

はしがき

本報告書は「東北圏における食ビジネスの新展開～フードテックの世界で今何が起きているのか～」の調査研究業務をまとめたものである。

フードテックとは「Food」と「Technology」を組み合わせた造語である。本調査を実施した背景には、食を取り巻く国内外の環境が大きく変わりつつあることがある。世界では、人口増によるタンパク質不足が懸念されるようになり、また温暖化の影響が顕著になるなか、持続可能な食生産への対応が課題となっている。また、国内では、人口減少による労働力不足や需要減少が見込まれるなか、食料安全保障の強化とともに輸出・インバウンド対応の強化が喫緊の課題となっている。

このような環境の変化に対して、フードテックを活用した新たな食生産の重要性が増している。さらに、輸出やインバウンド等のような新たな市場を対象としたビジネスも広がりつつある。東北圏も例外ではなく、これらの環境の変化を捉えたビジネスが生まれている。

本報告書は、こうした環境の変化を機微にとらえた東北圏内外の先進的な企業や研究開発機関等を調査し、その分析を通じて、東北圏内へのフードテックの導入可能性を探り、新たな食ビジネスのあり方の方向性の考察をしたものである。本報告書ではとくに東北圏内での可能性の考察に主眼を置き、その社会経済的な環境条件等についても分析対象とした。さらに、こうした新技術の導入について必要な支援策についての提言には、ある程度の他の地域との共通性もあると考えられ、東北圏内外の全ての読者にとって、フードテックをはじめとする新たな食ビジネスや、それらのビジネスの事業者や支援者が今後打つべき方向性を考えるうえでの一助となれば幸いである。

本調査報告書の作成にあたり、株式会社農林中金総合研究所の多大な協力をいただいた。

また、ヒアリング調査にあたっては、フードテックの各領域に展開する企業だけでなく、関連企業、大学、生産団体、行政機関の皆さまから多大なご協力をいただいた。この場を借りて厚く御礼申し上げたい。

2024年3月

公益財団法人 東北活性化研究センター

目次

はじめに	5
(目的)	5
(調査方法)	5
(調査対象領域)	5
要 旨	7
1 食ビジネスの新潮流～台頭するフードテックビジネス～	11
1-1 新たな食ビジネスを取り巻く環境	11
1-1-1 国によるフードテックの推進	11
1-1-2 フードテック分野への投資動向	13
1-2 国別にみたフードテックにかかる政策動向	18
1-3 地方自治体のフードテック支援の動向	20
1-3-1 愛媛県「Ehime Food Innovation (EFI) コンソーシアム」	20
1-3-2 京都府「京都フードテック基本構想」	21
1-4 参考文献	23
2 フードテック市場の動向	24
2-1 代替タンパク質	24
2-1-1 植物性代替肉	24
a 特徴	24
b 市場動向	26
c 事例調査	29
c-1 不二製油株式会社（全国の事例）	29
c-2 ネクストミーツ株式会社・株式会社 Dr.Foods・マーマフーズ株式会社（東北圏の特色ある取組み）	31
c-3 株式会社アジテック・ファインフーズ（東北圏の特色ある取組み）	35
c-4 亀田製菓株式会社（東北圏の特色ある取組み）	37
c-5 株式会社雪国まいたけ（東北圏の特色ある取組み）	38
d 調査結果と今後の見通し	40
e 参考文献	41
2-1-2 培養肉・培養魚肉	44
a 特徴	44
b 研究開発および市場の動向	45
c 事例と研究開発動向調査	47
c-1 インテグリカルチャー株式会社（全国の事例）	47
c-2 東京大学大学院 情報理工学研究所 竹内教授（全国の事例）	53

c-3	一正蒲鉾（東北圏の特色ある取組み）	55
d	調査結果と今後の見通し	55
e	参考文献	56
2-1-3	昆虫食・昆虫由来飼料	58
a	特徴	58
b	市場動向	59
c	事例調査	60
c-1	株式会社 GRILLUS（全国の事例）	60
c-2	ハイジェントテクノロジー株式会社（東北圏の特色ある取組み）	62
d	調査結果と今後の見通し	63
e	参考文献	64
2-1-4	藻類（マクロ藻類（海藻）、微細藻類）	65
2-1-4-1	マクロ藻類（海藻）	65
a	特徴	65
b	市場動向	66
c	研究動向調査と事例調査	67
c-1	宮城大学食産業学群 三上教授	67
c-2	理研食品株式会社（文献調査）	67
d	調査結果と今後の見通し	67
e	参考文献	69
2-1-4-2	微細藻類	70
a	特徴	70
b	市場動向	71
c	事例調査 株式会社タベルモ（ちとせ研究所）（全国の事例）	72
d	調査結果と今後の見通し	73
e	参考文献	73
2-2	陸上養殖	74
a	特徴	74
b	産業と市場動向	75
c	事例調査	76
c-1	リージョナルフィッシュ株式会社（全国の事例）	76
c-2	株式会社プラントフォーム（東北圏の特色ある取組み）	78
c-3	マルハニチロ株式会社（東北圏の特色ある取組み）	79
c-4	オカムラ食品工業株式会社（東北圏の特色ある取組み）	81
d	調査結果と今後の見通し	83
e	参考文献	85

2-3	ゲノム編集	86
a	特徴	86
b	産業と市場動向	89
c	東北圏の可能性	93
d	参考文献	94
2-4	新たな食品加工技術	96
2-4-1	調理ロボット	96
a	特徴	96
b	市場動向	98
c	事例調査 コネクテッドロボティクス株式会社（全国の事例）	100
d	調査結果と今後の見通し	102
e	参考文献	102
2-4-2	3Dフードプリンタ	104
a	3Dフードプリンタの特徴	104
b	市場動向	104
c	研究動向調査 山形大学工学部 古川研究室（東北圏の特色ある取組み）	105
d	調査結果と今後の見通し	106
e	参考文献	107
2-5	アグリテック（農業効率化）	108
a	特徴	108
b	産業と市場動向	110
c	東北圏の可能性	112
d	参考文献	113
2-6	環境に配慮した食料生産	114
2-6-1	環境配慮食品	114
a	特徴	114
b	事例調査 JA みやぎ登米（東北圏の特色ある取組み）	116
c	調査結果と今後の見通し	119
d	参考文献	119
2-6-2	アップサイクル	121
a	特徴	121
b	市場動向	122
c	事例調査	123
c-1	オイシックス・ラ・大地株式会社（全国の事例）	123
c-2	一般社団法人 東の食の会（東北圏の特色ある取組み）	123
d	調査結果と今後の見通し	124

e	参考文献	125
2-7	ハラール・コーシャ認証食品	126
a	特徴	126
b	事例調査	133
b-1	福島県醤油醸造協同組合（東北圏の特色ある取組み）	133
b-2	株式会社宝来屋本店（東北圏の特色ある取組み）	134
b-3	菊水酒造株式会社（東北圏の特色ある取組み）	135
c	調査結果と今後の見通し	137
d	参考文献	139
3	東北圏内の環境	141
3-1	東北圏の人口動態	141
3-2	東北圏内の食品関連産業の立ち位置	142
3-3	伝統的な食に対する取組み	144
3-4	東北圏の輸出およびインバウンド	146
3-5	まとめ	150
3-6	参考文献	156
4	まとめと提言	157
4-1	フードテックの各領域のまとめ	157
4-2	提言－東北圏の食ビジネスの新展開に望まれる支援とは－	161

はじめに

(目的)

官民一体となって持続可能な社会の実現を目指すようになるなか、食ビジネスは変化を迫られている。世界全体におけるタンパク質の需給ひっ迫回避と環境負荷軽減にならび、国内では農業生産基盤の強化による安定供給の維持と「おいしさ」等の消費者ニーズを満たすことも必要で、この一助としてフードテックの活用が期待されている。

フードテックとは、タンパク質を中心とした食料の供給方法の多様化を図る手段で、かつ生産から加工、流通、消費等の新技術を活用した新たなビジネスモデル¹でもある。

以上を踏まえ、本報告書「東北圏²における食ビジネスの新展開～フードテックの世界で今何が起きているのか～」は、東北圏内外のフードテック関連の先進的な企業等の動向や研究開発機関を調査し、分析した。その目的は、フードテックの導入可能性を探り、東北圏での新たな食ビジネスのあり方の方向性を考察するものである。

(調査方法)

本調査では、公表資料を基に国や地方自治体のフードテックに関する取組みを整理した。また、個別事例のヒアリング調査を行い、公式統計からの東北圏の社会経済環境分析も実施した。公表資料や個別事例のとりまとめにあたっては、関連する学会等から得た情報や、各種文献も活用した。

調査先は、活動範囲を全国、または東北圏とする企業・組織である。具体的な調査先を、後述の調査対象領域に応じ、行政機関、業界団体、組合組織、大学、民間企業等と広めに設定し、個別の議論も深めながらも、サプライチェーン全体を俯瞰できるよう工夫した。民間企業へのヒアリングでは、各領域の概観や将来見通し、課題を聞き取り、発展の可能性やそのための必要な支援策を把握した。

(調査対象領域)

調査対象は、①主にサプライチェーンの川上から川中に位置し、新技術導入が注目される領域と、②外部環境の変化に伴い、既存技術の発展であるが重要度が高くなる領域を選んだ(図表)。

詳細には、①は、代替タンパク質(植物性代替肉、培養肉・培養魚肉、昆虫食・昆虫由来飼料、微細藻類・マクロ藻類(海藻))や陸上養殖、ゲノム編集、調理ロボット、3Dフードプリンタ、アグリテックである。これらの領域は主に農業生産段階から食品加工段階にあり、世界人口の増加や気候変動の影響といった環境変化に対し、タンパク質の供給や気候変動に伴う産地の北上への対応等のソリューションを提供する。

¹ フードテック官民協議会(2023)「フードテック推進ビジョン」

² 東北圏とは、青森県、岩手県、宮城県、秋田県、山形県、福島県、新潟県の7県。

②では、環境配慮食品、アップサイクル、ハラール・コーシャ認証食品を取り上げる。これらは先端技術の開発よりも、持続可能な社会の実現や輸出戦略の強化やインバウンド需要の増加に伴い重要度が増している。

また本報告書では、①と②の調査対象領域について、食に関連する新規性のあるビジネスと幅広にとらえ、「新たな食ビジネス」と呼んでいる。フードテックといった場合、一般に先端技術を活用した専門性の高い領域に限定するアプローチもあり得るが、本調査では幅広くアプローチしやすい領域も含めている。

図表 調査対象領域

		調査対象領域	
新たな食ビジネス	①フードテックのうち川上から川中に分類され、かつ注目度が高いとされている領域	代替タンパク質	植物性代替肉
			培養肉・培養魚肉
			昆虫食・昆虫飼料
			微細藻類
			マクロ藻類（海藻）
		陸上養殖	
		ゲノム編集	
		新たな食品加工技術	調理ロボット
			3Dフードプリンタ
		アグリテック（農業効率化）	
②外部環境の変化に伴い、重要度が高くなっているとみられる新たな食ビジネスの領域	環境に配慮した食料生産	環境配慮食品	
		アップサイクル	
		ハラール・コーシャ認証食品	

要 旨

1. 調査の目的

官民一体となって持続可能な開発目標（SDGs）の達成を目指すなか、食ビジネスは変化を迫られている。世界的なタンパク質危機への対応や輸入国日本の食の安定供給という課題に対応し、農業生産を維持しながら環境負荷の軽減に取り組むには、フードテックを含む新技術の活用が必須となる。

本調査では、東北圏内外のフードテック関連企業や研究開発期間にヒアリングし、関連資料をまとめ、分析した。公式統計を含む公表資料で東北圏の社会経済的な特徴やフードテックにかかる環境情勢を洗い出し、行政機関、業界団体、組合組織、大学、民間企業等といった個別の調査先から得た情報を整理した。

調査対象領域は、代替タンパク質（植物性代替肉、培養肉・培養魚肉、昆虫食・昆虫由来飼料、藻類（海藻、微細藻類））のほか、陸上養殖、ゲノム編集、新たな食品加工技術（調理ロボット、3D フードプリンタ）や、アグリテックである。これらの新技術によるタンパク質供給や気候変動に伴う産地の北上への対応策に並び、環境配慮食品、アップサイクル、ハラール・コーシャ認証食品といった、既存の技術を使いながらも、持続可能な社会の実現、輸出強化やインバウンド需要の増加に取り組む領域にも注目した。

食に関して日本の輸入依存度は高く、さらに高齢化から第一次産業の労働力不足も大きな課題となっている。そのなかで、日本ではフードテックにもこれら課題の解決策としての役割が期待されている。しかし、日本はフードテック推進における資金調達で海外に遅れをとっており、また、消費者が社会的課題に加え、おいしさ、機能、価格等を求める志向が強いといった特徴もある。

東北圏に目を向けると、第一次産業が盛んであり、また人口減少と高齢化に伴う労働力不足が全国よりも著しい。食ビジネスが社会経済に占めるウェイトはほかの地域よりも大きく、その発展は地域振興の起爆剤となりやすい。研究開発段階を脱し、技術の成熟度が既に高いフードテック領域について、東北圏の強みである第一次産業との連携等が有効であろう。

2. 東北圏での新たな食ビジネスとして選ばれる領域

培養肉・培養魚肉は今後も技術開発が必要である。培地や培養液のコストが高く、当面は産業化が難しい。大手企業の参入で規模の経済性が発揮される期待もあるが、ルールが未整備では、制度リスクは大きい。こうした状況は3D フードプリンタや微細藻類でも同様である。

一方、ある程度技術的に成熟し、東北圏でも着手しやすいのは、**植物性代替肉**や調理ロボットである。**植物性代替肉**は、大豆の作付面積が北海道に次いで大きいという東北圏の優位性を活かせる。原料調達に関し、第一次産業との連携で可能性が広がる領域であるものの、

輸入脱脂大豆から国産大豆へ原料切り替えに際し、副産物の大豆油の活用を含めたサプライチェーン形成の重要性には留意したい。また、**植物性代替肉**の食味を追求する戦略も有効であろう。日本には、豆腐や納豆等の植物性タンパク質の食品があり、関連する製造技術の蓄積もある。代替タンパク質に対してもおいしさを求める消費者志向は強い。タンパク質危機への対応や環境配慮型といったメッセージに加え、伝統食品の展開や価格、効果、食味といった訴求力の強化は必要であろう。

こうした地産地消や消費者が理解しやすい商品メリットの追求は、海外のフードテックとの差別化戦略に貢献する。

アグリテック、アップサイクル、**環境配慮食品**も技術的には現場実装が進んでおり、また東北圏の第一次産業でも実装や展開が期待できる。

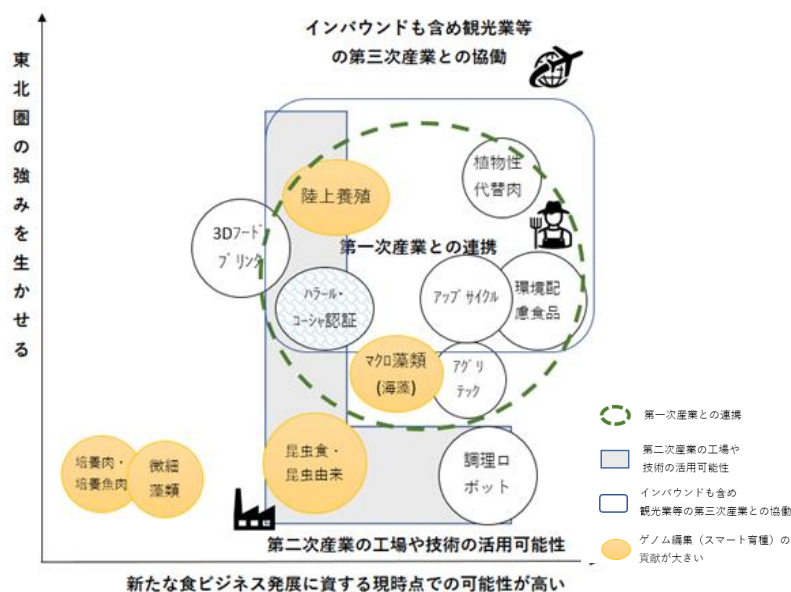
調理ロボットも普及段階に入りつつある。また、**昆虫食・昆虫由来飼料**は、さらなる ICT の活用等の技術革新が重要な領域である。前者が東北圏での食品製造における人手不足の解消、後者は稼働率の低い工場や工場からの廃熱利用による光熱費低減等、第二次産業との関係強化が重要と考えられる。

この第二次産業との関係強化が重要という点は、**陸上養殖**にも共通する。設備の規模が小さいため排水処理技術適用のための実証が進まない等の課題を、他産業の既存技術のカスタマイズ等が有効となろう。技術的には種苗の育種改良等の研究開発の進展が必要だが、冷涼な気候という東北圏の優位性が発揮できるといった点は魅力的である。

陸上養殖、昆虫食・昆虫由来飼料、藻類、培養肉では、ゲノム編集技術によるスマート育種が果たす役割が大きい。しかし、いずれも同技術を消費者が受容するかといった点が課題で、消費者へのリスクコミュニケーション、サイエンスコミュニケーションの改善も含め、行政、研究開発機関、産業界、消費者団体等、多様な関係者が意思疎通を図り、共同で進めるべきであろう。

最後にハラール・コーシヤ認証については、例えば植物性代替肉が地元産大豆の活用と地域食品としてのブランディングを進める際、市場拡大を模索するなか有効な手段となる。さらに行政が音頭をとり地域一体となって進めることで、観光業等の第三次

図表 東北圏の強みとの関連と各領域の実現可能性



出典 筆者作成

産業との連携も期待できる。

3. 東北圏での新たな食ビジネスの発展に求められる4つの視点

すでに技術的に成熟しており、東北圏の強みを生かせる領域について、その発展を支援するポイントとして、以下のような4つの視点を述べたい。

① 既存産業との連携・情報共有の促進を通じた経営支援

原料調達に関し、第一次産業との関わりは重要である。東北圏はコメの大産地であり、米価低迷で飼料用作物を含め、新規作目を探している地域も多い。大豆等地元産品の調達に加え、工場やスーパーからの食品残さや未利用資源を活用する地域ネットワークができれば、フードテックには収益拡大、提携企業には産業廃棄物処理費の削減と双方にメリットが生まれる。地域の工場や技術の活用といった既存施設の活用も有効である。

さらに、産業規模がまだ小さいフードテックが、M&Aを介さず既存企業を持つ技術的なノウハウを取得するならば、そのための環境整備も必要であろう。研究開発した技術の現場実装に、既存産業が有するノウハウを活用すれば有効であろう。これには、既存産業の各種技術をフードテック向けにカスタマイズする等も含まれる。

② 金融機関・行政との仲介を通じた資金調達の支援

昆虫食・昆虫由来飼料は畜産・養殖業と食品加工業の間、陸上養殖は水産養殖業と施設園芸の間、というように、フードテックは既存制度の空隙に位置する。そのため行政支援は不十分となりえる恐れもある。

加えて融資担当者の知見や、行政担当者の理解と首長のリーダーシップが、財務基盤の弱いフードテックが資金援助を受けるために必要である。さらに、事業投資のタイミングや具体的な補助金申請の手続きに関する専用のサポート等で、行政とつながる仲介機能も求められる。

こうした仲介は、現時点では、東北圏では地方銀行等の金融機関が個別に対応している状況と思われる。将来的には、その知見を集め、ノウハウを一か所に蓄積する支援体制の強化が有効ではないか。その場合も、東北圏の金融機関の積極的な参画により、フードテックに対する信用度を高める効果は見逃せない。昆虫食の炎上騒ぎにみるように、フードテックへの漠然とした不安の軽減が重要であるからだ。

③ 類似産業の知見・技術を生かす人材支援

研究開発段階を脱し、工場での製造に至るフェーズでは、原料調達の安定供給や原価計算等が行える人材の確保は必須となる。フードテックでも、市場規模がまだ小さく初期段階で必要な支援と、事業が安定してからの支援では、内容は異なってくるだろう。

とくに後者については、類似製造業に従事した経験者、またはその技術開発に携わった研究開発者、事業開発者等を一元して登録し、必要な企業に紹介するような仕組みが効果的と思われる。こうした登録制度が、高齢化に伴う退職や引退により知見を備えた人材が東北圏から流出することを防止すると期待できる。こうした人材の再配置と東北圏への引き寄せ

のためには、地方公共団体による住みやすい環境を含めた整備等の取組みも必要となろう。

④ 輸出やインバウンド対応を通じた新規市場獲得の支援

東北圏の企業も人も、東日本大震災などの逆境にも負けずに事業再建等を行い、環境に合わせて新事業を生み出してきた。今後はさらに、フードテックの各企業は縮小する国内マーケットに限界を感じ、ハラール・コーシャ認証の取得などによる海外輸出やインバウンド需要の取り込みを志向するだろう。

こうした海外市場の獲得に向けては、海外からの問い合わせ対応、海外展示会などにおけるプレゼン資料作成補助、興味のある顧客との対話・情報交換の補助・会話指導、現地流通サポート、インバウンド拡大のための手引き作成やアピールポイントの整理・翻訳等、起業と日本貿易振興機構（JETRO）、大使館等との橋渡しができる小規模事業者の伴走者が必要である。

フードテック関連では、研究開発や製造に比べ、事務機能への人材配置が足りない小規模事業者が多い。突発的に発注の連絡を受けても即座に対応できない小規模事業者の駆け込み寺のような受け皿と、その後の事業者の展開過程において課題意識を共有する同じ担当者が継続的・持続的に支援することが重要である。

4. 4つの視点を備えた発展のための具体策

最後に上述した4つの支援機能を兼ね備えたフードテックの各領域と国や県、業界団体などをつなぐコンシェルジュのような仲介機能を具現化した組織として、プラットフォーム「東北圏食ビジネス拡大支援機構（仮称）」の設置を提案したい。求められる機能は、フードテックという新しい産業のクライアントの「経営」「資金調達」「人材」「新規市場獲得」で抱える課題を把握し、適切な対策を打てるよう、伴走支援を行う点にある。東北圏一円を事業範囲とする組織に窓口を置き、高度人材を配置し、東北圏内の各取組みを継続的・持続的に支援するとともに、そこからのノウハウを蓄積・共有する。

さらに、食品産業に特化し、フードテックの最新動向を踏まえた知見の蓄積・共有も重要な機能である。フードテックの知見や動向は極めて変化が早く、陳腐化しやすい。食ビジネスにおいては、常に一定水準での専門性と最新情報を収集できる体制を有することが求められる。

具体的な体制としては、東北圏が協力して資金を提供し、「新産業・新領域進出サポートプログラム（仮称）」を策定し、運営を適当な団体に委託するといったことが考えられる。フードテックのビジネスは小規模であっても、全国あるいは世界をターゲットとしたビジネスであることから、各県毎よりも東北圏を1つのブロックとして活動できる組織体が望ましい。

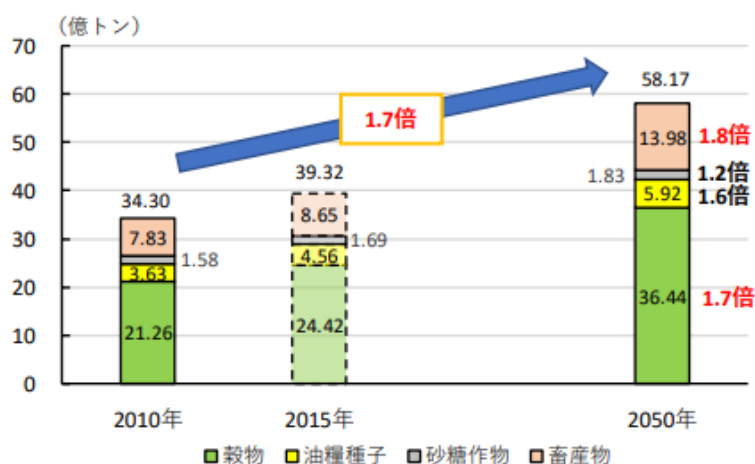
1 食ビジネスの新潮流～台頭するフードテックビジネス～

1-1 新たな食ビジネスを取り巻く環境

1-1-1 国によるフードテックの推進

アジア・アフリカを中心とした世界人口の増加に伴い、グローバルな食料需要の増加は確実である。農林水産省によると、世界全体の食料需要量は、2050年には2010年比の1.7倍の58億tになる（第1-1-1図表）。とくに畜産物は、低・中所得国が経済発展し需要が拡大するため、同期間に1.8倍に増加する見通しである。畜産物は三大栄養素の一つであるタンパク質の主な供給元で、人々が健康的な生活を送るには不可欠である。したがって、今後、食料の安定供給を図るには、畜産業や水産業の役割が一層重要になると言える。

第1-1-1 図表 世界全体の品目別食料需要量の見通し



出典 農林水産省「2050年における世界の食料需給見通し」

しかし、単に増産すれば良いというわけではない。すでに、フードサプライチェーンでの温室効果ガス排出や森林破壊といった環境負荷は課題となっている。すなわち、安定供給と環境負荷低減という、両立しづらい課題が食ビジネスには突きつけられている。さらに国内では、農業者の高齢化と後継者不足のなか、ロシアのウクライナ侵攻以降、食料安全保障を求める声が高まっている。

このような状況のなか、近年、農林水産業や食品産業の発展や食料安全保障の強化を目的に、国はフードテックの推進を強化している。2022年10月には、大手企業、スタートアップ企業、研究機関、関係省庁等による「フードテック官民協議会³」が立ち上がり、同協議会は2023年2月に「フードテック推進ビジョン」を策定した。

³ 事務局を農林水産省が担当。

同ビジョンは、食料輸入国である日本に固有な問題として、食料安定供給体制の維持を目指し、その対応策としてフードテック活用を位置付けている。世界の需要増加に対応した食料供給力の向上として、食ビジネスに関する輸入依存度を下げ、食料の安定供給体制の確立を目指すとしている。高齢化がいち早く進む日本の労働力不足を反映した、食品産業のスマート化による生産性向上の重要性に加え、ヴィーガンやベジタリアンといった消費選好の多様化への対応だけではなく、嚥下障害等のある高齢者であっても豊かで健康的な食生活の実現を目指すための技術の活用を求めるものである。

このビジョンに並び、公開されたロードマップは、①植物由来の代替タンパク質源、②昆虫食・昆虫飼料、③スマート育種のうちゲノム編集、④細胞性食品⁴、⑤食品産業の自動化・省力化、⑥情報技術による人の健康実現を対象に、2022年度以降の実施時期を提示した。

6領域のなかから、①植物由来の代替タンパク質源をみてみよう（第1-1-2図表）。注目されるのは、プレイヤーの育成に「消費者ニーズ等に対応した国産原料を活用した商品開発」や「大豆等の新規用途向け育種素材・品種の研究開発」とあることである。国産原料の活用を謳い、この領域での農業部門とのつながりを促進していくことがうかがえる。そして農業部門に対して、新たな用途向けの品種改良等、新規性に富む方針を提案しており、大豆産地を抱える東北圏での食ビジネスの展開を考える際、重要な国の動きである。

第1-1-2図表 フードテックのロードマップの例

取組	実施時期			対応者
	2023年度	2024年度	2025年度～	
プレイヤーの育成（技術開発の促進やスタートアップの育成）				
味や食感、香り等の向上に向けた商品開発	→			民間企業
消費者ニーズ等に対応した国産原料を活用した商品開発	→			民間企業
多種多様な植物性原料を用いた商品開発	→			民間企業
大豆等の新規用途向け育種素材・品種の研究開発	→			研究機関
マーケットの創出（ルール作りや消費者理解の確立）				
大豆ミート食品類JASの普及、国際化	→			農林水産省 民間企業
プラントベースフードのISO規格策定への関与	→			農林水産省 民間企業
豆腐・納豆など伝統的（大豆加工）食品を含めた植物性食品を取り入れることのメリットや意義の調査と発信	→			業界団体

出典 フードテック官民協議会「ロードマップ 植物由来の代替タンパク質源」
(2023年10月25日更新)

⁴ フードテック推進ビジョンおよびロードマップでは、「細胞性食品」を「動物の細胞を体外で人為的に培養することで生産した食品」を指す。具体的には培養肉や培養魚肉等がある。

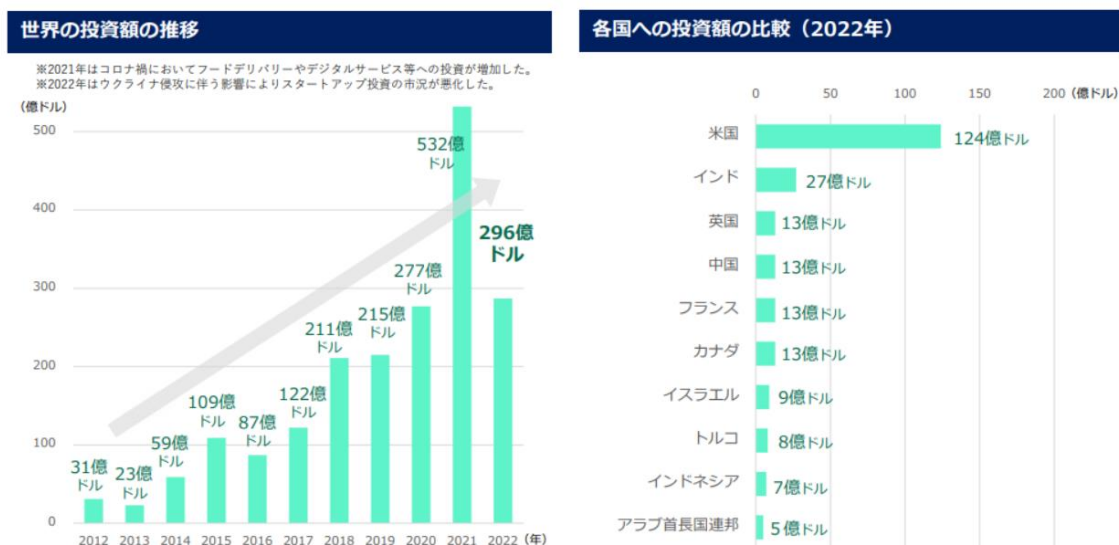
1-1-2 フードテック分野への投資動向 (2010年代以降の投資額の増加)

フードテックに関する研究開発は、米国をはじめとする海外が先行しているとみられる。第1-1-3図表はフードテック分野への新規投資額の推移等である。世界全体でみると、2010年代は増加基調であった。しかし、2020年の277億ドルから2021年の532億ドルへ1.9倍増となった後、2022年には296億ドルとなっている。

2021年の前年比増加は、新型コロナウイルスの流行でICTを活用したフードデリバリーやデジタルサービス等といった川下部門への投資が活発化したからだ。一方、2022年の縮小は、米国でのインフレ率や金利上昇で、スタートアップ企業への投資そのものが冷え込んだためとされている。

国別に2022年の投資額をみると、米国への投資額は最大で、124億ドルに達しており、2位のインド(27億ドル)や3位の英国(13億ドル)を遥かに凌駕している。一方、日本への投資額は上位10位になく、投資額は6,780万ドルにとどまっている。つまり、日本のフードテック関連企業は、資金調達規模において、海外企業よりも小さい。

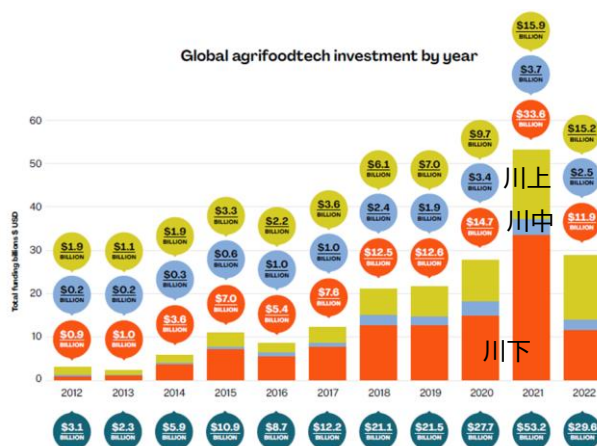
第1-1-3図表 フードテック分野への投資状況



出典 農林水産省「フードテックをめぐる状況」

次に、サプライチェーンの段階別の投資動向(第1-1-4図表)をみてみよう。段階別とは農業生産に始まる川上から消費段階の川下までを3段階に分けたものだ。2021年までの投資額増加の中心は川下であった。しかし2017年ごろから川上への投資も盛んとなり、2022年には川上が川下を上回った。なお、2021年のみ川下への投資額が急増しているが、これは前述したコロナ禍でのフードデリバリー等向けで一過性とみられる。

第1-1-4図表 サプライチェーンの段階別の投資動向



出典 AgFunder「Global AgriFoodTech Investment Report 2023」

最後に、2022年の投資額（296億ドル）の詳細をみて、世界的にどのような技術への期待が高まっているのか考えたい。

まず、51億ドルと最大なのは、「イーグロウサー（eGrocer）」という、食品の通販等、ICT技術を使った電子商取引に関する、川下の領域である。ついで多額なのは、やはり川下の「店舗内小売と外食産業（In-store Retail & Restaurant Tech）」で、36億ドルを調達した。ついで3位となったのは、「新規性食品（Innovative Food）」（31億ドル）で、インポッシブルフーズ社、NotCo社等、代替タンパク質関連の企業への投資が含まれる。昆虫食・昆虫由来飼料、陸上養殖等は代替タンパク質部門に含まれる領域は、ここでは「新規農業システム（Novel Farming Systems）」とされており、28億ドルを集めている（第1-1-5図表）。

このように、世界的な資金の流入動向をみると、新規性食品や新規農業システムは、伸長すると期待され投資が集まる対象である本報告書の調査対象の各領域と重複しており、本調査での調査対象の選定が、こうした国際的な動向から鑑みても妥当なものとする。

第1-1-5図表 投資領域

Categories by funding 2022

(S USD)

Category	S	USD
Innovative Food	\$	3.1b
Novel Farming Systems	\$	2.8b
Ag Biotechnology	\$	2.7b
Bioenergy & Biomaterials	\$	2.3b
Ag Marketplaces & Fintech	\$	1.8b
Farm Management & Software Sensing IoT	\$	1.7b
Farm Robotics, Mechanization & Equipment	\$	714m
Midstream Technologies	\$	2.3b
Miscellaneous	\$	127m
eGrocer	\$	5.1b
In-store Retail & Restaurant Tech	\$	3.6b
Cloud Retail Infrastructure	\$	1.5b
Online Restaurants & Marketplaces	\$	1.2b
Home & Cooking	\$	553m

出典 AgFunder「Global AgriFoodTech Investment Report 2023」

(今後の発展のために重要な消費者受容や販売戦略)

フードテック向けの投資額が増加しているのは、今後の市場拡大への期待に裏打ちされている。しかし、本調査で扱う新たな食ビジネスの発展には、消費者に従来とは異なる新たな商品を購入してもらうといった販売戦略が重要になる。

普及のためのハードルはいくつかある。まずは、消費者の受容性拡大の難しさが指摘できる。その難易度はフードテックの各領域で異なっており、培養肉・培養魚肉、昆虫食・昆虫由来飼料、ゲノム編集といった領域では、従来とは異なる原料や技術を用いた食品であることから高く、3D フードプリンタ等、サプライチェーンの川中に位置し見えにくい、アップサイクルのような既存技術の活用に留まるといった領域であれば、低いだろう。

さらに、健康への効果やおいしさのような消費者のメリットが求められる。フードテックの第一人者で、分子調理学の研究者である宮城大学食産業群教授の石川伸一氏は、フードテック関連の市場形成は「技術的どころよりも消費者の受容性がカギ。これには機能面や価格面等、どこかで消費者のメリットを打ち出す必要がある」⁵という。すなわち、SDGs に関わる各種課題の解決に寄与すると期待され、投資額は増えてきたが、研究開発や食品製造が広がるには、健康への効果や価格の低さ等で消費者へ訴求しやすい特質を備えることが重

⁵ 石川教授からのヒアリングによる。

要と理解できる。

環境配慮食品やアップサイクルのようなエシカル消費⁶に関連するような商品については、消費者へのさらなる認知度向上が重要と思われる。消費者庁の「第3回消費生活意識調査」では、エシカル消費という「言葉と内容の両方を知らない」とする回答割合は、最も低い30歳代でも64.4%に達している（第1-1-6図表）。同調査によると、エシカル消費を行わない理由は「どれがエシカル消費につながる商品やサービスか分からない」が最多の22.1%となった（「特に理由はない」を除く。第1-1-7図表）。

すなわち、新たな食ビジネスの発展には、社会課題の解決に向けた商品であると消費者に適切に説明し、消費者の認知を上げ、消費者の受容性を高めることが重要であり、そのうえでおいしさ等のメリットを付属することが求められる。

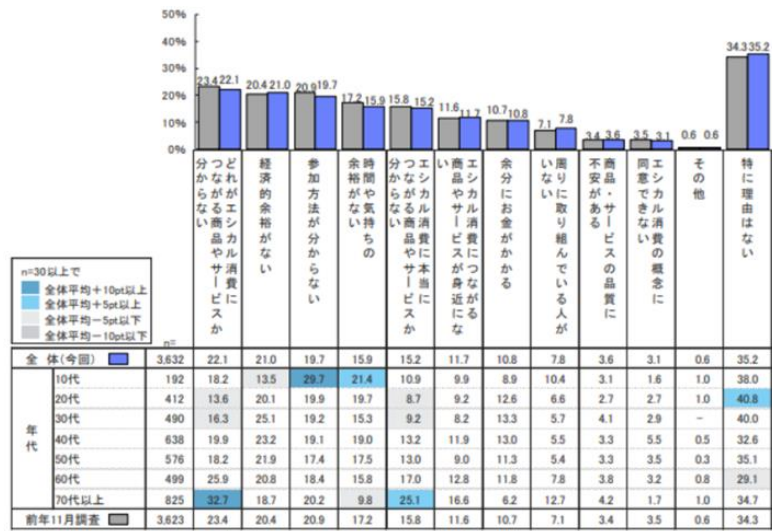
第1-1-6図表 エシカル消費の認知度

		(%)		
		言葉と内容の両方を 知っている	言葉は知っているが 内容は知らない	言葉と内容の どちらも知らない
全体(今回)	n=5,000	8.6	20.8	70.7
年代	10代	14.6	17.7	67.7
	20代	10.7	21.8	67.5
	30代	11.5	24.1	64.4
	40代	8.9	23.7	67.4
	50代	7.8	20.6	71.6
	60代	8.8	23.0	68.2
	70代以上	1,278	5.1	16.3
前年11月調査	5,000	7.6	19.4	73.1

出典 消費者庁「令和5年度第3回消費生活意識調査結果について」2023年11月9日

⁶ 消費者庁は「消費者それぞれが各自にとっての社会的課題の解決を考慮したり、そうした課題に取り組む事業者を応援しながら消費活動を行うこと」している。

第1-1-7図表 エシカル消費を行わない理由



出典 消費者庁「令和5年度第3回消費生活意識調査結果」2023年11月9日

1-2 国別にみたフードテックにかかる政策動向

日本におけるフードテック推進を所管するのは農林水産省で、新規性食品についての販売許可等の各種規制整備は厚生労働省⁷の所管となっている。本調査では、農林水産省に加え、アカデミックや産業面からフードテック関連の情報が集積する一般財団法人バイオインダストリー協会へヒアリングし、国の政策動向や産業界による支援の取組みを調べた。なお、同協会は、大学や食品・飲料メーカー等から構成され、フードテックの社会実装に向けた政策提言を行っている。

前述したとおり、日本は、食・農林水産業の発展や食料の安定供給の確保に貢献する取組みの一つとしてフードテックを位置付けている。農林水産省大臣官房新事業・食品産業部新事業・国際グループへのヒアリングでは、国は「既存の食品産業とフードテックビジネスを両立させる立場を採用している。将来的な食料供給のレジリエンスを考えたとき、フードテックは一つのオプションとして重要」と考えていることがわかった。

こうした日本の姿勢は、世界上位の食料輸入国で、人口が1億人超と国内市場が相対的に大きいことが関係していると考えられる。

しかし、国によるフードテック支援は、シンガポール、イスラエル、オランダといった国々で手厚く、日本の支援額を大きく上回る。例えば、主要国のGDPに対するフードテック研究予算額（代替タンパク質関連の研究予算額（2022年末までの累積）/GDP(100万ドルで除した額）)をみてみよう（第1-2-1図表）。同額は、シンガポールが668.4ドルと大きく抜きんでており、ついでイスラエル、オランダの順である。一方、日本は1.7ドル程度で、米国と同水準である。すなわち、シンガポールやイスラエル、オランダといったフードテック先進地は、フードテックの推進を強化していると理解できる。

ではなぜこのように、シンガポール等はフードテックを推進しているのだろうか。この点についてのバイオインダストリー協会へのヒアリングによると、「食料安全保障に危機感のある国ほどフードテックの研究が進んでいる」とのことであった。例えば、シンガポールには農地として使える土地はほとんどなく、食料自給率は著しく低い。またイスラエルは近隣アラブ諸国や地域に囲まれており、そうした周辺国との戦争が発生すると、輸入チャネルの維持が難しくなる。さらに、オランダは国土の4分の1が海拔0m以下と海抜の低さが知られており、治水と干拓による農地づくりが進んでいる。すなわち、地球温暖化に伴う海面上昇による農地喪失には強い危機感がある。このようにフードテックを強く推進している国々は、国防や農地の特殊性といった要因が、新技術開発による食料生産の拡大の追求を強く迫る地域と考えられる。

また新規性食品の販売についても、各国の姿勢は異なる。欧州、米国、シンガポールには、新規性食品を審査する仕組みの整備や上市を後押しする仕組みが講じられつつある。

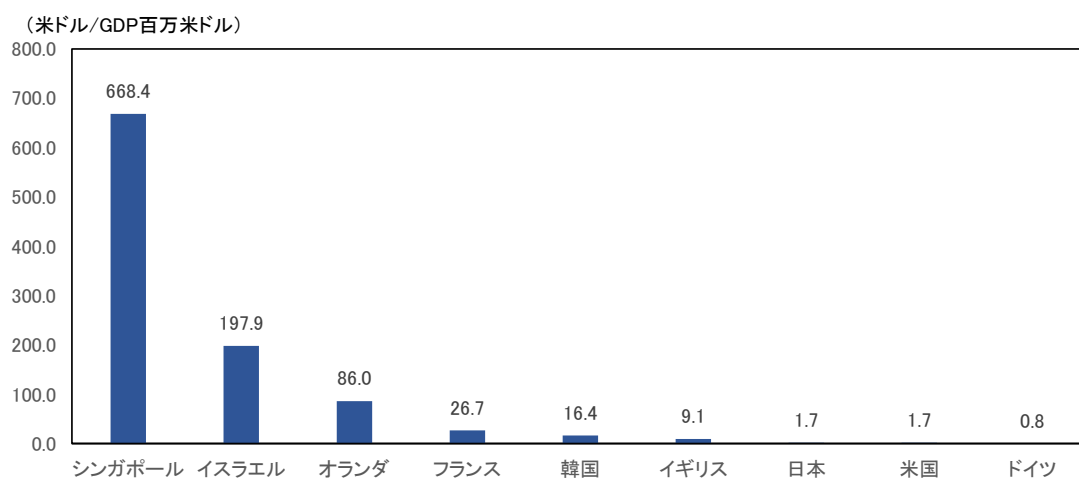
⁷ 食品衛生基準行政は、2024年度から消費者庁へ移管される。

一方、日本では関連する現在の法体系がこれらの国と異なり、不透明な点が多く、それが事業化の阻害要因になる恐れがある。

例えば、食品衛生法第7条は、「厚生労働大臣は、一般に飲食に供されることがなかつた物であつて人の健康を損なうおそれがない旨の確証がないもの又はこれを含む物が新たに食品として販売され、又は販売されることとなつた場合において、食品衛生上の危害の発生を防止するため必要があると認めるときは、薬事・食品衛生審議会の意見を聴いて、それらの物を食品として販売することを禁止することができる」としている。つまり、日本では食経験のないもの（素材、調理方法）が販売された場合に、被害が発生したら同法に基づき販売禁止に至るとされている。一方、EU やシンガポール等は販売前に規制当局の事前承認を得なければならないという法体系である⁸。

日本でも一般社団法人細胞農業研究機構や消費者団体が新規性食品のルール作りについて、国に働きかけを行っている。また 2024 年度から消費者庁に食品衛生基準行政が移管されることで、食品衛生についての科学的な安全確保と消費者利益の更なる増進が期待されている。制度改正は、今後のフードテックの展開の方向性まで規定するものであり、引き続きフォローが必要となる。

