大部分がオーガニック生鮮食料品で、生産者と調達者をマッチングして直接購入につなげている。その結果、価格が抑えられ、調達者は全国展開の大規模な流通業者並みの価格で1カ所から地元の多くの種類の青果を仕入れることができる。

生産者、調達者はマーケット・プレイスに各々プロフィールを作成する。生産者は会社の歴史や作物の写真をアップロードするとともに、仮の生産計画を提出し、調達者に生産者が今後数カ月間にどのような農産物をどれだけ販売できるかを共有する。それによっ

て、調達者は現在のスポット注文に加え、調達計画と合う場合は将来の注文や、次の季節に向けた生産計画の交渉ができる。農作物が収穫されると生産者自らアグリゲータの物流拠点へ運び、調達者自身が取りに行くかアグリゲータが調達者へ配送し、調達者は発注翌日に農作物を手にする。

アグリゲータはオンライン注文、在庫管理、配送管理などのツールを生産者に提供し、生産者はツールを活用しながら農産物の価格を独自に設定して大企業も含めた広い市場にアクセスできる。アグリゲータは農務省による新鮮な地元食材を利用した給食を実現するプロジェクトの実施企業として承認さ

れ、カリフォルニア州の公立学校に農作物を提供している。

IV オーガニック食品に対する生活者の意識と需要喚起

有機農業の普及にはオーガニック食品の市場が広がることも必要である。本章では、生活者のオーガニック食品に関する意識を確認し、需要喚起の方策や食品会社のとるべきプラットフォーム戦略について考察する。

1 | 日本のオーガニック食品市場

経済産業省の「商業動態統計調査」によれば、2021年の飲食品の小売市場は約45兆円である。オーガニック飲食品は前述の「有機農業の世界 2021」によれば1万4196億ユーロ（日本統計のみ18年末統計、1ユーロ128円換算で1817億円）であり、日本のオーガニック飲食品の市場比率は1%に満たない。

世界のオーガニック市場の9割弱を占める欧州と北米地域で、一人当たりの年間消費額が最も多いのは、各々、デンマーク（344ユーロ）と米国（136ユーロ）である。これらと比べると日本は11ユーロであり、消費は拡大余地がある。