第1-2-1図表 国別 2022 年末までの代替タンパク質関連研究予算⁹



資料 Good Food Institute “State of Global Policy”(2022)

および世界銀行の公開資料より作成

⁸ 西村あさひ法律事務所 (<https://www.nishimura.com/sites/default/files/images/82421.pdf>、2024 年 2 月 17 日アクセス)

⁹ Good Food Institute によると出典元の予算は必ずしも網羅的ではない可能性があり、注意が必要。なお、本図を作成するにあたって GDP は 2022 年実質 GDP (ドル、2015 年基準) を使用。

1-3 地方自治体のフードテック支援の動向

ここでは1-1で触れた国の画一的な仕組みではなく、地方自治体が独自で取り組むフードテック支援の動向を紹介したい。具体的には、先進事例として知られている、愛媛県と京都府である。

1-3-1 愛媛県「Ehime Food Innovation(EFI)コンソーシアム」

愛媛県は、2021年度に「Ehime Food Innovation (EFI) コンソーシアム」を設立した(第1-3-1図表)。愛媛県は、従業者数や生産・出荷額に占める食品関連産業の割合は大きく、地域経済・雇用を支える基幹産業として、今後の地域ビジネス(観光、ワーケーション等)の振興に不可欠な基盤と位置付けている。こうした取組み姿勢において、愛媛県には東北圏との共通点がある。

同コンソーシアムが目指すのは、フードテックやデジタルマーケティングを活用したイノベーション創出を図り、人材育成やマッチングを推進することである。このコンソーシアムの支援会員(商工団体、食品業界、教育機関等)が、参画会員(企業等)の商品・技術開発等を支援する仕組みとなっている¹⁰。

組織体制は、フードテック商品開発ワーキンググループ(以下、「WG」)、デジタルマーケティング活用WG、人材育成・採用WGからなる。外部専門家と連携してセミナーの開催や企業・人材交流の促進を行うものとなっている。

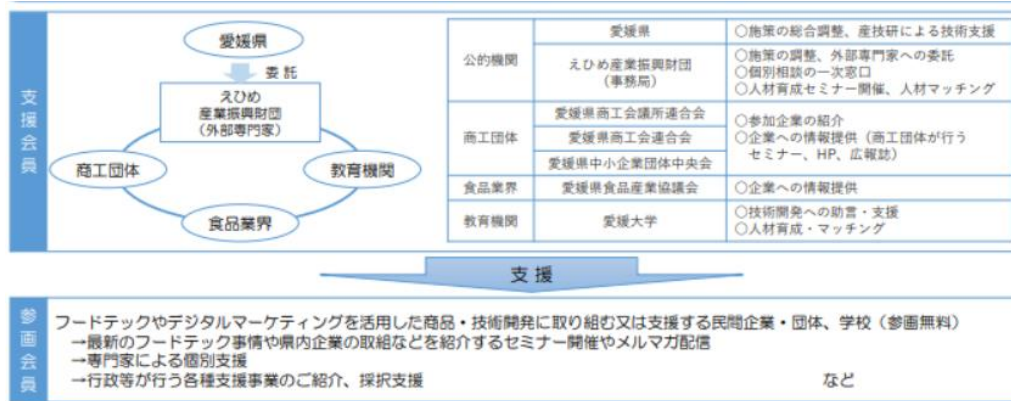
2023年度からは行政支援もある。愛媛県は同年度の食品関連産業イノベーション促進事業として、コンソーシアムの運営と個別のWGの活動に対し、56百万円の予算を措置した。コンソーシアムの運営は、愛媛県から事業を受託した公益財団法人えひめ産業振興財団が担当している¹¹。

もちろんEFIコンソーシアムは、食ビジネスを包括的に支援するものとなっているが、そのなかでフードテックやデジタルマーケティングを活用した商品・技術開発、およびそのための人材確保等がこの取組みの核となっており、注目される。

¹⁰ Ehime Food Innovation コンソーシアム (<https://www.ehime-iinet.or.jp/wp/wp-content/uploads/2022/01/kyokutyoo.pdf>、2024年2月28日アクセス)

¹¹ 公益財団法人えひめ産業振興財団「令和5年度事業計画」(<https://www.ehime-iinet.or.jp/wp/wp-content/uploads/2023/04/5e42757f7bf877f69698530b124ac1a5.pdf>、2024年2月28日アクセス)

第1-3-1図表 Ehime Food Innovation コンソーシアムの枠組み



出典 Ehime Food Innovation コンソーシアム「今後の取組」

1-3-2 京都府「京都フードテック基本構想」

京都府農林水産部流通・ブランド戦略課は、2023年5月に「京都フードテック基本構想」を発表した(第1-3-2図表)。この構想の目的は、「食を取り巻く社会情勢の急激な変化を踏まえ、世界に誇る京都の食文化や高い栽培技術と進化し続ける最先端技術を融合させ、京都の農林水産業を含む食関連産業の振興を図ること」である。ここでは京都の食文化や先端技術にフォーカスが当てられている。

本構想の目指すべき方向は、①ニーズファーストの徹底、②最先端技術と食文化を融合する多様な主体によるオープンイノベーション、③世界トップレベルの技術を有する大学や企業等との連携、④持続可能性に配慮した事業¹²の構築、⑤京都のブランド力の世界への発信、とされている。

この構想のもと、2021年に設置されていた「京都食ビジネスプラットフォーム」を強化することで、フードテックを府内の食関連産業に還元する仕組みが目指されている(第1-3-3図表)。2022年度(構想策定年度)から2028年度までを計画期間とし、2023年度の当初予算としては「京都フードテック推進事業費」として1.9億円の予算¹³が措置されており、今後の活動や成果が注目される。

¹² 「健康機能性、オーガニックなどの新たな価値の付加、気候変動への対応や環境負荷低減、フードロス削減などを意識した技術開発や加工食品の商品化」を進めるとしている。

¹³ 京都府農林水産部「令和5年度当初予算案(令和4年度2月補正含む)主要事項説明資料」

第1-3-2図表 京都フードテック基本構想のイメージ

【構想イメージ】 京都の伝統・文化とフードテックの融合



出典 京都府「京都フードテック基本構想」

第1-3-3図表 京都フードテック基本構想での京都食ビジネスプラットフォーム体制図

食に関連する多様な事業者が消費者ニーズを的確に捉えた新たな価値を創造し、その価値を組み合わせるオープンイノベーションの場として令和3年11月にプラットフォームを設置
京都食ビジネスプラットフォーム体制図



出典 京都府「京都フードテック基本構想」

このように、地方自治体の取組みをみると、地域によって産出額の大きな農産物の種類、集客力のある観光資源の有無、研究機関の集積度合い等の違いが、フードテックの支援枠組みとそのカバー領域を左右するように思われる。例えば、京都府のように人口や経済規模が大きく、産業や研究開発が集積する地域であれば、地域内の大学等との連携強化を目指しやすくなる。一方、愛媛県のように農業や食品関係の大きな産地を抱えるが、同時に労働力不足等の課題が大きい地域であれば、人材育成にも力を入れるべき、という構想になる。さらに、既存産業とフードテック関連企業を結びつけるには、互いの理解を深めるような経験や情報が必要で、東北圏というブロックで取組むならば、その受け皿となるような仕組みづくりが重要となる。

そうした仕組みがあれば、日本政府が掲げるマーケットの嗜好に合わせた輸出方針にみられるように、フードテックによる食ビジネスの発展についても、市場動向と地域の資源を重ね合わせて、それぞれの特徴にあった構想や計画を打ち出していくことで、地域の魅力を高め、観光資源としての食ビジネスの差別化につながると期待できる。

1-4 参考文献

- 農林水産省 (2019) 「2050 年における世界の食料需給見通し」、2019 年 9 月
- フードテック官民協議会 (2023) 「フードテック推進ビジョン」、2023 年 2 月 21 日
- 農林水産省 大臣官房 新事業・食品産業部 (2024) 「フードテックをめぐる状況」、2024 年 1 月
- フードテック官民協議会 (2023) 「ロードマップ」、2023 年 10 月 25 日更新
- AgFunder “Global AgriFoodTech Investment Report 2023”
- 消費者庁 (2023) 「令和 5 年度第 3 回消費生活意識調査結果について」、2023 年 11 月 9 日
- 消費者庁 (2023) 「令和 5 年度第 3 回消費生活意識調査結果」、2023 年 11 月 9 日
- Good Food Institute (2022) “State of Global Policy”
- 西村あさひ法律事務所
(<https://www.nishimura.com/sites/default/files/images/82421.pdf>、2024 年 2 月 17 日アクセス)
- Ehime Food Innovation コンソーシアム会長 (愛媛県経済労働部産業支援局長) 佐藤努 (2021) 「Ehime Food Innovation コンソーシアム今後の取組」、2021 年 12 月 20 日
- 公益財団法人えひめ産業振興財団「令和 5 年度事業計画」(<https://www.ehime-iinet.or.jp/wp/wp-content/uploads/2023/04/5e42757f7bf877f69698530b124ac1a5.pdf>、2024 年 2 月 28 日アクセス)
- 京都府農林水産部 (2023) 「京都フードテック基本構想」、2023 年 3 月

2 フードテック市場の動向

2-1 代替タンパク質

まずは川上部門に位置し、世界的に投資額が大きかった新規性食品が含まれる代替タンパク質からみていくことにする。代替タンパク質は、植物由来の原料を用いるなどして、畜産業や漁業に依らない代替的な方法で生産されたタンパク質を指す。その種類には、大豆などを原料に用いた植物性代替肉、培養肉・培養魚肉と呼ばれる細胞性食品、昆虫食、藻類由来タンパク質、精密発酵などがある。これらが近年注目を浴びている背景には、①人口増加や経済発展に伴う食肉（タンパク質）需要増加への対応、②畜産物を代替タンパク質で置き換えることによる環境負荷軽減の可能性、③気候変動や家畜疾病による畜産物および水産物の減産リスクへの対応などが挙げられる。

本項では、代替タンパク質のうち植物性代替肉、培養肉・培養魚肉、昆虫食・昆虫由来飼料、藻類（海藻、微細藻類）を取り上げ、各分野の特徴、市場動向、事例調査、今後の見通しについて検討する。

2-1-1 植物性代替肉

(要約)

植物性代替肉は植物性タンパク質などを使って動物性食品を模した食品である。歴史は古く、1900年代から研究開発が行われていたが、環境問題への意識の高まりを受けて、2015年のパリ協定前から特に注目されるようになった。日本においても、多くの食品メーカーが植物性代替肉の開発に取り組み、小売や飲食店での提供は普及しつつある。ヒアリング調査では、現状は外食向けの業務用、特にインバウンド需要が期待できるとの声が多かった。

a 特徴

(植物性代替肉とは)

植物性代替肉とは、植物由来のタンパク質を、エクストルーダーと呼ばれる機械を用いて食肉のように成形した製品である。エクストルーダーは菓子の製造などに長年使用されている機械であることから、植物性代替肉は既存技術に基づき製造されている食品といえるが、おいしさや「肉」らしい食感を向上させるため、企業や研究機関によりさまざまな技術開発が行われている。

第2-1-1図表 エクストルーダーの模式図

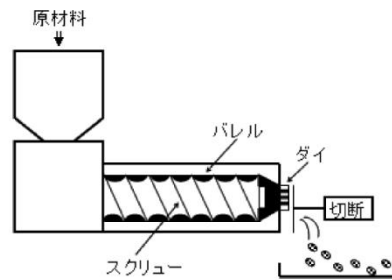


図3. エクストルーダー模式図

出典 中野(2021)「粒状大豆たん白と大豆ミート」
日本調理科学会誌 Vol.54, No.6, 259～265

(原料)

植物性代替肉の主な原料は、大豆、エンドウ豆などの豆類や、小麦、アーモンドなど消費者に身近な食材である。そのため、植物性代替肉の消費者の受容性はほかの代替タンパク質と比較して高い。大豆を原料とする場合、日本においては輸入された脱脂大豆を用いることが多いが、国産大豆の製品もみられる。国産大豆の流通量の8割を扱う全国農業協同組合連合会（以下、「全農」）は、植物性代替肉メーカーに国産大豆を販売しており、「植物性代替肉用に大豆を供給する余力はあり、小ロットから大ロットまで対応可能¹⁴」という。

一方、欧米では、大豆臭さを嫌がる消費者が多いこと、大豆の遺伝子組換え表示やアレレルゲン表示の回避などから、エンドウ豆を用いた製品が多いとされている^{15,16}。原料が豆類などの植物であるため、植物性代替肉は食肉と異なりコレステロールを含まず、食物繊維を含む点が栄養面の特徴である。おいしさを追求するために食塩や飽和脂肪酸を多く含む製品もみられる。

(環境負荷)

植物性代替肉は、従来の畜産物と比較して、生産に必要な水・土地の使用量、GHG排出量が少なく、畜産物よりも環境に優しいとされている¹⁷。植物性代替肉と牛肉生産時の環境

¹⁴ 2023年10月11日に行ったヒアリング調査結果に依拠

¹⁵ 食 watching 「植物性をチョイスする(2)」

(<https://www.fcj.or.jp/foodwatching/2022/05/12/syokubutusei-2/>、2024年2月16日アクセス)

¹⁶ 柳澤(2021)「新たな豆由来たん白ーベジフードやたんぱく強化食品への利用ー」、月刊フードケミカル、2021-5

¹⁷ 国連環境計画 (UNEP) 「What's cooking?」を参照。なお UNEP は、植物性代替肉生産時の水使用量が畜産物の生産と比べ少なく、化石燃料を使用した場合の GHG 排出量が豚肉および鶏肉の生産時より少ないかどうかについては明確ではなく、更なる研究が必要としている。

負荷を分析した研究によると、植物性代替肉は牛肉よりも土地使用量を 86～97%、GHG 排出量を 67～89%、エネルギー使用量を 30～50%削減できる可能性があるとしている¹⁸。

企業のなかには、自社製品の環境負荷を計算し、公表するなどして環境負荷の低さを消費者にアピールする事例がみられる。米国の植物性代替肉関連のスタートアップ企業である Beyond Meat 社は、ハンバーガー用のパテとして提供している商品「Beyond Burger」について、ライフサイクルアセスメント¹⁹による環境負荷量の計測と公表を定期的実施している。これによると「Beyond Burger」は米国産牛肉パテに比べて水使用量が 97%、土地使用量が 97%、GHG 排出量が 90%、非再生エネルギー使用量が 37%少ない²⁰。

b 市場動向

(萌芽期)

日本では伝統的に豆腐や納豆などが食され、植物性タンパク質の食文化が昔からある。米国においては、現在みられるような植物性代替肉を製造する構想が 1900 年代に存在していた。例えば John H Kellogg 氏は、小麦に含まれるグルテンと牛乳に含まれるカゼインから、食肉に似た硬さと香りを持つ食品を開発し、その製造方法に関する特許を 1907 年に取得した²¹。その後、Robert Allen Boyer 氏はエクストルーダーを使って植物性タンパク質を繊維状ポリマーに形成し、食肉のような食感を生み出す技術の特許を 1954 年に取得し、米国の食品メーカーは特許を基に植物性代替肉の製品化を進めた²²。しかし、当時の味や外観は食肉から程遠く、消費者に浸透しなかったとみられる。日本でも、1960 年代に不二製油株式会社によって植物性代替肉が開発された。1970 年代には、従来の一軸型から進歩した二軸エクストルーダーが大豆タンパク製品等の食品製造用に使用されるようになり、1980 年には COST91 という世界的な研究プログラムの一環で二軸エクストルーダーを用いた食品製造が研究された²³。日本においても、1984 年に「食品の製造工程の著しい短縮、品質の向上、未使用・低利用資源の有効利用等の面で革新的な機能を有する二軸型エクストルーダー及びこれによる食品製造法の開発を行う。」という目的で、農林水産省主導で「食品産業エクス

¹⁸ UNEP 「What's cooking ?」

¹⁹ 原材料の採取から、材料の加工、製造、流通、使用等、最終的な廃棄またはリサイクルまで、商品のライフサイクルを通じ、その影響を評価する計算手法。日本化学工業協会 (https://www.nikkakyo.org/sites/default/files/2023-02/ICCA_LCA_Executive_Guid.pdf、2024 年 2 月 6 日アクセス)

²⁰ Beyond Meat 「ESG REPORT 2022」

²¹ John H. Kellogg, U.S. Patent 869,371, Patented Oct. 29, 1907.

²² 尼子 (2021) 「代替肉ってナンだ?—現状・基盤技術と展望—」 仁愛大学研究紀要 人間生活学部篇、第 13 号

²³ 五十部 (2023) 「実需者ニーズに対応した食品加工技術の開発と実用化」、日本食品工学会誌、Vol. 24、No. 1

トルージュンクッキング技術研究組合」が機械メーカー 5 社と食品企業 21 社によって結成され、5 年間にわたって食品加工用二軸エクストルーダーの利用法が開発された²⁴。この取組みにより、200 件以上の特許が出願され、二軸エクストルーダーが国内の食品産業に普及するきっかけとなった。

(発展期)

2010 年ごろには、環境問題への意識の高まりを受けて、米国の Beyond Meat 社や Impossible Foods 社が植物性代替肉の開発に着手した。両社は、ビーツの赤い色素で食肉の色を、酵母で生産した大豆レグヘモグロビタンパク質で食肉らしい味を表現するなどして、より食肉に似せた製品をそれぞれ 2013 年、2016 年に商品化した^{25, 26}。両社を筆頭に米国の植物性代替肉の市場は 2020 年ごろまで拡大したが、2021 年以降は、価格の高さや味の問題、加工度合が高く不健康な食品というイメージの形成により、売り上げは伸びていない²⁷。欧州は、植物性代替肉市場が急拡大したものの、2022 年の売上増加率は前年から鈍化している²⁸。

日本においては、スタートアップ企業だけでなく、大手食肉企業や加工食品メーカー、豆腐メーカーなども市場に参入している。現状、植物性代替肉の市場規模は代替タンパク質の中で最も大きい。株式会社矢野経済研究所は、植物性代替肉（「植物由来肉」「植物由来シーフード」の合計）の 2023 年の世界市場を 7,600 億円（代替タンパク質全体の 97.9%）と推計しており、これが 2030 年には 3 兆 1,656 億円規模（同 95.6%）に達すると予測している²⁹。また、日本の市場規模については、2023 年の 133 億円（同 94.9%）が、2030 年に 625 億円（同 92.2%）まで拡大すると予測している。ただし、2023 年 12 月 8 日付の日経 MJ³⁰によると、植物性代替肉の一つである大豆ミート³¹の国内市場は、2017 年の約 4 億 6,000 万円から 2022 年には 42 億円まで拡大したものの、2023 年 1 月～10 月の販売金額は前年同期比 24%減の 28 億円と減少しており、食品の値上げによる消費者の節約志向の高まりで、大

²⁴ 脚注 22、川崎（1986）「二軸エクストルーダーと大豆蛋白食品（アペックス）」、冷凍食品技術研究、No.4

²⁵ Beyond Meat 社 ウェブサイト（<https://www.beyondmeat.com/en-US/about/our-ingredients/>、2024 年 2 月 6 日アクセス）

²⁶ 遠藤（2020）「代替肉の開発と今後の展開－植物肉と培養肉を中心に－」、国立国会図書館調査と情報－ISSUE BRIEF－No.1113、2020 年 9 月 15 日

²⁷ 吉田（2023）「肉代替製品で成功するには－」食品と開発、Vol.58 No.10、2023 年 10 月

²⁸ Good Food Institute「Europe plant-based food retail market insights 2020-2022」

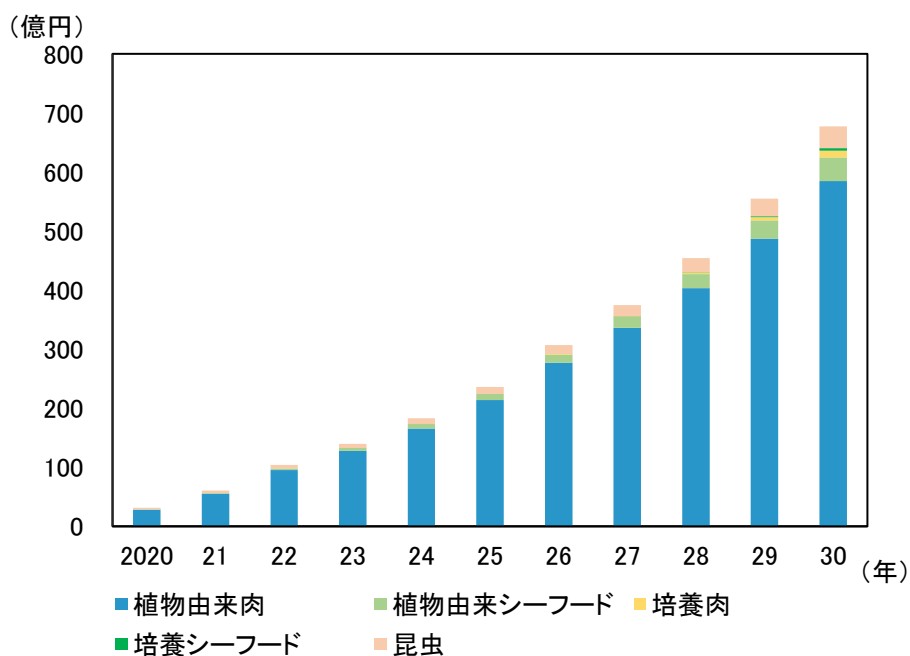
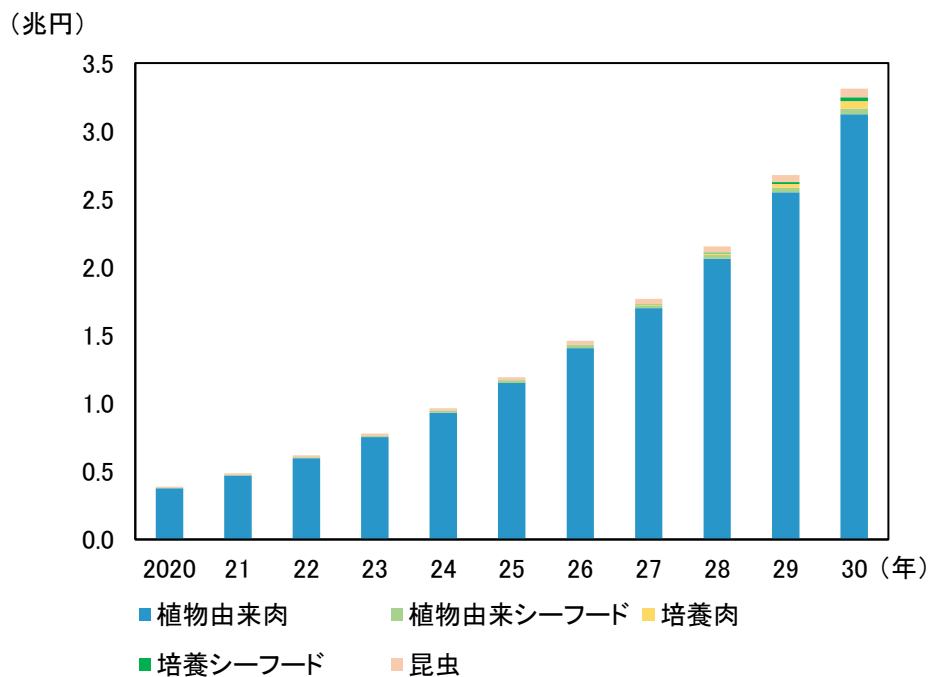
²⁹ 株式会社矢野経済研究所「2022 年版 代替タンパク質〈代替肉（植物由来肉・培養肉）・昆虫食〉の将来展望～フードテックで実現する持続可能な食の未来～」

³⁰ 日経 MJ 2023 年 12 月 8 日付「大豆ミート販売 24%減、1～10 月、割高感響く、味も課題、メーカー改良急ぐ」

³¹ 大豆タンパク質等を用いて製造された食肉の模倣品。

豆ミートの割高感が売上の落ち込みに影響したと分析されている。欧米同様に消費に変化が出ており、今後の動向が注目される。

第2-1-2図表 代替タンパク質市場規模の予測
(上)世界市場 (下)日本市場



資料 矢野経済研究所「2022年版 代替タンパク質〈代替肉(植物由来肉・培養肉)・昆虫食〉の将来展望～フードテックで実現する持続可能な食の未来～」より作成

c 事例調査

c-1 不二製油株式会社(全国の事例)

(会社の概要)

国内の植物性代替肉市場における主要企業の技術開発の状況や今後の事業の方向性を把握するため、不二製油株式会社（大阪府泉佐野市）の事例をみることにする。同社は1950年に設立された、食品素材の開発製造を行う企業である。現在は不二製油グループ本社株式会社を筆頭に、14ヶ国に34社のグループ会社を展開する。不二製油グループはBtoBの食品素材メーカーであり、植物性油脂（パーム油等）の販売が不二製油グループの売上の約4割を占め、このほかに業務用チョコレート、乳化発酵素材、大豆加工素材などを扱う³²。植物性油脂メーカーの中では後発組で、油脂原料の調達も困難であった不二製油は、搾油後の残さである脱脂大豆の活用に着目し、60年以上大豆タンパクの研究開発を行ってきた³³。大豆加工素材事業は国内の大豆タンパク素材³⁴市場のシェア第1位を誇る。

(強み)

同社の強みは、長年の研究開発で培った技術力を基に、様々な食感や風味を大豆タンパク質と油脂で表現できることである。同社は粒状大豆タンパクを約70種類揃えており、多様な油脂との組み合わせで幅広い食感、風味を実現できる。ミンチ、ブロック肉、薄切り肉など様々な形状にも対応している。

また、同社の中で祖業である油脂の開発技術も生かした商品開発力が強みといえる。油脂とタンパクを同時に扱う会社は少ないが、同社はどちらの素材も長年商材として扱っていることから、両方の開発技術と知見が蓄積されている。例えば、同社は「油脂を添加した大豆タンパクは加工しにくい」という一般的な大豆ミートの弱点を克服した「プライムテクスチャー製法」という技術を開発し、大豆ミートに植物性油脂を添加することで、おいしさの向上や、しっかりした噛みごたえを実現した。同製法で製造された「プライムソイミート」は大手ホテルのビュッフェメニューに採用されている。また、同社は植物性代替乳製品のカテゴリでも同様の強みを生かして動物性のもつ満足感を再現する技術を開発し、2021年に技術ブランドMIRACORE®を立ち上げた。現在、同ブランドによる植物性ブイヨン、フォン、かつおだし、白湯が販売され、大手ラーメンチェーン等で使用されている。

³² 不二製油グループ本社株式会社「不二製油グループ統合報告書2023」

³³ 不二製油株式会社 ウェブサイト

(<https://www.fujioil.co.jp/research/innovationstory/ptm/index.html>、
<https://www.fujioil.co.jp/soymeat/articles202102/>、2024年2月6日アクセス)

³⁴ 食肉加工品等の結着材等に使用される大豆タンパク質や植物性代替肉のような大豆加工素材等が含まれる。

写真 不二製油が開発した「プライムソイミート」



出典 不二製油グループ本社株式会社提供

(今後の展開)

同社は新技術の開発だけでなく、販売方法や情報発信といった消費者へのアプローチの変革による市場拡大を事業戦略に盛り込んでいる。例えば、同社は株式会社パソナグループ、カゴメ株式会社、敷島製パン株式会社と共に、地球と人の健康および社会の持続的な発展に向け、プラントベースフードが当たり前のおいしくヘルシーなライフスタイルを普及するため、一般社団法人 Plant Based Lifestyle Lab³⁵を2021年に設立した。2024年2月時点で、様々な業種の企業及び団体49社が参加し、関連省庁、アカデミアと連携を図っている。同法人は、プラントベースフードの普及や食生活への定着に関する解決策の検討、プラントベースフードの価値発信、さまざまな分野との融合による価値創造などに取り組むことで、プラントベースフードを取り入れるライフスタイルの普及を目指している。

同社のグループ憲法のビジョンとして「植物性素材でおいしさと健康を追求し、サステナブルな食の未来を共創します。」を掲げている³⁶。大豆加工素材事業においては「機能性素材の拡大」と「植物性素材で驚きのおいしさを実現」することを目指している。後者については、粒状大豆タンパクの噛み応えや口どけを改良し、従来市場での使用用途の拡大や、プライムソイミートで外食・ホテル市場への新規参入を図るとしている。植物性代替肉と植物性代替乳製品の二軸で事業を展開していくが、食肉や乳製品の代替品にとどまらず、植物性食品による新たな食の価値を消費者に提供していきたいとしている。

³⁵ 一般社団法人 Plant Based Lifestyle Lab ウェブサイト (<https://pbl-lab.net/>、2024年2月6日アクセス)

³⁶ 不二製油グループ本社株式会社「不二製油グループ統合報告書2023」

第2-1-3図表 一般社団法人 Plant Based Lifestyle Lab の会員企業(2024年2月
時点、非公開含む)

食品

アサヒグループ食品株式会社
池田糖化工業株式会社
江崎グリコ株式会社
エスビー食品株式会社
オリエンタル酵母工業株式会社
アサマ化成株式会社
カゴメ株式会社
亀田製菓株式会社
カルビー株式会社
キュービー株式会社
ケンミン食品株式会社
株式会社J-オイルミルズ
敷島製パン株式会社
サンジシ醸造株式会社
CJジャパン株式会社
DAIZ株式会社
株式会社TWO
日清食品ホールディングス株式会社
株式会社ニッポン
株式会社ニチレイフーズ
不二製油グループ本社株式会社
森永乳業株式会社
六甲バター株式会社
株式会社ロッテ

化学

旭化成株式会社
株式会社ADEKA
DIC株式会社

医療

公益財団法人山口県予防保健協会

商社

伊藤忠商事株式会社
ICS-net株式会社
株式会社cotta
CBC株式会社
豊田通商株式会社
株式会社日本アクセス

小売業

オイシックス・ラ・大地株式会社
一般社団法人全国スーパーマーケット協会
株式会社ブイック

サービス

株式会社ABC Cooking Studio
グリーライフスタイル株式会社
株式会社ぐるなび
株式会社力の源ホールディングス
東京ガスコミュニケーションズ株式会社
株式会社パソナグループ
株式会社ファースト
株式会社モスフードサービス
八千代エン지니어リング株式会社

資料 一般社団法人 Plant Based Lifestyle Lab ウェブサイトより作成

(注)業種(オレンジ枠囲み)は各企業の日経業種分類をもとに区分した。日経業種分類のない企業については、企業のウェブサイトを参考に業種を判断し、区分した。

c-2 ネクストミーツ株式会社・株式会社Dr.Foods・マーマフーズ株式会社(東北圏の特色ある取組み)

(会社の概要)

東北圏の事例として、市場拡大を模索しているネクストミーツ株式会社(北海道虻田郡)、株式会社 Dr.Foods(岩手県花巻市)およびマーマフーズ株式会社(岩手県花巻市)を取り上げる。

ネクストミーツは2020年6月、そのグループ会社であるDr.Foodsは2021年9月に設立されたスタートアップ企業である。2021年にマーマフーズを買収した。老舗和惣菜メーカーであるマーマフーズは、ネクストミーツとDr.Foodsが商品開発・販売する植物性代替肉・ヴィーガンフォアグラ・ヴィーガンキャビア等の製造を担当する。また同グループは米国内のハンバーガーチェーンWayback Burgersのアジア10ヶ国の優先交渉権を取得し、1号店を東京都港区表参道に出店している。表参道店で全て植物由来素材の「ネクストバーガー」「ネクストフォアグラバーガー」が提供されている。なお、Dr.Foodsはマーマフーズを連結子会社とする予定である。

(強み)

ネクストミーツおよび Dr.Foods の強みは、マーマフーズの既存設備を活用したコストダウンである。設立当初、同グループは製品製造を外部に委託していたため、製造コストが販売価格に反映されていた。しかし、マーマフーズの食品工場で製造することで生産コストを下げ、販売価格の 2~3 割引き下げに成功した³⁷。さらに、商品開発~販売まで内製化したことによりスピードアップも実現した。

同グループは、既存食品の代替という切り口だけではなく、おいしい食品であれば消費者に受け入れられるという心構えで商品開発に取り組む。大豆ミートの製造には、一般的に製菓に用いられるタイプのエクストルーダーが主に使用されるが、同グループはエクストルーダーの吐出部の形状変化で様々な形の大豆ミートチップが生産できることに注目し、現在岩手大学理工学部と共同で研究・開発している³⁸。

大豆ミートの原料は脱脂大豆で、生産地のほとんどが外国産である。同社は【岩手から世界へ】のスローガンを掲げており、今後、一次産業~製品化~販売までを地域企業で網羅する地方創生に貢献するため、東北圏産の B 品扱いの大豆を使用した大豆ミートチップ製造のプロジェクトを進行中である。また植物性フォアグラは、日本の麴でカシューナッツを 2 度発酵させる世界初の技術で製造・販売している。BtoB 領域でビジネス展開をしており、製造効率と調理人が様々な料理で使用しやすい形状にこだわり、調理人がスライス時に厚さを自由に変えられるよう、直径 5.5 cm 重量 500 g の円柱状での販売としている。

同グループの扱う製品は、食肉以外の動物性食品の代替品にも及ぶ。植物性キャビアは、人工イクラ製造と同じ手法で製造している。高級キャビア独特の濃厚もったり感を出すために、植物性でありながら濃厚もったりとした食感を表現している。植物性キャビアの原料には東北圏の昆布を使用しており、地元の一次産業の活性化にも貢献したいと考えている。

(販売動向)

同グループは当初、家庭での喫食を想定した小売向け販売であったが、多種類の製品を販売する大手食品メーカーと比べ、小売店での棚確保が難しいことや食べ慣れていない食材を購入し難い業界状況をみて、現在は業務用に注力している。同グループは Wayback Burgers 表参道店で植物性代替肉と植物性フォアグラを使用したハンバーガーを販売するほか、植物性代替肉を有名テーマパークやホテルなどに提供している。植物性キャビアや植物性フォアグラは、都内シティホテルや全国展開している結婚式場、レストランなどから引

³⁷ 当初は自社工場での製造を検討していたが、10 億円以上もの大金を投資して完成までに数年歳月を待つよりも、既存の設備を利用してできることから取り組む事が変化の早い時代に対応出来ると考え、工場の建設を中止。ちょうどそのタイミングで、創業 60 年の歴史があるマーマフーズが売却を検討していることを知り、同社製品の手作り感やおから加工品（植物性代替肉）の製造実績がある点などに魅力を感じ、同社の買収に至った。

³⁸ 2024 年 2 月に「リエゾン - I 研究開発事業化育成資金」認定。

き合いがある。ノートルダム等の結婚式場を運営する株式会社日本セレモニーと 2023 年 9 月に年間契約を結び、植物性キャビアを年間約 200 kg、フォアグラを年間約 2.5t 納入予定である。植物性キャビア・植物性フォアグラともに、本物の高ランクよりは安く、中ランクとほぼ同等の価格設定であることから、業務用として取り入れやすい価格設定になっている。

同グループは業務用需要の中でも、とりわけ宿泊施設やテーマのようなレジャー施設でのインバウンド需要を狙っている。外国人旅行客の 1 割はヴィーガンかフレキシタリアン（基本的には植物性食品を食べるが、時には肉や魚など動物性食品も食べる）という統計があり、政府は外国人旅行客を 6,000 万人まで増やす目標を掲げていることを考えると、今後一定の需要拡大が見込めると同グループは分析している。事実、和食とヴィーガン両方を満たす食品は外国人旅行客から人気があり、同グループが提供する大豆ミートの和惣菜はホテル業界からの引き合いが強いという。

写真 植物性キャビアを使用したコース料理



出典 株式会社 Dr.Foods 提供

写真 ホテルのレストランで採用されている植物性フォアグラ



出典 株式会社 Dr.Foods 提供

(課題)

課題は設備導入にかかるタイミングを考慮した事業運営である。エクストルーダー他附属設備といった食品用設備や半導体をはじめとする精密機械部品は世界的に品薄状態にあり、ウクライナ侵攻以後は特に物流の混乱によって機械や設備の納入までの時間がかかる傾向にある。そのため、購入タイミングを逃すと設備導入が数カ月～最悪 1 年以上遅れてしまい、事業開始の大幅な遅れにつながってしまうリスクがある。このように発注から納入まで従来よりも時間がかかることから、同グループが事業再構築補助金を活用し代替食事業に取り組む際の設備購入時とても苦労した。補助事業が採択されてから補助金決済する流れの中で、かなり前から機械設備の購入を予約しないと物が押さえられず、注文してから納品まで半年以上かかる物もあり、補助事業採択後、機械設備を注文すると間に合わなくなるため、プロジェクトの遅れを防ぐには金融機関のサポートが有効であった。なお、潤沢な資金があるか、もしくは金融の知識をもち、事前に資金全体の流れが把握できないと補助金活用は難しいと感じたとのことで、企業が補助金を有効活用するにはメインバンクや行政が資金繰りや手続きの細かい支援をする必要であると考えられる。

(東北圏での展開)

同グループはマーマフーズ買収をきっかけに、研究開発部門も花巻市に移した。同社の藤岡専務が花巻市に拠点を移して驚いたことは、地元の人々は真面目で遅刻や欠勤も全くなく、丁寧に仕事をするため、当初想定していた品質の製品をかなり早い段階から量産可能になったことだという。基本的に東北圏は人口が少なく、人手不足のリスクも伴ってはいるものの、関東地方と比べて比較的生産コストが抑えられる点も、東北圏を拠点に事業展開する際の強みと捉えている。

また、同グループは東北圏の食品製造企業等へ作業委託したり、東北圏で共同研究を進めたりすることで、より迅速に事業拡大や研究開発を進めている。例えば、大手量販店に商品を販売するには、衛生管理の国際規格 FSSC22000 をクリアする必要があったが、同グループの工場は同規格規準に満たなかったため、地元の手詰メーカー（岩手県大船渡市）に商品包装してもらうことで、販売先大手量販店の監査に対応できた。一方、手詰メーカーは昨今の海産物の漁獲高減少から工場稼働率の低下が悩みだったが、同グループからの受託によって工場稼働率が改善した。この連携により、同グループは追加投資による工場改修を行うことなく、大手量販店の納入時の規格基準に準拠でき、手詰メーカーは工場稼働率の向上といった WIN-WIN の関係が築かれている。

さらに、前述した岩手大学との共同研究は、同グループの担当者が直接大学に話をもち掛けたことで実現したものである。同グループはエクストルーダーの部品が欲しい一方で、大学側はエクストルーダーに食材を投入した際の前後のデータが欲しいため、共同研究は双方にメリットがあるという。

同グループは当初、東北圏の企業は内向きで協業にあまり積極的でないという印象を受けたというが、積極的に周囲との連携を図ることでお互いの事業拡大に成功している。この

ような事例は東北圏の企業連携の参考になるといえるだろう。

c-3 株式会社アジテック・ファインフーズ(東北圏の特色ある取組み)

(会社の概要)

次に取り上げるのは、国産大豆を使った植物性代替肉の製造販売が特徴的な株式会社アジテック・ファインフーズ（岩手県釜石市）である。同社の事業は、大豆ミート（売上約2億円）と発芽玄米（約3億円）の2本柱である。元々は、新日本製鐵株式会社（以下、新日鐵）の釜石製鐵所が、高炉閉鎖後の雇用対策として、1988年ごろから脱脂大豆で植物性ハムを作る等の食品事業を行っていた。2008年に新日鐵の食品事業が業務用調味料メーカーである株式会社アジテックに譲渡され、アジテックは子会社のアジテック・ファインフーズを設立し大豆ミート事業を行うことになった。そのため、新日鐵時代を含めると大豆ミート事業歴は30年以上になる。アジテック・ファインフーズの社員数は現在40名である。

同社の大豆ミートはベジタリアンや健康志向の高い消費者をターゲットとしており、全国の学校給食の卸や、ベジタリアン系レストラン等に販売している。素食³⁹市場のある台湾への輸出については、事業立ち上げ当初より輸出量は減ったものの、固定客向けに継続している。

(強み)

同社は7～8年前から、安価な植物性代替肉を大量生産する大手企業との差別化を図るため、国産大豆を使用した大豆ミート製造を開始した。大手企業には困難な、大豆の産地に関するきめ細かいオーダーに対応できることが当社製品の強みで、他社のプライベートブランドを受託製造している。年間大豆使用量は200t弱で、主に北海道、岩手、青森、福島、新潟などの大豆を調達している。同社は丸大豆を自社で圧搾し、圧搾後の脱脂大豆を原料として使用する。

圧搾工程で抽出された大豆油は、山形の油脂メーカーに引き取ってもらい、飼料として活用されている。同社が食用として大豆油を販売しない理由は、食用油として販売するには油の精製が必要であるが、精製の設備を導入するほどの圧搾量がないこと、輸入品に比べ高価な国産大豆油の買い手は見つからないと感じているためである。

³⁹ 台湾の、肉や魚介類、卵、乳製品を一切使わない野菜のみの食事のこと。

写真 北海道大豆を主原料とする「植物肉のファインミート®」のステーキタイプ



出典 株式会社アジテック・ファインフーズ提供

(販売動向)

昨今大豆ミート市場の動向について、2020年の東京五輪に向けて、一時大豆ミート業界が盛り上がり、スタートアップ企業や大手食品メーカーの参入、プラントベースを売りにする飲食店の出店があった。しかし、結局パンデミックの影響で消費はさほど喚起されず、資金力のないスタートアップ企業や飲食店は消えてしまい、参入企業数は減少した。そして、体力がある大手メーカーは現在も事業を続けている状況と同社はみている。

2023年4月に国内の行動制限が解除され、大豆ミートの引き合いは増えているが、その消費層は、日本人ではなく、どちらかというインバウンド需要の方が大きいとのことだった。

また、製品の品質については、大豆ミートは昔から販売されている製品ではあるが、調味技術の向上により品質が改善されていると感じている。こうした動向から同社も今後の需要拡大を期待して、2018年に大豆ミート専用の新工場を稼働し、2021年にはエクストルーダーを新たに導入した。しかし、競争が増えている状況を受けて、当面これ以上は生産能力を拡大しない方針である。

(課題)

台湾以外への大豆ミートの輸出拡大の計画については、一般的に海外における大豆ミート需要に関する情報がないため特に動いていない。日本貿易振興機構（JETRO）から展示会の案内をもらうことがあるが、展示会参加のノウハウや対応できる人材がないことから参加のハードルは高い。輸出に関する情報提供や、展示会参加に必要な準備等への支援があれば、輸出も検討したいと考えている。

事業展開するうえでの全体的な課題については、東北圏の企業と連携する機会を増やすことと同社はみている。北海道の大豆卸である株式会社藤井（北海道旭川市）との協力体制はすでに構築している。藤井は大豆ミートの原料の一つである大豆粉の製造や大豆の配送を担当し、アジテック・ファインフーズは藤井のプライベートブランドの大豆ミートを受託

製造するというものである。そのほかにも、宮城県登米市の米農家からパックごはんの製造を受託している。

しかし、アジテック・ファインフーズには農業分野の企業や農家とのネットワークがなく、自ら声がけて他企業と連携し、事業の幅を拡大できていない状況にある。これは農業分野に限らない。東北圏には今後成長が期待できる事業を展開する企業は数多いが、各社個々で活動しており、横のつながりが少ないことは課題と感じているという。したがって、異業種間交流のような取組みを東北圏内で定期的に行い、企業のネットワークづくりやマッチングを促進することは、新たな食ビジネス創出の契機になるといえるだろう。

c-4 亀田製菓株式会社(東北圏の特色ある取組み)

(会社の概要)

大手食品企業が植物性代替肉に参入する事例として、新潟県の亀田製菓株式会社(新潟市)に着目し、参入目的や今後の目標についてヒアリングを実施した。

同社の事業の主力は国内米菓事業であり、国内米菓市場の38.6%を占める⁴⁰。また、諸外国で米菓やライスクラッカー等を販売する海外事業や、低たんぱく質米飯や長期保存食、米粉パンなどを扱う食品事業も展開している。