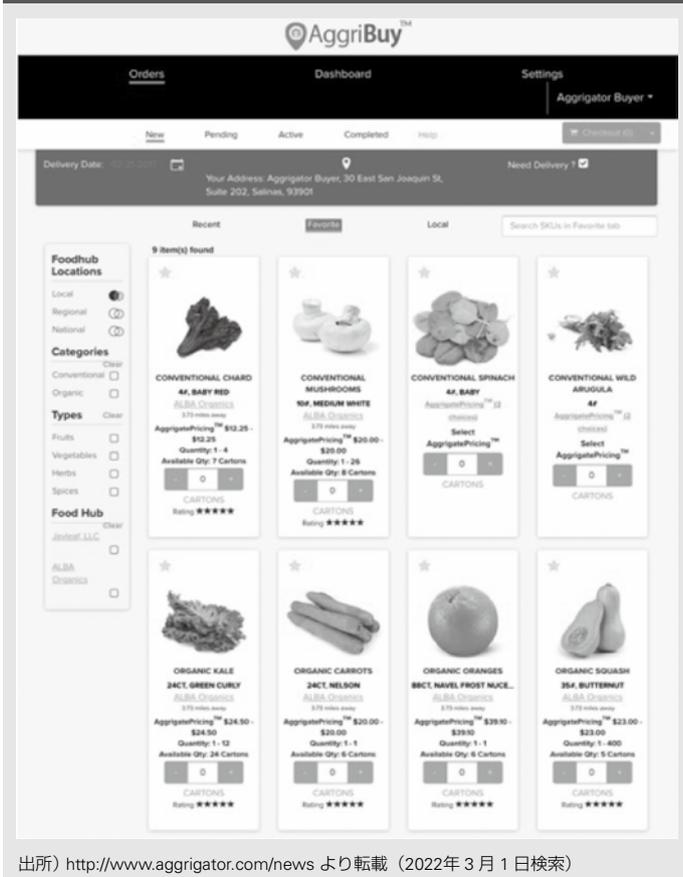
2 | オーガニック食品の関心度と課題

(1) オーガニック食品への関心度

野村総合研究所（NRI）は、オーガニック食品への関心度と課題を明らかにするため、2021年8月に全国の20代から60代の個人を対象として「エコ食品の選択意識調査^{注13}」（回答者数3131人）を行った。

調査の結果、2人に1人（54%）がオーガ

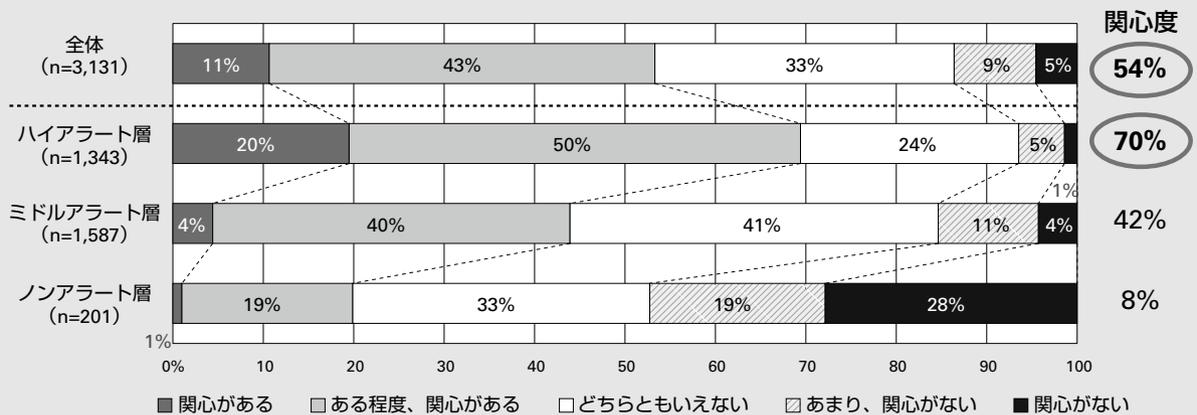
図5 アグリゲータ（米国）のマーケットプレイス



出所) <http://www.aggri.com/news> より転載（2022年3月1日検索）

図6 オーガニック食品への関心度

Q) 有機栽培は、地球温暖化の原因となるガスの排出を抑える効果がある、と注目されています。有機栽培で作られたオーガニック食品（農作物や、有機栽培された飼料を使う畜産物）に、関心がありますか？
 ※有機栽培は、化学肥料や化学農薬を使わない、環境に配慮した栽培方法です



ハイアラート層 (全体の43%)：温暖化の原因は人類にあり、対策が緊急と考える
 ノンアラート層 (全体の6%)：温暖化は起こっていない、起こっていても自然のサイクルと考える
 ミドルアラート層 (全体の51%)：それらの中間

出所) 野村総合研究所「エコ食品の選択意識調査」(2021)より作成

ニック食品に「関心がある」「ある程度、関心がある」と回答している(図6)。関心がある人の理由は「安全・安心だから(64%)」が最も多く、「栄養があり、健康に良さそうだから(43%)」「環境に良いから(39%)」が続く(図7)。環境面での利点を理由に挙げる人が約4割いることが明らかになった。

NRI調査では、地球温暖化について自身の考えに近いものを尋ね、温暖化の危機意識の高さによって生活者を三つに分類している。温暖化は危機的で、温暖化の原因は人類にあり、対策が緊急と考える「ハイアラート層(43%)」、温暖化は起こっていない、起こっていても自然のサイクルと考える「ノンアラート層(6%)」、それらの中間の「ミドルアラート層(51%)」であり、ミドルアラート層の割合が最も多い。

オーガニック食品への関心度は温暖化の危機意識とともに高くなり、ノンアラート層では8%、ミドルアラート層では42%、ハイアラート層では70%に上った。今後、生活者の温暖化の危機意識が高まると、ミドルアラート層とハイアラート層の割合が逆転する可能性がある。環境面での利点を理解する生活が増えたと、オーガニック食品への関心度が一気に高まることも十分に考えられる。

(2) オーガニック食品の課題

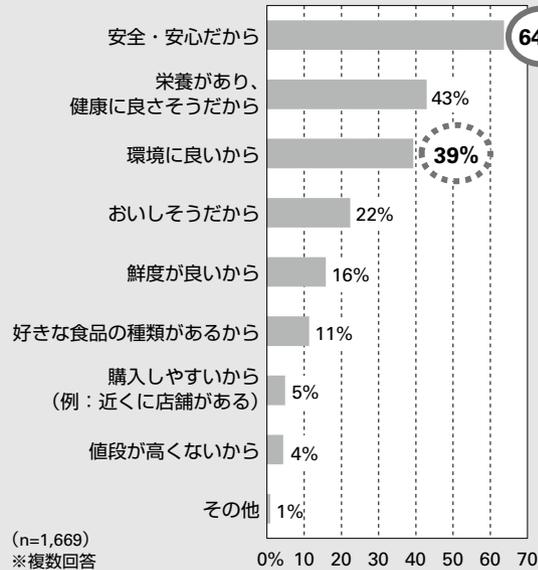
一方、NRI調査では2人に1人(53%)がオーガニック食品の購入経験がないと回答した。オーガニック食品に関心がある人であっても3人に1人(36%)は購入経験がない。

オーガニック食品に関心がない人の理由は「値段が高い(65%)」が最も多く、「環境に

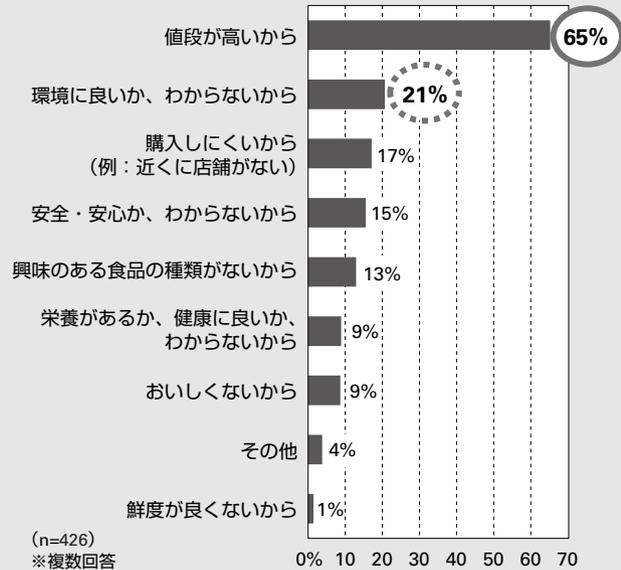
図7 オーガニック食品への関心あり／関心なしの理由

Q) オーガニック食品に、関心がある理由、関心がない理由は何ですか？

(オーガニック食品に関心がある人のみ) 関心がある理由



(オーガニック食品に関心がない人のみ) 関心がない理由



※オーガニック関心度に関する次の回答選択肢のうち、「関心がある人」は(1)(2)を、「関心がない人」は(4)(5)を集計した。(1)関心がある(2)ある程度、関心がある(3)どちらともいえない(4)あまり、関心がない(5)関心がない

出所) 野村総合研究所「エコ食品の選択意識調査」(2021)より作成

良いか、わからないから(21%)」が続く。オーガニック食品に関心がある人でも2割強(23%)の人は「価格が高くなるのは、嫌だ」と回答し、通常の食品と比べて「10%高い程度」の価格で2人に1人(58%)が許容する。