中期経営計画(2018~20年度)の策定にあたって新規事業参入を検討した際、冷凍食品市場には大手企業が数多く参入しているが、植物性代替肉市場は競合が少ないことに注目した。そこで、同社はM&Aを通じて新規事業の拡大に取り組んでいる。2012年から大豆ミートを製造・販売していた株式会社マイセンファインフード(福井県鯖江市)を2019年に買収し⁴¹、2021年には、植物性代替肉を製造販売するグリーンカルチャー株式会社(東京都千代田区)と資本・業務提携を締結した⁴²。

(強み)

同社のグループ会社であるマイセンファインフードは植物性代替肉としては珍しい、ひき肉状でなく筋繊維の構造を再現した鶏肉製品の開発に成功し、日本初となる植物性100%のサラダチキン「植物生まれのグリーンチキン」を2023年10月から全国展開している。当面は10億円の売上を目指すが、生産能力は、国内植物性代替肉市場の市場規模(同社の推定する規模として270億円)を同社製品ですべて置き換えることが可能であり、輸出も視野に入れている。ヒアリングを実施した2023年10月5日時点では、イオングループで

⁴⁰ 亀田製菓グループ「統合報告書2023」

⁴¹ 株式会社マイセン ウェブサイト (<https://www.maisen.co.jp/corporate/history.html>、2024年2月24日アクセス)

⁴² PR TIMES 2021年7月1日付

(<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000017.000038334.html>、2024年2月24日アクセス)

グリーンチキンの取扱いが決まり、さらに取り扱い先を増やすため、他の小売業者とも商談中という状況であった。また、2024年3月期第2四半期決算説明会資料によると、同社はBtoB向けの販路開拓にも取り組んでいる⁴³。希望小売価格は、ブロックタイプで350円(318円/100g)、バータイプで250円(416円/100g)と、平均的な鶏むね肉の価格(82円/100g⁴⁴)より高めの価格設定としている。

写真 植物生まれのグリーンチキン



出典 亀田製菓株式会社 2023年9月20日付ニュースリリース

(注)左2つがブロックタイプ、右2つがバータイプ。

c-5 株式会社雪国まいたけ(東北圏の特色ある取組み)

(会社の概要)

一般的には大豆が植物性代替肉の原料として用いられるが、キノコを利用した代替肉の製造に取り組む株式会社雪国まいたけ(新潟県南魚沼市)の事例を紹介する。同社は1983年に設立され、茸事業がメインである。同社はマイタケの人工栽培を40年行うほか、エリンギやシメジも生産している。同社は世界的な代替タンパク質需要の高まりを踏まえ、2021年11月にキノコを用いた代替タンパクの開発を成長戦略に盛り込み⁴⁵、2023年6月に代替肉を開発したことを公表した⁴⁶。

⁴³ 亀田製菓グループ「2024年3月期 第2四半期 決算説明会資料」

⁴⁴ 独立行政法人農畜産業振興機構の公表する鶏むね肉の全国の小売価格(通常価格)のうち、2018年度~2022年度の平均価格(税抜き)を記載。

⁴⁵ 株式会社雪国まいたけ「雪国まいたけグループの事業概要と成長戦略」

⁴⁶ 株式会社雪国まいたけ 2023年6月20日付 ニュースリリース「新規事業(代替肉)の開発に関するお知らせ」(<https://ssl4.eir-parts.net/doc/1375/tdnet/2300682/00.pdf>、2024年3月6日アクセス)

(製品の特徴)

キノコ由来の代替肉をマイコプロテイン⁴⁷と呼び、英国 Quorn Foods 社のように菌糸を培養して成型するアプローチが一般的であるが、同社は、一度生産したキノコから加工・製造する方法を開発した。キノコを生産するまでの工程は従来と同じであることから、安定した供給量・品質が見込めると考えられる。2023年6月21日付日本経済新聞によると、同社の開発した代替肉は、「豚肉などと比べて低カロリーかつ低脂質」であり、「ハンバーグやミートボールなど、幅広い料理に利用できる」としている⁴⁸。

(強み)

同社はキノコの生産に長年取り組み、安定的な生産方法を確立している。既存事業のノウハウを新たな代替肉事業でも用いることで、ノウハウの少ないスタートアップ企業と比べて品質の高い代替肉を製造できると考えられる。

(今後の展望)

同社は 2024 年度内に製品を発売し、今後種類を増やす予定である。販売促進について、食肉の代替品として売り出すのではなく、キノコを原料に使用していることを意識させるような方法が良いかもしれないとのことであった。国内ではキノコ等の真菌由来代替肉は本格的には上市されていないことから、同社のキノコ由来代替肉の販売動向が注目される。

⁴⁷ キノコなどの真菌類の菌糸体を培養し、乾燥させると肉の筋繊維のような食感となるが、これを代替肉などの原料として使用したものをマイコプロテインと呼ぶ。菌糸体をそのまま原料として使える点や、生育スピードが速く、生産を開始して数日後に収穫することができる点がメリットである。消化性とアミノ酸バランスが良く、食物繊維も含まれる。マイコプロテインは牛肉と比べて環境負荷の低い食品とされており、例えば Quorn Foods 社(英国)の製品「Quorn Mince」は牛肉と比較して、土地使用量が 94%、二酸化炭素排出量が 95%少ない。Quorn Foods 社は 1985 年に英国でマイコプロテインの販売を開始し、2000 年代初頭には米国へ進出した。そのため、欧米においてマイコプロテインは比較的食経験のある食品といえる。2010 年に Quorn Foods 社の特許が切れたことで、マイコプロテイン市場に参入する海外のスタートアップ企業は増えている。

⁴⁸ 日本経済新聞 2023 年 6 月 21 日付「雪国まいたけ、キノコ主原料に代替肉開発 年度内に製品化」

写真 株式会社雪国まいたけが開発した代替肉素材



出典 株式会社雪国まいたけ 2023年6月20日付 IR ニュース

d 調査結果と今後の見通し

植物性代替肉については、日本においては脱脂大豆を活用し、1960年代から製造・販売されていた。近年、植物性代替肉の製造における新たな加工方法や調味方法の開発が進み、植物性代替肉はフードテックの主要分野として取り上げられるようになってきている。

様々な食品産業関連業者が参入しており、植物性代替肉市場は新型コロナウイルスの流行で一度トーンダウンしたが、コロナ禍が明けて主に業務用の引き合いが強まりつつある。また、菌糸を利用した代替肉（マイコプロテイン）については、欧米で Quorn 製品が長年食されているなかで海外のスタートアップ企業数が増加している。日本でもキノコを使用した代替肉の開発を行う企業が現れている。キノコや菌糸由来の代替肉の市場が日本にも生まれるか、今後の展開が注目される。

今回実施したヒアリングから、植物性代替肉の課題である肉の風味や食感の再現について、調味技術などの向上により、以前より肉に似た製品が製造されていることがうかがえた。しかし、日本には植物性タンパク質の食文化が以前から根付いており、食の選択肢が多いことから、植物性代替肉はおいしくないと感じると消費者の手に取ってもらえないと考えられる。引き続き、技術開発を通じたおいしさの更なる向上が望まれる。不二製油の事例でみられたように、既存事業で培われた技術や知見の植物性代替肉の開発への活用は、おいしさの向上や他社との差別化を図る一つの方法になるだろう。またネクストミーツ・Dr.Foods・マーマフーズのように、東北圏内の大学と企業が連携し、風味や食感の改良、栄養面での改善や付加価値付与などの研究を行うことは、企業の商品開発および大学の研究の促進に有効とみられる。

植物性代替肉の販売で有望なのは、現時点では家庭調理用よりも業務用、とりわけインバウンド需要とみられる。日本でもスーパーで大豆ミートを見かけるようになってきたもの

の、多くの消費者は植物性代替肉の喫食経験がまだ少なく、家庭での調理用に小売店で手に取ることにハードルが高い点や、環境への関心が欧米諸国よりも低い傾向にある点が、販売先が業務用とされる理由である。ただし、飲食店等での食経験を通じた嗜好性の向上や調理方法に関する知識の習得により、家庭調理用の需要が高まることも考えられるため、今後の植物性代替肉の消費シーンに変化がみられるか、今後注視する必要がある。

インバウンド需要の拡大は、海外からの旅行者数が今後も回復すれば引き続き期待できるとみられる。自然の美しさなど既存の観光資源で観光客を呼び込みつつ、食品分野においても東北圏内で製造から販売を行うサプライチェーンを作ること、東北圏経済全体の活性化につながる。さらに、東北圏は北海道に次ぐ大豆の主産地であることから、地元の大豆を原料として用いることも可能である。

留意したいのは、脱脂大豆の生産工程からの副産物である大豆油の使い道である。大豆油の量が少ないと食用に精製するコストが非常に高くなり、食用として販売することは現実的ではない。大豆ミートを生産する複数の企業が国産大豆油を1カ所に集め、共同で精製するといった工夫が必要とみられる。

輸出の可能性については、東北圏ならではの丁寧なモノづくりの技術を生かし、海外での市場拡大も狙えると考えられる。しかし、輸出先の候補選定や海外への営業ノウハウを持つ中小企業は少なく、製品の質は良いにも関わらず、輸出の機会を失っている可能性がある。東北圏でも輸出を進めていくためには、専門知識を持つ外部機関による支援が必要である。

また、東北圏内の企業間で業務受委託等を結ぶことで、双方の経営上の課題を同時に解決できる可能性があることが Dr.Foods へのヒアリングから示唆された。ほかの企業からは、近隣の企業と連携したいものの、つてがなく連携先を探せていないという意見もあり、企業間の協業や受委託のニーズは潜在的にあるとみられる。今回の聞き取りの中では、東北圏の企業は協業が得意ではないという意見が多かった。そのため、仲介者の役割を果たす組織や仕組みを作り、各社の得意分野を生かして新たな食ビジネスを複数企業で展開することが東北圏経済の活性化に有効と考える。

e 参考文献

- 中野康行（2021）「粒状大豆たん白と大豆ミート」日本調理科学会誌 Vol.54, No.6, 259～265
- 食 watching 「植物性をチョイスする（2）」
(<https://www.fcaj.or.jp/foodwatching/2022/05/12/syokubutusei-2/>、2024年2月16日アクセス)
- 柳澤勝（2021）「新たな豆由来たん白ーベジフードやたんぱく強化食品への利用ー」、月刊フードケミカル、2021-5
- UNEP（2023）“What’s cooking？”
- Beyond Meat “ESG REPORT 2022”

- John H. Kellogg, U.S. Patent 869,371, Patented Oct. 29, 1907.
- 五十部誠一郎 (2023) 「実需者ニーズに対応した食品加工技術の開発と実用化」、日本食品工学会誌、Vol. 24、No. 1
- 川崎洋一 (1986) 「二軸エクストルーダーと大豆蛋白食品 (アペックス)」、冷凍食品技術研究、No.4
- 萩原大祐 (2023) 「マイコプロテインの現在地と展望」食品と開発 Vol.58 No.7、2023年7月
- Quorn Foods 社 ウェブサイト (<https://www.quorn.co.uk/>、2024年3月5日アクセス)
- 尼子克己 (2021) 「代替肉ってなんだ？—現状・基盤技術と展望—」仁愛大学研究紀要 人間生活学部篇、第13号
- 日本食品工学会誌 Vol. 24, No. 1 「実需者ニーズに対応した食品加工技術の開発と実用化」
- Beyond Meat 社 ウェブサイト (<https://www.beyondmeat.com/en-US/about/our-ingredients/>、2024年2月6日アクセス)
- 遠藤真弘 (2020) 「代替肉の開発と今後の展開—植物肉と培養肉を中心に—」、国立国会図書館 調査と情報—ISSUE BRIEF—No.1113、2020年9月15日
- 吉田隆夫 (2023) 「肉代替製品で成功するには—」食品と開発、Vol.58 No.10、2023年10月
- Good Food Institute “Europe plant-based food retail market insights 2020-2022”
- 株式会社矢野経済研究所 「2022年版 代替タンパク質〈代替肉 (植物由来肉・培養肉)・昆虫食〉の将来展望～フードテックで実現する持続可能な食の未来～」
- Good Food Institute “Europe plant-based food retail market insights 2020-2022”
- UBS ウェブサイト (<https://www.ubs.com/global/en/investment-bank/in-focus/2022/future-of-food.html>、2024年3月5日アクセス)
- 2023年12月8日日経MJ 「大豆ミート販売24%減、1～10月、割高感響く、味も課題、メーカー改良急ぐ」
- 不二製油グループ本社株式会社 「不二製油グループ統合報告書2023」
- 不二製油株式会社ウェブサイト
(<https://www.fujioil.co.jp/research/innovationstory/ptm/index.html>、
<https://www.fujioil.co.jp/soymeat/articles202102/>、2024年2月6日アクセス)
- 一般社団法人 Plant based lifestyle lab ウェブサイト (<https://pbl-lab.net/>、2024年2月6日アクセス)
- 亀田製菓グループ 「統合報告書2023」
- 株式会社マイセンウェブサイト (<https://www.maisen.co.jp/corporate/history.html>、2024年2月24日アクセス)

- PR TIMES 2021年7月1日付
(<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000017.000038334.html>、2024年2月24日アクセス)
- 亀田製菓グループ「2024年3月期 第2四半期 決算説明会資料」
- 株式会社マイセンウェブサイト (<https://www.maisen.co.jp/corporate/history.html>、2024年3月5日アクセス)
- 株式会社雪国まいたけ「雪国まいたけグループの事業概要と成長戦略」
- 株式会社雪国まいたけ 2023年6月20日付 ニュースリリース「新規事業(代替肉)の開発に関するお知らせ」(<https://ssl4.eir-parts.net/doc/1375/tdnet/2300682/00.pdf>、2024年3月6日アクセス)
- 日本経済新聞 2023年6月21日付「雪国まいたけ、キノコ主原料に代替肉開発 年度内に製品化」
- 株式会社三井物産戦略研究所「2023年に注目すべき技術(1) 菌糸体ー多岐にわたるアプリケーションー」

2-1-2 培養肉・培養魚肉

(要約)

培養肉・培養魚肉とは、動物から採取した細胞をタンクで培養し、食肉や魚肉の形に成形したものである。温室効果ガス（GHG）排出量の削減効果については明確な評価が難しいものの、家畜の飼養と比較して水・土地使用量の削減が可能とされる。一方、課題としては生産コスト削減や、種細胞の入手、おいしさ・食肉らしさの向上がある。これまで食経験のない新規食品であるため、安全性評価や販売時の表示等に関するルールの整備も必要となる。

a 特徴

培養肉・培養魚肉は、細胞培養の技術を活用した食品である。今後増え続けるタンパク質需要に対応するための新たな食料生産方法として開発が進んでいる。

培養肉・培養魚肉の製造は、以下のとおりである。まず、培養液（栄養素を含んだ液体）の中で、動物から採取した細胞を増殖、分化させる。つぎに、培養液から細胞を回収する。そして、植物性タンパク質などと混合して食肉や魚肉の形に成形する⁴⁹。

細胞培養に用いる培養液は、糖、アミノ酸、塩類、ビタミンなどの栄養素を含んだ基礎培地と、成長因子等を含む血清成分やその他の添加剤から構成される⁵⁰。現状、血清成分として牛胎児血清（FBS）を用いることが一般的である。しかし、FBSは500 mL当たり4万円～10万円程度⁵¹と非常に高価で、培養肉の生産コストの8割を占めるとされる⁵²。また、FBSは日本では食品添加物として認可されておらず、FBSを培養に用いた製品の販売に制約が生じる可能性がある⁵³。したがって、血清成分の食品による代替や無血清培地の開発が進められている。

培養液のなかで増殖させる細胞の採取方法としては、生体や屠畜直後の家畜から種細胞を採取し、培養する初代培養と、細胞株（冷凍保管でき、繰り返しの複製が可能）を培養に

⁴⁹ FAO “CELL-BASED FOOD: ITS SAFETY AND ITS FUTURE ROLE” (2022年9月7日)

⁵⁰ 特定非営利活動法人日本細胞農業協会 ウェブサイト (<https://cellagri.org/pathway-into-cell/issues/%E5%9F%B9%E5%9C%B0%E3%83%BB%E6%88%90%E9%95%B7%E5%9B%A0%E5%AD%90%E3%81%AE%E9%96%8B%E7%99%BA>、2024年2月24日アクセス)

⁵¹ 2024年1月に複数企業のウェブサイトで公表されていた小売価格を記載。

⁵² Clean Technica “Mosa Meat: From €250,000 To €9 Burger Patties” (<https://cleantechnica.com/2019/09/12/mosa-meat-from-e250000-to-e9-burger-patties/>、2024年2月24日アクセス)

⁵³ 多摩大学ルール形成戦略研究所 ウェブサイト (https://crs-japan.org/news/cellag_news23/、2024年2月24日アクセス)

用いる方法がある^{54, 55}。海外では、細胞株を使用する方法を採用する企業が多いとみられる⁵⁶。

培養肉・培養魚肉は、ミンチ状の製品と、筋繊維や脂肪組織の構造を再現した製品の2種類におおまかに分けられる。後者は前者よりも難易度が高く、組織構造を再現するために鋳型による培養や3Dプリンタ技術を利用した方法が研究されている。食肉はタンパク質だけでなく、脂質、ミネラルなどさまざまな要素で構成されることから、複数の要素をいかに再現するかが培養肉・培養魚肉のおいしさ向上のポイントとなる。組織構造を再現する技術力が高まれば、細胞培養や成形の過程で、タンパク質や脂質などの種類や組成を自由に調節できるようになり、これまでにない味や栄養機能を持つ培養肉・培養魚肉の開発が期待できる。

量産化に向けてバイオリクター⁵⁷というタンクで細胞を培養する場合、タンク内の培地を攪拌すると細胞がタンク壁面に付着し、収量が落ちる課題が指摘されている。小さいビーズ状のものを足場として培地に投入し、そこに細胞を接着させて液体中で攪拌培養するマイクロキャリア法などが研究されている⁵⁵。

培養肉・培養魚肉は、水や土地の使用量削減といった環境負荷低減の面で注目されている⁵⁸。しかし、GHG排出量の削減については議論が分かれており、明確に評価できない。現時点では培養肉・培養魚肉の環境負荷を分析した研究報告数が少なく、研究によって生産工程や生産規模等の前提条件が異なることもあり、更なる研究が必要である⁵⁸。なお、培養肉・培養魚肉を生産する際に電力が必須であることから、メリットとして環境への配慮やGHG排出量削減を盛り込むには、火力発電由来のエネルギーよりも再生可能エネルギーの使用が望ましい。

培養肉・培養魚肉のその他の利点としては、伝染病発生による食肉・魚肉由来タンパク質の供給量の変動リスク軽減、抗菌剤耐性菌の問題解決、環境問題や動物愛護などの観点から植物性食品を好んで摂取する消費者層の食の選択肢が拡大する可能性などが挙げられる。

b 研究開発および市場の動向

細胞を培養して食肉にするという考えは、20世紀初頭にイギリス元首相の Winston

⁵⁴ 特定非営利活動法人 日本細胞農業協会 ウェブサイト (<https://cellagri.org/pathway-into-cell/issues/%E7%B4%B0%E8%83%9E%E9%81%B8%E3%81%B3%E3%81%AE%E9%96%8B%E5%A7%8B>、2024年2月24日アクセス)

⁵⁵ 岡田 (2023)「細胞性食品としての培養ステーキ肉実現に向けて」オレオサイエンス第23巻第6号

⁵⁶ FAO “CELL-BASED FOOD: ITS SAFETY AND ITS FUTURE ROLE” (2022年9月7日)

⁵⁷ 日本酒や酢、異性化糖など様々な食品の製造に用いられる装置。

⁵⁸ UNEP “What’s cooking?” (2023年12月8日)

Churchill氏が初めて提案したとされている⁵⁹。2000年代にNASAやオランダ政府などが培養肉研究に資金提供する動きが見られた^{60, 61}。2013年に培養肉製造企業Mosa Meat社（オランダ）の設立者であるMark Post氏が培養肉のパテを作成し、試食会の様子がテレビ放映されたことで世間の培養肉への関心が高まった。ただし、当時の価格は1個当たり25万ユーロと非常に高額であった⁶²。

このMosa Meat社の研究開発の報道をきっかけに、スタートアップ企業を中心に米国、欧州、イスラエル、シンガポールなどで研究開発が急速に進んだ。培養肉・培養魚肉製造の研究開発に取り組む企業数の増加に加え、培養肉・培養魚肉製造に必要な資材提供に特化した企業が設立されるなど事業分野の細分化がみられる⁶³。また、食品大手企業も出資やスタートアップ企業との提携といった動きがある⁶⁴。シンガポールやイスラエル、英国などは資金提供や研究施設の設立などにより国が培養肉・培養魚肉製造の研究開発を推進している^{65, 66, 67}が、イタリアでは培養肉・培養魚肉の製造・販売を禁止する法案が承認される⁶⁸など、各国の推進方策は異なる。日本でも産官学連携の研究開発が増えているが、上市の段階には至っていない。

2024年1月現在、世界では培養鶏肉（ミンチ状および鶏むね肉の形状）のみが販売されており、ステーキ状の培養肉は販売されていない。なお、イスラエルのスタートアップ企業

⁵⁹ National Churchill Museum ウェブサイト (<https://www.nationalchurchillmuseum.org/fifty-years-hence.html>、2024年2月24日アクセス)

⁶⁰ M.A Benjaminson et al. “In vitro edible muscle protein production system (MPPS): stage 1”, fish, Acta Astronautica Volume 51, Issue 12, December 2002, Pages 879-889

⁶¹ Neil Stephens et al. “Bringing cultured meat to market: Technical, socio-political, and regulatory challenges in cellular agriculture” Trends in Food Science & Technology 78 (2018) 155-166

⁶² Mosa Meat社 ウェブサイト (<https://mosameat.com/the-mission#:~:text=In%202013%2C%20they%20unveiled%20the,us%20%E2%80%93%20the%20press%20loved%20it.>、2024年2月24日アクセス)

⁶³ THE KINDEARTH. TECH MAPS ウェブサイト (<https://newprotein.org/>、2024年2月24日アクセス)

⁶⁴ GFI “2022 State of the Industry Report: Fermentation”

⁶⁵ 株式会社三井物産戦略研究所「シンガポール、細胞農業食品生産・販売の拠点形成へー食料安全保障上の課題解決へ向けてー」（2022年12月）

⁶⁶ GFI Israel “Israel- State of Alternative Proteins”（2023年2月）

⁶⁷ GFI Europe ウェブサイト (<https://gfieurope.org/blog/12-million-cultivated-meat-investment-a-seismic-move-for-uk/>、2024年2月24日アクセス)

⁶⁸ 独立行政法人農畜産業振興機構 2023年11月29日付『海外情報「伊下院、「培養肉」などの細胞性食品の製造・販売禁止法案を承認（EU）」』、(https://www.alic.go.jp/chosac/joho01_003645.html、2024年2月24日アクセス)

Aleph Farms は、同社の培養牛肉ステーキ「Aleph Cuts」がイスラエル保健省の承認を 2023 年 12 月に受けたと 2024 年 1 月に発表した⁶⁹。このことから、ステーキ状の培養肉も今後販売される目途が立ったといえる。培養肉の販売実績があるのは、シンガポールと米国であるが、依然としてコストは高く、食肉と同水準まで価格を下げるには更なる生産コスト削減が必要と考えられる⁷⁰。

両国で既に培養肉が販売できている理由に、培養肉・培養魚肉の安全性評価や販売に関するルールが整っており、販売までのフローが明確であることが挙げられる。一方、日本においては、これらのルールがまだ整備されておらず、一般社団法人細胞農業研究機構や関連省庁といった関係者を中心に、規制に関する議論が行われている段階である。

c 事例と研究開発動向調査

c-1 インテグリカルチャー株式会社(全国的事例)

(会社の概要)

培養肉分野のスタートアップ企業数は国内において 10 社未満とみられる（第 2-1-4 図表）⁷¹。研究開発の動向や企業が抱える課題を把握するため、インテグリカルチャー株式会社に取材した。代表取締役羽生氏と取締役川島氏は培養肉事業の構想で意気投合したことをきっかけに、2013 年に活動を開始し、2015 年に会社を設立した。同社の事業内容は、細胞培養システムの研究開発、細胞培養フォアグラの開発、同システムによって得られる有用成分を使用した化粧品の製造販売などである。

⁶⁹ Aleph Farms ウェブサイト (<https://aleph-farms.com/journals/aleph-farms-granted-worlds-first-regulatory-approval-for-cultivated-beef/>、2024 年 2 月 24 日アクセス)

⁷⁰ npr ウェブサイト (<https://www.npr.org/local/305/2023/08/03/1191810646/we-tried-that-lab-grown-chicken-at-one-of-jose-andres-d-c-restaurants>、2024 年 3 月 15 日アクセス)

⁷¹ 特定非営利活動法人日本細胞農業協会 ウェブサイト (https://cellagri.org/articles/2023-08-22-10-12_%E7%B4%B0%E8%83%9E%E6%80%A7%E9%A3%9F%E5%93%81%EF%BC%88%E5%9F%B9%E9%A4%8A%E8%82%89%EF%BC%89%E3%81%AE%E4%BC%81%E6%A5%AD、2024 年 2 月 24 日アクセス)

第2-1-4図表 国内の培養肉関連スタートアップ企業

企業名	設立年月日	本社	事業概要
インテグリカルチャー 株式会社	2015年 10月23日	神奈川県 藤沢市	汎用大規模細胞培養システム "CulNet System™"を用いた有用成分、化粧品、食品、細胞培養肉の研究開発
NUProtein 株式会社	2016年 8月	徳島県 徳島市	細胞増殖因子・成長因子・膜タンパク質の受託合成、無細胞タンパク質合成試薬キットの製造販売
ダイバースファーム 株式会社	2020年 9月1日	大阪府 大阪市	培養肉の開発、製造
株式会社 オルガノイドファーム (注：日揮株式会社の子会社)	2021年 11月29日	神奈川県 藤沢市	オルガノイド培養技術を用いた食品、化粧品などの研究開発及び製造・販売
株式会社 Hyperion FoodTech	2023年 4月	奈良県 奈良市	再生医療・遺伝子治療技術で培われたバイオテクノロジーを応用した新食材の製造・生産に関する研究および開発、受託研究および開発、知的財産のライセンス許諾

資料 特定非営利活動法人日本細胞農業協会 ウェブサイト、
各社ウェブサイトより作成

(研究開発および販売の動向)

同社の主要事業は細胞培養システムの研究開発である。同社は、培養肉・培養魚肉生産の生産コストが高い要因である FBS や成長因子を培地に添加せずに、動物体内の細胞間相互作用を模倣した環境をつくる培養装置であり、低コストで細胞培養できる「カルネットシステム (CulNet System)」をラボスケールで完成させ、2017 年に特許を取得した。現在は未上市だが、同システムの販売に向けて 2027~28 年にデモ工場を完成させる予定だという。

また、同社はオールジャパンで培養肉・培養魚肉事業に取り組みたいという思いから、「CulNet コンソーシアム」を発足させ、培養肉・培養魚肉の上市に必要な研究開発をさまざまな分野の企業と協力して進めている (第2-1-5図表、第2-1-6図表)。研究対象は食用可能な培地や抗生物質代替品の開発、低コストのバイオリクター、細胞培養の効率性向上など多岐にわたり、2023 年 12 月 18 日現在で 14 社が同コンソーシアムに参加している⁷²。

同社は細胞培養フォアグラも開発中で、上市までのスピードを上げるために、アジャイルの生産技術開発体制を整えて進めている。国内販売するには安全性評価や販売等に関するルールを明確にする必要があるため、同社は厚生労働省、農林水産省、経済産業省と培養肉の製造と販売に関する協議を行っている。どの省も丁寧な対応で、日本の培養肉・培養魚肉の上市に向けた準備は決して遅れていないと感じている。細胞培養フォアグラの強みは、国内生産者がおらず既存産業と競合しないこと、高価格帯で販売できることである。フォアグラ生産は倫理的な観点からも、今後代替品の需要が高まるとみている。

同社はカルネットシステムでの細胞培養で培われた技術で生産された有用成分を使用した化粧品も開発し、2022 年から販売している。売れ行きは良く、化粧品の販売で主要事業の運転資金をまかなえるようになったことにより、経営安定化の一助となっている。

⁷² インテグリカルチャー株式会社 2023 年 12 月 18 日付 ニュースリリース
(<https://integriculture.com/news/13087/>、2024 年 2 月 24 日アクセス)

写真 細胞培養フォアグラ



出典 インテグリカルチャー株式会社 2019年8月29日付ニュースリリース

第2-1-5図表 CulNet コンソーシアムのスキーム



出典 インテグリカルチャー株式会社ウェブサイト

第2-1-6図表 CulNet コンソーシアムの参加企業(2023年12月18日時点)

企業名	設立年月日	本社	事業概要
インテグリカルチャー株式会社	2015年 10月23日	神奈川県 藤沢市	汎用大規模細胞培養システム "CulNet System™"を用いた有用成分、化粧品、食品、細胞培養肉の研究開発
A Laboratories 合同会社	2023年7月20日	神奈川県 藤沢市	コンピュータの操作指導等に関する事業、各種商品の企画、製造、販売および輸出入
旭化成株式会社	1931年5月21日	東京都 千代田区	化成品、医薬品、医療機器、建材等の製造販売、建築請負、分譲事業、住宅周辺事業等
ダイダン株式会社	1933年10月10日	大阪市西区	電気工事、空調工事、水道衛生工事、消防施設工事 および機械器具設置工事の設計、監理、施工
大和製罐株式会社	1939年 5月20日	東京都 千代田区	各種缶詰用空缶（ビール・ジュース・コーヒー・炭酸などの各種飲料、魚介、果物等）の製造販売、化粧品・食品用プラスチック容器及び金属容器・キャップ類などの各種容器の製造販売、容器製造システム及びプラントの研究・開発・設計
株式会社荏原製作所	1920年 5月	東京都 大田区	ポンプ、冷熱機械、送風機、コンプレッサ・タービン、都市ごみ焼却プラント、産業廃棄物焼却プラント、真空ポンプ、CMP装置、排ガス処理装置、めっき装置の製造販売
株式会社浜野製作所	1978年 4月	東京都 墨田区	各種装置・機械の設計開発、架台・筐体設計・製作、精密板金加工・レーザー加工、金属プレス金型設計・製作、金属プレス加工 切削加工・機械加工、複合加工、各種アッセンブリ加工、ラピッドマニファクチャリング(3Dプリンター・レーザーカッター・CNC加工・UVプリント・3Dスキャン・3Dデータ作成)
日本たばこ産業株式会社	1985年 4月1日	東京都 港区	たばこ、医薬品、加工食品の製造販売
三栄源工フ・工フ・アイ株式会社	1911年	大阪府 豊中市	食品・食品添加物・食品原料・工業製品の製造及び販売
住友理工株式会社	1929年 12月	愛知県 名古屋市	自動車用品（防振ゴム、ホース、制遮音品・内装品、燃料電池（FC）部材、ゴムシール材）および一般産業用品（精密樹脂ブレード・ロール、鉄道車両用・住宅用・橋梁用防振ゴム、高圧ホース・搬送用ホース）の製造販売

大陽日酸株式会社	2020年2月4日（創業は1910年）	東京都品川区	産業ガスの供給、エレクトロニクス、プラント・エンジニアリング、医療用ガスや在宅医療機器の供給
その他3社			-

資料 インテグリカルチャー株式会社 2023年12月18日付ニュースリリース、各社ウェブサイトより作成

（課題）

会社設立当初の課題は、研究設備や実験に使う試薬が高額であるため、研究開発を行う環境整備に苦労したことであった。また、同社は行政や関連団体によるスタートアップ企業を支援する枠組みを当時把握しておらず、支援策を活用できなかった。そこで同社は、知人等から不要となった器具や試薬を貰い受けて研究環境を整えてきた。

事業を展開するうえでもさまざまな課題がある。1つ目は資金調達だ。同社には開発資金を充足するための金額を調達できなかった時期があり、そのために半年ほど研究開発活動が停滞した。企業活動の停滞期間は半年で、その間に開発内容を再検討した結果、2年ほどの事業展開の遅れに留めたと川島取締役は考えている。さらに、海外と国内では投資の規模が全く違い、一度大きな資金調達に成功した海外他社の研究開発に追い付くのは難しいという危機感を持っていた。現在は、国からのスタートアップ支援や新たな投資を得ることができ、当初予定していた遅れを取り戻すための体制整備を進めている。

2つ目は、種細胞の確保だ。同社は国内の鴨生産者に声をかけて、種細胞の素となる動物個体の提供を依頼している。しかし、依頼に応じ、種細胞の提供に応じてくれる生産者は、まだまだ非常に少ない。東北圏は畜産業が盛んであることから、種細胞の入手という点で東北圏にインテグリカルチャーと共にビジネスを広げたい生産者がいる可能性を感じるというコメントがあった。

3つ目は、人材確保だ。同社は研究開発拠点を都内から神奈川県藤沢市へ移したが、都内から1時間ほどの移動距離にすぎない当地でさえ、首都圏並みの人材は確保しにくい。したがって、域内に高等専門学校があるなど、人材を確保しやすい地域は拠点として魅力的に映る。

4つ目の課題は、消費者の受容性を高めるため、培養肉・培養魚肉に対する「わからない」をいかに解消するかが重要であると川島取締役は考えている。特に、培養肉・培養魚肉がどのような仕組みで作られているのか？誰が作っているのか？安全なのか？など様々な疑問に答えるための情報をきちんと公開していく方針であるというコメントがあった。また、地域性や自然を活かす培養肉・培養魚肉の生産を実現する技術を創出することで、地方から多くの生産者が生まれるような工夫が必要と川島取締役は考えている。

最後に、これらの課題解決に向けては、地方自治体がフードテック企業に対して税金や土

地等の取得について優遇措置を設けることで、資金繰りの改善やフードテック産業の成長促進につながるとみている。地方自治体がバックアップすることで、フードテック企業に関する社会的信用が高まると期待できるからだ。

さらに、資金調達の円滑化には、第三者による培養肉・培養魚肉の市場規模などに関する資料があると良いとの意見も出た。こうした資料は、培養肉・培養魚肉市場の将来見通しを対外的に説明する際に説得力を高めるからである。

c-2 東京大学大学院 情報理工学研究科 竹内教授(全国の事例)

(組織の概要)

以下はこの領域について国内の第一人者である、東京大学大学院情報理工学系研究科の竹内昌治教授へのヒアリング結果である。

竹内教授が率いるバイオハイブリッドシステム研究室は、大学院情報理工学系研究科と大学院総合文化研究科から学生を受け入れている。前者は工学系、後者は理学系であり、それらを専攻した学生が学際的な研究を行っている。

竹内教授は、将来的に培養肉・培養魚肉は食の選択肢の一つになるという考えのもと、2017年から日清食品株式会社と共同で培養ステーキ肉の開発に取り組んでいる。2019年に世界初となる牛肉由来の筋細胞を用いたサイコロステーキ状培養肉(1 cm×0.8 cm×0.7 cm)の作製に成功した。2022年3月には、それまでの医薬品を原料としたものではなく、独自に開発した「食用血清」と「食用血漿ゲル」を原料とした食用可能な培養肉の作製に成功した⁷³。

写真 食用可能な素材のみで作製された培養肉



出典 東京大学大学院情報理工学系研究科知能機械情報学専攻 東京大学生産技術研究所
バイオハイブリッドシステム研究室ウェブサイト(<http://www.hybrid.t.u-tokyo.ac.jp/culturedmeat/>、2024年3月5日アクセス)

⁷³ 日清食品グループ ウェブサイト

(https://www.nissin.com/jp/sustainability/feature/cultured-meat/?_sm_au_=iVV0vnTN40S04808kHKsJKsQFW4c0、2024年2月24日アクセス)

(研究開発および販売の動向)

竹内教授によると、培養肉・培養魚肉研究は現在2つのグループに分かれている。上市までの早さを目指すグループと、品質を本物の肉まで近づけるアプローチをとるグループがあり、海外企業は前者のグループが多い。竹内教授は後者に当てはまる。ミンチ状の培養肉は既に上市されているが、培養ステーキ肉は味や食感の改良といった基礎研究がまだ必要である。

竹内教授と日清食品は現在、培養ステーキ肉のサイズアップやおいしさ向上などに取り組んでいる。日本国内においては、安全性の審査方法や表示に関する規則が整理されなければ培養肉は流通しないが、一部の企業は2025年の大阪万博での披露を目指して研究開発を進めている。スタートアップ企業はビジネスモデルをすでに準備できているため、日本国内のルールが確立されれば、日本の培養肉・培養魚肉産業も、世界最速で培養肉の販売を開始したシンガポールと同じ水準まで成長できると竹内教授は述べた。

(課題)

培養肉・培養魚肉の事業化の課題としては、まず生産コストの大幅な削減が挙げられる。近年は食品由来の原料で培養肉を作れるようになってきたが、今後もコスト削減が課題といえる。

2つ目の課題は、資金調達だ。竹内教授いわく、基礎研究に対する行政、金融機関、研究機関等からの財政支援がまだ足りない。竹内教授は日清食品と今後1~2年は共同研究を行う予定であるが、その後の共同研究の予定は決まっていない。

また、本物の食肉そっくりの培養肉を作るための技術的な壁が多すぎることから、製造技術が確立されるまでは、大企業はこの分野に投資しないのではないかと竹内教授はみている。このように技術的な壁を乗り越えるまでの予算的な措置がないと研究開発の進展は厳しく、海外の研究者や企業に先に特許を取られてしまう懸念がある。竹内教授の感触としては、潤沢な研究資金があれば、3年間を1フェーズ(基礎研究、実証試験)に研究開発を進め、2フェーズ(約6年)で最初の製品は上市できる。

3つ目の課題は、種細胞の入手である。竹内教授によると、畜産業者へのつてがないため、研究に使用するサンプルの確保が難しく、肉の部位や家畜の月齢が細胞培養に及ぼす影響を十分に検討できない。培養肉を開発するダイバースファーム株式会社(大阪市)は名古屋コーチンを生産する株式会社阿部農場と組んでいるが、牛の農家と連携して研究している事例はあまりない。東北圏のような畜産農家が多い地域では、培養に仕向ける細胞を調達しやすい可能性がある。種細胞の入手だけでなく、肉質の評価や部位の評価の仕方を学ぶためにも畜産業と連携したい思いがあるという。

4つ目の課題は、消費者の受容性だ。培養肉・培養魚肉を許容する人の割合は、日本で3~4割、シンガポールで6~7割、香港で約9割と、国民性や地域性の違いによって大きく異なる。シンガポールは食料自給率が低く、シンガポール政府はフードセキュリティの観点から培養肉に注力している。日本の消費者は食の評価基準が高く、新しい技術に慎重な面

もあることから、消費者に対しては迅速かつ丁寧な説明が必要である。

c-3 一正蒲鉾(東北圏の特色ある取組み)

(会社の概要)

一正蒲鉾株式会社(新潟市)は国内で培養魚肉研究に参画している数少ない企業で、参画の背景や今後の方針について取材した。同社は1965年に創業し、水産練製品、惣菜の製造販売およびマイタケの生産販売を行っている。

(研究開発の動向)

同社は2022年8月30日に、インテグリカルチャー株式会社とマルハニチロ株式会社(東京都江東区)の、魚類の筋肉細胞培養技術の確立に関する共同研究への参加を発表した。2023年11月には、最初のマイルストーンを達成したことから、共同研究を継続している⁷⁴。

一正蒲鉾が研究に参画した理由は、昨今の世界的な魚類需要の高まりと海洋資源の減少傾向に伴う主要原料の枯渇、価格高騰などのリスクに対応するためである。

水産練製品は、主にスケトウダラを原料としている。他の魚による原料魚の拡大も進んできたが、同社は、海洋資源の減少に対しては長期的視点での解決策の検討が必要であり、魚肉細胞を培養で増やすことで、水産練製品に適した原料を外部環境に左右されずに調達することを考えている。

原料の必要量が確保できるうちは、培養魚肉はコストが合わないと同社はみているが、将来起こりうるリスクに備えて早めに代替策への投資を行っている。一方で、培養肉・培養魚肉に関する国内の法整備はまだ結論がみえていない。今後の共同研究の動向が注目されるとともに、培養肉・培養魚肉の市場形成に向けた法整備が待たれる。

d 調査結果と今後の見通し

日本国内においては、培養肉・培養魚肉は研究開発の段階にあり、安全性評価の方法や販売時のルールも整備されていないことから、すぐに上市できる状況にない。

また求める商品の外形が、上市のタイミングを左右する。インテグリカルチャーの培養フォアグラは細胞の組織構造に留意する必要がないが、竹内教授と日清食品が取り組む培養ステーキ肉は食肉の構造を再現する必要から製造難易度が高く、ミンチ状の培養肉よりも上市のタイミングは遅くなると推察される。一正蒲鉾は短期での代替を目指すのではなく、長期的な投資として培養魚肉の研究開発をしている。

培養肉・培養魚肉については、主に5つの課題がヒアリングを通じて明らかになった。一つ目は、生産コストの削減である。生産コストは従来の動物性食品と比較すると未だ高く、

⁷⁴ インテグリカルチャー株式会社 2023年11月21日付 ニュースリリース
(<https://integriculture.com/news/13040/>、2024年2月24日アクセス)

コスト削減に向けた研究が今後も必要である。主には、培養液のコスト削減、細胞調達方法の改善、生産設備の大規模化を進める必要がある。したがって、培養肉・培養魚肉は現状ではその価格の高さから食肉・魚肉の代替品にはならず、当面は希少性の高いニッチマーケットという位置付けが世界的に続くと思われる。2つ目は、種細胞の入手である。培養肉・培養魚肉の研究者が東北圏の畜産部門と連携できれば、研究開発における東北圏の存在感が増す可能性がある。しかし、この連携を行うためには、種細胞の制度上の取り扱いや、種細胞の知的財産としての価値を整理したうえで、これらを畜産業界へ周知し、関係者の理解を得ることが不可欠である。3つ目は、資金援助を含む外部支援の拡充である。自治体が「培養肉特区」のようなものを作り、企業に対する税制優遇や、関連企業・研究機関の集積によって企業・研究機関の連携を促進させるといった方法は有効と考えられる。設立したばかりの企業に対しては、企業が共同で使えるラボの提供や、関係機関等による支援メニューの周知が必要とみられる。4つ目は、国内のルール整備である。日本の省庁はルール整備に向けて細胞農業研究機構等の関係団体と共に検討を進めているものの、現時点では安全性評価等に関する省庁の見解は公表されていない。ルールが定まらないと製品の安全性を対外的に示すことが難しく、各社が上市できない状況にあるため、省庁や関係団体によるルール作りがそのタイミングに大きく影響する。5つ目の課題は、消費者の受容性の改善である。製品とルールができて、消費者が受け入れなければ事業として成り立たない。省庁、関係団体、企業、研究機関による消費者への丁寧な説明や、消費者の興味を引くような宣伝が必要になると考えられる。

培養肉・培養魚肉が国内に流通する時期は未定ではあるが、一正蒲鉾のように先を見越したリスクヘッジとして研究に参画している企業もみられる。培養肉・培養魚肉の技術は再生医療や細胞を用いる研究部門などの他分野と被る部分もあり、研究知見の蓄積という点では無駄にはならない。各国の規制整備や海外企業を含めた上市の状況など、国内外の市場動向を引き続き注視していく必要がある。

e 参考文献

- FAO “CELL-BASED FOOD: ITS SAFETY AND ITS FUTURE ROLE” 2022年9月7日
- 特定非営利活動法人日本細胞農業協会ウェブサイト
(https://cellagri.org/articles/2023-08-22-10-12_%E7%B4%B0%E8%83%9E%E6%80%A7%E9%A3%9F%E5%93%81%EF%BC%88%E5%9F%B9%E9%A4%8A%E8%82%89%EF%BC%89%E3%81%AE%E4%BC%81%E6%A5%AD、2024年3月5日アクセス)
- 岡田健成他（2023）「細胞性食品としての培養ステーキ肉実現に向けて」オレオサイエンス、第23巻第6号
- Clean Technica “Mosa Meat: From €250,000 To €9 Burger Patties”

(<https://cleantechnica.com/2019/09/12/mosa-meat-from-e250000-to-e9-burger-patties/>、2024年2月24日アクセス)