安全・安心が大きなオーガニック食品の支持理由である一方、価格の許容範囲が狭いことや、環境面での有機農業の利点が生活者に理解されていないといった課題もあり、アピール不足の可能性があることが分かった。

3 | 近場とオンラインをつなぐ オーガニック・プラットフォーム

食品会社は、アグリゲータのようにオーガ

ニック・プラットフォームを構築すれば、自社の調達に利用するだけでなく、他の調達者に開放することで、新しいビジネスとして展開できる。以下に、プラットフォームの必要性やプラットフォーム上での活動など五点を述べる。

(1) オーガニック・プラットフォーム による小口物流の解消

日本では有機農業を行う農地面積が1%にも満たないため生産量が少なく生産地が点在しており、小口物流となり割高となりやすい。これがオーガニック食品の普及に高い壁となっている。

小口物流を解消するには、アグリゲータの

ように生産者と調達者のマッチングが有効である。直接購入につなげて価格を抑え、中小規模の供給と需要をまとめてロットを大きくしコストを削減できる。具体的には、地域単位でオーガニック・プラットフォームをつくり、オーガニック食品の調達や生産に意欲的な企業を参加させることが考えられる。食品会社、食堂がある企業・病院・学校、商社などの調達者、ワイナリー・農場・牧場・有機肥料を使う養殖場などの生産者、旅行会社・農業サービス事業者などの第三者を参加させ、個々のロットを集約することでコストを抑えられる。

直接購入につなげることは、流通途中での

留め置きをなくして鮮度のよさもアピールできる。NRI調査^{注14}では、生活者が食品購入時に不快に思う点は「鮮度がわからない、悪い」(52%)が最も多く、卸市場直送(72%)や産地直送(66%)などの直送の関心度が高いことも分かっている^{注15}。

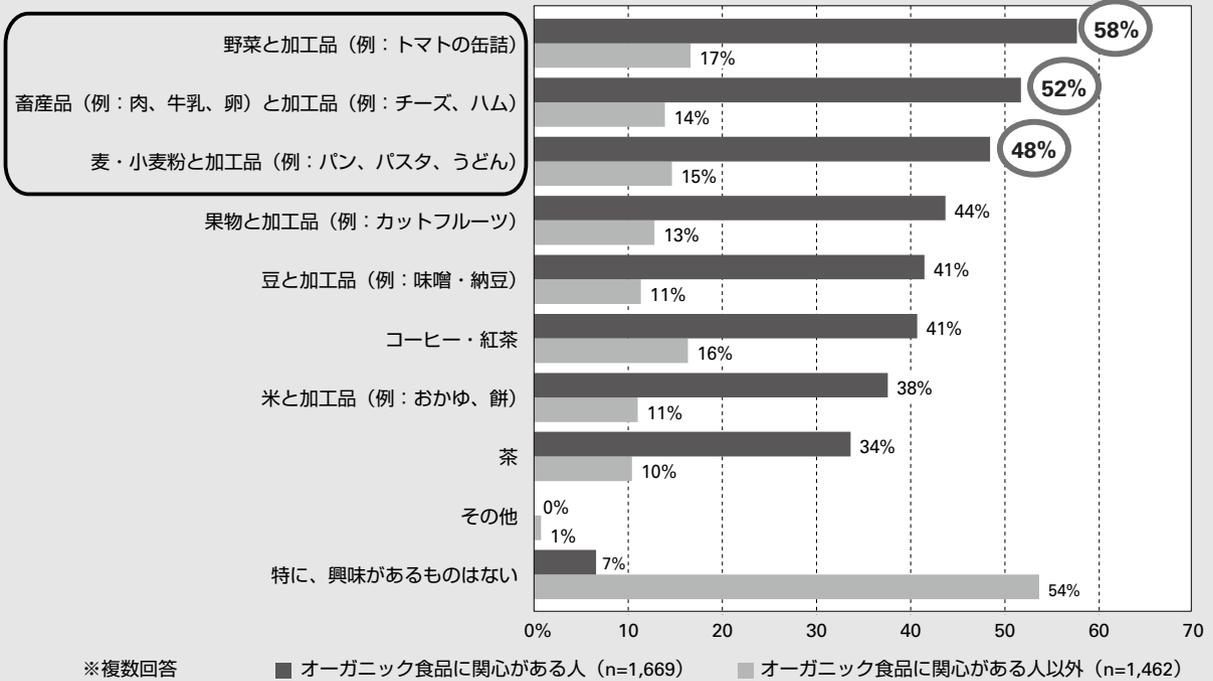
(2) 調達者と生産者による

需要の高い品目の生産計画

オーガニック・プラットフォームでは品目ごとの需要が分かるため、需要がある品目を生産することが可能になる。NRI調査では、**どういうオーガニック食品があれば興味をもつか**という問いに、半数前後の人は、野菜、

図8 興味をもつオーガニック食品

Q) どういうオーガニック食品があれば、興味をもちますか？



※オーガニック食品への関心度の回答選択肢のうち、オーガニック食品に「関心がある人」は(1)(2)を、「関心がある以外」は(3)~(5)を集計した。
(1) 関心がある (2) ある程度、関心がある (3) どちらともいえない (4) あまり、関心がない (5) 関心がない

出所) 野村総合研究所「エコ食品の選択意識調査」(2021)より作成

畜産品、麦・小麦粉とその加工品（例：トマトの缶詰、チーズ、パスタ）と回答した（図8）。このような市場ニーズを随時把握することができる。

ランド・オ・レークのように販売実績などを生産者と共有し、アグリゲータのように生産者と調達者で将来の生産品目計画を立てることができれば、需要の高い品目を効率よく生産・調達できる。供給が多すぎることや少なすぎること一定程度、防げられる。

(3) 販わいのための顧客接点の多様化

オーガニック・プラットフォームは、企業だけでなく生活者も利用できる場にするべきである。オーガニック食品に対する企業や生活者の関心や需要を高めるためには、リアルな現場とオンラインの両方の顧客接点で、多様で豊かな体験を提供することが重要である。そのためには、顧客接点での「販わり」を演出する必要がある。

フランスにある第三セクターの卸売市場ランジス・マーケットは、欧州最大となるオーガニック食品の専門売り場、レストラン、ガイドつきツアー、宿泊施設などがあり、オンラインでは生活者向けのECサイトやSNSコミュニティ、BtoB専用プラットフォームがある。オンラインからリアルな現場に誘導し、それによってさらにオンラインを活性化させている。

オーガニック・プラットフォームでも、有機農業を実践するワイナリーや農場・牧場、卸売市場や倉庫などに誘致したり、倉庫でライブコマースによるセリや、滞在型・訪問型農場めぐりなどを創出したり、インフルエン

サーによる配信によって需要を喚起することができる。

(4) オーガニック・ブランドの加工品による付加価値の提供

オーガニック・プラットフォームには、コスト抑制や販わいの創出に加え、食品の付加価値を高め、価格が多少高くても購入したいと生活者が思う食品も必要である。そのために、たとえば農産物を加工品化することによって、新たな付加価値をつけたオーガニック・ブランドをつくり出す努力が求められる。

ブランド化には、有機JASなどの公的認証を得たり、独自ブランドを確立したりするなどの方法がある。ゼネラル・ミルズに買収されたオーガニック・ブランド企業の一つであるアニーズは、土壌と食生活を健康にする方法を探求するカリフォルニア大学パークレー校と長年コラボレーションしている。その成果を基に、2014年以来50以上の新しいオーガニック認証食品を生み出し、独自のブランドを確立してオーガニック食品の業界リーダーとなっている。このような企業を巻き込むことも有効である。

(5) オーガニック食品の価値のアピール

NRIの調査結果からは、オーガニック食品の課題として環境面での有機農業の利点が生活者に理解されていない可能性が伺えた。温暖化防止対策となることも含めて、SNSなどを活用したアピール強化が必要と思われる。