- 多摩大学ルール形成戦略研究所 ウェブサイト (https://crs-japan.org/news/cellag_news23/、2024年3月5日アクセス)
- National Churchill Museum ウェブサイト
(<https://www.nationalchurchillmuseum.org/fifty-years-hence.html>、2024年3月5日アクセス)
- M.A Benjaminson et al. “In vitro edible muscle protein production system (MPPS): stage 1, fish” Acta Astronautica Volume 51, Issue 12, December 2002, Pages 879-889
- Neil Stephens et al. “Bringing cultured meat to market: Technical, socio-political, and regulatory challenges in cellular agriculture” Trends in Food Science & Technology 78 (2018) 155-166
- Mosa Meat ウェブサイト (<https://mosameat.com/the-mission#:~:text=In%202013%2C%20they%20unveiled%20the,us%20%E2%80%93%20the%20press%20loved%20it.>、2024年3月5日アクセス)
- THE KINDEARTH. TECH MAPS ウェブサイト (<https://newprotein.org/>、2024年2月24日アクセス)
- GFI “2022 State of the Industry Report: Fermentation”
- 三井物産戦略研究所「シンガポール、細胞農業食品生産・販売の拠点形成へー食料安全保障上の課題解決へ向けてー」(2022年12月)
- GFI Israel “Israel- State of Alternative Proteins” (2023年2月)
- GFI Europe ウェブサイト (<https://gfieurope.org/blog/12-million-cultivated-meat-investment-a-seismic-move-for-uk/>、2024年2月24日アクセス)
- 独立行政法人農畜産業振興機構 2023年11月29日付 『海外情報「伊下院、「培養肉」などの細胞性食品の製造・販売禁止法案を承認 (EU)」』、
(https://www.alic.go.jp/chosa-c/joho01_003645.html、2024年2月24日アクセス)
- Aleph Farms ウェブサイト (<https://aleph-farms.com/journals/aleph-farms-granted-worlds-first-regulatory-approval-for-cultivated-beef/>、2024年2月24日アクセス)
- インテグリカルチャー株式会社 2023年12月18日付 ニュースリリース
(<https://integriculture.com/news/13087/>、2024年2月24日アクセス)
- 日清食品グループ ウェブサイト
(https://www.nissin.com/jp/sustainability/feature/cultured-meat/?_sm_au_=iVV0vnTN40S04808kHKsJKsQFW4c0、2024年3月5日アクセス)
- インテグリカルチャー株式会社 2023年11月21日付 ニュースリリース
(<https://integriculture.com/news/13087/>、2024年2月24日アクセス)

2-1-3 昆虫食・昆虫由来飼料

(要約)

日本のイナゴの佃煮など、伝統食としての昆虫食は、食の西洋化に伴い消費が減少した。しかし、タンパク質危機対策として、2013年の国際連合食糧農業機関（FAO）によるレポート⁷⁵を契機に、昆虫からのタンパク質摂取が注目されている。昆虫由来飼料では、免疫力を高める機能が期待され、食品残さを昆虫の餌とすることにより、廃棄量を削減するのではなく、含まれる栄養分を再度食品生産チェーンに組み込むことができる。産業化の課題は、温度管理、ICT等での生産管理（採卵、給水、収穫など）の高度化によるコスト削減、逃亡対策、消費者受容の拡大である。

a 特徴

昆虫食・昆虫由来飼料とは、コオロギ、アメリカミズアブ（BSF）の幼虫、ミールワーム等を原料とする、人用の昆虫食（主にコオロギが原料）と畜産・養殖向け飼料（BSF等）を指す。日本を含む世界各地では、伝統的に野生の昆虫を採取して調理して食用とする文化があった。一方、食品安全や過剰採取を避けるために、企業は、養殖した昆虫を加工し、飼料や食品の原料にしており、野生からの採取は行っていない。なお、便宜的に昆虫と呼んでいるが、クモ等の節足動物を含む場合もある。

畜産・養殖とは、以下のように比較できる。類似点は、個体を繁殖し、肥育するという飼養管理を行うことにある。一方、昆虫の場合、養殖向けの系統が確立していない、身体が小さく、繁殖段階での採卵が困難で、飼養管理技術の高度化も必要であること、変温動物であるため温度管理が必須といった独自性がある。

この領域への期待は食品廃棄物の利用にあり、昆虫の餌とすることにより、廃棄量を削減するのではなく、含まれる栄養分を再度食品生産チェーンに組み込むことができる。とくにBSFは腐食性（微生物が繁殖して腐った状態にして摂取する）であり、畜産に適さない食品残さをもエサにできる。とはいえ、製品としたときの食品安全や味・供給量の安定性のために、食品工場から内容物や供給量が安定した廃棄物をエサとして調達することが望ましい。

こうした既存産業との連携で生産原価を下げる工夫は、温度管理でも有効である。日本の全ての地域において、昆虫養殖では冬場の温度管理は必須で、廃熱利用により光熱動力費の削減を図る必要がある。実際、フランスのInnovaFeed社は、他産業の工場等からの廃熱を利用しており、株式会社生物技研（神奈川県相模原市）も廃熱利用を計画中である。

さらに、タンパク質等栄養素成分の構成比が高く、免疫活性化効果をもたらす点も魅力である。例えば、愛媛大学発のスタートアップ企業「株式会社愛南リベラシオ」が機能性昆虫

⁷⁵ Arnold Van Huis 教授（オランダ・WUR）等による「EDIBLE INSECTS future prospects for food and feed security」がFAOより2013年に発刊された。なお2021年にも後続版が公開されている。

飼料「シルクローズ®」を開発している。同飼料の給餌により、養殖魚の耐病性が向上することは実証済みである。

弱みは、消費者の受容性の低さである。宗教的な禁忌であったり、食物新奇性恐怖と嗜好（“雑食動物のジレンマ”とされる）の対象であったりと、食料や環境問題の解決につながると思われても、特に人が昆虫を食べることはなかなか受け入れづらい。

さらに、2022 年末以降に風評被害が発生したように、昆虫食はとりわけ批判されやすい。これは、虫は嫌われ者で、殺して良い対象として一般に認知されており、バッシングされやすい⁷⁶。まだまだ産業規模が小さいがゆえに、他の畜産業のような業界の利益を代表する組織等が不在で、ソーシャルネットワークサービス（SNS）等の風評リスクに晒されやすい。

消費者受容の課題もあり、フランスやオランダ等でも BSF を飼料や肥料とする産業化が進む。魚や鶏が虫をのぞいて、昆虫由来飼料を与えた魚や家畜を食べるのは受け入れやすく、消費者の反発も少ないようである。実際に、2023 年 7 月 20 日から同年 9 月 30 日までの、愛媛県の秀長水産株式会社による、昆虫を用いた真鯛のサステナブル養殖への挑戦としたクラウドファンディングでは、目標額である 200 万円を超えた 323.4 万円が集まっている⁷⁷。

欧州食品安全機関（EFSA）によると、昆虫食・昆虫由来飼料による健康リスクは、昆虫の種類やそのエサ、さらには昆虫の飼育、収穫、加工方法で異なる⁷⁸。昆虫食は伝統食として長く食べられてきたが、科学的なデータは少ないため、関連制度の構築が進みづらい。

b 市場動向

魚粉価格の高騰を受けて、養殖飼料における魚粉代替としての市場拡大が見込まれている。魚粉（カタクチイワシ等が原料）や大豆粕の高騰に加え、消費者受容の面から養殖向けの昆虫由来飼料の需要拡大は確実であろう。魚粉の名目価格は、1990 年代後半の 500~1,000 ドル/t から、2000 年代に上昇し、2020 年代は 2,000 ドル台となっている⁷⁹。おおむね昆虫食関連市場は、市場調査会社（Meticulous Research 社、Vantage Market Research 社、Digital Journal 社、Research and Markets.com 社等）の見通しによると、2030 年までの年平均成長率（CAGR）が 20~30%とみなされている。

2022 年度後半にいったん 190 円/kg まで低下した魚粉価格は、2023 年度は再び上昇し、

⁷⁶ 吉田（2023）「昆虫食のデマとリアル-燃え上がるコオロギ-」

⁷⁷ CAMPFIRE ウェブサイト（https://campfire.jp/projects/678076/preview?token=2nv0b2d6&utm_campaign=cp_po_share_c_msg_project_s_preview、2024 年 2 月 28 日アクセス）

⁷⁸ EFSA Scientific Committee, 2015; EFSA NDA Panel, 2021

⁷⁹ 世界銀行ウェブサイト に 依 拠。

9月には260円/kg近くに達した⁸⁰。一方の昆虫由来飼料の販売単価は、500円台/kg⁸¹とまだまだ高い。FeedNavigator（2021）は、昆虫由来のタンパク質の単価は、4,250～6,066ドル/tのレンジと報じている。したがって、規模拡大等による規模の経済性の向上等で価格競争力を高める必要がある。

c 事例調査

c-1 株式会社 GRILLUS(全国の事例)

(組織の概要)

株式会社 GRILLUS（以下「グリラス」）は、徳島県徳島市にあるコオロギの養殖から加工販売まで行う。「コオロギで地球を救う!」を目標に2019年に設立した、徳島大学発スタートアップ企業であり、従業員10名ほどの組織である。

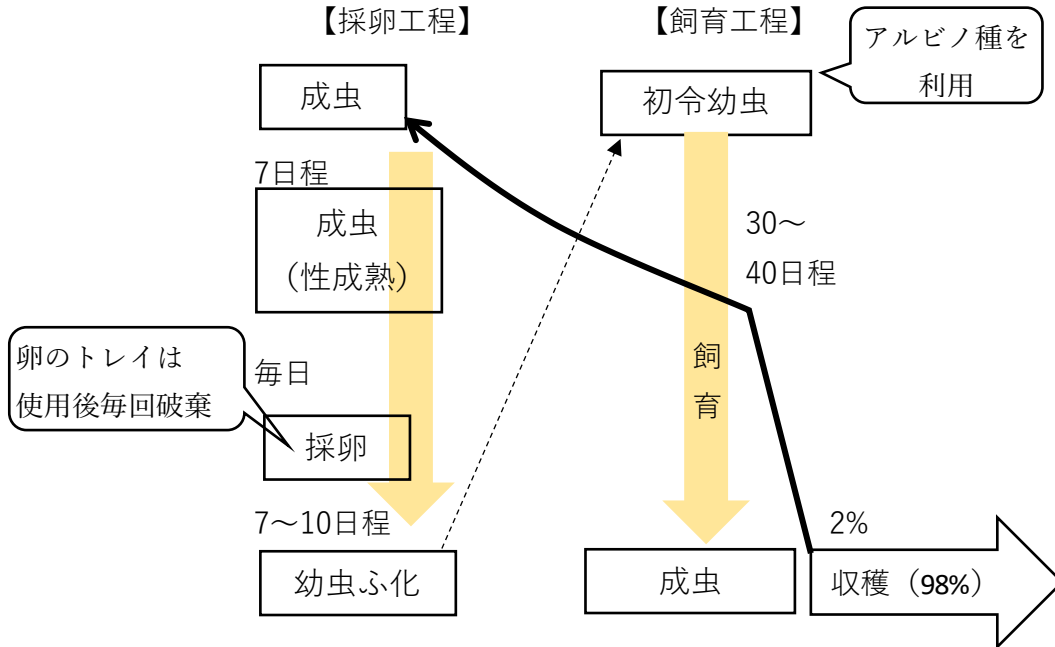
コオロギ研究をベースに、①Agri（昆虫養殖のエサ開発等）、②Food（食品加工の企画開発）、③Wellness（化粧品等研究開発）、④Animal（飼料原材料の提供等）という4つの事業を手掛けている。なお①にかかるコオロギ養殖では、社員の勤務体制は8時半～17時半となっており、洗浄や収穫作業等必要業務が完了すれば、養殖場の常時見守りは必要ないとのことである。繁殖や分娩等で常時見守りが必要で休暇が取りにくい畜産業との大きな違いと指摘できよう。飼育サイクルにおける作業時間の特徴としては、採卵の労働時間の長さが挙げられる。

2020年に同社は総額2億3千万円を、Beyond Next Ventures等から調達し、2021年には生産拠点としての美馬ファームと、研究開発拠点としての美馬ラボを本格始動させた。さらに2022年には新たに2.9億円を得て、累計資金調達金額は5.2億円となった。さらに2021年度「研究開発型スタートアップ支援事業／シード期の研究開発型スタートアップに対する事業化支援（NEDO STS 事業）」に採択され、7千万円の資金を得て、コオロギの品種改良を目的とした研究施設を立ち上げた。さらに2023年には東日本電信電話株式会社（NTT 東日本）と「食用コオロギのスマート飼育」の確立を目指す実証事業を開始した。

⁸⁰ ニススイ IR 資料（https://www.nissui.co.jp/ir/market/pdf/04_market.pdf、2024年2月28日アクセス）

⁸¹ 令和5年度日本水産学会春季大会シンポジウム「水産における昆虫の飼料利用の現在と未来」藤谷氏報告に依拠

第2-1-7図表 コオロギの飼育サイクル



資料 技術情報協会「昆虫食のビジネス・市場予測と大量養殖、加工、品質管理」より作成

(強み)

品種改良を目的とした研究施設での系統育種を徳島大学と共同で行い、同社は自社でコオロギ養殖から加工まで一貫して行うため、管理体制は厳重である。食品衛生管理の水準は高く、これまで手掛けた商品の取引先（株式会社良品計画、株式会社ファミリーマート、株式会社セコマ）からも評価を受けている。

例えば、同社はフタホシコオロギを、休眠性（成育に不適な季節をやり過ごし、かつ効率的な生殖のために発育ステージを揃える性質）がなく、成長が早いといった理由で飼育対象に選んでいる。採卵工程と飼育工程に分かれており、30日ほどで成虫となった個体の2%を繁殖である採卵工程にまわし、1週間ほどで幼虫がふ化する。アルビノ（白化）種を使うので、野生種の混入の発見は容易である。また採卵工程で使う卵のトレイは一度使用後廃棄する。また、そもそもアメリカミズアブ（BSF）と違って、コオロギ飼育では飼料が乾燥しているため、飼料の腐敗がおこらず、クリーンな環境を維持できるという優位性がある。

飼育のポイントは、給水や収穫方法（虫の本体だけを集め、糞などが混じらないようにする等）であり、現在、同社はNTT東日本との食用コオロギのスマート飼育実証事業でセンシング技術やICT等の活用に取り組む。温度管理が精密になる等の効果が期待できるとのことである。

(販売動向)

同社の加工の処理能力は 400 kg/日（パウダーベースで 80 kg）ほどである。コオロギを 24 時間以上断食ののち収穫し、冷凍保管する。受注の都度、加工し出荷している。

無印良品とのコラボ商品や機内食での提供を手掛けてきたが、2022 年末からの風評被害の影響で販売動向は思わしくない。購買層は環境問題に意識がある人や若い世代が多く、SNS 等で批判した層とは必ずしも一致しないようにも思われるが、取引先が炎上リスクを回避する姿勢を強めたことがネガティブに影響している。

(東北圏の可能性)

同社によると、コオロギの飼育に関して、逃亡した場合、冬を越せないため、周辺の生態系に大きな影響を及ぼさないということを除けば、東北圏の優位点はあまりない。

また、コオロギ養殖を始める場合、まず卵の調達から行う。一般的に養殖に向くのは外来種であり、東北圏に限らず日本のどの地域であっても外部から購入することになる。したがって、卵の確保についても、日本国内で地域間の優劣は存在しない。

c-2 ハイジエントテクノロジー株式会社(東北圏の特色ある取組み)

(会社概要)

ハイジエントグループは、めっき加工と金属加工が事業の柱である⁸²。具体的には、ハーメチックシール（外気を遮断する気密封止）や水晶発振器の部品めっきやセラミック、エッチング、切削を行う。ハイジエントテクノロジー株式会社は非上場であり、ハイジエントグループを統括しているハイジエント株式会社の系列である。工場で製造した電子機器等をハイジエント株式会社が卸売している。

製造部門のハイジエントテクノロジー株式会社は、2022 年度の従業員は 250 名⁸³で、岐阜県に本社を置く。主力は岐阜工場（大垣市）で、同県内には輪之内工場（安八郡輪之内町）があり、海外拠点としてタイのバンコク市郊外にあるノンカエ工業団地にも工場を有している。東北圏にも山形工場（新庄市）があるものの、既存品生産は徐々に海外工場と岐阜県内工場への集約が進んでいるという。

こうした背景から、山形工場の新たな活用方法を模索し、そのなかで環境等に配慮した事業をという視点から昆虫養殖事業へ参入することとなった。2020 年度から 3 年間をかけてさまざまな新規事業の可能性を調査するなか、電子部品等製造を主業としながら、いち早くコオロギ養殖を手掛けた太陽ホールディングス株式会社と業務提携を締結し、昆虫養殖関連に乗り出した。

2021 年度に山形工場でも食用フタホシコオロギの養殖事業を開始し、2023 年度には岐阜県の輪之内工場でも同事業を開始した。

⁸² 昆虫食のセミたま（<https://semitama.jp/report/2911/>、2024 年 2 月 28 日アクセス）

⁸³ 帝国データバンクに依拠。

(強み)

昆虫食としてコオロギを選定したのは、成長速度が理由である。コオロギはふ化してから成虫になるまで25日間であり、その間に体重は1,000倍に増える。2020年度からの調査実証期間には、コオロギの他にもアブラムシやハエ、ダニ等についても検討した。しかし、エサの確保や管理、衛生管理等でいずれも不相当と判断した。

同社の強みは本業のノウハウ活用が見込めることである。X線検査で異物混入をチェックする等、品質管理面で同社が蓄積してきた技術や知見が活用できる。

コオロギの養殖には、成虫を飼育し採卵する繁殖段階と、卵から成虫までの肥育段階がある。繁殖段階では、衣装ケースと紙製玉子パックを使う。また肥育段階では、個体数の60%が成虫になると想定している。残る40%は共食いで欠損する。

(事業の見通し)

今後の事業展開としては、育種改良の技術による生産効率の向上を期待している。そのほか、飼料に関しては、養殖魚向けの飼料の活用や、繁殖段階での飼料設計の工夫を検討中である。また、遺伝子抑制機構の一つであるRNA干渉で特定遺伝子を眠らせ、肥育段階における共食いで欠損率を低下する可能性はある。

こうした養殖技術の開発と各工程の飼育自動化が確立できれば、現在は100ケースで行っている同事業を1,200ケースまで増やすことができる。

販売面については、コンビニ等との食品開発を考えている。前述の風評被害の例はあるが、販売面で若い世代の消費者層を意識した戦略を検討中である。

d 調査結果と今後の見通し

フードテックとしての産業化がまず期待されるのは、アメリカミズアブ(BSF)による養殖向け魚粉代替であろう。しかし熱帯地域に工場をもつ企業と異なり、日本では温度管理にかかる費用低減が必要になるため、排熱利用は事業化の条件となる。また食品残さの活用といった他産業とのリレーションが重要と思われる。

問題は昆虫養殖産業には業界団体がなく、政治力は弱いことである。消費者の受容性については地域によってバラつきがあるものの、政治力の弱さや国としての各種支援体制のなさは、2022年以降の風評被害発生時に多額の研究開発予算を受けている等の流言がまかり通るといった事象からも推察される。隣国の韓国では、フードテック支援を国が強力に後押ししており、そのなかで昆虫食や養蚕産業の育成が主要な課題として取り組まれている。同国の大手食品メーカーであるロッテは、2023年にフランスのスタートアップ等と共同研究等にかかる合意書を取り交わしている⁸⁴。

ICT技術の活用は国内では実証段階にある。フランス・オランダ等の先進的企業は全自動

⁸⁴ AgFunder ウェブサイト (<https://agfundernews.com/ynsect-and-lotte-explore-food-applications-for-edible-insects>、2024年3月11日アクセス)

を謳うが、採卵等はどうしても人手に頼る。しかし NTT 東日本とグリラスによる ICT 技術を活用した精密管理は、温度管理の均一性を確保し、省力化を実現できるといった可能性はある。

グリラスへのヒアリングでみたように、昆虫養殖に関して寒冷地である東北圏の優位点は少ない。逃亡した場合、冬を越せないため、周辺の生態系に大きな影響を及ぼさないというメリットはあるが、温度管理のために経費が増加することは課題である。やはり他産業との連携で、工場排熱を利用する等の工夫は必須となる。

東北圏には、ハイジェントテクノロジーのように次の事業を模索している会社は一定数存在すると思われ、消費者の受容が拡大すれば、新たな参入企業が出現する可能性もある。

e 参考文献

- FAO (2013) “Edible insects. Future prospects for food and feed security.” FAO Forestry Paper 171. Rome, FAO. pp. 201. (also available at <http://www.fao.org/3/i3253e/i3253e.pdf>).
- FAO (2021) “Looking at edible insects from a food safety perspective. Challenges and opportunities for the sector.” Rome. <https://doi.org/10.4060/cb4094en>
- ipiff (2022) “IPIFF Guide on Good Hygiene Practices”
- 平康博章、瀬山智博、和智仲是他 (2017)、「アメリカミズアブ幼虫による処理に適した食品廃棄物」、大阪府立環農水研報、4:1~5
- 吉田誠 (2023) 「昆虫食のデマとリアル -燃え上がるコオロギ-」
- EFSA Scientific Committee, 2015; EFSA NDA Panel, 2021
- ニッスイ IR 資料 (https://www.nissui.co.jp/ir/market/pdf/04_market.pdf、2024 年 2 月 28 日アクセス)
- 昆虫食のセミたま (<https://semitama.jp/report/2911/>、2024 年 2 月 28 日アクセス)
- AgFunder ウェブサイト (<https://agfundernews.com/ynsect-and-lotte-explore-food-applications-for-edible-insects>、2024 年 3 月 11 日アクセス)

2-1-4 藻類(マクロ藻類(海藻)、微細藻類)

(要約)

藻類は海藻などのマクロ藻類と、クロレラやユーグレナなどの微細藻類に分けられる。マクロ藻類は食材用途のほか、工業用、医療・健康分野、脱炭素での活用など、幅広い分野での価値が見出され、ビジネスとしての可能性が広がっている。しかし海水温の上昇により、国内やフィリピンで生産量が減少しており、増加する需要に供給が追いついていない。

一方、微細藻類はその培養効率を上げることの難しさから、さらなる研究開発と共に事業の在り方の模索が必要である。

2-1-4-1 マクロ藻類(海藻)

a 特徴

マクロ藻類は、海中で孢子によって子孫を増やす海藻類全般を指し、アマモのような海中の顕花植物である海草とは区別されている。日本近海で獲れるものとしては昆布、ワカメ、海苔等が知られている。種類としては昆布、ワカメ、ヒジキなどの褐藻類、アマノリ属(一般的な海苔)、フノリ、オゴノリなどの紅藻類、アオノリなどの緑藻類に大別される。日本を含む東アジアやアイスランド、アイルランドなど欧州の一部地域では伝統的に食材として使われるが、その他地域では海藻から抽出した寒天、アルギン酸、カラギナンを乳化剤や増粘剤などの食品添加物として利用されている。

近年、藻類の抗発癌性、抗炎症性などの効用に対して注目が集まり、ヘルスケア分野における栄養補助食品や化粧品原料としての活用が目立っているほか、栄養特性としてタンパク質の供給源としても注目されている。海藻の正味重量に占めるタンパク質の割合は、アマノリ(焼きのり)で32%、アオノリ(素干し)で21%、コンブの佃煮で4.7%、ワカメ(原藻)で1.4%と、ノリにタンパク質が多く含まれていることがわかる⁸⁵。ノリは食物繊維も豊富で、アマノリ(焼きのり)とアオノリ(素干し)の場合は正味重量の35%程度を占める。

しかし、近年顕著になってきた海水温上昇による海藻養殖の生産量減少が多く報告されている。ノリ養殖では、種付けの開始時期が秋季に水温が高くなることで遅れ、芽落ちも発生しているほか、水温低下とともに深場に移動するはずのクロダイやアイゴが海苔棚の設置時期にも浅瀬に留まり、新芽を捕食することで食害が発生している⁸⁶。

⁸⁵ 日本食品標準成分表(八訂)

⁸⁶ 国立研究開発法人国立環境研究所 ウェブサイト「気候変動適応情報プラットフォーム(海藻養殖)」(https://adaptation-platform.nies.go.jp/local/measures/infographic/1_seaweedCultivation.html、2024年2月28日アクセス)

b 市場動向

世界のマクロ藻類生産の大部分は養殖であり、その生産量は湿重量で 1990 年代初頭の 5.5 百万 t から 2019 年の 34.7 百万 t へと大幅に増加した。中国、インドネシアでの生産が全体の 8~9 割と圧倒的に多く、続いて韓国、フィリピン、日本の順である（日本のシェアは全体の 1%程度）⁸⁷。養殖されるマクロ藻類の種類としてはマコンブが最も多く、次いでキリンサイ属、オゴノリ属、ワカメ、（海苔を含む）アマノリ属の順に多い。過去 30 年の養殖の増加は増粘剤などの添加物用途の需要によるものとされてきたが、中国や東南アジアでの食材需要の高まりもある。

また、気候変動対策においてマクロ海藻を炭素吸収源として活用する動きが広がっている。海藻や海草のほか、マングローブが炭素を吸収・貯留するプロセスが近年海洋における脱炭素の切り札になると注目され、クレジット化して売買される事例が増えてきている。

国内における海藻類の養殖は食用がメインであり、2020 年において海苔類が 28.9 万 t、ワカメ類が 5.4 万 t、その他が 5.5 万 t であった⁸⁸。昨今の海水温上昇やそれともなう赤潮の頻発より海藻養殖に対する影響が無視できなくなっている。有明海をはじめとする既存産地は、雨不足による栄養塩不良、海水温上昇、赤潮などを原因とする不作が 2021 年度漁期、2022 年度漁期と続いている。これまでは養殖と加工は同一養殖業者による一貫生産であった。しかしながら、海苔商社は生産者の負担軽減と生産量拡大を同時に実現するため、韓国が取り組むように海での養殖作業と陸での乾海苔加工の分業を考えている⁸⁹。

また、キリンサイに注目すると、かつて生産量が圧倒的に多かったフィリピンでは、温暖化、病気や食害により最盛年度の 40% まで生産が落ちたと言われている⁹⁰。そのうち病気については、長年にわたって単一種の株を養殖してきたことで連作障害と同様の現象がおき、養殖効率が低下しているという⁹¹。一方でフィリピンより海水温が低いインドネシア、アフリカ、カリブ海ではキリンサイ養殖が始まっているという⁹⁰。ところが、目立たない海藻産業界における研究開発費が潤沢ではないため、この分野での日本製品の開発が遅れていると言われている。

このように海水温上昇は日本だけでなく世界中で養殖生産に影響を与えているなかで、

⁸⁷ FAO (2019) “Global status of seaweed production, trade and utilization”

⁸⁸ 農林水産省「漁業・養殖業生産統計」

(https://www.maff.go.jp/j/tokei/kekka_gaiyou/gyogyou_seisan/gyogyou_yousyoku/r2/index.html、2024 年 2 月 28 日アクセス)

⁸⁹ 食品新聞 2023 年 9 月 15 日付「海苔 国内生産力の回復へ海陸分業の推進がカギ 生産者の負担軽減と生産量拡大の両立に期待」(<https://shokuhin.net/83303/2023/09/15/topnews/>、2024 年 3 月 5 日アクセス)

⁹⁰ 大野 (2023) 「2020 年 (FAO) の世界の海藻生産量と海藻研究開発の動向」(<https://www.kaichurinn.com/>、2024 年 3 月 5 日アクセス)

⁹¹ 岩元 (2017) 「海藻工業製品の危機」、月刊フードケミカル、2017 年 12 月

一般的に、海藻に対する工業用、食用の需要増加に供給が追い付いていない。

c 研究動向調査と事例調査

c-1 宮城大学食産業学群 三上教授

三上教授は、海苔を中心とする海藻の産地は温暖化の影響で生産が減少するなか、その食文化を維持していくことが重要と主張する。そのためにも高温耐性を持つ海苔の種苗を育種することが必要と考え、紅藻であるスサビノリを対象に分子生物学的な研究を進めている。また、同教授は、環境への適応能力が高い品種の必要性とともに、沿岸の養殖場において適正量の栄養塩が供給され、漁場環境が良好に管理されることも重要であると考えている。課題として、このような取組みには様々な知見が必要だが、県域を越えた連携が進まず、研究や実証が前進しないことを挙げている。

一方で、紅藻類であるカギケノリは、牛の飼料に混ぜて与えることで反芻動物の消化器官で生成されるメタンの排出を抑制する効果が知られており、豪州、米国に加え、日本企業も研究開発に参加するなど、海藻の新たな可能性に着目した研究が進んでいると指摘している。

c-2 理研食品株式会社(文献調査)⁹²

同社はワカメの種苗生産とスジアオノリの陸上養殖ビジネスを展開している。ワカメの種苗研究では、優良系統の選抜、育種のための水槽開発等、養殖技術の改善を重ね、2017年に完成した研究拠点である「ゆりあげファクトリー」でワカメの種苗を生産し、三陸地区を中心とする漁業者に販売している。また、同社は2015年頃から陸上養殖の研究を開始し、2021年に海藻の陸上養殖施設として東北地方最大規模となる「陸前高田ベース」を竣工し、主要産地での生産量が激減して安定供給が望まれているスジアオノリの養殖生産をスタートした。種苗生産から養殖までのノウハウは、先に稼働していた「ゆりあげファクトリー」での実証試験により蓄積したという。

d 調査結果と今後の見通し

文献およびヒアリング調査の結果から、海藻の食用としての位置付けが変化していることが示唆された。従来は日本、韓国周辺で食材として活用されていたが、やがて増粘剤などに用途が広がり、近年は欧米を中心とする先進国で健康に対する効用や環境にやさしい素材であるとの認識が広がっている。また、日本食の広がりとおわせて、東アジア以外でも食材としての需要が拡大している。そして今なお、過去30年の生産増の背景にある工業用途の需要は根強い。さらに、医療・健康分野や化学製品での活用、脱炭素の切り札の一つとな

⁹² 矢野経済研究所(2023)「養殖ビジネスの市場実態と将来展望～期待高まるスマート水産・陸上養殖・低魚粉/昆虫飼料の方向性～」

るなど、非常に幅広い分野で海藻の価値が認識されはじめている。用途の広がり、海藻に対する需要の増加につながっている。

一方で、海藻の供給は潤沢ではあるとはいえない。これまで養殖生産が拡大してきたフィリピンでは養殖株の遺伝的多様性の喪失によりキリンサイの養殖効率が低下しており、気候変動や生物多様性喪失の弊害が顕在化している。また、フィリピンや日本では、気候変動による海水温上昇により藻場の消失、養殖期間の短縮や生産の急激な減少といった事例が頻発し、安定した海藻養殖が困難になりつつある。このような供給側の問題は、海藻に対する旺盛な需要を供給側で取り込むことを困難にしている。

このような世界的な海藻の供給不足を背景に、足元で海面・陸上における新たな海藻養殖への参入という新たな潮流が生まれている。陸上養殖を推進する社会・経済的な要因（2-2 陸上養殖参照）に加え、新たに海藻を食用とする地域が生まれているため、この流れは今後も続くことが予想される。また、より長期的には、気候変動に伴う海水温の上昇により東北圏でも海藻養殖に被害が及ぶことが想定されており、ゲノム編集などの育種技術も活用しながら早急に高温耐性のある種苗を開発する必要があると認識されている。しかし、水産業では一般に県域を跨いだ広域連携が弱いため、そのような技術開発が進みにくいという難しさに直面している。

このような中長期の目線を見た場合、東北圏においてフードテックビジネスが海藻を活用するにはどのような視点が必要であろうか。1つは、東北圏の地の利を生かす視点であろう。関東以南よりも冷涼な気候・海水温を生かすことを重視した場合、東北圏以南で養殖されている海藻種を中心に、その需要・用途や、海面・陸上を含めた最適な生産方法を検討することが有用であると考えられる。一方、東北圏での既存産業（海苔、昆布、ワカメ養殖等）や食文化を生かす視点で見れば、より長期目線で高海水温に耐性のある種苗の開発に向けてサポート体制の充実や研究開発の広域連携を検討すべきであろう。

もう1つは、東北圏をグローバルな生産や市場動向を見据えた海藻の生産拠点としてとらえる視点である。食用、工業用、環境対策、医療・健康など様々な需要に対し、今後も世界的な海藻養殖の供給は追いつかない状況は続く見込みであるが、海藻養殖の現場では、このギャップをビジネスチャンスに変えようという機運はまだ成熟途上である。これは、日本において海藻を食用以外の用途として活用する動きが生まれにくいという文化的な要因に加えて、海藻は種類が多くそれぞれの特徴も異なり、さらに用途の裾野が広いと、種の選定、生産方法、用途を含めた適切なビジネスモデルを見出すことが容易でないという理由もあるだろう。それでも、海外での養殖生産の増加に限界が見え始めたことを考えると、海苔、昆布、ワカメなど海藻養殖の歴史が長く高度な技術を有している日本において知見や技術を有機的に活用することができれば、ビジネスチャンスを創出することは可能であると考えられる。

さらに海草の藻場、湿地・干潟、マングローブ林等は炭素を貯留する「ブルーカーボン生

態系」としての注目が集まっている⁹³。こうしたブルーカーボンに対する関心の高まりを踏まえ、サステナブルな水産業に対するニーズは今後高まっていくことが予想される。

e 参考文献

- 岩元勝昭（2017）「海藻工業製品の危機」、月刊フードケミカル 2017年12月
- FAO（2019）“Global status of seaweed production, trade and utilization”
- 大野正夫（2023）「2020年（FAO）の世界の海藻生産量と海藻研究開発の動向」（<https://www.kaichurinn.com/>、2024年2月28日アクセス）
- 農林水産省「漁業・養殖業生産統計」（https://www.maff.go.jp/j/tokei/kekka_gaiyou/gyogyou_seisan/gyogyou_yousyoku/r2/index.html、2024年2月28日アクセス）
- 国立研究開発法人国立環境研究所 ウェブサイト「気候変動適応情報プラットフォーム（海藻養殖）」（https://adaptation-platform.nies.go.jp/local/measures/infographic/1_seaweedCultivation.html、2024年2月28日アクセス）
- 日本食品標準成分表（八訂）
- 食品新聞 2023年9月15日付「海苔 国内生産力の回復へ海陸分業の推進がカギ 生産者の負担軽減と生産量拡大の両立に期待」（<https://shokuhin.net/83303/2023/09/15/topnews/>、2024年2月28日アクセス）
- 株式会社矢野経済研究所（2023）「養殖ビジネスの市場実態と将来展望～期待高まるスマート水産・陸上養殖・低魚粉/昆虫飼料の方向性～」
- 国土交通省港湾局「海の森ブルーカーボン」（2023年6月更新）（<https://www.mlit.go.jp/kowan/content/001616135.pdf>、2024年2月28日アクセス）

⁹³ 国土交通省港湾局「海の森ブルーカーボン」（2023年6月更新、<https://www.mlit.go.jp/kowan/content/001616135.pdf>、2024年2月28日アクセス）

2-1-4-2 微細藻類

a 特徴

微細藻類は植物性プランクトンとも呼ばれ、1個体が数 μm ～数100 μm という非常に小さな生物である。光合成を行って大気中の CO_2 を固定して油やタンパク質を作るもので、数時間～数日に一度のペースで分裂し、増殖する。およそ30億年前に、初めて光合成によって酸素を排出する生物である藍藻が現れ、その後何億年もの時間をかけて地球上の酸素が生成された。また、石油は、海底に堆積した微細藻類の遺骸が、1億～数億年もの時間をかけて地下での熱変性を受け、それが集積したものである。微細藻類が光合成により排出する酸素の量は、陸上植物による酸素生産量とほぼ同量となっている。

第2-1-8図表 微細藻類と陸上植物による酸素生産



出典:株式会社 Seed Bank ウェブサイト(<https://microalgae-seedbank.com/about>、2024年3月7日アクセス)

微細藻類の研究は、戦後の食料難を解決するために食料としての大量培養の方法が研究されたのが皮切りであった。農林水産省のバイオマス研究のほか、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) もプロジェクトを進め、「カーボンリサイクル実現を加速するバイオ由来製品生産技術の開発」プロジェクトでは、大成建設株式会社、埼玉大学、中部大学、公益財団法人かずさDNA研究所と共同で、外来遺伝子を導入することなく、燃料物質である“油”を細胞外に生産する微細藻類の作製に世界で初めて成功した⁹⁴。また、関西電力株式会社と株式会社アルガルバイオが共同で取り組む「微細藻類による CO_2

⁹⁴ 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 2023年4月12日付 ニュースリリース (https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101632.html、2024年2月28日アクセス)

固定化と有用化学品生産に関する研究開発」も 2022 年 4 月に同機構の委託事業として採択されている⁹⁵。トウモロコシやヒマワリに比べ増殖速度が速いことから、ガソリン、ジェット燃料として期待されるが、コスト面が課題として残る。産業化されたものは、健康食品や化粧品の原料といった高付加価値食品に留まる。

b 市場動向

健康食品としては青汁を模した健康食品やクロレラ錠などがあるものの、限定的な市場に留まっている。ただし、世界の微細藻類ベースの製品市場は 2031 年までに 27 億ドルまで市場が伸長するとの予測もある⁹⁶。

研究開発段階のものとしては、色素としてのアスタキサンチン⁹⁷の製造が存在する。化粧品用途としては、サメ肝油の代替としてスクアレン⁹⁸が作られる。

また、ジェット燃料としての期待は大きいものの、テスト生産を超えるものはまだない。株式会社ユーグレナは、株式会社デンソー、三菱ケミカル株式会社、伊藤忠商事株式会社らと共同で国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）が行うバイオジェット燃料生産技術開発事業における公募事業「バイオジェット燃料生産技術開発事業／実証を通じたサプライチェーンモデルの構築、微細藻類基盤技術開発」に採択され、研究を進めている⁹⁹。一方、同社は 佐賀市バイオマス産業都市構想の事業化プロジェクトとしてジェット燃料生産について事業化を断念し、施設を閉鎖した。

米国においても 2015 年頃まではエネルギー用途としての微細藻類への大規模な投資があったが、生産化が見込めなかったために投資バブルが弾け、微細藻類の研究開発がエネルギー産業から高付加価値のモノづくりへシフトしている。微細藻類を代替タンパク質に開発するイスラエルのスタートアップ、Brevel は、シードファンディングで 1,800 万ドルを調達した¹⁰⁰。このように微細藻類は代替タンパク質の原料としても期待が高まっている。

⁹⁵ 関西電力株式会社 2022 年 4 月 7 日付 プレスリリース

(https://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2022/pdf/20220407_1j.pdf、2024 年 3 月 14 日アクセス)

⁹⁶ プレスウォーカー 2023 年 10 月 18 日付「世界の微細藻類ベースの製品市場、2031 年までに 2,759.2 百万米ドルまでの収益増加予測」(<https://presswalker.jp/press/25873>、2024 年 2 月 28 日アクセス)

⁹⁷ 抗酸化力を有する赤色の色素。

⁹⁸ サメの肝油で発見された油性物質。保水成分があるため、化粧品にも使用される。

⁹⁹ 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 ウェブサイト

(https://www.nedo.go.jp/koubo/FF3_100285.html、2024 年 3 月 14 日アクセス)

¹⁰⁰ atpartners ウェブサイト (<https://www.atpartners.co.jp/ja/news/2023-07-26-brevel-raises-18-million-to-develop-alternative-proteins-from-microalgae>、2024 年 3 月 7 日アクセス)

c 事例調査 株式会社タベルモ(ちとせ研究所)(全国の事例)

(会社の特徴)

ちとせグループ(川崎市)は世界のバイオエコノミーをリードするバイオ企業群である。株式会社タベルモは、株式会社ちとせ研究所を含むちとせグループの一つとして、2030年ごろに訪れるとされるタンパク質クライシスの解決というビジョンを持って、研究、生産、販売を行っている。ちとせグループは微細藻類の研究開発を中心にバイオテクノロジーに関連する MATSURI (Micoralgae Towards Sustainable & Resilient Industry) プロジェクトを立ち上げ、日本を代表する企業・機関と共に産業育成を精力的に行っている。政府からの期待は大きく、NEDO のグリーンイノベーション基金事業「バイオモノづくりに技術による CO₂を直接原料としたカーボンリサイクルの推進」に採択されており、2023年~2030年の総事業費は555億円である。

タベルモ事業については、ちとせグループの食品関連事業として2014年に開始され、スピルリナを事業化したものである。

一度は独立した事業として取り扱われたが、藻を基盤とした社会を作り出す MASTURI プロジェクトの準備がちとせグループにより進められ、2021年の発足後に合流した。MATSURI プロジェクトは、化学、食品、建築等の多くの参加企業を募り、微細藻類の応用可能性を探るものであり、タベルモ事業においてもオープンイノベーションとして、その位置づけを探っている状態である。

スピルリナは CO₂のみを使う独立栄養系で、赤道直下の太陽光が豊富にあるところで培養されている。タベルモ事業はブルネイ王国で、1ヘクタールの敷地内に2019年に完成した設備で生産を行っている。スピルリナの生産については産業革新投資機構(INCJ)と三菱商事株式会社から17億円の資金を調達し、2019年に年間1,000tのスピルリナを生産できるフォトバイオリアクター¹⁰¹を建設する計画であったが、隣接する工場の設備を借りる計画となり、現在の生産規模は約10t(乾燥後は約500kg)である。

(課題)

スピルリナの用途としては、現在は健康食品(スーパーフード)としてeコマースチャンネルと業務用で流通するも市場としては限定的となっている。将来はタンパク質源として販売することも視野に入れているが、小規模生産ではコストが高いため、海外マーケットに対し加工食品として大量に原料使用するパートナーとの連携を目指している。

(今後の展開)

ちとせ研究所では前記の NEDO のグリーンイノベーション基金事業の「バイオモノづくりに技術による CO₂を直接原料としたカーボンリサイクルの推進」でマレーシアにおいて2027年までに100ha、2030年までに商業生産規模となる2,000haのクラミドモナス類¹⁰²

¹⁰¹ 光合成生物を培養する装置。

¹⁰² 植物プランクトンの一種。単細胞の緑藻。

の微細藻類を培養する予定としている。気候変動抑制や生物多様性保全といった、地球に負担をかけない生産方法、素材として流通を目指す。バイオマス全てを有価物として活用するコンセプトから、タンパク質の有効活用も視野に入る。この実証事業でさまざまなノウハウを構築できれば、食品用途への応用も可能となると期待している。

d 調査結果と今後の見通し

微細藻類は太陽光が豊富な赤道付近が培養の適地で、独立栄養にこだわらない微細藻類を除き、基本的に東北圏での生産には適していない。しかし、東北圏においても、株式会社イービス藻類産業研究所のように石巻でナンノクロロプシス¹⁰³の生産販売を行う事例が出てきている。ナンノクロロプシスはエイコサペンタエン酸 (EPA)¹⁰⁴を生産する微細藻類である。ナンノクロロプシスはワムシや養殖魚の餌に用いられる。同研究所の技術には世界の注目が集まっており、提携するスイスの製薬メーカーから研修生を受け入れている。

微細藻類は、陸上養殖を含む水産業のサプライチェーン構築としての位置付けが考えられ、事業化に向けたハードルは高いものの、それを乗り越える研究開発、事業開発が期待される。

e 参考文献

- 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 2023年4月12日付 ニュースリリース (https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101632.html、2024年2月28日アクセス)
- プレスウォーカー ウェブサイト 2023年10月18日付「世界の微細藻類ベースの製品市場、2031年までに2,759.2百万米ドルまでの収益増加予測」(<https://presswalker.jp/press/25873>、2024年2月28日アクセス)
- atpartners ウェブサイト (<https://www.atpartners.co.jp/ja/news/2023-07-26-brevel-raises-18-million-to-develop-alternative-proteins-from-microalgae>、2024年3月7日アクセス)
- 佐賀新聞 2023年11月27日付「ユーグレナ社とのバイオジェット燃料事業化を断念 バイオマス構想で探し、市議会に説明」(<https://www.saga-s.co.jp/articles/-/1150102#>、2024年3月5日アクセス)
- ちとせグループ 2023年3月27日付プレスリリース (<https://chitose-bio.com/jp/news/5188/>、2024年3月5日アクセス)
- ちとせグループ ウェブサイト (<https://chitose-bio.com/jp/business/taberumo/>、2024年3月5日アクセス)
- 株式会社イービス藻類産業研究所 ウェブサイト (<https://www.ebisalgae.com/>、2024年3月5日アクセス)

¹⁰³ 直径 2~5 μ m ほどの海の植物プランクトン。

¹⁰⁴ 青魚に多く含まれる ω 3 系の脂肪酸。

2-2 陸上養殖

(要約)