EUでも2021年3月にオーガニック食品の消費拡大と信頼確保を促すために、行動計画^{注16}が発表され、企業の協力促進や食品の利用場

所の拡大以外に、プロモーション（有機農業の利点の発信、ロゴの認知度向上）と信頼確保（食品偽装防止やトレーサビリティ向上）を挙げている。

V 地球の限界を超えない持続的な食品づくりに向けて

本稿では、窒素の循環が地球の自浄能力の限界を超えて元に戻れなくなる危険な状態にあることを踏まえ、余剰窒素を生じにくい有機農業と食品づくりを普及させる方策を考察した（表2）。

そのために必要な取り組みは三点あった。第一に、適切な肥料と農薬の使用を行うため、データとデジタルを活用したスマート農

業の仕組みをつくること、第二に、有機農業への移行支援や市場ニーズ共有などの販売支援を通じて生産者支援を行うこと、第三に、生活者が許容できる価格と付加価値のバランスを実現してオーガニック食品の需要を喚起することである。そのような取り組みで生産と需要の循環を継続させ、判断を支援するためにも、これらを効率よく行えるデジタルの活用が必要となる。

食品会社は、生産地を余剰窒素が生じにくい場所にするため、自らそのような農地を運営したり、ゼネラル・ミルズのように調達先での生産に関与すべきである。ゼネラル・ミルズの関与は土壌を健康にする農業の導入支援だが、先手の取り組みとしてオーガニック・プラットフォームの構築者となることも

表2 有機農業を普及させる方策

目的		海外事例・施策例
スマート農業	肥料	<ul style="list-style-type: none"> 衛星、AIなどによる五大栄養素の不足判定と可変施肥マップ作成（スバセナス） センサーによる土壌層ごとの灌漑タイミングの判断支援（ベッスル）
	農薬	<ul style="list-style-type: none"> AIによる雑草検知とレーザー除草（カーボン・ロボティクス） AIによる毎日の害虫数の可視化と農薬散布タイミングの判断支援（ベッスル） 40種類以上の作物に対する85種類以上の病害モデルによる、タイムリーな病害アラート（ベッスル）
生産者支援	有機農業への移行支援	<ul style="list-style-type: none"> 土壌を健康にする農業への移行支援（ゼネラル・ミルズ）
	販売支援	<ul style="list-style-type: none"> 市場ニーズを共有するプラットフォーム（ランド・オ・レーク傘下） マッチングプラットフォームと生産者・調達者自身による拠点への農作物運搬（アグリゲータ）
オーガニック食品の需要喚起	小口物流の解消	<ul style="list-style-type: none"> オーガニック・プラットフォームによるマッチング（産地直送、卸市場直送、仲卸直送など）
	販わい創出	<ul style="list-style-type: none"> 顧客接点の多様化（専門売り場、レストラン、ガイドつきツアー、宿泊施設、生活者向けECサイトとSNSコミュニティ、BtoB専用プラットフォームなど）（ランジス・マーケット）
	付加価値向上とアピール強化	<ul style="list-style-type: none"> 調達者と生産者による需要の高い品目の生産計画 オーガニック・ブランドの加工品による付加価値の提供（アニーズ） オーガニック食品の価値のアピール（有機農業の利点の発信、信頼確保など）（EU）

できる。

化学肥料や農薬の過剰使用などで土壌は劣化する。既に世界の土壌の33%は劣化し、FAOは2050年までに劣化が90%に上る可能性があると推定し、国連総会は15年を国際土壌年とした。農薬・肥料メーカーも今までのビジネスを変革する時がきている。新たなプラットフォームには、農薬・肥料・農機メーカー、倉庫・運送業者・冷媒業者、有機農業ベンダーなど参加する動機を持つステークホルダーが多く考えられ、いち早くプラットフォームになることができる。

あるいはプラットフォームへのソリューション提供者として、有機農業に有用なスマート農業やデータ管理の導入支援、農作業の代行支援を行ったり、周辺事業として農地や農機のシェアリングや農地の集約化事業を行ったりするというアプローチも考えられる。

原材料の調達から消費・廃棄までの食品サプライチェーンにおける出発地である生産地を、「地球の限界を超えるような窒素を排出しない場所」に再生する必要がある。そのような、生産地からの調達で食品づくりを行う企業とそれを求める生活者の行動が、持続的な食品づくりのために、より重要となっていく。

注

- 1 “Agriculture production as a major driver of the Earth system exceeding planetary boundaries.”, Ecology and Society Vol22 No4 2017, Campbell et al.
- 2 “Summary for Policymakers”(April 2022), IPCC AR6 WG3, Figure SPM.1
“Full report CHAPTER 7 Supplementary Material”(August 2021), IPCC AR6 WG1, Table

7.SM.7

- 3 “The World of Organic Agriculture 2021” (Feb.17,2021), FiBL&IFOAM
- 4 “Farm to Fork Strategy” (May.20, 2020), European Commission
- 5 「有機農業の推進に関する法律」第二条は、有機農業を「化学的に合成された肥料及び農薬を使用しないこと並びに遺伝子組換え技術を利用しないことを基本として、農業生産に由来する環境への負荷をできる限り低減した農業生産の方法を用いて行われる農業」と定義する
- 6 植物による光の反射の特徴を生かして簡易的に成育状況を計算するNDVI（正規化植生指数）、FVC、MSAVI、NDVI、NDRE、RVI、NDMIなど
- 7 監視項目は、農地の気象状況（例：降水量、気温、相対湿度、葉面の濡れ具合、日射量、霜の状況、風速・風向き）、土壌状態（例：水分、温度、塩分、栄養分）、作物の状況（例：成長量、成長速度）、灌漑システムの状況（例：流量、水位、圧力、pH、肥料の電気伝導度）など
- 8 利用可能な無線は、LTE、WiFi、低消費電力・低コストの広域無線通信技術（LoRaWAN、NB IoT）など
- 9 「有機農産物の日本農林規格」の「ほ場又は栽培場における有害動植物の防除」欄（最終改正2017年3月27日）、農林水産省告示第443号
- 10 「日本産昆虫、ダニの発育零点と有効積算温度定数：第2版」（2012年2月13日受理）桐谷圭治
発育ステージを「有効積算温度＝発育期間×（温度－発育零点）」の式で推定し、昆虫ごとに「発育零点」「有効積算温度」が与えられている
- 11 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）が開発・運用する「メッシュ農業気象データシステム」で、約1km四方単位に全国の日別気象データ（14種類）が参照できる
- 12 News Releases (Mar.04,2019), General Mills
- 13 「エコ食品の選択意識調査」概要：
・調査方法：インターネットアンケート
・対象：全国の20～60代の男女個人（地域、

- 年代、性別の組み合わせで人口動態割付)
・有効回答数：3,131人
・実施時期：2021年8月6日～8月9日
- 14 NRI第319回メディアフォーラム「地球温暖化防止に貢献するエコ食品の選択意識」(2021年9月30日) 佐野則子
- 15 2020年6月施行の改正卸売市場法で産地や卸売業者は直接、小売・外食・中食業者へ販売でき、仲卸業者も産地から仕入れることができるようになった。それまでは卸売業者が産地から集荷し、仲卸業者など決められた業者へ販売し、仲卸業者が卸売業者から仕入れ、小売・外

- 食・中食業者へ販売していた
- 16 “action plan for the development of organic production” (Mar.15, 2021), European Commission

著者

- 佐野則子 (さののりこ)
野村総合研究所 (NRI) ITマネージメントコンサルティング部上級コンサルタント
専門はデジタルを活用した新事業創出支援・新サービス開発支援、デジタル戦略の計画策定・実行支援