近年の漁獲量の減少と消費人口の世界的な増加を踏まえ、飼育環境をコントロールすることで安定生産が見込める陸上養殖が増加している。しかし、国内の陸上養殖は採算性確保に課題がある。その要因として①陸上養殖に適した人工種苗の開発、②種苗にあわせたエサの開発、③安価で規格化された養殖設備・システムの開発、④大規模化のための設備投資額が大きいことがある。東北圏における産業化には、これら課題を乗り越え、かつ、冷涼な海水が豊富に入手できるなど東北圏の地の利を生かしたビジネスモデルを探る必要がある。

a 特徴

陸上養殖とは、①掛け流し方式、②半閉鎖循環式、③閉鎖循環式のいずれかの方法を使って陸上において水産物を養殖する方法をいう。水を恒常的に交換する①掛け流し方式が一般的だが、海面養殖と同様に海洋汚染等の環境問題に対応できない点が課題とされてきた¹⁰⁵。その点で、海洋汚染の問題に対処できる閉鎖循環式(②と③)は近年少しずつ採用が進んでいるが、産業規模での普及には至っていない。

2022年時点で1年以上事業を継続している魚種別の業者数は、ヒラメ(28事業者、19%)、クルマエビ(25事業者、17%)、トラフグ(18事業者、12%)、アワビ類(11事業者、7%)、ウニ類(10事業者、7%)、サケマス類(10事業者、7%)の順に多い。最近ではサケマス類(サーモン)の事業者が増加している¹⁰⁶。

陸上養殖のメリットとして、①外部環境リスクからの回避が可能、②飼育環境が安定している、③廃水処理管理による環境負荷の低減が可能という点があげられる。管理された環境で飼育することで赤潮や台風などの自然災害を回避し、さらに水温をコントロールすることで、海面養殖よりも安定的に周年出荷することも可能である。また、管理を徹底することで水産用医薬品の不使用、海洋環境から隔離することで水銀などの重金属類の汚染防止や海洋への環境負荷低減も可能である¹⁰⁷。

一方、デメリットは、初期投資額・ランニングコストが高いこと、精密機械が多いことによるトラブル時のリスクが高いこと、現状の技術では飼育できる魚種が限られるなどが挙

¹⁰⁵ 陸上養殖は「内水面漁業の振興に関する法律」の届出対象であることから法令上は内水面漁業に分類され、「漁業法」が対象とする海面養殖とは区別されている。

¹⁰⁶ 水産庁(2023)「令和4年度陸上養殖実態調査委託事業の結果概要」、令和4年度陸上養殖実態調査委託事業第3回検討委員会用資料(2023年3月7日)、
(https://www.jfa.maff.go.jp/j/saibai/attach/pdf/yousyoku_kaimen-9.pdf、2024年3月5日アクセス)

¹⁰⁷ 株式会社矢野経済研究所(2023)「養殖ビジネスの市場実態と将来展望～期待高まるスマート水産・陸上養殖・低魚粉/昆虫飼料の方向性～」

げられる。

さらに、国内では1950年代から研究が進められてきた閉鎖循環式は、低コスト、高性能、簡易なメンテナンスのためのシステム開発が企業や研究機関で独自に行われ、技術やノウハウの水平的な共有がないまま現在に至っている。したがって、様々な装置を組み合わせる養殖システムを構築しようとしても、各社ばらばらに開発されているためそれら装置の仕様が適合せず、使い勝手が悪くコストがかかることで導入が進まないことも指摘されている¹⁰⁷。

b 産業と市場動向

産業としての陸上養殖への新規参入は、2015年までは年間数事業者であったが、2016年以降年間7～13事業者に急増し、累計生産者数は2015年の60事業者から2022年には124事業者と倍増した(第2-2-1図表)。陸上養殖は、海面養殖と異なり漁業権を必要とせず、参入障壁が比較的低いことが増加要因の1つと考えられるが、このような急増が排水等を通じて周辺環境にもたらす影響を把握する必要性が高まった。そこで水産庁は、養殖場の所在地や養殖方法など陸上養殖の実態を把握するため、2023年4月より陸上養殖業の届出制度を開始した。届出の対象となるのは、食用の水産物を、①海水や、淡水に塩分を加えた水等を使用して養殖している、②閉鎖循環式で養殖している、③エサや糞等を取り除かずに排水している業態である。新規参入の場合、事業者は養殖開始の1カ月前までに養殖場の所在地をはじめ、養殖池の総面積、総体積、養殖する水産動植物の種類、生産量、1日あたり排出量、取水先、排水先等を届け出る必要がある¹⁰⁸。

なお、2021年の事業者別生産規模は総じて小規模であり、全体の59%(75事業者)は10t未満、31%(40事業者)は10t以上50t未満、6%(7事業者)は50t以上100t未満となっており、100t以上は4%(5事業者)にとどまっている¹⁰⁹。

¹⁰⁸ 水産庁 ウェブサイト「陸上養殖業の届出について」

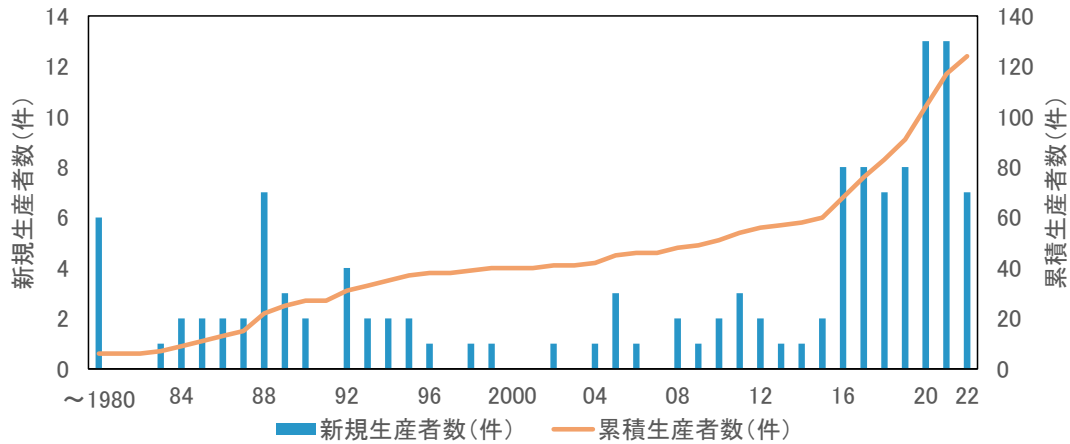
(<https://www.jfa.maff.go.jp/j/saibai/yousyoku/taishitsu-kyoka.html>、2024年3月5日アクセス)

¹⁰⁹ 複数種を養殖している事業者は、1種毎に1事業者としてカウント。

水産庁(2023)「令和4年度陸上養殖実態調査委託事業の結果概要」、令和4年度陸上養殖実態調査委託事業第3回検討委員会用資料(2023年3月7日)、9頁

(https://www.jfa.maff.go.jp/j/saibai/attach/pdf/yousyoku_kaimen-9.pdf、2024年3月5日アクセス)

第2-2-1図表 陸上養殖業者の新規参入件数と累積生産者数



出典 水産庁(2023)「令和4年度陸上養殖実態調査委託事業の結果概要」より作成

一方、世界の海面、内水面の養殖生産量（海藻含む）は2010年の7,793万tから2020年には1億2,258万tに急増しており¹¹⁰、世界人口の増加と水産物に対する旺盛な需要に伴うものと考えられる。国内においては2010年から2020年にかけて養殖も含めた漁業生産量は27%程度減少し、海面養殖業に限った場合は、漁獲漁業と比べると減少幅は小さいものの10年間で生産量は18%程度減少している。

このように、世界では養殖生産が増加したが、国内では縮小するという逆の現象が発生している。しかしながら、国内では、漁獲から養殖へのシフト、養殖適地の不足、海洋環境への負荷の懸念などの認識から陸上養殖の将来性に対する期待は高い。

c 事例調査

c-1 リージョナルフィッシュ株式会社(全国の事例)

(組織の概要)

リージョナルフィッシュ株式会社(京都市)は京都大学発のスタートアップであり、2019年に設立された。ゲノム編集技術など、最先端の品種改良技術を活用しこれまで進んでこなかった水産物の品種改良を実現。養殖魚の高付加価値化を目指す。

サービスとしては、ゲノム編集技術をはじめとする品種改良技術を用いた水産種苗(稚魚)

¹¹⁰ FAO (2022) “The State of World Fisheries and Aquaculture. Towards Blue Transformation.” p30. Rome, FAO

の開発、陸上養殖のアドバイザー、自社で養殖した成魚販売などの事業がある¹¹¹。

2023年7月に日本電信電話株式会社（以下、「NTT」と共同で合弁会社「NTT グリーン&フード株式会社」を設立した¹¹²。リージョナルフィッシュは稚魚生産に注力し、NTTはAI/IoTなどの情報通信技術を使った養殖生産を担う。生産や加工、販売において地元企業と連携することで、地場産業の振興や、持続可能な地域社会の発展への貢献を目指す。

（強み）

同社は、「農作物・畜産物の品種改良は1万2千年もの長い歴史を持つ一方で、まだほとんど進んでいない水産物の品種改良を、自社のゲノム編集技術によって短期で実現し、水産業に革命を起こす」というわかりやすいストーリーで、多くの投資家の注目を集め、資金と優秀な人材の獲得を実現している。

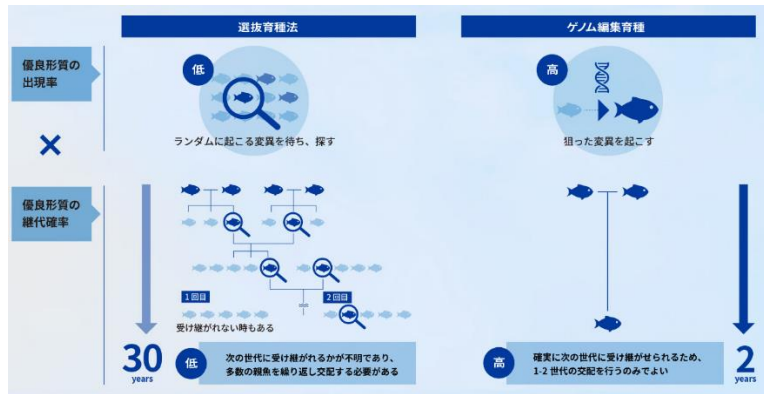
また、同社は、地方産業は水産業をスタート地点にその先にあるさまざまな企業・産業が連動して動いていると捉え、地域の水産業が地球温暖化や高齢化の影響を受けるなか、スタートに位置する魚の安定供給や高付加価値化を実現することが地域全体の活性化につながるというビジョンを設定している。ゲノム編集を品種開発という枠を超えて地域活性化につながる技術として位置付けたことで、官民双方の関心を獲得し、サポートを受けている。

技術面では、ゲノム編集技術による高速な育種が強みであり、その専門性の高さから競合他社は存在しない（第2-2-2図表）。現状届出を出しているマダイ・トラフグ・ヒラメに加え、約20品種の水産物の品種改良を手掛けており、可食部の増量や少ない餌での生産性向上だけでなく、おいしさ向上・栄養成分向上・アレルギーフリーなどより消費者メリットを意識した開発を進めている。

¹¹¹ リージョナルフィッシュ株式会社 ウェブサイト (<https://regional.fish/>、2024年3月13日アクセス)

¹¹² 日本電信電話株式会社 2023年6月27日付 ニュースリリース「NTTとリージョナルフィッシュによる合弁会社「NTT グリーン&フード株式会社」設立について～地域と新たな産業創出をめざす～」(<https://group.ntt.jp/newsrelease/2023/06/27/230627a.html>、2024年3月11日アクセス)

第2-2-2図表 従来の選抜育種法と同ゲノム編集育種



出典 リージョナルフィッシュ株式会社 ウェブサイト
 (https://regional.fish/、2024年3月19日アクセス)

民間での連携を最大限活用している点も特徴である。開発した高付加価値の稚魚を養殖生産するためのスマート養殖技術も必要となるため、オープンイノベーションを掲げて企業やアカデミアなどとともに開発を進める方針のもと、現在、70超の団体と連携を進めている。上記のNTTとの合弁会社設立もその一環である。

(課題)

同社は、養殖設備の納期長期化、エサ高騰といった陸上養殖資材の問題、農林水産省への届出プロセスの長期化という手続きの問題を課題としてあげている。また、技術に新規性があるが故に消費者との丁寧なコミュニケーションに力を入れている。特に、厚生労働省および農林水産省が定める届出に従って安全性に関するデータを提示・公開しており、ゲノム編集食品であることの表示を徹底することが重要であると指摘している。

(東北圏の可能性)

東北圏は、平均気温が高い西日本に比べて通年で温度の低い水を得られる可能性が高いことから、冷水性の魚種の飼育には適していると同社は指摘している。今後、冷水性の種を開発する際には東北圏の地の利が生かせる可能性があることを示唆している。

c-2 株式会社プラントフォーム(東北圏の特色ある取組み)

(組織の概要)

株式会社プラントフォームは新潟県長岡市で2018年に創業し、アクアポニックス(魚の養殖と水耕栽培を同時に行う循環型農法・植物工場)を行うスタートアップ企業であり、長岡市に拠点を置く。代表の山本氏は2016年にデータセンターの会社を立ち上げたが、事業原価の8割が電気代だったことから、寒冷地の長岡市に雪冷熱を活用したデータセンターを設置した。そこから発生する廃熱と雪冷熱の余剰エネルギーの有効活用を目指してアク

アポニックスの事業を始めた。

(強み)

同社はアクアポニックスの実現において重要な水質管理技術に強みをもつ。養殖において重要となる窒素制御を始めとして、バクテリア、魚の量、植物の量を含めたバランスを最適化すべく研究を続けている。また、長岡市のバイオ関連事業に対する手厚いサポートを受けており、公的なバックアップのもと事業を進めている。

養殖魚種は現在チョウザメ（キャビア）に特化してシステム開発を行っており、直営の長岡プラントでは約 2,000 匹を飼育している。その他魚種は現状まだコストに対して売上げが見込めないため、収益を上げるのは困難と考えている。

植物はレタスを中心に栽培している。その他、エディブルフラワー（食用花）に対する需要が強く、飲食店に直接卸している。エディブルフラワー業界はコロナ禍で多くが廃業したが、現在は急回復基調にある。

もうひとつの同社のビジネスモデルは、直営のプラント建設ではなく、アクアポニックスの事業ノウハウを提供するコンサルティング事業を中心として¹¹³、チョウザメ稚魚の種苗販売も行っている。同社では、チョウザメは稚魚の段階でメスのみを選別・納品する PCR 検査を導入した雌雄判別技術を確立できている。また、陸上養殖に適した餌の開発に興味を持つ事業者も存在することから、コストの高い魚粉を低減して、もみ殻、酒粕など代替品を使う可能性も検討する考えである。

(課題)

同社は、アクアポニックスという業態は農業と漁業とのほざまにあるため、農業や漁業に限定した公的支援の対象から外れてしまうことも多いことが課題と考えている。この点は漁業権を必要としないために産業としての枠から外れてきた陸上養殖にもあてはまる。また、農用区域には水耕栽培施設である農業用施設を設置することができるが、養魚施設を組み合わせたアクアポニックスの施設は設置できないという課題が指摘されており、規制緩和が求められている¹¹⁴。

c-3 マルハニチロ株式会社(東北圏の特色ある取組み)

(取組みの概要)

マルハニチロ株式会社は 2017 年から「知」の集積と活用による研究開発モデル事業として、山形県遊佐町でサクラマスの種苗開発と販売実証試験を開始し、国立研究開発法人

¹¹³ 同社はこれまで大船渡をはじめ全国で 8 カ所のプラントを企画・設計している。プラントフォームウェブサイト参照 (<https://www.plantform.co.jp/achievement/>、2024 年 3 月 13 日アクセス)

¹¹⁴ 例えば、内閣府に対して地方分権改革に関する提案が提出されている（管理番号 29）。

(https://www.cao.go.jp/bunken-suishin/teianbosyu/doc/r05/tb_r5_kohyou_13_1_maff.pdf)

水産研究・教育機構、香川高専、株式会社キッツ、エネオス株式会社、および山形県農林水産部でコンソーシアムを組み、5年間のプログラムとして進めてきた。同事業では陸上養殖サクラマスで日本初のASC認証を取得し¹¹⁵、認証製品の販売実証試験も行った。現在、事業は終了したものの、引き続き試験的に県内のスーパーに出荷している¹¹⁶。

写真 マルハニチロ中央研究所 遊佐試験場



出典 マルハニチロ株式会社 ウェブサイト

(<https://www.maruha-nichiro.co.jp/contents/more/story005.html>、
2024年3月19日アクセス)

(強み)

マルハニチロの強みは、国内産で近年漁獲量が減少傾向にあるサクラマスの種苗を開発した点である。当初、サクラマスの種苗は1.2～1.5 kg/年の成長しか達成できなかったが、陸上養殖に適した種を長い時間をかけて育種・選抜することで最終的に2.5 kg/年の成長を達成し、優秀な種苗開発に成功した。開発にあたっては、ゲノム選抜育種の技術（ゲノムを読みながら、近交弱勢が出ないようにする技術）を用い、県の種苗と陸上養殖から得た種苗をかけあわせ、成長の指標をもとに最適な種苗を選抜していった。

¹¹⁵ マルハニチロ株式会社 2020年3月17日付 ニュースリリース「陸上養殖サクラマスにおいて日本初のASC認証を取得」(https://www.maruha-nichiro.co.jp/corporate/news_center/news_topics/2020/03/17.html、2024年2月28日アクセス)

¹¹⁶ プロジェクトストーリーはマルハニチロ株式会社 ウェブサイト (<https://www.maruha-nichiro.co.jp/contents/more/story005.html>、2024年2月28日アクセス)

また、販売の実証試験としてシンガポールで販促活動を行い、単価で5,000～6,000円/kgという高い評価を得た。一方で、国内量販店ではASC認証に対する評価はそれほど高くなく、価格面では非認証のノルウェー産アトランティックサーモンと同程度ということであった。

さらに、同社は2022年10月に世界第2位のサーモン養殖会社セルマックを子会社に持つ三菱商事との合弁会社アトランド株式会社を設立している。富山県入善町に陸上養殖施設をつくり、年間2,500t規模でのアトランティックサーモン養殖を目指している。

(課題)

同社は、サーモンに限らず陸上養殖の最大の課題は、陸上養殖に適した種苗の開発であり、そのためには、公的な資金を投入し、長い時間をかけて大規模な施設で継代育種を実施していく必要があると考えている。ノルウェーは1970年代から国の政策として海面養殖サーモンのための選抜育種を実施し、現在の「アトランティックサーモン」は18～20世代まで継代育種が進んでいる。一企業ではなく国として継続的に取り組まない限り、優良な種苗開発は進まないとの考えである。

このため、サクラマス以外で陸上養殖を行う場合、選抜育種が進んでいる種を優先的に検討することが重要となる。魚類ではティラピアやバス(ナマズの一種)など海外の魚種で選抜育種が進んでいるが、国内魚種ではまだ発展途上である。

また、欧州を中心とする海外での取引では、持続可能な方法で養殖された魚に与えられるASC認証の取得を求められる場面も多いが、それと比較して国内では同認証の取得に対する関心は低い。国内の飼料メーカーでは、ASC認証に必要な原料履歴が判明している飼料を扱っていないため、同社は、エサを自前で調達している。なお、海外メーカーは低魚粉でも育つ種苗開発とセットで低魚粉のエサを開発している。

同社は、陸上養殖システムの課題は様々な工程の自動化ができていないために効率化が図られていない点にあると考えている。例えば、閉鎖循環式システムにおける排水処理では、水中のアンモニアが低い濃度となるよう常時モニタリングしながら自動での無毒化処理を保つことで、総体的にランニングコストを抑制できる。

一般に、このような自動化は、海外の大規模な陸上養殖では必須であるため、必然的に技術開発も進む。しかし、日本の陸上養殖は総じて小規模であり人手で対応できてしまうため、自動化が進みづらいという背景がある。

c-4 オカムラ食品工業株式会社(東北圏の特色ある取組み)

(組織の概要)

同社は1987年にデンマークのMusholm A/S社(以下「M社」)と業務提携し、M社の養殖の過程で採取される魚卵を直接輸入し、青森本社併設の工場にて加工して国内で販売してきた。2005年にはM社を買収して養殖事業に進出し、魚はベトナムの協力工場加工し、国内およびアジア圏において量販店や回転寿司チェーンを始めとした外食へ販売する

ビジネスを展開している。2017年に青森県で日本サーモンファーム株式会社を設立し、サーモン養殖事業に参入し、同年にはミャンマーでも自社工場を立ち上げ加工事業を開始した。2023年には東京証券取引所スタンダード市場に新規上場した。

(強み)

同社は、海面養殖に適した種苗としてアメリカからトラウトサーモンの発眼卵を輸入して育成、養殖している。トラウトサーモンはASC認証を取得しており、約1年間の淡水による陸上養殖を経て、その後は海面にて養殖を行っている^{117, 118}。トラウトサーモンは海水温が18°C以上になると養殖が難しいが、青森県沿岸は水温が低く、養殖に適した水温の期間が8カ月程度と関東以南より長いと、海面養殖で十分成長させることが可能である。

しかし、海水温の上昇により今後少しずつ養殖期間が短縮される可能性もあるため、同社は給餌の効率化による海面養殖期間の短縮も必要になると考えている。2022年には、養殖生け簀付近で餌を保管して遠隔給餌するためのバージ船を導入し、陸上から食欲をモニタリングしながら給餌の無駄を省く取り組みを行っている¹¹⁹。陸上からの給餌が可能になったことで、時化を気にする必要もなく給餌のハードルを下げることができた。

写真 2022年から青森県で稼働しているバージ船



出典 農林水産業みらい基金 ウェブサイト

(<https://www.miraikikin.org/activities/fisheries/salmonfarm.html>、
2024年3月19日アクセス)

¹¹⁷ 養殖事業の工程はオカムラ食品工業株式会社 ウェブサイト

(<https://www.okamurashokuhin.co.jp/business/aquaculture/flow/>、2024年3月19日アクセス)

¹¹⁸ 屋外循環式の大規模中間育成魚高密度生産システムを研究開発している。同社ウェブサイト参照。(<https://www.okamurashokuhin.co.jp/business/rd/>、2024年3月19日アクセス)

¹¹⁹ バージ船を用いた効率的な給餌の運用改善を進めている。同社ウェブサイト参照。
(<https://www.okamurashokuhin.co.jp/business/rd/>、2024年3月19日アクセス)

また、サーモンの餌は魚粉含有量が少なく、給餌効率は国内のブリやタイに比べて高いため、海洋汚染、魚粉の低減の観点からも有利である。例えば、1 kg 増量させるために必要な餌の量はブリで、40%の魚粉含量の餌の場合は3~4 kg である。それに対して、同社で扱うトラウトサーモンでは10%の魚粉含量の餌で同1~1.2 kg と給餌効率は高い。ただし、海外（デンマーク）の養殖場ではこの給餌効率が実現できるものの、現状国内養殖場では1 kg 増量させるために1.5 kg 程度の餌が必要であり、改善のための取組みを行っている。

（課題）

基本的に完全陸上養殖はコストの高い養殖方法であり、単体では収益を確保するのは困難であるため、同社は収益確保のために陸上養殖を中間育成に限定し、その他の養殖期間は海面養殖とすることで、サーモンにとって良好な青森県沿岸の海洋環境を最大限活用している。

同社は、為替レートが140円/ドル台の円安局面で国内販売に依存することは資材高騰などのリスクにさらされると認識しており、台湾やシンガポールなどに競争力のあるジャパンプランドとして輸出することでコストを吸収する必要があると考えている。また、輸出にあたり、衛生証明書の発給など国内手続きの負担軽減を進めることが重要と考えている。

d 調査結果と今後の見通し

（調査結果のまとめ）

国内における陸上養殖は高いコストのために採算性に課題を抱えており、その要因や今後の事業展開の方向性をまとめると、次のような課題への対応が重要であると考えられた。

- ① 天然種苗だと生産効率が悪いため、海外のように陸上養殖に特化した大規模な人工種苗の開発（育種選抜）が必要
- ② 開発した人工種苗にあわせたエサの開発が必要
- ③ 効率的な養殖設備・システムの実証開発が未熟
- ④ 大規模化に向けた設備投資が必要

今回調査の事例で紹介した事業者は、ビジネスを展開するうえで上記のいずれかの必要性や課題に直面し、それらを解決する努力を行っていることが確認できた。例えば、リージョナルフィッシュやマルハニチロは①育種選抜の課題への対応、プラントフォームは雪冷熱や廃熱の利用による③エネルギー効率をあげた養殖設備、オカムラ食品工業は①海外からの種苗と②種苗にあわせた最適なエサの導入に加え、陸上養殖を中間育成に限ることで採算性の向上を図っている。③高効率な陸上養殖設備の開発が未熟なことの裏返しとして、特定の魚種との組み合わせで効率的な陸上養殖システムを開発し、プラントフォームのようにコンサルティング事業を展開する事業者も多い。また、個別事例としてとりあげなかったが、東邦ガス株式会社は、発電過程で廃棄していた冷熱を利用することで③効率的な養殖設備・システムの実証を成功させ、コストの問題を解決できたことで、知多の名産として養殖サーモンの知名度が上昇している。同様に、かもめミライ水産株式会社は、親会社である

日揮株式会社のエンジニアリング技術を活用し、生産原価を下げるための陸上養殖設備の最適化を図ることで③の課題に対応している。これらの課題は、別の言い方をすれば、国内の陸上養殖の競争力を強化していくために克服が必要なポイントでもある。

また、かもめミライ水産株式会社は生食可能なサバの陸上養殖に取り組む。市場参入者が少ないため、①のような陸上養殖に特化した種苗ではなく、②のように陸上養殖専用の餌が開発されているわけでもない。同社は、養殖サバという希少価値に加え、環境制御による陸上養殖の利点を活かすことで生産効率を高め、コストを最小化する戦略をとっている。

なお、④の大規模な設備投資については2つの面で重要である。1つは、陸上養殖成功のカギとなる陸上での飼育に適した種苗開発のための設備投資である。継代育種には近交を防ぐための大規模な飼育設備が必要となるが、そのための公的資金の投入が必要との意見がみられた。この点は、民間として行政に継続的に訴えていくべき点だろう。もう1つは、コスト削減のための陸上養殖施設そのものの大規模化に向けた設備投資である。現状では、外資系事業者と比べると国内事業者の規模は小さい。国内事業者の大半は、大規模な陸上養殖をグローバル展開する外資系事業者とは完全には同じ戦略をとらず、国内市場のみを見据えて小規模な生産と高付加価値化を重視している。

(今後の見通し)

陸上養殖事業単体ではコストがかさみ、採算性は厳しいという見解が多く、この意見は東北圏の内外にかかわらず同じであった。この難題に対し、各事業者は陸上養殖事業以外の収益性の高い事業を組み合わせることでコスト吸収を実現している。今回のヒアリング結果から、種苗開発・販売、輸出、事業ノウハウのコンサルティングなどが陸上養殖と組み合わせる事業として有望な候補であると考えられた。このような工夫により、種苗を輸入する必要がある、陸上養殖設備の開発が不十分、小規模生産が多いといった不利な条件を少しでも緩和することで事業を成長させ、規模を拡大してコストを低減していくことが求められている。

陸上養殖はコスト面の課題を抱えているものの、海面養殖にはない安定性、環境配慮、計画性などの利点が重視されていることが、昨今の陸上養殖のブームを後押ししている。過去にも同様のブームは数回あったが、現在は世界的な魚食の広まり、不安定な漁獲、SDGsなど環境・社会課題への関心の高まり、技術（テック）の進化など、陸上養殖を推進する各種要因が揃っている。コスト面の課題を解決するテックは今後も進化することが期待されており、水産業における陸上養殖の位置付けはますます重要になると思われる。

今後も高い関心が続くと見込まれる陸上養殖に関して、東北圏におけるヒアリングでは、冷涼な気候でかつ海水温が低いため、サーモンをはじめとする冷水性魚の養殖に適しているとの声が多く聞かれた。掛け流し方式の陸上養殖の場合、沿岸の冷涼な海水を利用するのに適しており、また閉鎖循環式であれば、気温が低いため室温のコントロールも容易であろう。そのような環境に適した冷水性魚種の養殖種苗の開発も検討に値すると考えられる。また、日本沿岸全体で海水温の上昇が長期にわたって続く場合でも、海水温が比較的冷涼に保

たれる東北圏の陸上養殖は、東北圏以西に比べて優位になると予想される。養殖適地が東北圏に北上してくると、陸上養殖に加えて海面養殖が増えるシナリオも考えられる。

最後に、かもめミライ水産の例では、福島県浪江町の産業団地での事業実施条件が整っていたことが浪江町事業を行う決め手となったという。オカムラ食品工業は、海面でのサーモン養殖にあたり、漁業調整上で問題となる既存漁業が存在しなかったこともあり、区画漁業権の取得にむけて地元漁協との調整は円滑に進んだそうである。ビジネスモデルに関する東北圏の強みを生かすという視点に加え、このような行政との調整や制度上の手続きを円滑に進める可能性を見極めることも重要であると考えられる。

e 参考文献

- 水産庁（2023）「令和4年度陸上養殖実態調査委託事業の結果概要」、令和4年度陸上養殖実態調査委託事業第3回検討委員会用資料（2023年3月7日）
- 矢野経済研究所（2023）「養殖ビジネスの市場実態と将来展望～期待高まるスマート水産・陸上養殖・低魚粉/昆虫飼料の方向性～」
- 水産庁「陸上養殖業の届出について」
(<https://www.jfa.maff.go.jp/j/saibai/yousyoku/taishitsu-kyoka.html>、2024年2月28日アクセス)
- FAO（2022）「“The State of World Fisheries and Aquaculture. Towards Blue Transformation.”」 p30. Rome, FAO
- リージョナルフィッシュ株式会社 ウェブサイト (<https://regional.fish/>、2024年2月28日アクセス)
- 日本電信電話株式会社 2023年6月27日付ニュースリリース「NTTとリージョナルフィッシュによる合弁会社「NTTグリーン&フード株式会社」設立について～地域と新たな産業創出をめざす～」
(<https://group.ntt.jp/newsrelease/2023/06/27/230627a.html>、2024年2月28日アクセス)
- マルハニチロ株式会社 2020年3月17日付 ニュースリリース「陸上養殖サクラマスにおいて日本初のASC認証を取得」(https://www.maruhanichiro.co.jp/corporate/news_center/news_topics/2020/03/17.html、2024年2月28日アクセス)
- マルハニチロ株式会社 ウェブサイト (<https://www.maruhanichiro.co.jp/contents/more/story005.html>、2024年2月28日アクセス)
- オカムラ食品工業株式会社 ウェブサイト
(<https://www.okamurashokuhin.co.jp/business/aquaculture/flow/>、
<https://www.okamurashokuhin.co.jp/business/rd/>、2024年2月28日アクセス)

2-3 ゲノム編集

(要約)

ゲノム編集とは、目的となる機能を得るために遺伝子を改変させる技術の1つであり、第一次産業では育種技術と位置付けられている。高 GABA トマトや可食部増量マダイ等、すでに市販できる品種もあるが表示義務はなく、ゲノムの中の特定の場所を切断することに対する消費者団体等からの懸念の声も強く、消費者の受容性はまだ低い。

機能性向上で高付加価値商品が得られたり、耐病性等で単収増加につながるといった、東北圏でも活用することで食ビジネスの可能性が広がる技術と位置付けられる。しかし国内外において、産品を販売する市場でのレギュレーション対応や消費者受容の拡大が重要になると思われる。

a 特徴

ゲノム(genome)とは、Gene (遺伝子) に集合体を表す「-ome」が加わった言葉であり、生物のもつ遺伝子 (遺伝情報) の全体を意味している¹²⁰。

DNA (デオキシリボ核酸) とは、4 種類の塩基 (アデニン (A)、グアニン (G)、シトシン (C)、チミン (T)) とリン酸等でできている分子であり、物質である。この DNA に記載され、遺伝情報として働く部分が遺伝子であり、ゲノムはその集合体である。すなわち、DNA はモノ、遺伝子やゲノムは情報である (第 2-3-1 図表)。

遺伝情報からタンパク質が作られる過程は以下のとおりである。DNA にある遺伝情報は、mRNA (メッセンジャーRNA) に写し取られ、その mRNA の塩基配列 (例えば、「AUG¹²¹」等) が 3 個 1 組の塩基 (コドン) となる。このコドンが、アミノ酸の種類を指定する。アミノ酸がつながって、折りたたまれた立体構造となると、さまざまな機能をもったタンパク質が出来上がる。

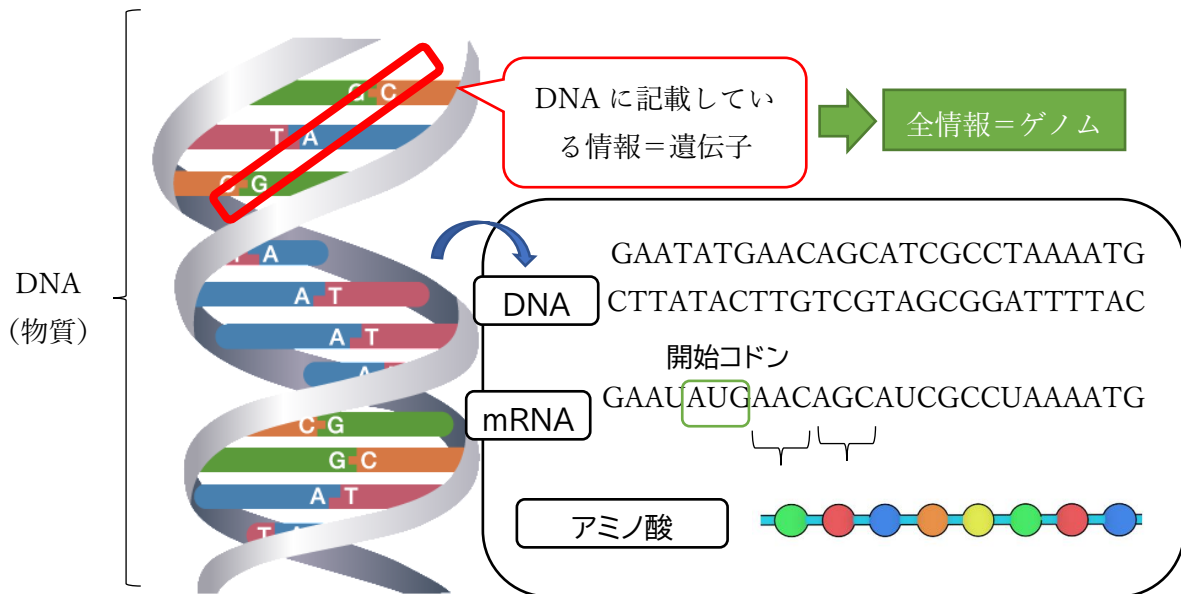
ゲノム編集とは、DNA を切り取る人工の制限酵素を注入し、標的となる部分を破壊したり、別の遺伝子を導入させて、ゲノムを改変する技術である。農畜産物の品種改良やカイコの体内で医薬品の原料生産等を行うような産業利用や医療研究での可能性が期待されている。それまでは、放射線でランダムに DNA を切断し、突然変異を誘導する等での品種改良や、遺伝子組換え技術があった。しかし、それらでは標的となる遺伝子のみ限定し、作用するような制御が不可能であった。そうした制御が可能になったのが、ゲノム編集技術であり、そのため従来よりも安全性や確実性が向上したとされている。

¹²⁰ 独立行政法人製品評価技術基盤機構 ウェブサイト

(<https://www.nite.go.jp/nbrc/genome/description/analysis1.html>, 2024 年 2 月 28 日アクセス)

¹²¹ RNA の塩基はアデニン (A)、グアニン (G)、シトシン (C)、ウラシル (U) の 4 種類。「AUG」の場合、「アデニン、ウラシル、グアニン」の順の塩基配列を表す。

第2-3-1図表 DNA、遺伝子、ゲノムとは

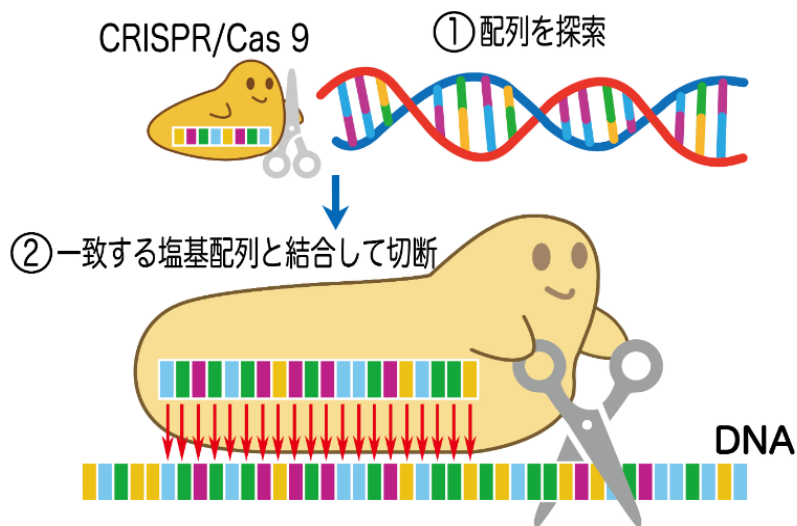


出典 研究ネット(<https://www.wdb.com/kenq/illustr/dna-double-helix>、2024年3月4日アクセス)、独立行政法人製品評価技術基盤機構ウェブサイト¹²⁰から作成

ゲノム編集技術の開発は、人工の制限酵素の開発である。制限酵素とは、侵入してきた外来 DNA を切断・不活性化する防御システムに使われるものだ。1996年に第一世代の「ジンクフィンガーヌクレアーゼ (ZFN)」が、2010年に第二世代のゲノム編集ツールとして「ターレン (TALEN)」が、そして2012年に「CRISPR-Cas9」が開発された。このうち作製が簡便等といった理由から、CRISPR-Cas9の利用は急速に広がった¹²²。この手法を確立したドイツのマックス・プランク感染生物学研究所 エマニュエル・シャルパンティエ所長とカリフォルニア大学バークレー校のジェニファー・ダウドナ教授は2020年にノーベル化学賞を受賞した。

¹²² 山本卓 (2019) 「ゲノム編集の歴史と基礎」 THE CHEMICAL TIMES、2019 No.1
(https://www.kanto.co.jp/dcms_media/other/CT_251_01.pdf、2024年2月27日アクセス)

第2-3-2 図表 CRISPR-Cas9 のはたらき



出典 農林水産省 ウェブサイト

(https://www.affrc.maff.go.jp/docs/anzenka/genome_editing_leaflet/genome_editing_leaflet.html、2024年3月4日アクセス)

注目したいのは遺伝子組換えになるのかどうか、といった点であろう。品種改良においては、細胞内に人工制限酵素を導入して、標的とする遺伝子の切断と修復エラーを起こし、遺伝子を破壊（遺伝子ノックアウト）し、外来 DNA を挿入（遺伝子ノックイン）することで、目的の性質を作り出す。この遺伝子ノックイン、すなわち外来の DNA を挿入した個体は、遺伝子組換え体となる。

さらに、植物でのゲノム編集においては、この人工の制限酵素を、まずは遺伝子組換え技術を使い、いったん細胞に導入するのが一般的である¹²³。すなわち遺伝子組換え技術とセットで用いられていると考えてよかろう。

国内の農林水産分野での研究開発は、内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）の第1期（14～18年度）、第2期（18～22年度）が、ゲノム編集技術関連の研究を進めた。ここで、ストレス緩和や血圧上昇抑制など健康機能性成分として注目されるγ-アミノ酸（GABA）の含有量を大きくしたトマトの開発等が進められた。

¹²³ 農林水産技術会議ウェブサイト

(https://www.affrc.maff.go.jp/docs/anzenka/genome_editing_leaflet/genome_editing_leaflet.html、2024年2月27日アクセス)

b 産業と市場動向

産業化について考える際、当領域で注目したいのはレギュレーション対応であろう。上述したゲノム編集技術の開発が進むに伴い、国内でも対応した制度の在り方について議論されている。現行規制では、①生物多様性への影響にかかる規制、②食品安全に関する規制がある。

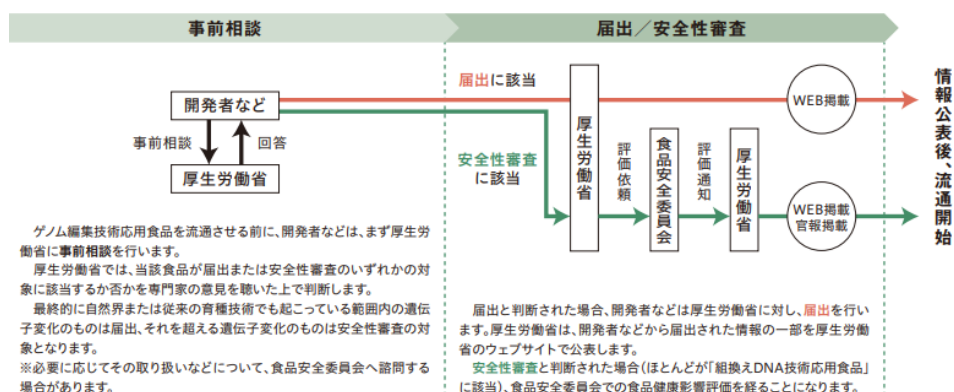
まず①生物多様性への影響にかかる規制として、2019年に環境省が策定した局長通知「ゲノム編集技術の利用により得られた生物であって「遺伝子組換え生物等の使用等の規制による生物の多様性の確保に関する法律」（通称「カルタヘナ法」）に規定された『遺伝子組換え生物等』に該当しない生物の取扱いについて」がある。このなかで、最終的に得られた生物に、細胞外で加工された核酸（DNA と RNA の総称）が残存している場合はカルタヘナ法の対象となり、研究開発段階での文部科学省への申請等が義務付けられている。

一方、核酸が残存せず、同法の対象外となる場合は、使用等に先立ち主務官庁（研究開発であれば文部科学省等への届出等、農林水産分野での使用は農林水産省への事前相談や情報提供の実施）を行うことになっている。

次に②食品安全に関する規制である。厚生労働省「ゲノム編集技術応用食品及び添加物の食品衛生上の取扱要領（2019年決定、2020年最終改正）」では、最終的に外来の遺伝子を含む場合は「組換え DNA 技術」として扱うこととし、ゲノム編集技術応用食品¹²⁴と取扱いを分けている。このゲノム編集技術応用食品については、開発者が厚生労働省に事前相談し、同省が専門家の意見を聞いたうえで、届出のみで流通できるのか、もしくは安全性審査を要するのかを判断する。

後者の安全性審査に関しては、同省から食品安全委員会へ評価依頼¹²⁵があり、同委員会の評価を受けて、流通できるかが判断される。

第2-3-3 図表 ゲノム編集技術応用食品の食品衛生上の取扱い



出典 厚生労働省「ゲノム編集技術応用食品を適切に理解するための6つのポイント」

¹²⁴ 添加物も含む。

¹²⁵ ほとんどが「組換え DNA 技術応用食品」としての依頼。

次に、ゲノム編集技術応用食品（および添加物）の届出状況をみてみよう。厚生労働省ウェブサイトには順次届出情報の一覧が表示されており、現時点（2024年2月27日）では、6件あり、そのうち養殖魚が3件、植物が3件となっている。GABA含有量を高めたトマトが2件となっているが、これは系統が異なるため別での扱いとなっているものである。

このようなGABAを多く含む強化トマトや可食部が約2割増加した肉厚のマダイ、成長速度が1.9倍の早いフグなどについては、流通が許されている。また、高成長ヒラメについての届出が完了し、流通が始まることが期待されている。

第2-3-4 図表 届出済みのゲノム編集技術応用食品

	品目名	届出年月日	開発者等	届出者	上市年月
1	グルタミン酸脱炭酸酵素遺伝子の一部を改変しGABA含有量を高めたトマト	2020/12/11	サナテックライフサイエンス株式会社		2021/9
2	可食部増量マダイ	2021/9/17	リージョナルフィッシュ株式会社		2021/10
	追加系統	2022/12/5	リージョナルフィッシュ株式会社		2023/1
3	高成長トラフグ	2021/10/29	リージョナルフィッシュ株式会社		2021/11
	追加系統	2022/12/5	リージョナルフィッシュ株式会社		2023/1
4	PH1V69 CRISPR-Cas9 ワキシトウモロコシ	2023/3/20	パイオニア・ハイブレッ ド・インターナショナル社	コルテバ・アグリサイエ ンス日本株式会社	未定
5	グルタミン酸脱炭酸酵素遺伝子の一部を改変しGABA含有量を高めたトマト	2023/7/27	サナテックライフサイエンス株式会社		未定
6	高成長ヒラメ	2023/10/24	リージョナルフィッシュ株式会社		未定

出典 厚生労働省 ウェブサイトから作成

写真 ゲノム編集技術により開発された高GABAトマト(F1 実験系統)



出典 独立行政法人農畜産業振興機構 ウェブサイト

(https://vegetable.alic.go.jp/yasaijoho/senmon/2001_chosa01.html、
2024年3月4日アクセス)

写真 可食部増量マダイ(右)



出典 京都大学 ウェブサイト

(<https://www.kyoto-ac.jp/kurenai/201809/taidan/>、
2024年3月4日アクセス)

最後に食品の表示関連についてみてみよう。現段階ではゲノム編集技術応用食品という区分での義務的な表示制度はない。食品表示法では、食品表示基準違反に対し、指示、命令、罰則（懲役刑・罰金刑）が定められている。同法はゲノム編集技術応用食品は対象外とし、厚生労働省に届け出た事業者が消費者へ表示などの情報提供を行うものとされている。

しかし、ゲノム編集技術応用食品に関する表示制度の実現は、不安感を拭えない消費者から強く望まれているようだ。例えば、2019年6月の消費者庁「食品表示部会」では、参考資料として消費者庁に寄せられた意見の概要として以下のようなものが提出されている。

- 遺伝子組換えなどの最新のバイオテクノロジーにより作出された生物に対して、消費者は高い関心や懸念を持っている。消費者が自主的に選択できるよう合理的かつ全面的な表示制度を要望する。
- 消費者の知る権利及び選ぶ権利のためにゲノム編集技術応用食品に表示を行うことを求める。
- 自然界で起こりうることと自然に生じたものは異なる。消費者の選択する権利のために表示が行われることを望む。また、ゲノム編集食品か否かの検査が困難であれば、社会的な検証を検討すべき。

関係省庁や事業者等から豊富な情報提供がすでにあるように思われるが、消費者への丁寧な情報提供が今後も求められていると推測できる。

(強み)

国際連合食糧農業機関 (FAO) によると、ゲノム編集のもたらす効果としては、脂肪酸含有量が増加するといった①機能性向上と、耐病性といった②生産性向上がある。

①の機能性向上について、耕種では、油糧種子であるカメリナやセイヨウアブラナ、大豆において、脂肪酸含有量を増加した品種の開発に米国や中国の研究所が取り組んでいる。興味深いのは、前述のとおり日本では緊張やストレス緩和の効果があるとされる GABA に注目する一方、ブラジル、ドイツ、米国は老化防止の効果をもたらすとされる抗酸化作用を高めるトマトの開発を進める点である。

このように当該技術の開発には、将来的な市場拡大の見通しや、研究開発拠点が所在する地域において、当事者が何を課題ととらえているのか、といった点が色濃く反映されている様子がうかがえて、興味深い。例えば、睡眠時間が足りない、メンタルヘルスの障害がある等の燃え尽き度数が世界 1 位に東京が選ばれている¹²⁶。日本には、ストレス緩和を強く求める消費者が多いのであろう。

一方、②の生産性向上について、研究機関所在地をアフリカとし、生産者のマージンが少ないと思われる主食となる穀類等の開発が多く含まれている。例えば、ケニヤではソルガム (アフリカでの主食用と推測される) において、寄生植物への耐性がある品種の開発が進んでいる。①の機能性向上が主に高付加価値化を目指しているように思われる一方、②の生産性向上は開発途上国における人口増への具体的な対策と位置付けられる。

同様に畜産でも、アレルギーフリーの牛乳や鶏卵の開発といった機能性向上と、耐病性等をもつサーモンの開発といった生産性向上が取り組まれている。

興味深いのは米国の角無し乳用牛の開発であろう。牛の飼養管理では、労働安全の面から除角が必須だが、家畜福祉からそれを行わない方向で、規制が強化されている。SDGs の目標達成のために家畜福祉の向上が社会から求められるなか、規制対応としての育種改良のツールにゲノム編集技術が位置付けられていると思われる。

¹²⁶ Forbes Japan (<https://forbesjapan.com/articles/detail/32140>、2024 年 2 月 29 日アクセス)

第2-3-4 図表 世界における第一次産業でのゲノム編集技術の活用

品種	効果	研究機関所在地	品種	効果	研究機関所在地
機能性向上			生産性向上		
カメリナ	脂肪酸含有量増加	米国	セイヨウアブラナ	除草剤耐性	中国
レタス	ビタミンC増加	中国	ジャガイモ、てん菜	耐病性等	ロシア
セイヨウアブラナ	脂肪酸含有量増加	中国	コメ	耐塩性	インド、中国
ジャガイモ	低アクリルアミド	米国	コメ	耐病性等	米国
大豆	脂肪酸含有量増加	米国	ソルガム	タンパク含有量増	豪州
小麦	低グルテン	スペイン、オランダ	ソルガム	寄生植物への耐性	ケニア
野生種トマト	高抗酸化	ブラジル、ドイツ、米国	大豆	センチュウへの抵抗性	ブラジル
ビール醸造用イースト	風味向上	ベルギー	トマト	耐病性等	米国
生産性向上			トマト	ビタミンD3増	英国
アルファルファ	単収増	アルゼンチン	小麦	耐病性等	中国
バナナ	耐病性等	豪州、ナイジェリア、南アフリカ	畜産		
カカオ	耐病性等	米国	鶏	白血病抵抗性	チェコ
チェリー	耐病性等	米国	乳用牛	アレルギー除去生乳生産	アルゼンチン
柑橘	耐病性等	中国	乳用牛	角無し	米国
キュウリ	耐病性等	イスラエル	山羊	カシミア増加	中国
フラックス	除草剤耐性	米国	サーモン	無菌性、耐病性等	ノルウェー
ブドウ	耐乾燥性	南アフリカ	豚	二重筋肉	韓国
コーン	耐病性等	米国	豚	耐寒性	中国
			豚	豚熱への抵抗性	英国

出典 FAO(2022)から作成

c 東北圏の可能性

地球温暖化に伴う長雨や小雨、洪水や台風といった気候変動は予測が難しい。また、第一次産業における生産拡大や省力化などに対しても、強靱で生産性の高い種の開発は必要と考えられる。また、ゲノム編集により東北圏ならではの特徴ある品種を開発することも、地域活性化の一助と期待される。

課題となるのは、ゲノム編集技術からの種苗等を使う場合、生産者側に追加の費用負担が必要となる点である。もちろん耐病性等が向上し、収量が確保すれば、経営の安定につながる。他方、多くの生産者が一斉に同じ新品種を栽培した場合、豊作貧乏といった言葉があるように、国内市場が飽和し、価格が低下した場合、必ずしも生産者に高所得をもたらさない懸念もある。

こうした追加費用の発生をまかなうために、ゲノム編集技術は輸出戦略といった販売拡大策とセットで取り組むべき領域となろう。そしてその場合、販売までに関連する制度の詳細を詳しく調べる必要が発生する。例えば、2018年に欧州司法裁判所がゲノム編集技術を活用して得た生命体は、GMO（Genetically Modified Organism、遺伝子に手を加えた作物）

としてみなすとの判決を下しており、これは日本での取扱いと異なっている¹²⁷。

前述したように、日本では日本らしい観点での高付加価値食品におけるゲノム編集技術の開発が進んでいる。したがって、消費者の価値観等がある程度共通性があると思われるアジア諸国の市場への輸出拡大に貢献するだろう。その場合でも、ゲノム編集技術を活用した食品の制度的な取扱いについての情報収集は必要で、そこまでの道筋がみえてはじめて第一次産業の生産者がこの技術を用いた製品を受け入れるのではないだろうか。

さらに、まずは交配育種や突然変異処理に比べ抵抗感の大きい国内消費者の理解を醸成する試みも必要となる。従来技術を用いて改良された「あきたこまち R」（「あきたこまち」と国が育成した、カドミウムの吸収率が低い品種「コシヒカリ環 1 号」の交配による開発）であっても、SNS で根拠のない主張が広がり、風評被害にさらされている。こうした批判に対し、国は丁寧な説明により新技術に対する不安感の軽減と理解醸成に努めていく必要がある。

d 参考文献

- 独立行政法人製品評価技術基盤機構 ウェブサイト
(<https://www.nite.go.jp/nbrc/genome/description/analysis1.html>、2024 年 2 月 28 日アクセス)
- 名城大学 ウェブサイト (<https://www.meijo-u.ac.jp/sp/meijoresearch/feature/01.html#:~:text=%E3%82%B2%E3%83%8E%E3%83%A0%E7%B7%A8%E9%9B%86%E3%81%A8%E3%81%AF%E3%80%81%E5%A4%9A%E6%95%B0,%E5%9F%BA%E6%9C%AC%E7%9A%84%E3%81%AA%E6%96%B9%E6%B3%95%E3%81%A7%E3%81%99%E3%80%82>、2024 年 2 月 26 日アクセス)
- 山本卓 (2019) 「ゲノム編集の歴史と基礎」 THE CHEMICAL TIMES、2019 No.1 (関東化学株式会社 ウェブサイト、https://www.kanto.co.jp/dcms_media/other/CT_251_01.pdf、2024 年 2 月 27 日アクセス)
- 農林水産技術会議 ウェブサイト
(https://www.affrc.maff.go.jp/docs/anzenka/genome_editing_leaflet/genome_editing_leaflet.html、https://www.affrc.maff.go.jp/docs/anzenka/genom_editting.htm、2024 年 2 月 28 日アクセス)
- PR TIMES 2023 年 12 月 25 日付「ゲノム編集技術を利用して開発した「高成長ヒラメ」、厚生労働省及び農林水産省への届出完了」

¹²⁷ FAO (2022) “Gene editing and agrifood systems” (<https://doi.org/10.4060/cc3579en>、2024 年 2 月 28 日アクセス)

(<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000028.000060432.html>、2024年2月28日アクセス)

- FAO (2022) “Gene editing and agrifood systems”
(<https://doi.org/10.4060/cc3579en>、2024年2月28日アクセス)
- Forbes Japan (<https://forbesjapan.com/articles/detail/32140>、2024年2月29日アクセス)

2-4 新たな食品加工技術

2-4-1 調理ロボット

(要約)

食品工場や外食産業で機械化は進められてきたものの、技術的、環境的制約から機械化できない部分が多く存在する。人手不足が深刻化しつつあるなかで、技術革新を背景に食品工場や外食産業向けの調理ロボットの開発が進み、人の代わりができる領域が生まれつつある。

本調査を通し、普及の課題は、①導入先のスペース確保等の環境整備、②導入時に発生するイニシャルコストの高さ、③保守・運用面のネットワーク整備であるとわかった。東北圏で調理ロボットの研究開発や活用については、先進的に導入を進めるモデル地区とする、研究開発拠点として整備するのいずれかが考えられる。

a 特徴

(調理ロボットとは)

調理ロボットは調理や盛付けの工程を自動化できるロボットで、人口減や高齢化が進むなか、食品工場や外食産業の人手不足対策として期待が集まる。そもそもロボットとは何か。国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）は「NEDO ロボット白書 2014」の中で、ロボットを「センサー、知能・制御系、駆動系の3つの要素技術を有する、知能化した機械システム」¹²⁸と定義し、産業用ロボットの役割を「生産環境における人の作業の代替」としている。

一般に、調理ロボットとは、外食産業で活用されるロボットを指し、人手不足を背景に市場の急拡大が期待されるようになっている¹²⁹。例えば、TechMagic 株式会社の pasta 自動調理ロボット「P-Robo」は、外食店内のキッチンに配置され、注文に応じて、麺をゆで、具材やソースと混ぜ加熱調理する。すでに、株式会社プロントコーポレーションが展開する飲食店への導入が報じられている¹³⁰。

また、サプライチェーンの川中の、食品工場においても、研究開発の進展や人手不足への

¹²⁸ ただし、日本経済再生本部「ロボット新戦略」（2015年2月10日）では、「3要素の全てを兼ね備えた機械のみをロボットとして定義することでは、実態を捉えきれなくなる可能性がある」とされ、定義には留意が必要。

¹²⁹ 例えば、evort ウェブサイト (<https://evort.jp/article/cooking-robot>、2024年2月7日アクセス)。

¹³⁰ 日経クロステック 2022年7月1日付「ロボットがパスタを最短45秒で自動調理、実店舗で稼働開始」(<https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/news/18/13214/>、2024年2月7日アクセス)

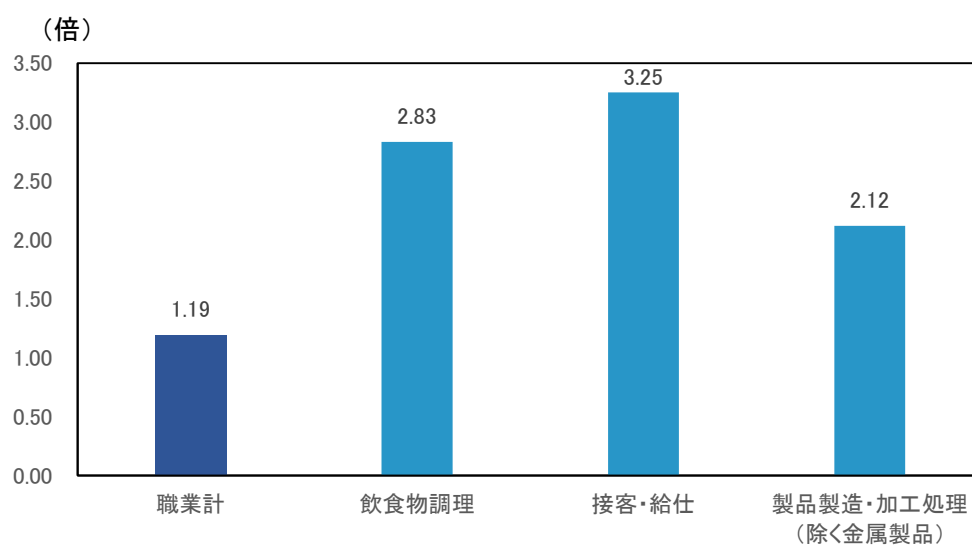
対応から、その活用が重視されるようになってきている。従来は、生産現場における SI¹³¹ 人材の不足や、自動化への経営層の理解不足、多品種でかつ柔軟・不定形物を扱うため自動化は難しいとされてきたが、研究開発が進み、また人との協働に関する運用面等での工夫が進められ、多様な対象物の取扱いが可能なロボットによる惣菜盛付け工程の自動化が期待されるようになった。

このように、食のサプライチェーンにおけるロボットの役割は、今後拡大する見込みである。そこで、本報告書では調理ロボットとしては、食品工場内でのロボット活用も含めて、幅広にみていきたい。

(調理ロボット化が求められる背景)

食品工場や外食産業の人手不足について改めて整理したい。2022年度の職業別有効求人倍率によると、全職業では1.19倍であったのに対し、飲食物調理(2.83倍)、接客・給仕(3.25倍)、製品製造・加工処理(金属製品を除く)(2.12倍)と全職業平均を上回った(第2-4-1図表)。

第2-4-1 図表 職業別有効求人倍率(パートタイムを含む常用、2022年度)

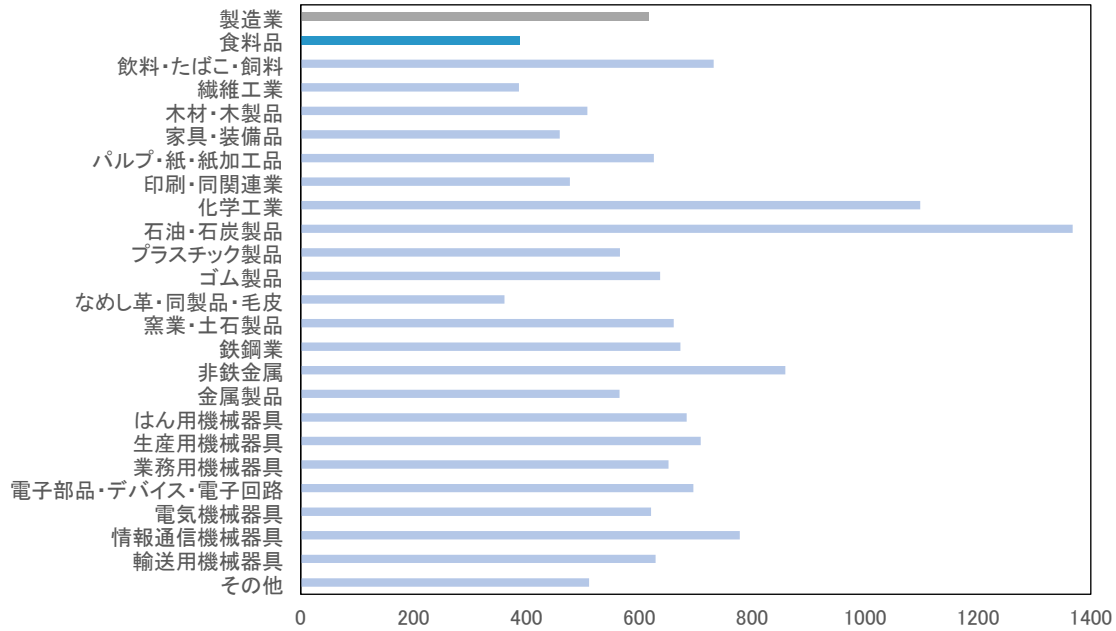


出典 厚生労働省「一般職業紹介状況」(職業安定業務統計)

食品製造業は他の製造業と比べて事業従事者一人当たりの純付加価値額が低く、製造業平均の約6割にとどまる(第2-4-2図表)。今後、労働力不足が予測されるなかで、食品工場や外食産業ではさらなる機械化やロボットの導入による人手不足解消と生産性向上が求められている。

¹³¹ システムインテグレーションの略。工場で利用するシステムの要件定義から開発、導入後の運用・保守まで一貫して行う。

第2-4-2 図表 製造業の事業従事者一人当たり純付加価値額

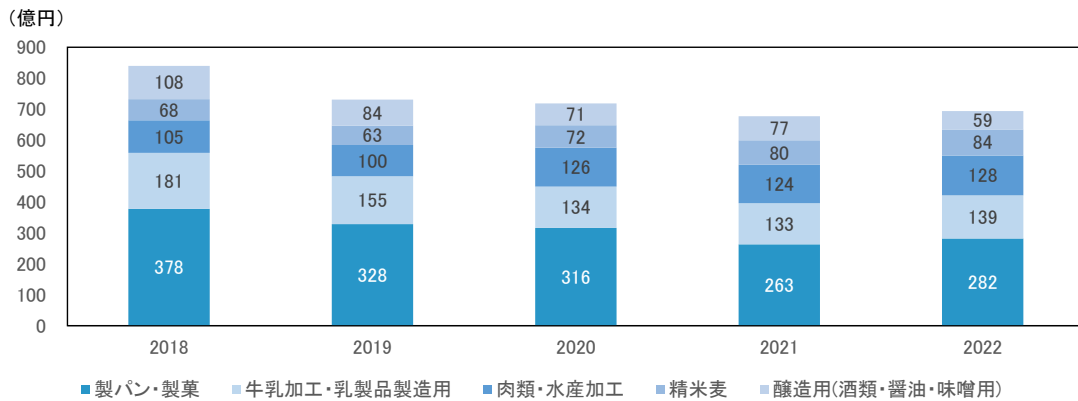


出典 経済産業省「令和3年 経済センサス-活動調査」(調査は2020年)

b 市場動向

調理・加工に関する機械の生産金額(個装・内装用、外装・荷造り用を除く)をみると、2018年から2022年で減少傾向である。またいずれの年においても、内訳は「製パン・製菓」が最大で300億円ほど、ついで牛乳加工・乳製品製造用が100~200億円ほどとなっている(第2-4-3図表)。ただし、本調査には輸出用も含まれているため、注意が必要である。

第2-4-3 図表 食品産業用機器の生産金額



出典 経済産業省 生産動態統計調査

以上は、主に食品製造業の工場内で使われる機械の生産額である。一方、外食産業で活用される調理ロボットの市場はまだ小さく、国内市場規模は2022年で2億円にすぎないと報じられている¹³²。

さらに、一般社団法人日本ロボット工業会によると、2022年の食品産業（食料品、飲料・たばこ・飼料）へのマニピュレータ¹³³やロボットの出荷台数は883台にとどまっている¹³⁴。

食品調理等の機械化は、形を考慮しない液体や粉末、比較的形状が均一な寿司や野菜を対象としたものが中心だった。使用場所は食品工場が中心で、惣菜工場や外食産業での導入は遅れていた。

惣菜工場での機械化が遅れていた理由は、①技術的に実現が困難、②導入・運用を鑑みた全体最適が難しい、③高度な機械は運用が困難、④高価な設備は導入できないとされる¹³⁵。①や②、④の原因は対象物が不定形、多品種小ロットで製品の改廃が多いという惣菜工場特有の事情がある。

なお、外食産業はとくに①が理由で、機械化が難しかったとみられる。しかし、「a 調理ロボットの特徵」で示したとおり、人口減や高齢化は食品工場や外食産業のロボット化を迫る。そこで、大手食品製造用機器のメーカーは自社開発のほか、スタートアップ企業へ出資する形も含めてロボット開発を進めている。

国も導入を後押しする。農林水産省は「みどりの食料システム戦略」のなかで、2030年までに食品製造業の労働生産性を2018年基準で3割以上向上させるとし、食品産業労働生産性技術導入実証事業でロボットの導入を後押しする。本事業では食品産業の生産性向上により国際競争力を強化するため、ロボット等を活用した食品の製造・品質管理の自動化技術導入・実証を支援するものである。経済産業省も支援しており、「令和4年度革新的ロボット研究開発等基盤構築事業」では、人手不足への対応が喫緊の課題となっている施設管理・小売・食品の分野にフォーカスをあて、「ロボットフレンドリーな環境」（ロボットを導入しやすい環境）を構築することを目的とする事業を進めている。

¹³² 産経新聞 2023年8月21日付「調理ロボットが飲食店を救う 人に代わって厨房で作業、人手不足の解決策に」（<https://www.sankei.com/article/20230821-OYAA6DKY55O4HBVTVETM5L2GYM/>、2024年3月19日アクセス）

¹³³ 人間の腕を模倣したロボット

¹³⁴ 日本ロボット工業会「マニピュレータ、ロボット統計 2022年」

¹³⁵ 荻野（2022）「惣菜工場の人手不足対策にワンチームでロボット普及を目指す～惣菜製造業におけるロボフレ構築への取組み～」工場管理、2022年3月

c 事例調査 コネクテッドロボティクス株式会社(全国の事例)

(組織の概要)

ここでは、調査対象領域の川中にあたる惣菜工場向けのロボットを設計から販売を行うコネクテッドロボティクス株式会社(東京都小金井市)にヒアリングを実施した。同社は食品工場向け盛付ロボットや食品の検査を行うAI検査ソフトウェアの研究開発から製品化を行う企業で、2014年に創業された。2017年から食産業向けのロボット開発を進め、そばの調理ロボットや惣菜の盛付ロボットを上市した。JR東日本グループ、ホシザキ株式会社、株式会社寺岡精工と資本業務提携をしている。

(強み)

同社の創業者で代表取締役の沢登氏は、他業界のスタートアップ企業でロボット制御の開発責任者の経験がある。その経験を同社事業に活かして高性能なロボット制御ができるという強みがあり、ロボットを素早く柔軟に動かす技術を有する。

同社は特に惣菜工場をターゲットとする。その理由に惣菜工場は製造工程がある程度標準化されていること、工場の規模が大きいこと、飲食店と比べて日々の生産量が安定していることを挙げる。同社は惣菜盛付ロボットのように、大手や他のスタートアップ企業と比べて汎用性の高い製品を開発していることが特徴である。

惣菜盛付用「Delibot(デリボット)」は、ポテトサラダの盛り付けを時間あたり250食行う。人間は300~400食程度で、速度は人間に劣るものの、人間と異なり休憩なしで稼働できる。

(課題)

普及の課題の一つは設置環境である。同社によると、ロボットの導入によって生産性を高めるためにはロボットのシステムを開発するだけでなく、環境を整える必要があるという。例えば、ロボットが扱いやすい包装容器の使用、業務フローやシステム環境の整備など、ユーザーサイドの環境も重要となる。

それに対し、経済産業省はロボットを導入しやすい環境(ロボットフレンドリー環境)の実現を進める。同省によると「ロボットの未導入分野への導入促進に向けては、ロボットフレンドリーな環境の実現が不可欠であり、またその実現のためには、ロボットユーザー企業とロボットシステム統合を行う企業等による連携が重要」として食品を含む4分野を重点とした支援措置を講じている¹³⁶。同社も食品分野で参画する。

コネクテッドロボティクスは、その他の普及の課題として導入費用を挙げた。日本の食品工場や外食産業では低賃金の労働力に依存し、安価な製品を供給できていたことから、ロボ

¹³⁶ 経済産業省 ウェブサイト「今年度も、ロボットフレンドリーな環境の実現に向けた取組を強力に推進しています」(2023年9月29日更新、https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/mono/robot/230929_robotfriendly.html、2024年2月28日アクセス)

ットの方が、人を雇うよりもコストがかかってしまう。ロボット導入の場合、イニシャルコストに対してはファイナンスモデルを組み、導入しやすいように配慮をする。ロボットの導入を検討する際、ロボット自体のコスト低下と今後の賃上げの動向を考慮し、導入時期を見極めることも必要である。

(支援)

行政からの支援に対する考えは食品業界とは異なる。例えば、補助金がプロジェクトベースになると、特定の顧客に特化したものになり、より幅広く社会実装に繋げるためのマーケティングや研究開発に多くの時間・費用を投資することができなくなることが挙げられる。また、ロボット産業に限ったことではないが、研究活動が進むにつれて補助金申請時の計画とずれてくるのが常だが、当初の計画の優先が求められて柔軟な対応できないことも課題という。

支援対象の特性や、マーケット環境と合わせて運用可能な柔軟支援が求められる。

(東北圏の可能性)

同社は拠点を増やすことも想定する。「東京のみだと顧客サービスが行き届かない。現地のサービスや営業拠点は東北圏にも進出しよう。周囲のお客様へのアクセスが重要。仮に研究開発のようなハードを移すのであれば大学、研究施設、人材、自治体の支援（住みやすい環境）があるところがよい。研究開発のための広いスペースも重要」とした。「東京は人材の流動性が大きい、地方は腰を据えてやれる人が多いことは有利。ロングスパンの研究や仕事に向く。地場に根付いた優秀でまじめな方を求める」とのことであった。地方には、大都市とは異なる地域の特性にあった戦略が求められる。

写真 惣菜盛付ロボット「Delibot」



出典 コネクテッドロボティクス株式会社 提供

d 調査結果と今後の見通し

ロボット自体の生産コスト低下や制御技術の向上で、従来は難しかった惣菜の盛付けや外食向けの食品製造業用ロボットが次々と登場し、2022年には、前述のとおり外食でパスタ調理ロボットが導入される事例がみられている。国の後押しもあり、調理ロボットは普及段階に入りつつある。

調理ロボットは着実かつ円滑に市場が伸長するとみられる。理由は人手不足になりやすいところを想定している点、政府が数値目標を示して支援している点が挙げられる。ただし、後者については支援のあり方を考える必要がある。

課題は①導入先の環境整備、②導入時に発生するイニシャルコストの高さ、③保守・運用面のネットワーク整備である。

①は、経済産業省がロボットフレンドリーな環境を進めてはいる。しかし、食品製造業を支える中小企業に浸透するには時間がかかるとみられる。さらに、食品工場の新設や改築を行う際に「どの部分がロボット化されるか」を見越したレイアウト設計や設置スペースの確保が求められる。②は、①の環境面を含めた導入支援が必要である。また、ロボット自体のコスト低下と今後の賃上げの動向を考慮して、導入時期を検討する必要がある。③保守・運用のネットワークも重要である。調理ロボットは高度であり、保守・運用を導入先企業自身でできることが限定されるとみられる。メーカー側も準備はしているとみられるが、通常の産業用機器と同時に代理店のようなネットワーク構築も必要である。

全国に先駆けて人口減少や高齢化が進展する東北圏では、人手不足を補うために調理ロボットを導入する潜在的なニーズは大きい。東北圏で調理ロボットの研究開発や活用について特徴を出す場合、導入に先進的なモデル地区とする、研究開発拠点として整備のいずれかが考えられる。前者では、導入および保守・運用しやすい環境整備が重要となる。例えば、住居棟を含めた雇用環境を整備し、特定の地区でロボット化を進めることで、企業としては保守・運用がしやすくなり、研究開発環境の整備にもつながると想定できる。

e 参考文献

- 日本経済再生本部（2015）「ロボット新戦略」（2015年2月10日）
- evort ウェブサイト（<https://evort.jp/article/cooking-robot>、2024年2月7日アクセス）
- 日経クロステック 2022年7月1日付「ロボットがパスタを最短45秒で自動調理、実店舗で稼働開始」（<https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/news/18/13214/>、2024年2月7日アクセス）
- 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（2014）「NEDO ロボット白書2014」2014年3月
- 日本経済再生本部（2015）「ロボット新戦略」2015年2月10日
- 厚生労働省「職業安定業務統計」

- 経済産業省「令和3年経済センサス活動調査」
- 経済産業省「生産動態統計調査」
- 日本ロボット工業会「マニピュレータ、ロボット統計 2022年」
- 一般社団法人日本惣菜協会 荻野武（2022）「惣菜工場の人手不足対策にワンチームでロボット普及を目指す～惣菜製造業におけるロボフレ構築への取組み～」『工場管理』Vol.68 No.3、52～53頁、2022年3月
- 経済産業省 ウェブサイト「今年度も、ロボットフレンドリーな環境の実現に向けた取組を強力に推進しています」（2023年9月29日更新、
https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/mono/robot/230929_robotfriendly.html、2024年2月28日アクセス）
- 農林水産省（2021）「みどりの食料システム戦略」2021年5月
- 一般社団法人日本機械工業連合会（2023）「令和4年度 革新的ロボット研究開発等基盤構築事業に係るロボットフレンドリーな環境構築支援事業」2023年3月

2-4-2 3Dフードプリンタ

(要約)

3D フードプリンタは食品を「インク」のように使用し、立体的に造形・成形する装置である。従来は難しかった形状の食品の提供に加え、原料を粉末に加工するため、食物残さなど未利用資源の活用や長期保存が可能となることから、注目が集まっている。

本調査では、文献調査や日本を代表する研究者からヒアリングを通して、3D フードプリンタの現状把握と実用化の目途について調査を行った。現在、3D フードプリンタを使用した個人に合わせた栄養を提案する事業はみられるが、食品の形状を再現する技術は研究開発段階で、実用化は5~10年ほどかかるとみられる。

a 3Dフードプリンタの特徴

3D フードプリンタとは、粉末やペースト状の食品を「インク」とした3Dプリンタで、立体的な食品を造形・成形する装置である。なお、3Dプリンタとは3DCADの設計データ(STLデータ)をもとに、スライスされた2次元の層を1枚ずつ重ねて、立体モデルを製造する機械を指す¹³⁷。3Dフードプリンタの原料はペーストまたは粉末状の食品であるため賞味期限が長くなり、未利用資源の有効活用も期待できる。一方で、ペーストまたは粉末状に処理する必要があるため、コストが高くなる。

3Dフードプリンタの特徴は①自由な食品の形状の設計が可能、②物性や栄養成分をコントロールできる、③未利用食材が活用でき、食品ロスの低減に寄与しうる、④遠隔でデザインが可能であることが挙げられる。

宮城大学の石川教授は、2023年8月に京都で行われた食品科学工学会第70回記念大会の講演で「3Dフードプリンタの一番のメリットはテーラーメイド化。個人データ(年齢、性別、遺伝情報、病気の有無)と自分の嗜好性のデータ(フードデータ)を入力し、栄養・機能面や嗜好面が反映された食事をつくることができる。個別化が進むと、健康状態のモニタリング、食材の提案など食生活全体が個別化できる、超個別化の時代」とした。現状は「単一の食材で従来の食品とは異なる形状のものを作ることは可能。複数の食材を組み合わせたものは食品の立体的な配置・構造を把握する必要があり、難しい」とした。

b 市場動向

複雑な食品の形を再現する3Dフードプリンタは研究開発段階であり、市場は未形成である。しかし、グミのように不定形の食品や、実際の食の形状を再現する必要がない領域では実用化が進む。例えばサントリーホールディングス株式会社が出資する英国のスタートアップ企業 Rem3dy Health Ltd.は、テーラーメイドされたサプリメントグミを3Dプリント

¹³⁷ 株式会社リコー ウェブサイト (<https://www.ricoh.co.jp/3dp/what/>、2024年2月8日アクセス)

技術で製造するビジネスを展開する¹³⁸。同社は 2023 年 8 月より日本国内でも販売を開始した。

研究開発では 3D フードプリンタを他のフードテック領域と掛け合わせる動きもある。大阪大学の松崎典弥教授と、凸版印刷株式会社（現 TOPPAN ホールディングス株式会社）らのチームは、3D プリントで筋・脂肪・血管の繊維組織を作製して束ね、複雑な和牛肉の構造をテーラーメイドで作成できる技術を開発した¹³⁹。

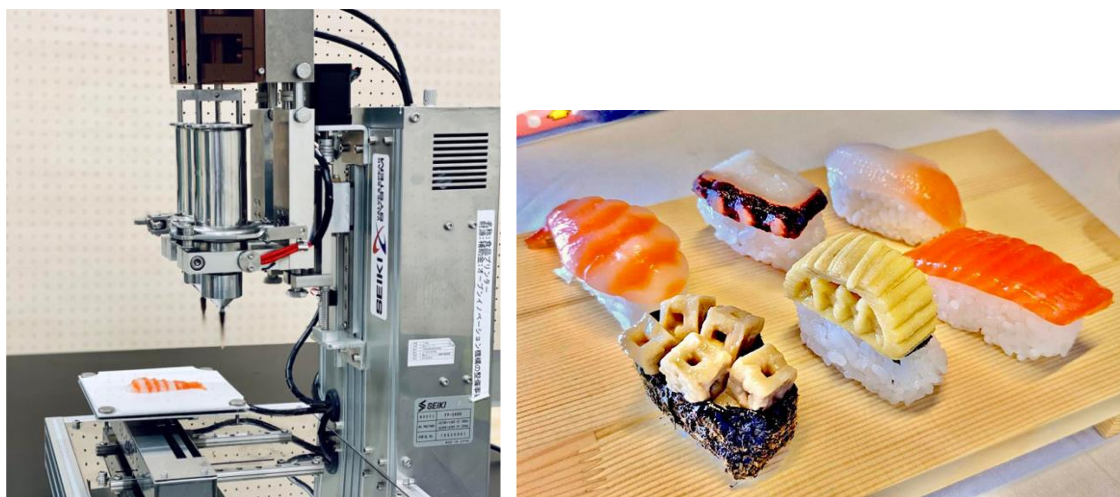
c 研究動向調査 山形大学工学部 古川研究室(東北圏の特色ある取組み)

(研究の概要)

古川教授は 2009 年に山形大学に着任してから 3D フードプリンタの研究を始め、2023 年 6 月にブロッコリーを再現したオーラルフレイル（口腔機能の軽微な低下等）や嚥下障害のある高齢者のための介護食の試食会を開催するに至っている。

同教授は 2018 年に山形大学、株式会社電通、株式会社デンソーウェーブ、株式会社東北新社がコラボレーションするプロジェクト「SUSHI TELEPORTATION」を開始、2023 年 8 月に 3D フードプリンタでウニの寿司を作ったという。同企画は、「食」のデータ化、データベース構築、原料は北三陸産、粉末化技術は株式会社グリーンエース（山形県酒田市）が担当した。粉末化技術は未利用資源の活用にもつながることが期待できる。

写真 3D フードプリンタとそれで作られた寿司ネタ



出典 古川教授提供

¹³⁸ サントリーホールディングス株式会社 2022 年 11 月 24 日付 プレスリリース、
(<https://www.suntory.co.jp/news/article/14272.html>、2024 年 2 月 28 日アクセス)

¹³⁹ 国立大学法人大阪大学ウェブサイト 2021 年 8 月 24 日付「3D プリントで和牛の”サシ”まで再現可能に！」(https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2021/20210824_4、2024 年 2 月 28 日アクセス)

なお、同教授は10年間使用可能な凍結粉碎技術を研究しており、3Dフードプリンタの原料としての活用が期待される。同教授によると「イノベーションは強い技術を掛け合わせていくことが大切。それを活かす別の技術と組み合わせる、同業他社とのコラボ、ユーザーの声をリアルタイムでとらえることによって成功する可能性が増す」と話す。

現在は3Dフードプリンタの認知向上に向けたプロモーションに積極的に取り組む。将来的には宇宙ステーションにおける調理器具としての利用を目指しており、2023年9月に都内で開催されたFOOD展では、株式会社IHIエアロスペース、十文字学園女子大学とともに3Dフードプリンタを展示した。

(課題と見通し)

3Dフードプリンタは、単に装置を使用して立体化できれば実用化できるわけではない。例えば食品工場に持ち込む場合、スピード、大きさ、食材、マーケティングの全てをやる必要がある。しかし、一度うまくいけば独自性が発揮でき、先行者利益の獲得が期待できる。

同教授は、食品の成型が可能な3Dフードプリンタの製品化の加速には、どこまで関係者が共同で開発できるかがカギという。すなわち、注目が集まり、一度に進められる環境を整えば3年、メーカーが開発するならば5年、定着には10年ほどかかる見通しとした。同装置のような新規性の高い技術開発は、若い研究者たちが積極的に携わりたくなるような工夫が必要と考えている。また、なによりも、新たな食や技術については「消費者とも議論しながら進めていき、消費者の期待を引き出していくことが大切。若い世代に食べてもらい、おいしいと思わせること。時には採算度外視でもやっていく必要がある場合もあり、関係人口が増えればキャッシュフローが巨大化する。全国から人が集まるようになり、若い人が興味を持つ。地域活性化のイベントとして開催される“よさこい”では、行政がそれをうまくサポートした」とした。

支援環境については「人集め、場所探しをしてくれる人がおり、助かっている。米沢市の試験場は場所を提供してくれる。山形大学ではオープンファクトリーのように人が集まり、関係人口を増やそうとする動きをしている」と期待を寄せた。

同教授のような発想を、行政等が支援し、情報発信をすることが、新しい技術を開発し、実装するときには求められる。

d 調査結果と今後の見通し

調査の結果、3Dフードプリンタに複雑な形状を求める場合、実用化には5~10年程度必要ということが分かった。その技術開発を推し進めるためには、①若い人に興味を持ってもらえる環境づくり、②他の業界を含めた連携機会・場の創出、が重要とみられる。ヒト、モノ、カネ、情報が適切につなげられるような環境づくりが行政や支援団体には求められることが示唆された。

3Dフードプリンタの課題は①原料の制約、②ハード面に分けられる。①原料の制約については、同時に使用する原料の数、原料の前処理のコストが課題である。②ハード面に関し

ては、技術の継続的な開発に加え、食品加工機械としての課題がある。社会実装のためには衛生管理やオペレーション、生産速度等も含めて検討が必要になる。その間にプロモーションや消費者のイメージ醸成につながる施策を行い、消費者へのメリットを謳える形にできるかが重要になるとみられる。

東北圏との関わりでみると、すでに介護食を含めた研究開発でリードする山形大学のプレゼンスが大きく、研究開発拠点としては有望である。原料も一正蒲鉾など東北圏内で連携して未利用資源を入手していることも東北圏の活性化につながるものとして期待できる。ヒト、モノ、カネ、情報がつながる環境づくりで、研究開発から原料供給・生産まで、地域として国内の3Dフードプリンタ産業をリードできる可能性がある。

e 参考文献

- 株式会社リコー ウェブサイト (<https://www.ricoh.co.jp/3dp/what/>、2024年2月8日アクセス)
- サントリーホールディングス株式会社 2022年11月24日付 プレスリリース「先進的な3Dプリント技術を用いパーソナライズされた栄養食品を提供する Rem3dy(レメディ) Health Ltd.へ出資」
- 国立大学法人大阪大学 ウェブサイト 2021年8月24日付「3Dプリントで和牛の”サシ”まで再現可能に！」(https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2021/20210824_4、2024年2月28日アクセス)

2-5 アグリテック(農業効率化)

(要約)

アグリテックは、スマート農業、精密農業（精密農法）、データ駆動型農業等とも呼ばれる。ICT・IoT が進化し、土壌の質、植物の生育状況等のばらつきを詳細に把握し、精密に対応できるようになった。農業従事者の高齢化が急速に進むなか、政府は2010年代後半から省力化技術として普及を目指しており、最近では環境負荷軽減への効果やデータ活用の重要性等も注目するようになってきている。

a 特徴

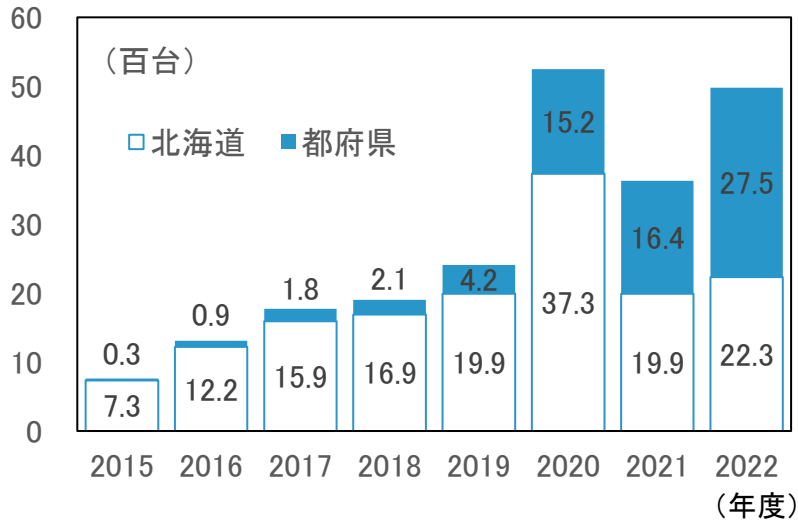
アグリテックとは「Agriculture×Technology」を意味し、フードテック等と同様、情報通信技術 (ICT) を用いた技術の活用や、農業育種選抜技術や Biological 資材開発などを指す。国内では、農業従事者の高齢化や後継者不足を背景とした省力化が喫緊の課題となり、2010年代後半に政府が「スマート農業」として、「ロボット技術や情報通信技術 (ICT) を活用して、省力化・精密化や高品質生産を実現する等を推進している新たな農業」を進めるなか、最近では新技術の導入で、農業従事者の減少に伴う労働不足対応に並び、環境負荷の軽減を目指すようになってきている。また、ICT を使わず、モーターによるアシスト等で重量物を持ち上げるアシストスーツ等も範疇に入る幅広い概念になっている。以下では、主にスマート農業にフォーカスし、動向をみていく。

国内では、まず省力化対応として、GPS 等¹⁴⁰を使ったトラクターの自動走行の開発が進んだ。内閣府の「戦略イノベーション創造プログラム (SIP)」第1期 (2014~18年度) の課題「次世代農林水産業創造技術」には総額 150 億円が投じられ、官民がロボット技術や IT 活用による農業機械の自動化・知能化等の技術開発・実証に取り組み、2010年代後半にトラクターや田植機の自動走行・自動旋回を可能にする自動操舵システムが市販されるようになった。

2015年度以降の自動操舵システムの年間出荷台数を第2-5-1図表に示した。同台数が増加傾向にあること、また2020年度以降は都府県での出荷台数が増えたことがわかる。この都府県での出荷台数の増加は、田植機での自動走行・自動旋回の利用の普及を反映していると思われる。走行操作を自動化できれば、オペレーターは苗補給に集中でき、省力化できる。なお、2020年度の対前年度比での急増は、新型コロナウイルス感染症の影響克服のための経営継続補助金を活用し、購入が進んだからである。

¹⁴⁰ 正確には衛星測位システム (GNSS) だが、便宜的に GPS とした。

第 2-5-1 図表 自動操舵システム年間出荷台数



出典 北海道農政部

もちろんこのほかにもロボット技術や情報通信技術(以下、「ICT」)を活用した多様な機器の開発が進んでいる。農林水産省の「スマート農業をめぐる情勢について¹⁴¹⁾(2023年11月)によると、関連する技術のカテゴリとして「作業軽減」「センシング/モニタリング」「環境制御」「経営データ管理」「生産データ管理」が提示されており、リモコン草刈り機、水管理システム、収穫センサー付きコンバイン、ドローン/人工衛星、ハウス等の環境制御システム、経営・生産管理システム、家畜の生態管理システムなどが紹介されている。このように各種技術開発が進んだのは、ICTの利用が広がるにつれて通信環境が向上し、ほ場のデータ・情報を入手し、分析し、それを意思決定に活かすという、精密で科学的なアプローチが農業でも採用しやすくなったからであろう。

¹⁴¹⁾ 農林水産省 ウェブサイト (<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/attach/pdf/index-128.pdf>、2024年2月28日アクセス)

b 産業と市場動向

株式会社矢野経済研究所の予測では、2023年度のスマート農業の国内市場規模は322億円とされる¹⁴²。その産業規模を測るために、農林水産省の資料¹⁴³で国内の農機や作業機の年間売上高をみると、同額は4千億円ほどであり、スマート農業の国内市場はその1/10に満たないことがわかる。

しかし今後は、その市場拡大が見通されている。足元では、生産資材高騰により離農が増え、担い手農家への農地集積が加速化している。実際、2023年の国際農業機械展（帯広市で開催）では、集積する農地面積で十分に営農するには、一層大型の農機導入を検討する農業者は多いと、出展者である各農機メーカー担当者の多くが語っていた。

自動操舵システムには、3段階ある（第2-5-2図表）。

第2-5-2図表 ロボットトラクターの自動走行のレベル



出典 アグリジャーナル (<https://agrijournal.jp/renewableenergy/54042/>、2024年3月14日アクセス)

まずレベル1は、使用者が搭乗した状態で、ハンドリングを自動化したものである。ほ場は整備された公道と違い、凹凸があり、トラクターの直進には熟練技術を要する。これを自動化できれば、軽労化になり、春先の耕起作業の時期に、熟練者（すなわち経営者）の作業負担が軽減され、実需者との播種前契約や交渉等に注力できる。こうした理由から、このレベル1での自動操舵システムの活用は広がっている。

レベル2以上は道路交通法の改定が必要になる。レベル2は、使用者の監視下での無人状態での自律走行であり、一般に、有人トラクターと無人トラクターが協調して走行する使

¹⁴² 株式会社矢野経済研究所 ウェブサイト https://www.yano.co.jp/press-release/show/press_id/3405、2024年2月28日アクセス

¹⁴³ 未来投資会議構造改革徹底推進会合「ローカルアベノミクスの深化」会合・規制改革推進会議農業WG合同会議（平成28年9月20日）農林水産省配布資料

い方が推奨されている。またレベル3は、遠隔監視などで稼働するので、ほ場は完全無人になる。このような無人トラクターの公道走行は許可されておらず、無人トラクターであってもほ場までは有人運転が必須となり、ほ場内での作業が無人化できても意味がない。

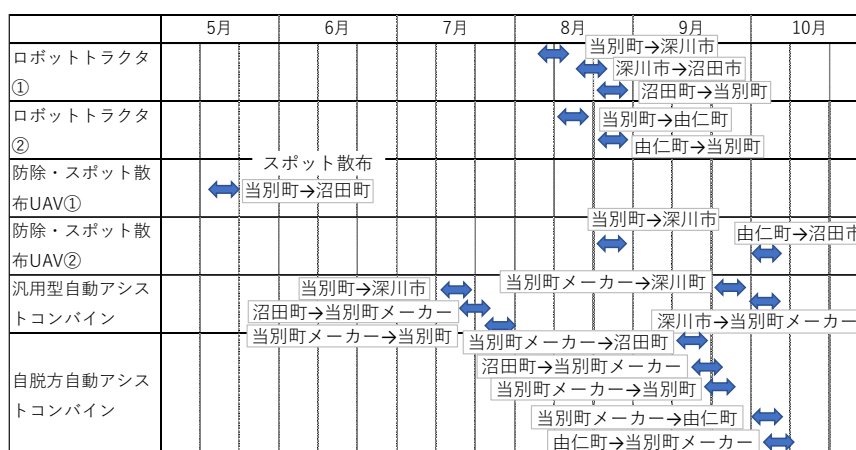
ところで、このような自動操舵システム導入は、導入初期コストの高さが指摘されている。省力化で人件費が削減できても、このコストは相殺されなかった。北海道内の畑作地帯で自動操舵システム導入が進んでおり、そこでのデータをまとめた北海道農政部によると、従来のトラクターの平均価格（8,710千円）に対し、自動操舵システムが搭載されたロボットトラクターの平均価格は12,025千円と高価格だ。

そこで2022年6月改訂の農林水産省「スマート農業推進総合パッケージ」では、導入コスト低減に向けた農業支援サービスの育成・普及を目指す。すなわち農機のシェアリングに経営指導事業を付属させたような農業支援サービスの充実・強化が図られている。

実際、スマート農業の先進地域である北海道では、ロボットトラクターやドローン等の地複数地域間シェアリングについて実証が進んでいる。地域ごとに作業適期が異なるため、初期コストの大きな農機を地域間でシェアするのが目的である（第2-5-3図表）。

また、令和3年度補正予算の「スマート農業の全国展開に向けた導入支援事業（農業支援サービス導入タイプ、一括発注タイプ）」は、農業支援サービスを行う事業者向けや、農業者が共同利用する場合等の農機導入に際して、上限1,500万円を補助する。この結果、各地での農機のシェアや非農業者による農業支援サービスへの参入が進んでいるとみられる。

第2-5-3 図表 地域連携シェアリング実証コンソーシアム
（令和4年度採択）での複数地域間シェアリング



出典 地域連携シェアリング実証コンソーシアム

c 東北圏の可能性

東北圏は都府県における農畜産物の大産地であり、農業産出額は約1兆4千億円と大きく、ここでもスマート農業の実証は進められてきている。例えば、株式会社NTTアグリテクノロジーや株式会社秋田食産が秋田県美郷町などで取り組む「サキホコレ!ローカル5Gとリアルメタバースを活用した秋田県産地モデル実証」である。

これは、秋田県における人口減少や高齢化および農業従事者数の激減を背景に、コメに代わる新たな作目にイチゴを選定し、ローカル5Gやリアルメタバースの活用でサプライチェーンにおける農業データを共有するプロジェクトである。

このプロジェクトでは、例えば、スマートグラス等で遠隔監視指導を行い、栽培作業時間の15%削減を目指す。また省力化だけではなく、リアルメタバースを活用した遠隔ショッピングで道の駅の売上高を16%増加、といった販売戦略も備えている。

さらに、果実の産出額では全国の2割超を占めるほど、東北圏はりんご、おうとう、ももなどの果実の大産地でもある。また果実については、東日本大震災に伴い発生した東京電力福島第一原子力発電所の事故で飛散した放射性物質で、甚大な影響を受けた品目でもある。農業復興への学問の貢献を目指し、福島大学食農学類の高田大輔准教授は、果樹樹体の表面に放射性セシウムが多く付着していることを解明し、効果的な除染方法の追求に尽力した。

そして現在、同教授は新技術を活用したさらなる地域農業の発展を進めている¹⁴⁴。具体的には、ドローンで撮影した画像から人工知能AIで樹形の枝構造を3次元で可視化し、自動計測するツールの開発等である。一般的なデジタルカメラ（RGBカメラ）の画像を使うので、生産者側の投資額は少なく済み、またソフトウェア「Easy Skeleton」をウェブサイトで公開し、オープンアクセスにしている。

枝の分布は光合成等に影響し、果実の品質や収量を決定づける。こうしたツールは、農業者の経験値や勘で理想の樹形になるよう枝をせん定していた従来の農法を発展させる。地域では農業者の高齢化で篤農家の技術や知見が失われつつあり、こうした新技術が新規就農者をサポートすれば、産地の継承がスムーズになる。

大産地が多い東北圏では、人口減少や米価低迷のなか、コメに代わる新規作目の探求や高齢化対策および後継者育成は喫緊の課題となっている。熟練農業従事者の「匠の技」をいかに次世代に伝えるかは極めて重要で、そのなかでアグリテックの果たす役割は大きいと考える。コスト面や使い勝手も含め、様々な活用可能性を検討すべきであろう。

¹⁴⁴ 東京大学、福島大学 2023年1月27日付 プレスリリース

写真 スマートグラスでの遠隔技術指導



スマートグラス上の見え方 (PC上に表示し撮影)

出典 東北農政局 ウェブサイト (左:
<https://www.maff.go.jp/tohoku/seisan/smart/attach/pdf/forum2023-3.pdf>、右:
https://www.maff.go.jp/tohoku/tiiki/akita/photo/r05_ak.html、
2024年3月19日アクセス)

d 参考文献

- 農林水産省 ウェブサイト (<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/attach/pdf/index-128.pdf>、2024年2月28日アクセス)
- 株式会社矢野経済研究所 ウェブサイト (https://www.yano.co.jp/press-release/show/press_id/3405、2024年2月28日アクセス)
- 未来投資会議構造改革徹底推進会合「ローカルアベノミクスの深化」会合・規制改革推進会議農業WG合同会議(平成28年9月20日)農林水産省配布資料

2-6 環境に配慮した食料生産

2-6-1 環境配慮食品

(要約)

環境配慮食品¹⁴⁵とは、食料生産時の温室効果ガス排出を削減したり、環境汚染に配慮して包装プラスチックを低減したりした食料・食品のことである。その生産支援のあり方や普及にあたっては、産地の特性やこれまでの取組みを踏まえた柔軟な制度対応、消費者理解の促進を伴った施策の展開が必要である。

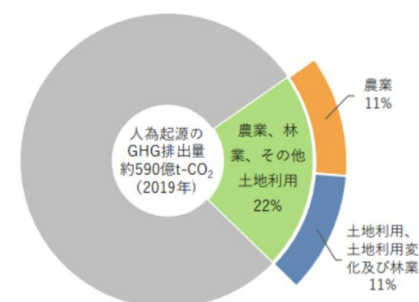
a 特徴

食料生産による環境負荷にかかる論点は、1980年代前半を境に、局地・地域的なものから、地球全体を対象とするものへ変化した。例えば日本では、戦後の高度経済成長期に、農業の機械化や畜産における飼料の輸入依存度は高まり、農薬散布による生物多様性の低下や、ふん尿による土壌・水質汚染等が問題になった。そして、その対応として、1999年の地下水の硝酸性窒素や亜硝酸性窒素に関する基準が設定された。ここでは、水産業や都市の消費者もステークホルダーとなるとはいえ、国内の局地的な課題との認識であった。

しかし、気候変動が認識されるようになるなか、1980年代以降は農業からの温室効果ガス(GHG)排出がグローバルな課題として浮かび上がってきている。世界全体では、農業、林業、その他の土地利用で発生する温室効果ガスは、全体の22%を占めている(第2-6-1図表)。なお、GHG排出量とは、二酸化炭素(CO₂)、メタン(CH₄)、一酸化二窒素(N₂O)等の排出量に、地球温暖化係数(GWP)を乗じ合算し、二酸化炭素換算したものである。

第2-6-1 図表 世界の農林業由来のGHG排出量

■ 世界の農林業由来のGHG排出量



単位：億t-CO₂換算
*「農業」には、稲作、畜産、施肥などによる排出量が含まれるが、燃料燃焼による排出量は含まない。
出典：「IPCC第6次評価報告書第3作業部会報告書(2022年)」を基に農林水産省作成

出典 農林水産省「みどりの食料システム戦略の実現に向けて」

¹⁴⁵ 生産する際に発生する環境負荷(温室効果ガス(GHG)発生、プラスチックによる環境汚染等)を削減して生産した食料・食品を、本調査では環境配慮食品と呼ぶ。

とはいえ、日本では状況が異なる。GHG 排出量の公式報告書である「日本国温室効果ガスインベントリ 2023 年度」によると、2021 年度の日本の GHG 排出量は 11 億 7 千万 t (CO₂換算。以下同じ) で、この 9 割がエネルギー分野で、農業分野は 2.8%となっている。農業分野の GHG 排出量が少ない理由に、日本は農産物を多く輸入していることが挙げられる。なお、日本の農業分野からの GHG 排出量は、1990 年度対比で 2021 年度は 14.2%減少している。減少した理由は、無機質窒素肥料施用量や家畜ふん尿由来の有機質肥料施用量の減少と、乳牛頭数の減少で、農業の規模縮小に起因したものである。

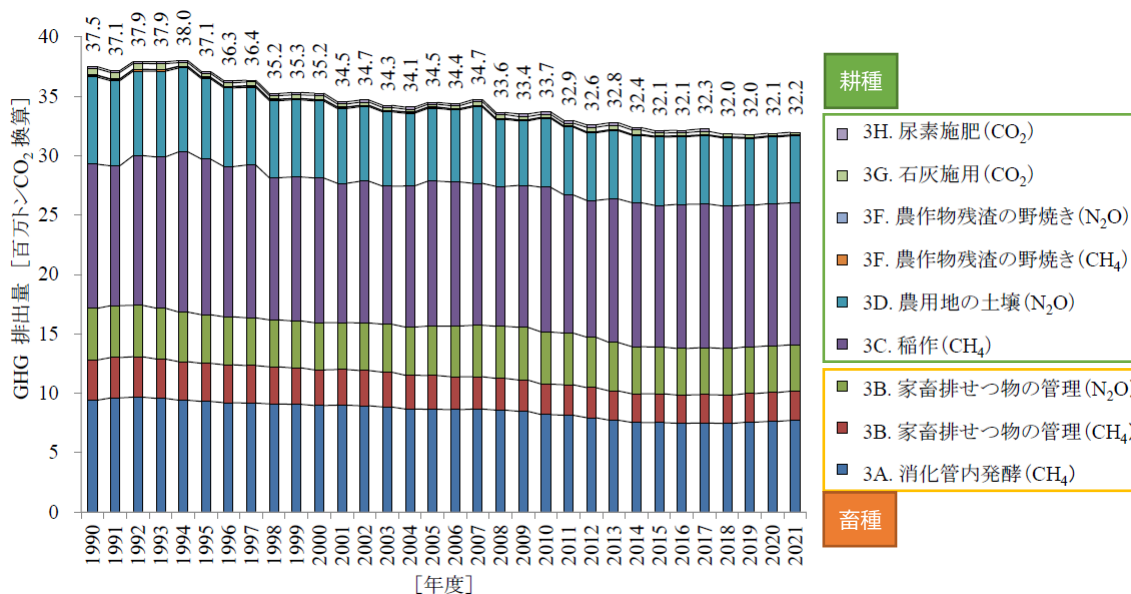
日本の農業・食品産業が輸出を増やし生産基盤の維持を目指すならば、国際水準並みの GHG 削減は大きな課題となる。日本の農業分野での主な GHG 排出源は、畜種部門では牛のゲップ(あい気)といった消化管内発酵、ふん尿管理、および飼料生産である。耕種部門では、水田土壌からのメタン生成、無機質窒素肥料等の施肥による一酸化二窒素の直接排出、作物残さのすき込み等がある。これら排出源別に GHG 排出量の推移をみると畜種部門での消化管内発酵由来と、耕種部門の水田土壌由来のメタンのウェイトが大きいとわかる(第 2-6-2 図表)。

このメタン排出削減について、2021 年策定の農林水産省「みどりの食料システム戦略」では、2050 年までに農林水産業の CO₂ゼロエミッション化を掲げているものの、KPI では燃料燃焼による二酸化炭素排出量をゼロ、とするのみで、上述したメタン削減に関する言及はない。しかし、メタン削減については、ニュージーランド等が牛のゲップに対する課税を炭素税として導入するといった動きもあり、注視すべきであろう。

さらに日本では、みどり戦略の「持続可能な生産・消費の取組みの推進」として、消費者意識の醸成、GHG 削減の「見える化」、J-クレジットを活用したバイオ炭による炭素貯留を進めている。このなかで、GHG 削減の「見える化」とは、水田中干し期間延長¹⁴⁶やアミノ酸バランス改善飼料の利用といった脱炭素技術の情報発信や、GHG 削減効果をラベルで表示した農産物の実証販売が取り組まれている。

¹⁴⁶ 水田中干しは水稻の栽培時、出穂の前に水田の水を抜いて乾かすこと。中干し期間を延長することで、水田から発生するメタンを減少できることが知られている。

第2-6-2 図表 日本の農業分野からの GHG 排出量の推移



出典 温室効果ガスインベントリオフィス(GIO)編
「日本国温室効果ガスインベントリ報告書 2023 年度」

この GHG 削減効果の等級ラベル表示の実証に参加した、JA みやぎ登米の「環境保全米」について紹介したい。

b 事例調査 JA みやぎ登米(東北圏の特色ある取組み)
(組織の概要)

JA みやぎ登米 (以下、「JA」) は、1998 年に宮城県登米市の 8 町 8JA が広域合併し、誕生した。管内は登米市 (2005 年に市町村合併で誕生した津山町以外) である。同市は、総面積の 35%にあたる 188.1 km²が農用地で、その 9 割は水田である。北上川と迫川という一級河川が貫流し、ラムサール条約指定登録湿地である伊豆沼と長沼という、保全すべき湿地がある等、自然豊かな穀倉地帯である。

JA の組合員数は、2023 年 3 月末に 14,955 人で、そのうち正組合員 (農業者) が 12,196

【参考】JA みやぎ登米管内地図



出典 JA みやぎ登米 ウェブサイト

人、准組合員（非農業者）¹⁴⁷は2,759人である。

2022年度の販売品取扱実績は150億円で、米穀が68億円（全体の46%）、畜産が65億円（同43%）である。従来、水稲を基幹作物とし、畜産も行う複合経営を家族で営む組合員が多かった。しかし、規模拡大のなか、水稲と土地利用型作物（麦・大豆）との複合経営を目指す、法人等の組織的な経営体が増えつつある。登米市の水田面積は1.5万haあり、そのうち8千haは主食用米であり、その他は生産調整のため飼料用米等の家畜飼料や大豆等が作付けられている。

（強み）

この事例の強みは、JAが面的に取り組み、環境保全米という差別化商品を安定供給できる点にある。JAが出荷契約している約8千haの約8割に、特別栽培米「環境保全米」が作付けられている。この特別栽培米の表示には、同地域内の慣行栽培より農薬5割減かつ化成肥料5割減が条件となる。この条件を超えて環境保全米には、農薬と化学肥料の使用に関する3タイプが設定されている（第2-6-3図表）。そして、面積ベースでは、環境保全米の9割がCタイプである。

第2-6-3図表 環境保全米の種別

種別	農薬	化学肥料	備考
Aタイプ	使用しない	使用しない	JAS有機栽培、 転換期間中有機栽培、 農薬・化学肥料不使用栽培
Bタイプ	使用成分数が 5成分以下	育苗時のみ使用	
Cタイプ	使用成分数が 5割（8成分）以下	5割（3.5kg/10a）以下	宮城県の慣行栽培基準 農薬 17成分 化学肥料 7kg/10a まで

出典 JA みやぎ登米ウェブサイト

産地が面的に特別栽培米の生産に取り組むには、JAのバックアップが奏功している。取り組みの発端は、みやぎ生協等とともに合併前の旧JAなかだ等が1990年代後半に環境保全米運動に取り組んだことにある。この点の取組みは、米価下落や減反拡大を背景とした新戦略として、2003年に環境保全米への「全面転換運動」が始まった。同年の冷夏で作況指数が69まで落ち込むなか、環境保全米に取り組んだほ場ではそこまで大きな影響はなかったこともあり、2006年までに作付面積は6倍に拡大した。

¹⁴⁷ JAをはじめ協同組合は、出資持分の多寡に関わらず、組合員が1人1票を有し、総（代）会で議決権を行使する。准組合員はこの議決権をもたない。

この全面転換運動では、第2-6-3 図表のCタイプが追加された。このCタイプは、JAが責任をもち管理、指導に取り組む、特別栽培米の組織認証型であった。産地では「赤とんぼが乱舞する産地を目指そう」を合言葉に、農業者全員が選ばれる産地づくりを目指した。

興味深いのは、取組み当初から金銭をインセンティブにしなかった点にある。「お金で釣るとお金を要因に人は離れる」と考えたJAは、組合員とのコメ代金精算において、慣行栽培の組合員より高値を支払うことをしなかった。こうした息の長い取組みは、組合員が出資する協同組合であるJAであるから成り立ったと考えられる。また、農村コミュニティで農業者の取扱いに差をつけると、農業者の不満等につながり、産地全体にこの取組みが広がるのは難しかったとも想定される。

(販売)

品種別にみるとJAへの出荷分は、9割以上が「ひとめぼれ」で、その他「つや姫」が5%、「ササニシキ」は2~3%である。全体の6~7割を全農に販売委託し、その半分は業務用である。業務用には、適性の観点や供給量の安定性からひとめぼれが評価される。ひとめぼれは、炊飯後に冷めてもおいしく、おにぎり屋等の持ち帰り飲食サービス業に重宝される。残る3~4割は、特別栽培米であることが幸いして、JAは直接小売業に出荷できている。そしてそれらのコメはAEON等を通じ、全国に流通している。

前述したGHG削減に関する表示は、農林水産省からJAに声掛けがあったものである。JAは小売業に出荷する5kg袋にも表示し、2024年度から販売予定である。この取組みは、農林水産省によるフードサプライチェーンでの脱炭素化の実践とその可視化の一環で、JAは同省の「農産物の温室効果ガス簡易算定シート」に水田中干期間の延長等についてデータを投入し、そこからの算定結果に応じ、小売段階でGHG削減効果を星の数で表示できる(右図を参考)。JAの環境保全米については、地域の慣行農法から設定した平均的な基準値より、20%以上削減/10a等で、星3つを獲得している¹⁴⁸。

【参考】GHG 排出量削減の表示



(課題)

水田からのGHG排出削減において中干延長への期待が寄せられているが、当地では生き物への影響についての懸念から広がっていない。中干は、水田から水を抜くことで、ほ場の灌水部分に住む生物、例えば、赤とんぼの幼虫であるヤゴ等には悪影響が出る恐れがある。環境保全米の実践のなか、当地では田んぼの生き物調査を実施しており、農業者には生き物に愛着が深い。さらに有機栽培を行う管内南部の先進的な部会は、部会規約で中干を行わないことを取り決めているという。

¹⁴⁸ 令和4年度の実績。削減率5%以上だと星1つ、10%以上は星2つ。

稲作等の土地利用型農業での GHG 削減については、プラスチック被膜の肥料からペースト肥料への転換の効果も知られており、JA も実証事業に取り組んだ実績はある。しかし、ペースト肥料の施肥には専用の田植機が必要で、メーカーの希望小売価格が 600 万円ほどと初期費用が多額で、進んでいない。

なお、温暖化の影響も気がかりである。環境保全米では除草剤散布を年 1 回と決めているが、温暖化のなかそのタイミングを計ることが難しくなっている。除草剤散布のタイミングは、雑草の生育にあわせて判断する。2023 年は猛暑で、雑草の生育は例年とは異なり、例年どおりの田植前の防除だとその後雑草が生えてしまい、環境保全米をあきらめ、2 回目の除草剤を散布する組合員もいたという。

c 調査結果と今後の見通し

農林水産業でも GHG 削減は重要で、国際的な水準を意識しながら日本でも官民が一体となってグリーンな栽培体系への転換に取り組んでいる。事例では、JA による面的な環境保全米生産の推進や、消費者への GHG 削減の見える化を取り上げた。

JA が関与するメリットは、このような取組みへ参加する協同組合という組織形態からすべての農業者を対象とした取組みとすることで、参加農業者を増やしやすき点にあり。そして、面的な取組みだと、供給量が安定し、業務用等でも販売可能になる。この販売力の強さは、人口減少のなか供給過剰になりがちなコメ生産での強みといえよう。さらに、環境に配慮した農業に取り組むことで、GHG 排出削減が謳えるようになっており、小売段階でインパクトのある PR ができるようになってきている。

課題は、さらなる GHG 排出削減の要件となる中干延長等の取組みであろう。みどりの食料システム戦略の下、中干延長が進められているものの、生産現場では生物多様性の維持と GHG 削減の両立ができない点が指摘できる。事例では、それまで産地が取り組んできた各種戦略と整合性がないことが明らかになった。環境配慮型食品を考えるうえで、シンプルで消費者に分かりやすい仕組みを講じる必要があるものの、産地での実施主体が様々な影響を総合的に判断し、柔軟に対応できることが重要とみられる。

東北圏での可能性を考えたとき、販売戦略まで描くならば事例のように産地が一体となって取り組む必要がある。これは東北圏に限らず、全国的な課題であろうが、農地面積が大きな東北圏では、安定供給できるロットも大きく、川下での大手企業と連携しやすいという利点はある。その場合、環境配慮型食品の市場を広めていくためには、東北圏に生産者間を束ねる強力なリーダーシップが必要で、ステークホルダーとなる JA、民間、自治体の役割が問われているといえよう。

d 参考文献

- 農林水産省 (2022) 「みどりの食料システム戦略の実現に向けて」 2022 年 6 月
- JA みやぎ登米 ウェブサイト (<https://www.miyagitome.or.jp/>、2024 年 3 月 1 日アクセス)

セス)

- 資源エネルギー庁 ウェブサイト「日本のエネルギー 2022 年度版「エネルギーの今を知る 10 の質問」」(<https://www.enecho.meti.go.jp/about/pamphlet/energy2022/>、2024 年 3 月 1 日アクセス)

2-6-2 アップサイクル

(要約)

アップサイクルとは、低・未利用資源に付加価値をつけて活用するものである。2021年度の国内食品ロス量は523万tとされるなか、アップサイクルはその削減に寄与するものとして注目されている。しかし、これまで廃棄物として処分していた低・未利用資源を食品とする場合、安全性の管理や規格外品が発生する時期と製品化のタイミングが課題である。

アップサイクルを進めるためには、低・未利用資源に課題を持つ生産者と事業者のネットワークづくりの支援が求められる。また、消費者の食品ロス削減やアップサイクルの製品活用に対する意識の醸成も同時に進めていく必要がある。

a 特徴

アップサイクルは、低・未利用資源に付加価値をつけて活用するものである。リサイクルは廃棄物等を資源として再利用することを指すとされ、アップサイクルはリサイクルに含まれるという見方もある¹⁴⁹。

近年食品のアップサイクルが注目される背景のひとつに、食品ロス削減¹⁵⁰の取組みの強化があるとみられる。FAOは食品ロスを「人の消費に充てることができる食料が、サプライチェーンの様々な段階で失われ、量が減少すること」と定義している¹⁵¹。食品ロス削減は2015年に国連でSDGsが採択されたことで動きが加速した。SDGsの目標12で「2030年までに小売・消費レベルにおける世界全体の一人当たりの食料の廃棄を半減させ、収穫後損失などの生産・サプライチェーンにおける食料の損失を減少させる」としている。

日本においても「第四次循環型社会形成推進基本計画」（2018年閣議決定）及び食品リサイクル法に基づく「食品循環資源の再生利用等の促進に関する基本方針」（2019年公表）で、食品ロスを2030年度までに2000年度から半減させる目標を設定した。さらに、2019年に「食品ロスの削減の推進に関する法律」（食品ロス削減推進法）を公布・施行し、食品ロスの削減に対する動きを強化した。なお、日本の食品ロスは、2023年度の目標値489万tに対して2021年度は523万t（家庭系244万t、事業系279万t）であった¹⁵²。

¹⁴⁹ 環境省 水・大気環境局 海洋環境課 海洋プラスチック汚染対策室 Plastics Smart ウェブサイト (https://plastics-smart.env.go.jp/plasmaction_detail_alliance?view=1、2024年2月16日アクセス)

¹⁵⁰ アップサイクルの対象が未利用資源の場合、食品ロスに該当しない場合がある。

¹⁵¹ 消費者庁「令和2年版 消費者白書」

¹⁵² 環境省 ウェブサイト「我が国の食品ロスの発生量の推計値（令和3年度）の公表について」(https://www.env.go.jp/press/press_01689.html、2024年2月16日アクセス)

b 市場動向

前述のように、アップサイクルの原料やアウトプット品はさまざまである。例えば、水産物では低・未利用資源の高付加価値化を図る取組みがある。ロットやサイズの点で流通が難しく利用されていなかった水産物から粉末やだしパックを生産する方法である。工業製品への活用では、包材や雑貨への使用が挙げられる。包材での使用では、テーブルマーク株式会社は、グループ企業である株式会社魚沼ライスの精米工場が発生する「碎米」を 10% 配合したバイオマスプラスチックを、同社工場で生産するパックご飯の外装フィルムの一部原料に採用ことを発表した。このバイオマスプラスチックは、株式会社バイオマスレジン南魚沼が製造する¹⁵³。

東北圏でも新たなアップサイクルの動きがある。福島県の株式会社ももがあるは、傷みやすくて流通に乗せられない完熟桃をスイーツに加工、皮や種も付加価値をつけて販売するビジネスを行っている。なかでも完熟桃の果肉を新鮮なまま瞬間冷凍した「ももふる」は好評を博している。

また、山形県の株式会社グリーンエースは独自の粉碎技術で規格外の野菜を粉末化する事業を行う。山形大学の古川教授は、同社と 3D フードプリンタ（105 ページ）の原料としての活用を目指している。

このように、市場では新たなアップサイクル製品が生み出されており、目の離せない領域になりつつある。本章では、全国的にアップサイクルした食品を展開するオイシックス・ラ・大地と、東北圏で低・未利用の海藻活用等を提案する東の食の会へのヒアリングを行った。

写真 完熟桃の果肉を新鮮なまま瞬間冷凍した「ももふる」



出典 株式会社ももがある 提供

¹⁵³ テーブルマーク株式会社 2022 年 1 月 27 日付 プレスリリース

(https://www.tablemark.co.jp/corp/ir/detail/_icsFiles/afieldfile/2022/01/27/tm220127.pdf、2024 年 3 月 1 日アクセス)

c 事例調査

c-1 オイシックス・ラ・大地株式会社（全国の事例）

（組織の概要）

オイシックス・ラ・大地株式会社（東京都品川区）の前身であるオイシックス株式会社は「一般家庭での豊かな食生活の実現」を企業理念に2000年に設立された。同社グループは一般消費者へ有機野菜、特別栽培農産物、無添加加工食品等、安全性・環境に配慮した食品・食材の販売を行う。生産者から直接購買し、取り扱い対象の品目が多いことが特徴の一つである。また、同社は食品ロス削減に積極的で、食材のロス率0.2%を実現している。

（特徴）

同社は「環境負荷低減を打ち出すのではなく、お客様に価値のあるものを届けるスタンス。食べたなら、それがサステナブルなものだったを目指している」という。同社の取組みは浸透しつつある。例えば、環境に配慮した食品は企業のノベルティやBtoBへの引き合いが増えている。BtoBに関しては高価格帯のスーパーやコンビニエンスストアだけでなく、中価格帯のスーパーでも要望が出てきている。

同社は食品の未活用部分や規格外の農産物の活用といったアップサイクルにも積極的に取り組む。「ここも食べられる」シリーズでは、食品の未活用部分をアップサイクルする。カットりんごの工場で発生したりんごの芯を加工した「ここも食べられるチップス りんごの芯」、梅酒の副産物である梅を活用した「梅酒から生まれた しっとりドライフルーツ」を製品化した。未活用部分の食品としてのアップサイクルでは衛生管理や準拠する法令が異なることに注意が必要だ。「おたすけ Oisix」では猛暑や豪雨、台風等で発生する規格外品や外的要因で通常の流通では扱われにくい農産物等をアップサイクルして販売する。しかし、これらの農産物を扱うためには製品化時に課題がある。例えば台風の災害等で突発的に生じる規格外品が発生するタイミングとそれを原料とした製品の開発・生産に時差が生じるため、原料管理が煩雑になりコストが発生し、販促も難しくなる。

さらに、アップサイクルにかかるコストも課題である。日本は廃棄にかかるコストが安く、廃棄のほうがアップサイクルに比べてコストメリットが出ることがあるとし、適切な廃棄コストの設定の必要性を示唆した。

c-2 一般社団法人 東の食の会（東北圏の特色ある取組み）

（組織の概要）

一般社団法人 東の食の会（東京都品川区）は東日本大震災によって被災した東日本の食品産業の支援団体でありながらビジネスで解決することを目指し、2011年に設立された。オイシックス・ラ・大地株式会社も同会の特別会員の一社である。同会は営利事業と非営利事業の2本柱を行う。営利事業では開発に関与した製品からロイヤリティが収入となる。非営利事業では人材育成や販路開拓を行っており、企業の協賛金が用いられる。

(特徴)

東日本大震災後に事業を行う際、被災した生産者の理解を得る必要性を感じ、草の根の活動もしながら生産者との関係を築いてきた。そのなかで、漁師が持つ低・未利用資源をアップサイクルして価値を生み出すことに成功した。その一つがアカモク（海藻）である。アカモクは漁具に絡まり、厄介者として大半が廃棄されていた。しかし、一部の地域では食用とされていることに同会は目を付けた。同会はアカモクを製品化し、その価値を消費者に伝えるようなプロモーションを行ったことで、市場は5倍に拡大させることができた。

写真 製品化されたアカモク



出典 オイシックス・ラ・大地株式会社 ウェブサイト

(<https://www.oisix.com/ShouhinShousai.s10-8951.htm>、

2024年3月18日アクセス)

d 調査結果と今後の見通し

調査の結果、アップサイクルの領域では生産者との関係の構築や食品ロス削減やアップサイクル製品に対する消費者の意識の醸成が重要であることがわかった。

ヒアリングを行った2社とも、生産者との良好な関係を築き、食の生産の課題を把握し、それを価値に転換していた。アップサイクルでは、生産者自身が気付かない価値や、製品化できないものを形にすることが求められる。そして、その価値を消費者に適切に伝えることができ初めて意義のあるアップサイクルとなる。

一方で課題もある。オイシックス・ラ・大地が指摘するように、これまで廃棄物として扱っていたものを原料とする場合の食品としての安全性確保は課題である。また突発的に発生した農産物等の規格外品のアップサイクルは原料管理や製品化の課題が生じる。さらに、アップサイクルの原料となる低・未利用資源とは、基本的に流通に乗らないもの、乗れなかった規格外品、加工処理中に発生する端材などである。そのため、形状等が整っておらず、生産の効率化が難しく追加の生産コストが発生することも想定できる。

低・未利用資源のアップサイクルは、地域の特色を出し、新たな価値を生む原料となりう

る。そのためにはサプライチェーン全体を見渡し、主産物と副産物を合わせて価値を全体最適化していくことが望ましい。

東北圏でも多くの低・未利用資源があり、アップサイクルをビジネスとして拡大できる余地は大きいとみられる。東北圏でのアップサイクルを後押しするために、サプライチェーン全体を把握しつつ、低・未利用資源に課題を持つ生産者と、熱意や技術を有する事業者のネットワークづくりの支援が求められる。また消費者の食品ロス削減やアップサイクル製品に対する意識の醸成も同時に進めていく必要がある。

e 参考文献

- 環境省 水・大気環境局 海洋環境課 海洋プラスチック汚染対策室 Plastics Smart ウェブサイト (https://plastics-smart.env.go.jp/plasmaction_detail_alliance?view=1、2024年2月16日アクセス)
- 消費者庁 (2020) 「令和2年度 消費者白書」
- 環境省 ウェブサイト 「我が国の食品ロスの発生量の推計値 (令和3年度) の公表について」 (https://www.env.go.jp/press/press_01689.html、2024年2月16日アクセス)
- テーブルマーク株式会社 2022年1月27日付 プレスリリース (https://www.tablemark.co.jp/corp/ir/detail/_icsFiles/afieldfile/2022/01/27/tm220127.pdf、2024年3月1日アクセス)
- 消費者庁 消費者教育推進課 食品ロス削減推進室 (2022) 「食品ロス削減ガイドブック 令和4年度版」
- 環境省 (2018) 「(第四次) 循環型社会形成推進基本計画」

2-7 ハラル・コーシャ認証食品

(要約)

イスラム教やユダヤ教では食に関する戒律があり、喫食できるものが決められている。具体的には、ムスリム（イスラム教徒）のハラール（「許されたもの」の意）、ユダヤ教徒のコーシャ（「適正」の意）があり、それぞれに対して認証がある。

日本でも、インバウンド需要や食品の輸出増加で、ハラールやコーシャの認証食品の重要性が増している。認証取得から販売に当たって、それらの考え方の理解や認証取得の手続きの煩雑さ、取得・更新にかかる費用に加え、販売先の確保といった基本的な課題があり、伴走型の支援が重要である。

a 特徴

(ハラールとは)

ムスリム（イスラム教徒）人口は増加傾向である。Pew Research Center が 2015 年に示した報告では、世界人口に占めるムスリムの割合は 2020 年の時点で 24.9%を占め、2050 年には 29.7%まで増加すると予測されている¹⁵⁴。

イスラム教には食の戒律があるため、ムスリムにはその禁忌に配慮し、「ハラール(Halal)」な食を提供する必要がある。ハラールとは、ムスリムの生活規範であるイスラム法で許されたものを意味し、許されないものは「ハラーム(Haram)」と呼ばれる。ハラールとされる食品には野菜、果物、魚介類がある。反対に、ハラームには代表的なものとして豚肉やアルコール類が挙げられる。

生鮮食品であればハラールかどうか判別できるものが多い¹⁵⁵。しかし、加工食品の場合は、①原材料がハラールである、②保管状況や製造ラインにおいてハラームの汚染がない、③従業員が十分理解している、④管理体制が適切である、といった点の確認が求められ、判別が難しい。そこで、認証機関が①から④について評価する認証制度が重要になる。各種認証制度がハラールと認めたものが、ハラール認証食品である¹⁵⁶。

¹⁵⁴ Pew Research Center (2015) “The Future of World Religions: Population Growth Projections, 2010-2050”

¹⁵⁵ 鶏肉や牛肉はイスラム法に則った食肉処理が必要。

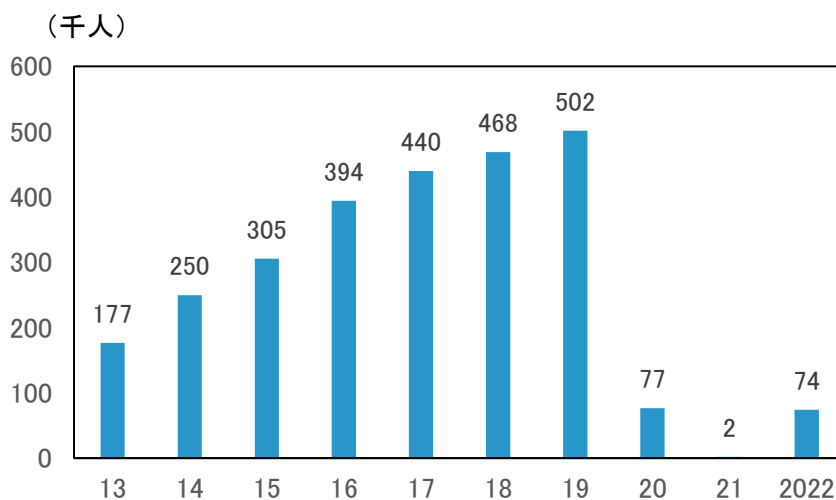
¹⁵⁶ 一般社団法人ハラル・ジャパン協会 ウェブサイト (<https://jhba.jp/>、2024 年 2 月 13 日アクセス)

(ハラールの必要性)

世界人口に占めるムスリムの割合は今後も増加が予測され、国際的に食品のハラール認証取得の重要度が増している。日本国内でもハラールの重要度は増している。人口が減少するなか、国はインバウンド需要や食品輸出の拡大に力をいれており、そうした市場でのムスリムの動向は無視できないためである。

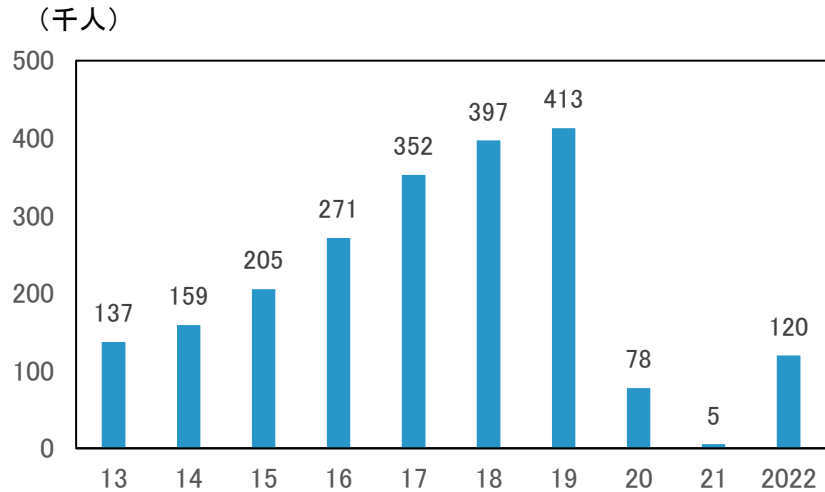
実際に、コロナ禍前の2019年までは訪日ムスリム旅行者数の増加が確認できている。日本政府観光局(JNTO)の「訪日外客統計」によると、人口の半分以上がムスリムであるマレーシア、人口の9割がムスリムであるインドネシアからの訪日数は増加していた(第2-7-1図表、第2-7-2図表)。また直近の2023年の月次訪日外国人数では、両国ともに2019年同月比と同レベルにまで回復している状態にある。

第2-7-1図表 訪日マレーシア人数の推移



出典 日本政府観光局(JNTO)「訪日外客統計」

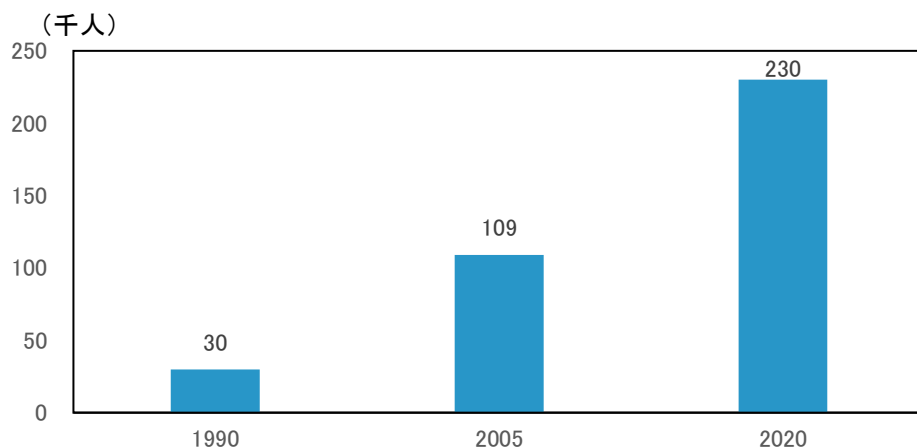
第2-7-2図表 訪日インドネシア人数の推移



出典 日本政府観光局(JNTO)「訪日外客統計」

さらに、日本国内のムスリム人口も増加している(第2-7-3図表)。2010年末の10万人超から2020年12月末には23万人へ増えたと推定されている¹⁵⁷。またこの推定では、1990年、2005年、2020年で比較すると、日本在住の外国人ムスリム人口に占める3大都市圏比率は8割から7割へ低下しており、徐々に地方圏での居住が増えつつある。東北圏でもまだ規模は小さいながら、今後開拓すべき市場として注視していく必要がある。

第2-7-3図表 国内ムスリム人口の推移



出典 店田(2021)「日本のムスリム人口 1990-2020年」より作成

¹⁵⁷ 店田(2021)「日本のムスリム人口 1990-2020年」、RPMJ20号

(ハラール認証取得の課題)

ハラール認証食品の注目度が増している。しかし、留意すべき点もある。ここでは、認証取得のうち、重要とみられる課題を3点挙げる。

1点目は、イスラム教になじみのない多くの日本人にとってはハラールの概念を理解しにくいことである。ハラールの解釈も国や地域、個人によって異なっており、それを反映して、製造工程で発生するアルコールの可否など、認証制度そのものにも多様性がある。国内だけでも、東南アジアや中東の認証機関から相互認証を受けている主な機関は9つある¹⁵⁶。したがって、日本企業がハラール認証を取得する場合、例えば輸出であれば輸出先として想定している国に輸出可能な認証機関を選択することが必要となる(第2-7-4図表)。

第2-7-4図表 ハラールの認証機関

NO	団体・組織名	相互認証機関					
		マレーシア (JAKIM)	インド ネシア (MUI)	シンガ ポール (MUIS)	サウジ アラビア (GAC, SASO)	UAE (ESMA, EIAC)	カタール (Ministry of Public Health Ports Health and Food Control Section)
1	エミレーツ・ハラールセンター(EHC)					○	
2	イスラミックセンター・ジャパン(ICJ)						○
3	特定非営利活動法人(NPO法人) 日本ハラール協会(JHA)	○	○ (香料除く)	○	○ (GACのみ)	○	○
4	宗教法人 日本イスラム教徒協会(JMA)/ 拓殖大学イスラム研究所	○	○ (と畜除く)	○			
5	一般社団法人イスラム教徒・プロフェッショナル協会(MPJA)	○	○				
6	宗教法人日本イスラム文化センター/ マシド大塚(JIT)	○				○	○
7	一般社団法人ジャパン・ハラール・ファンデーション(JHF)	○		○			
8	NPO法人日本アジアハラール協会(NAHA)	○		○			
9	Prime Certification And Inspection Company Ltd (PCIC)					○	

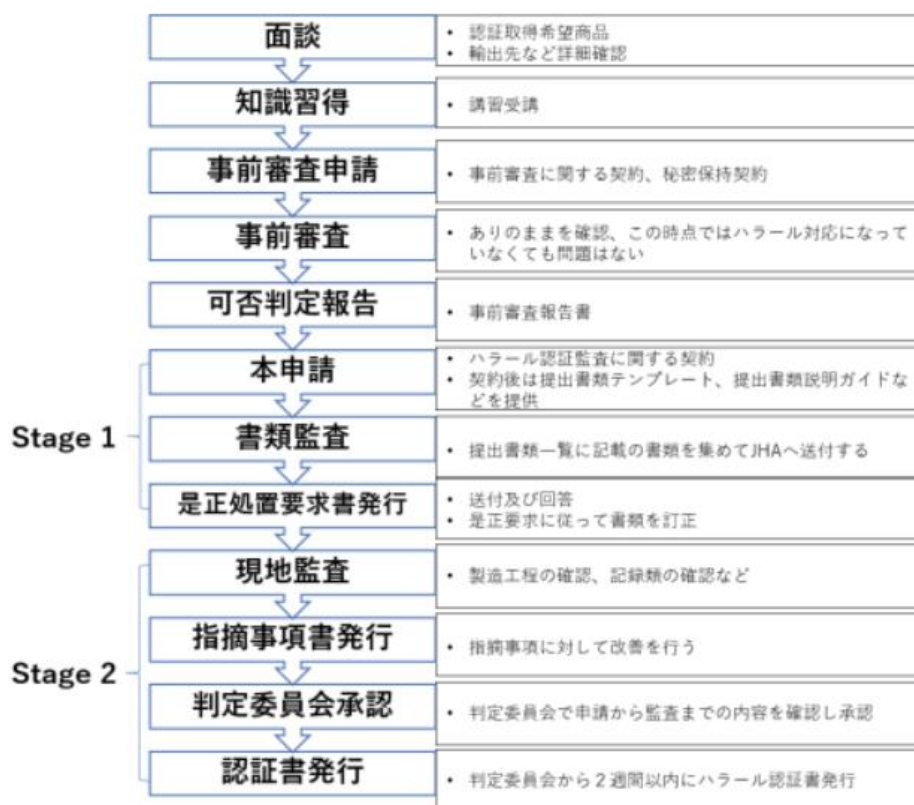
(注)2020年10月時点。品目により認証対象外になるものがある。PCICはUAEのドバイに本社を持ち、千葉市に日本拠点がある。

出典 三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング「令和2年度輸出環境整備推進委託事業(ハラール及びコーシャ認証制度等調査・普及)調査事業報告書」(農林水産省)

2点目は、認証取得のプロセスが複雑なことである。例えば、NPO法人日本ハラール協会でのハラール認証取得は、事前審査、書類監査、現地監査の3段階からなる。まず事前審査では、面談後、知識取得と事前審査申請が必要となる。事前審査で問題ないと判断された後、書類監査に進む。同協会に送付された書類に改善点があれば、是正処置要求書が発行され、対応が必要となる。次のステージが現地監査である。現地監査では製造工程や記録類が確認され、不備等に対する指摘事項が発行される。その指摘事項に対応後、判定委員会の承認を経て、認証される(第2-7-5図表)。

こうしたプロセスには半年～1年ほどの時間がかかるとされている¹⁵⁶。このプロセスは知見がない事業者にとっては障壁と考えられる。

第2-7-5 図表 ハラルの認証の工程



出典 三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング「令和2年度輸出環境整備推進委託事業(ハラル及びコーシャ認証制度等調査・普及)調査事業報告書」(農林水産省)

3点目は認証やその更新にかかる費用である。同協会の場合、新規認証には最低でも66万円および諸経費が必要である。取得費用に加え、サーベイランス(監視)・更新の都度45万円以上必要となる¹⁵⁸。同協会のウェブサイトには更新頻度が明記されていないものの、一般社団法人ハラル・ジャパンによると、有効期間は半年～1年が主流で、4年間有効の場合もあるという¹⁵⁹。

¹⁵⁸ NPO 法人 日本ハラル協会 ウェブサイト (<https://jhalal.com/halal-cert/procedure/>、2024年2月13日アクセス)。

¹⁵⁹ 一般社団法人ハラル・ジャパン協会 ウェブサイト (<https://jhba.jp/>、2024年2月13日アクセス)。

以上のように、ハラールの概念が理解しにくいこと、認証取得の複雑さやその費用がハラール認証取得の課題であるとみられる。ハラール認証取得には、これらの課題を上回る需要拡大等のメリットの創出が求められる。

(コーシャとは)

2022年の世界のユダヤ人（ユダヤ教徒）は約1,500万人で、米国には730万人、イスラエルには718万人が居住すると推定されている（第2-7-6 図表）。コーシャは「適正」を意味するヘブライ語であり、コーシャ認証食品は認証機関によりユダヤ教徒が食べることを許された食品と認められた食品である。

コーシャの範疇は、農産物では全粒穀物、野菜、果物、ナッツ類であり、畜産物に関しては①適切な動物であること、②適切な方法で屠畜されていること、③適切な方法で調理されていることが求められる。例えば、①はひづめが完全に割れているもの、また、反芻動物に限定（牛、羊、山羊、鹿）される。また、鳥類では猛禽類以外とされる。②では、専門の屠殺者がユダヤ教の戒律に従って屠殺し、処理をする必要がある。③では、肉類と乳製品と一緒に食べられないといった規則がある¹⁶⁰。

第2-7-6 図表 ユダヤ人人口の多い国(2022年)

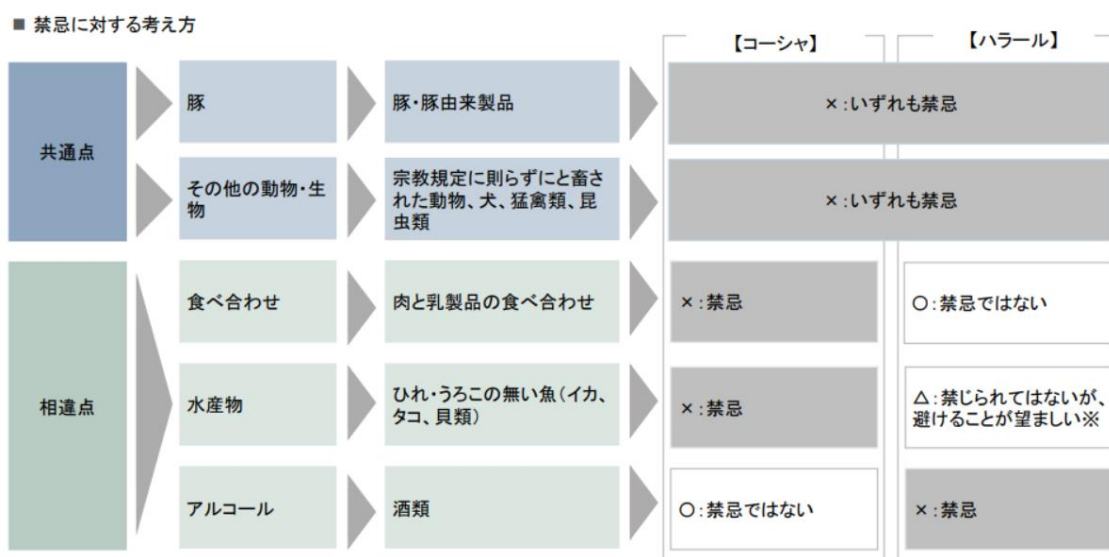
国	人口（千人）
米国	7,300
イスラエル	7,181
フランス	442
カナダ	394
英国	292

出典 Jewish Virtual Library

「Vital Statistics: Jewish Population of the World」

¹⁶⁰ 国土交通省「訪日ユダヤ人 訪日ユダヤ人旅行者に対応した受け入れ環境整備のための実証事業」（2018年2月）。あくまでも例示であり、実用においては十分留意すること。

【参考】ハラールとコーシャの対比



※宗教上の教義で禁じられているわけではないが、嫌悪感を示されるので、料理の食材として扱うことは避ける方がよい。

(出所)コーシャについては、コーシャジャパン、JKS、株式会社ヤマミズラへのヒアリングに基づき作成。ハラールについては、Emirates Authority for Standards & Metrology (ESMA), "Halal products (GSO-2055-1)"、国土交通省(2010)「多様な食文化・食習慣を有する外国人客への対応マニュアル(イスラム教)」に基づき、MURC作成。

出典 三菱 UFJ リサーチ & コンサルティング「令和 2 年度輸出環境整備推進委託事業(ハラール及びコーシャ認証制度等調査・普及)調査事業報告書」(農林水産省)

(コーシャ認証取得の意義)

ムスリムに比べてユダヤ人の人口は圧倒的に少ないものの、コーシャ認証取得も取得する意義は大きい。それは認証機関や認証制度が発展しており、そうした枠組みが整備されていない他の宗教的禁忌に比べ信頼感があり、品質保証としての役割も果たしている。

(コーシャ認証取得の課題)

コーシャ認証取得の場合も、その考え方の理解、認証取得にかかる時間や費用は課題である。

コーシャの考え方は、コーシャとは(P131)でみてきたように、ユダヤ教になじみのない多くの日本人は宗教的禁忌を事前に理解しておく必要がある。

コーシャ認証取得の流れは概ねハラールと同様である。例えば、日本初のコーシャ認証を行うコーシャジャパン株式会社の場合、申請後、書類審査、実地審査、契約の流れである。認証費用は着手金として 20 万円、その後はさらに年に一度定期検査が行われ、25～35 万円が必要となる¹⁶¹。

このように、課題もみられるハラールやコーシャの認証取得であるが、それを乗り越え、他社製品との差別化として活用している事業者もいる。本調査では、ハラールやコー

¹⁶¹ コーシャジャパン株式会社ウェブサイト (<https://www.kosherjapan.co.jp/>、2024 年 2 月 13 日アクセス)

シャの認証を取得し、インバウンド需要の獲得や輸出に取り組む東北圏の事業者からヒアリングを行った。

b 事例調査

b-1 福島県醤油醸造協同組合(東北圏の特色ある取組み)

(組織の概要)

福島県醤油醸造協同組合は1964年に誕生した。当時数百社あった醤油醸造者が生揚(生醤油・発酵、熟成させた諸味を压榨し、得られた液体であり、火入れ前のもの¹⁶²)までを協同で製造する工場を建設し、運営を行ってきた。これは、生揚までを組合が協同で生産し、最後の仕上げを各々の組合員が自分の工場でその蔵の特徴を生かし行うもので、「福島方式」と呼ばれており、全国ではじめての試みであった。

2022年10月現在、組合員は58名おり、従業員は17名である。2022年の福島県の醤油出荷数量合計は、3,002 kLで、これは2018年の3,360 kLから減少している。工場の稼働率を維持するには、新たな市場開拓が必要であった。

(ハラール認証の取得)

こうした背景のなか組合員の発案からハラール認証の取得に着手した。同組合は、東邦銀行や一般財団法人ハラール・ジャパン協会の支援を受け、2016年に日本アジアハラール協会 (NAHA) のハラール認証を取得した。

前述のとおり、同組合は生揚までを主に製造している。そのなかで、最終工程まで取り扱う製品もあり、ハラール認証を受けた「ハラールしょうゆ(国産丸大豆仕込醤油)」もそのひとつである。同認証を受けた商品では、多くの製品で日持ちを良くするために行っているアルコール添加ができなくなる。また、工場内で豚毛を利用したブラシ等の使用も不可である。こういった製造工程等の変更は、ハラール認証取得に不可避である。販売先には東京都内の回転すし店がある。また、輸出先のマレーシアのラーメン店で採用されている。なお、同組合はコーシャ認証も取得済みである。

(課題)

認証取得やその更新にかかる費用を考えると採算が取れないことも指摘された同組合のハラールしょうゆを「小売りでも業務用でも相場より2倍近くの高値で販売できる」のはメリットと言える。その一方で、認証取得やその更新の費用から、採算がとれないことが不安材料である。こうした課題に対して、長期的な採算ベースでハラールの取組みをとらえるところがこの組合の強みと言えそうだ。ヒアリングでは同組合が「金銭的な価値以外に重きを置いている」ことを確認した。このことから、同取組みは組合員である醤油製造業全体の販売量を増やす仕掛けとの位置づけと推察できる。実際、同組合は生揚段階での

¹⁶² しょうゆ情報センター ウェブサイト (<https://www.soyssauce.or.jp/knowledge/process>、2024年2月13日アクセス)

ハラール製品を組合員に販売する戦略を描いている。それにより、同組合が認証取得・更新作業を一手に取りまとめ、組合員が個々の個性をいかしたハラール製品に取り組むことも可能になる。

しかしこうした構図の実現化には、取引先である外食産業とのマッチングが重要となる。同組合は集中生産工場として安定した製造能力を誇る。したがって、稼働率確保にはパートナーとなる外食産業も、チェーン店等、ある程度大きな取引量の企業が望まれる。さりとて同組合が組合員である醤油醸造業者よりも異業種における認知度を高めるわけにはいかない。こうしたジレンマに対し、消費量が大きな大都市圏での販売を伸ばすには、外部からの支援としてマッチングのサポートや後押しは重要になる。

海外の市場開拓においては、自然発生的に生成した発酵アルコールを日本アジアハラール協会では問題ないとしている一方、より厳格な中近東への輸出は難しい側面がある。このように地域的な理解は業界全体としても課題である。

b-2 株式会社宝来屋本店(東北圏の特色ある取組み)

(組織の概要)

福島県郡山市の株式会社宝来屋本店は、1953年設立の従業員数は40名ほどの企業である。創業時に開発した、食塩、蒸米、糶を3:5:8の配合で混ぜた一夜漬けの素である三五八の素が、現在でも販売されるロングセラー商品で、そのほか有名である味噌や甘酒、醤油といった発酵食品の製造販売を手掛けている。

(コーシャ認証の取得)

同社がコーシャ認証を取得したのは、輸出戦略の一環である。同社が輸出に取り組んだのは、1993年のノルウェー向けからである。1999年に福島空港が中国(上海)と韓国(ソウル)との国際定期路線を開設し、この国際線活用を目指し、福島県が中国上海に事務所を設置し、県内企業の輸出を推進した。こうした追い風もあり、2005年ごろから米国、豪州を中心に市場開拓を進めており、香港や台湾等からの引き合いも強かった。

しかし、東日本大震災の発生により、輸出停止となり取引が低迷した。東京電力福島第一原子力発電所事故を受け、輸出証明書の発行が求められると、輸出再開はさらに難しくなった。日本貿易振興機構(JETRO)の支援で米国サンフランシスコの展示会に参加し、現地企業からのアプローチも受けたが、英語でのやり取りを含めた突発的な対応は難しく、なかなか事業には発展しなかった。

そのような状況のなか、2020年東京オリンピックに向け、訪日ムスリム観光客数の増加を見込み、JETROアドバイザーとマレーシアにおけるハラール認証食品に関する現地視察を行った。マレーシアの首都クアラルンプール市でも関連食品の相場は安かったこと、ユダヤ系に大富豪が多いと知られていることから、高付加価値製品を製造する同社はコーシャ認証の取得に取り組むこととした。2016年にコーシャ認証を取得し、2018年にイスラエルへの輸出を始めた。2020年には第5回ふくしま産業賞金賞を受賞した。2023年には日本を

含む 11 ヶ国で製品を展開している。

現在、同社ウェブサイト（日本語版）で確認できるコーシャ認証商品は、14 アイテムある。内訳は味噌 6、甘酒 6、生糀と醤油麴が 1 ずつである。醤油麴の認証には原料を供給する福島県醤油醸造協同組合のコーシャ認証取得が前提となる。ただし認証機関である Kosher London Beth Din 社（KLBD）の証明書（2024 年 5 月 3 日までのもの）をみると、27 アイテムとなっている。すなわち海外市場向けの企画となっており、日本向けウェブサイトに掲載されない製品数もある程度存在することから、同社輸出戦略におけるコーシャ認証の重要性がうかがえる。

コーシャ認証は、ハラール認証と違って、主要認証機関間で互換性がある。すなわち、同社がロンドンの KLBD でコーシャ認証を取得した結果、イスラエルだけでなく、米国や欧州市場で販路を開拓しやすくなった。

（課題）

同社は JETRO の支援を受け、海外の展示会への参加等、輸出強化に取り組んだが、突発的な案件に対するフォローができず、対応できなかった。コーシャ認証取得については、イスラエルのバイヤーに商品が気に入られたうえで、食品加工に知識のある日系米国人の入社があり、認証取得が一気に進んだ。

このように、JETRO 等の外部支援はきっかけとなる場の設定までと限定的で、その後の物流や商流にかかる交渉についてもサポートが必要となる。ここで注意したいのは、同社は 1990 年代から輸出を手掛けており輸出業務についてはある程度経験を蓄積していた点にある。そうした企業であっても、東日本大震災という大きな外的要因に対し、課題を乗り越えるために営業等での人材を切り詰めていたことは想像に難くない。そしてそういった余力のない業務体制では、突発的な英語での電話対応は難しく、外部支援を受けて展示会に参加しても、事業発展につながらなかったのではないかと考えられる。

同社がコーシャ認証の取得に至ったのは、日系米国人の入社があったからである。この積極的な人材確保は高く評価できるものの、東北圏で広くコーシャ認証取得に取り組むには、こうした適正のある人材が複数企業に対応するような仕組みが必要である。

b-3 菊水酒造株式会社(東北圏の特色ある取組み)

（組織の概要）

菊水酒造株式会社（新潟県新発田市）は 1881 年に創業し、法人設立は 1956 年の酒造である。1972 年に発売した生原酒缶「ふなぐち菊水一番しぼり」は、アルミ缶による品質保持の実現で、生原酒の通年流通を可能にし、2022 年に発売 50 周年を迎えたロングセラー商品となっている。

2004年に同社は創業125年（法人設立50周年）を迎え、菊水日本酒文化研究所を設立した。さらに海外展開に積極的で、23の国と地域に日本酒を輸出しており、売上高の約15%の6億円程となる。上述の国税庁資料によると、新潟県の清酒以外を含む酒類輸出額は30億円程であることから、同社の輸出額の大きさが理解できる。

同社の輸出額が相対的にみて大きいと思われるが、それには海外での日本酒の認知度がまだ低かった1995年から本格的に米国進出に着手していた、という先進性が起因している。

地道な営業努力を続けるなか、日本酒人気の高まりを背景に、近年は北米での拡販を加速する。2007年に日本企業でははじめて米国農務省が定めたオーガニック食品についての認証（US Natural Organic Program）を取得し、米国市場向けにオーガニックの日本酒として出荷できるようになった。

（コーシャ認証の取得）

2010年に米国に現地法人を設立しており、従業員も3名いる。2011年に取得したコーシャ認証は「認証があることで棚に置いてもらえる可能性が上がっている」と評価している。

コーシャ認証の取得のためには、酒造工程がユダヤ教の食の戒律（カシュルート）を遵守しているか、という点をラビ

（ユダヤ教の聖職者）が判断することとなる。チェック項目は約250項目に及ぶが、日本酒が水、コメ、麴だけで本質的に問題ないとされる。しかし、小麦や大麦等の穀物のアルコールが添加されている場合、製造ラインにおいて同一器具の使用は問題になる。

また、日本酒の海外展開では、デリケートな日本酒を扱ううえで、品質管理が課題である。それは、米国への輸出では日系資本の米国ディストリビューターを経由しており、同社の直接の管理が及ぶのは日本国内の輸出港までであるためである。同社は、米国内のリピーターを大切にしていきたいと考えており、その点に留意している。

国内ではインバウンド需要にも着目している。「モノづくりだけではなく、コトづくりも併せてやっていきたい」として、同社は酒蔵や研究所、庭園見学を受け入れている。訪日客も訪れることがあり、日本人にとっては当たり前のことにも喜んでもらえることがやりがいの一つという。こういった体験がストーリーとなり、高付加価値品の販売につながるのことであった。

その土地や、輸出、施設開放を含めたトータルのストーリー、そのための地道な活動が同社のブランド構築に寄与していると考えられる。

写真 コーシャにも対応した純米吟醸オーガニック清酒



出典 菊水酒造株式会社

c 調査結果と今後の見通し

ハラール認証食品とコーシャ認証食品は、加工食品の輸出やインバウンド需要拡大への対応で注目されている。日本は今後人口減少に歯止めがかからず、ムスリムが多く居住する地域への輸出や、訪日ムスリム観光客への対応はますます重要になるとみられ、食の分野では各種認証制度の活用が求められてくる。

こうした宗教的な戒律による食品の認定制度は、その概念的な理解は日本企業には難しく、さらに認証取得のプロセスは複雑である。こうしたハードルを乗り越えても、かかる費用を上回る効果を生み出すためには、販売先の確保は不可欠である。

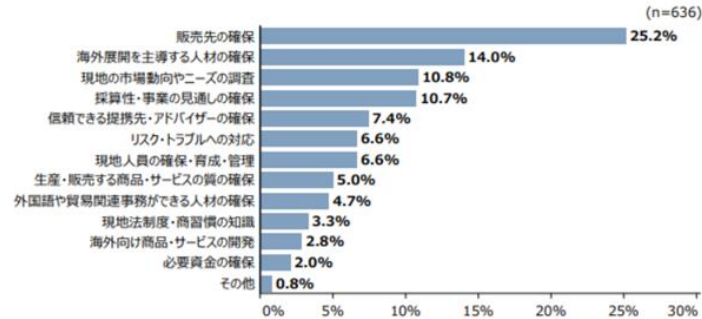
事例からはこうした課題に対しての対策が取られていた。福島県醤油醸造協同組合の場合は、もともと組合員の製造プロセスを共同化しており、その施設でハラール認証を取得した。現時点では、ハラール醤油はまだ市場開拓が必要な段階とのことであったが、組合員製品でハラール認証を取得しやすくなるとも期待でき、将来的には福島県全体の醤油製造量の維持や増加に寄与するとも考えられる。株式会社宝来屋本店は、東日本大震災以降の輸出に苦戦するなか、JETRO 支援を受けつつ、人材獲得を行い、コーシャ認証取得を達成した。

なお、これらの事例調査からは、認証取得に関わらず、販売先の確保が重要となることもわかった。例えば福島県醤油醸造協同組合のような川上にあたる組織が認証取得に取り組んだとしても、川下の組織が販売先を確保できなければ取得の意義が薄れる。その意味で、外部支援としてビジネスマッチングが認証取得を後押しする効果があるといえるのではない。

こういった点は輸出で顕著になる。「2022 年度版 中小企業白書 小規模企業白書」によると、海外展開について最も強く感じている課題を「販売先の確保」と答える企業は 25%以上に達している（第2-7-6図表）。

第2-7-6図表 海外展開をするうえの課題

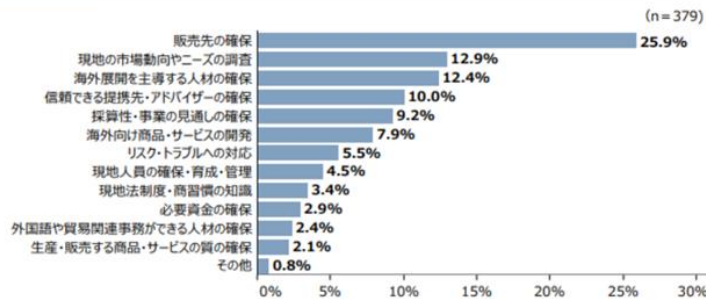
第2-2-131図 海外展開実施企業が最も強く感じている課題



資料：(株)東京商工リサーチ「中小企業の経営理念・経営戦略に関するアンケート」

(注) ここでいう海外展開実施企業とは、海外展開の実施状況及び今後の意向について、「海外展開を行っており、今後は更に拡大を図る」、「海外展開を行っており、今後は現状を維持する」、「海外展開を行っているが、今後は縮小・撤退を検討する」と回答した企業を指す。

第2-2-132図 海外展開を実施していない企業が最も強く感じている課題



資料：(株)東京商工リサーチ「中小企業の経営理念・経営戦略に関するアンケート」

(注) ここでいう海外展開を実施していない企業とは、海外展開の実施状況及び今後の意向について、「現在海外展開は行っていないが、今後は新たに取り組みたい」と回答した企業を指す。

出典 中小企業庁「2022年版 中小企業白書 小規模企業白書」

東北圏で、こうした取組みの可能性を考えると、小売業や外食産業、観光関連産業等と連携しながら、ハラールやコーシャといった認証食品の存在を発信していく戦略も提案できる。こうした取組みで注目されるのは、岡山県岡山市・吉備中央町・真庭市の行政・観光団体等の官民連携で設立された「岡山型ヘルスツーリズム連携協議会」の取組みであり、追記しておきたい。

同協議会は、ムスリム観光客の受け入れ態勢の整備と誘客プロモーションを行う。受け入れ体制の整備としてハラール認証とは別に「ピーチマーク制度」を用意した(第2-7-7図表)。同制度ではメニューの英語表記やノンアルコール・ノンポークメニューの有無に加えて、宿泊施設がお祈りマットを用意している等幅広い情報を一元的に提供している。

第2-7-7図表 岡山型ヘルスツーリズム連携協議会の整備するピーチマーク



ピーチマークⅠ



ピーチマークⅡ

飲食店	メニューの英語表記がある	メニューの英語表記がある
	ノン・ホークメニューがある	ノン・ホーク&ノン・アルコールメニューがある
宿泊施設	飲食店と同じ条件が必要	飲食店と同じ条件が必要
	英語対応が可能なスタッフがいる	英語対応が可能なスタッフがいる
	お祈りマット、キブラコンパスが利用できる	お祈りマット、キブラコンパスが利用できる
		常設でなくても良いがお祈りスペースを案内できる
		トイレがお清めスペースに使用できる
製造業	原材料の英語表記がある	原材料の英語表記がある
	ノン・ホークである	ノン・ホーク&ノン・アルコールである

出典 日本政府観光局(JNTO)

ハラールやコーシャ認証取得は、国の輸出目標達成やインバウンド需要への対応の後押しとなる。また、インバウンド需要に関しては、認証食品を特定の地域の小売りや外食、ホテル等に対して東北圏一帯で面的に導入できれば対外的なプレゼンスの向上にもつながりうる。輸出に関しては認証取得の支援や展示会の場の設定だけでなく、その後のフォローも含めた伴走型の支援が望まれる。

d 参考文献

- Pew Research Center (2015) “The Future of World Religions: Population Growth Projections, 2010-2050” April 2
- 日本政府観光局 (JNTO) 「訪日外客統計」
- 店田廣文 (2021) 「日本のムスリム人口 1990-2020 年」、RPMJ20 号
- アクセンチュア株式会社「平成 29 年度輸出戦略実行事業 ハラール食品輸出に向けた「手引き」(更新版)」(農林水産省)、2019 年 4 月更新
- 国土交通省「訪日ユダヤ人 訪日ユダヤ人旅行者に対応した受け入れ環境整備のための実証事業」、2018 年 2 月
- 三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング (2020) 「令和 2 年度輸出環境整備推進委託事業 (ハラール及びコーシャ認証制度等調査・普及) 調査事業報告書」(農林水産省)
- 一般社団法人ハラール・ジャパン協会 ウェブサイト (<https://jhba.jp/>、2024 年 2 月 13

日アクセス)

- 国土交通省「訪日ユダヤ人旅行者に対応した受け入れ環境整備のための実証事業」、2018年2月
- コーシャジャパン株式会社 ウェブサイト (<https://www.kosherjapan.co.jp/>、2024年2月13日アクセス)
- しょうゆ情報センター ウェブサイト (<https://www.soysauce.or.jp/knowledge/process>、2024年2月13日アクセス)
- Jewish Virtual Library 「Vital Statistics: Jewish Population of the World」 (<https://www.jewishvirtuallibrary.org/jewish-population-of-the-world>、2024年3月5日アクセス)
- 中小企業庁 (2022)「2022年版 中小企業白書 小規模企業白書」
- 岡山ヘルスツーリズム ウェブサイト (<https://okayamahealthtourism.com/ja/>、2024年2月13日アクセス)

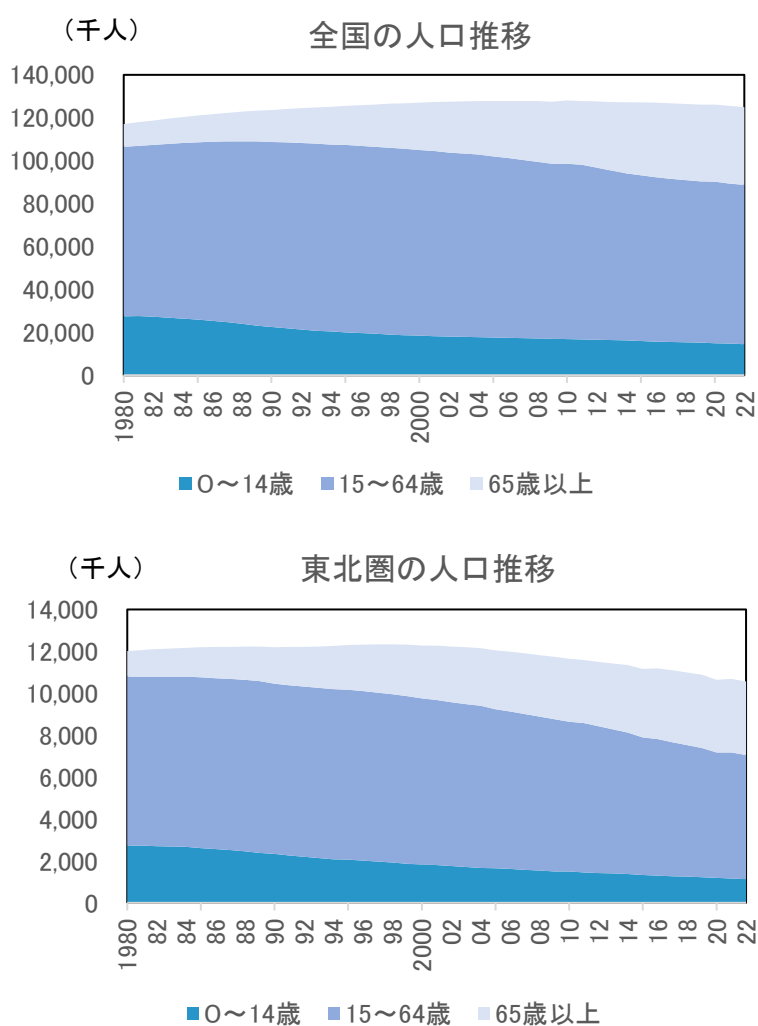
3 東北圏内の環境

ここまで国内外のフードテックを取り巻く環境や全国および東北圏での特徴的な企業の動向を見てきた。本章では東北圏内の人口や食品関連産業の立ち位置の分析、伝統的な食品に対する理解を深めるための地理的表示への取組み、輸出やインバウンド動向を整理し、フードテックを活用した食ビジネスの発展を進めるうえでの前提条件をみていく。

3-1 東北圏の人口動態

全国と比べて、東北圏は人口減少や労働力不足が著しい（第3-1-1図表）。2000年から2022年にかけて、全人口は全国では△1.6%、東北圏では△13.9%と変化し、同期間の減少幅が東北圏において大きかったことがわかる。1988年までは10%を超えていた全国に対する東北圏の人口比率も2022年には8.5%まで低下している。

第3-1-1図表 全国と東北圏の人口推移



出典 総務省「人口推計」（各年10月1日現在の推計値）

さらに、全人口に占める労働の中核的な担い手である生産年齢人口（15～64歳）の割合は、2000年では全国（68.1%）を東北圏（64.4%）が4ポイントほど下回っていた。これが、2022年には全国（59.4%）と東北圏（56.0%）となった。

高齢化率（人口に占める65歳以上の割合）は、2022年には全国では29.1%となった。同年の高齢化率を都道府県別にみると秋田県（38.6%）が最も高い。また、2024年までの高齢化率の伸びも、東北圏では10ポイント超の県域が青森県（12.0ポイント増）、宮城県（11.4ポイント増）、秋田県（11.5ポイント増）、福島県（11.5ポイント増）となっており、高齢化が全国でみても著しく進み、今後も懸念される地域といえよう。この人口動態が東北圏経済に大きな影響を及ぼすことは避けられず、食ビジネスもその例外ではない。

3-2 東北圏内の食品関連産業の立ち位置

東北圏において農業や漁業は重要な産業であり、全国でのプレゼンスも高い。第3-2-1図表に農業産出額と海面漁業・養殖業産出額、第3-2-2図表にはこれら全国の産出額合計に占める東北圏の割合を示した。農業生産額¹⁶³は全国が8兆8,600億円に対して東北圏は1兆5,860億円で、全国の18.0%を占める。海面漁業・養殖業産出額¹⁶⁴は全国が1兆2,552億円に対して東北圏は1,635億円で、全国の12.9%である。東北圏の人口が1,055万人で全国1億2,242万人の8.6%であることを踏まえると¹⁶⁵、東北圏の農水業が国内生産に与える影響は見過ごせない。

第3-2-1図表 全国に占める東北圏の農業産出額、海面漁業・養殖業産出額（2021年）
（億円）

	農業産出額	海面漁業・養殖業産出額
東北圏	15,860	1,635
青森	3,277	447
岩手	2,651	296
宮城	1,755	655
秋田	1,658	25
山形	2,337	17
福島	1,913	95
新潟	2,269	100
その他	72,740	10,917
合計	88,600	12,552

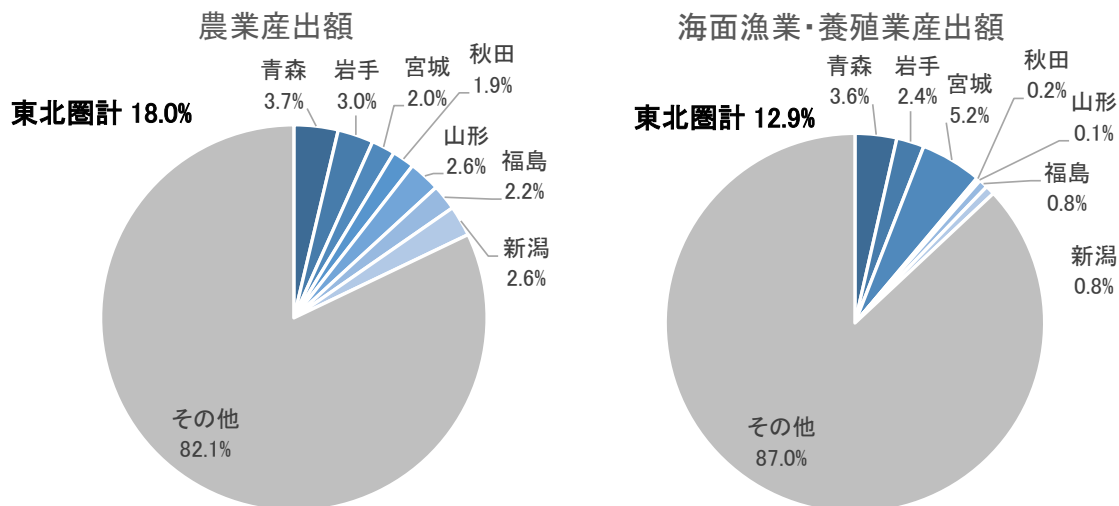
出典 農林水産省「生産農業所得統計」「漁業産出額」

¹⁶³ 農林水産省「令和3年生産農業所得統計」

¹⁶⁴ 農林水産省「令和3年漁業産出額」

¹⁶⁵ 総務省「住民基本台帳に基づく人口、人口動態および世帯数（令和5年1月1日）」

第3-2-2図表 全国に占める東北圏の農業産出額、海面漁業・養殖業産出額割合
(2021年)



※四捨五入により合計 100%とはならない。

出典 農林水産省「生産農業所得統計」「漁業産出額」

事業従事者一人当たりの純付加価値額も注目したい (第3-2-3図表)。それを全産業、農業、漁業 (水産養殖業を除く)、食料品製造業について全国と比べると、漁業以外は全国を下回っている。また、東北圏全体および東北圏内の各県の一人当たり純付加価値額を全産業と比べると、農業、水産養殖業¹⁶⁶、食料品製造業のいずれもそれを下回っている。

東北圏の食品産業の立ち位置、つまり全産業に占める食品関連産業の純付加価値額、事業従業員数も多いことを踏まえると、事業従業員一人当たりの純付加価値額の向上は、東北圏の経済の維持・成長のために大きな影響を与える。今回調査してきたフードテック領域は、高付加価値製品への革新や省力化の推進が期待できる領域であり、チャンスをつかむことが重要である。

¹⁶⁶ 漁業 (水産養殖業含む) は地理的要因が大きいことから、都道府県ごとの純付加価値額の差異が大きくなる。また、水産養殖業は事業者数が少ない都道府県があり、一事業者の影響を受けやすいことを留意する。

第3-2-3図表 事業従事者一人当たり純付加価値額(百万円)

	全産業	農業	漁業 (水産養殖業を除く)	水産養殖業	食料品製造業
全国	599	260	388	292	383
東北圏	434	245	423	205	331
青森	399	275	458	91	353
岩手	415	273	270	29	291
宮城	490	199	490	253	355
秋田	394	151	431	92	285
山形	425	312	844	249	309
福島	433	149	636	94	289
新潟	426	296	182	481	364

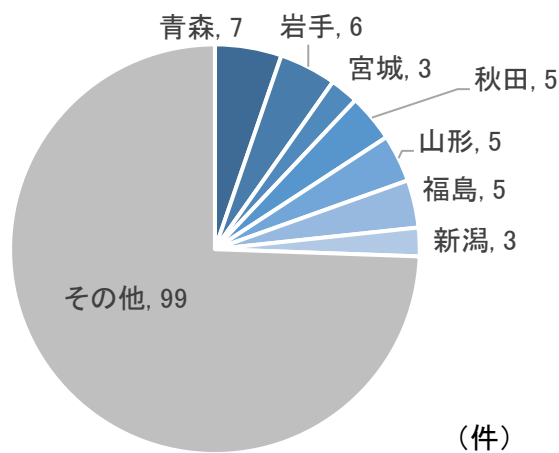
出典 経済産業省「令和3年 経済センサス-活動調査」(調査は2020年)

3-3 伝統的な食に対する取組み

東北圏で新たな食ビジネスを推進するうえで、伝統的な食文化は他地域と差別化する強みとなりうる。それを保護する制度に地理的表示(GI)保護制度がある。GI保護制度はその地域ならではの自然的、人文的、社会的な要因の中で育まれてきた品質、社会的評価等の特性を有する産品を地域の知的財産として保護する制度である。

東北圏は日本国内でもGI登録件数が多い。GI登録の中で食品に関連するものは全国で127品あるが、そのうち東北圏のものは32品である。これは全国の約25%を占める(第3-3-1図表、第3-3-2図表)。これは東北圏の人口規模や、農業産出額における東北圏の割合(18.0%)といった前述した内容からみて高い水準であり、東北圏の強みになりうる。

第3-3-1図表 東北圏のGI登録状況(食品に関連する登録のみ)



出典 農林水産省「GI登録の現状」(2024年1月29日時点)より作成

第3-3-2 図表 全国のGI登録状況



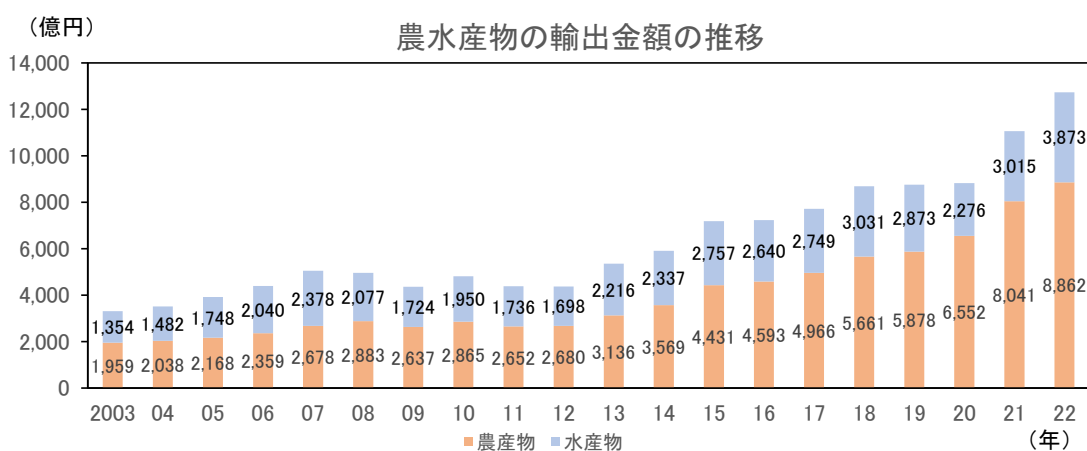
出典 農林水産省「登録産品一覧」(2024年1月29日時点、
https://www.maff.go.jp/j/shokusan/gi_act/register/index.html、
 2024年3月5日アクセス)

3-4 東北圏の輸出およびインバウンド

国内の人口が減少するなか、国内企業は輸出やインバウンド市場を開拓し、国もそれを後押ししてきた。

農林水産業の輸出について、国は2016年に「農林水産業の輸出力強化戦略」を取りまとめ、促進を強化している。また、「食料・農業・農村基本計画」等で農林水産物・食品の輸出額を2025年まで2兆円、2030年までに5兆円にする目標を設定した。第3-4-1図表に示すとおり、日本の農水産物・食品の輸出額は増加傾向にある。

第3-4-1図表 農水産物の輸出金額の推移



また、東北圏の各県も輸出拡大に向けた戦略やプランを策定している(第3-4-2図表)。各県とも、輸出対象品目や取り組むべき地域等、独自の方針を示している。

経済団体もこうした取組みを後押ししている。東北経済連合会では、2019年から九州農水産物直販株式会社を通じた東北圏の農水産物・食品のアジア圏向け輸出拡大に取り組んでいる。

第3-4-2図表 東北圏の輸出に関する戦略等と支援例

	戦略等名称	期間	支援の例（輸出関連）
青森	青森県輸出・海外ビジネス戦略	2019～23年度	農林水産品の生産者・事業者、県内中小企業等の輸出促進・機運醸成を図り、輸出額全体を底上げする。輸出にチャレンジする県内中小企業等の増加を図る。
岩手	いわて国際戦略ビジョン	2017～21年度 (新型コロナウイルス感染症により次期ビジョンを延期)	物流費抑制に向けた共同輸送や混載等の仕組みの構築、検疫基準や HACCP 基準等に対応した施設の管理体制整備支援。
秋田	新ふるさと秋田農林水産ビジョン	2022～25年度	輸出ルートの多角化と産地づくり、輸出対象国のニーズに対応した商品開発と商談回答の実施への支援、輸出事業者の拡大に向けた共同輸送の支援と事業者ネットワークの構築。
宮城	宮城県農林水産物・食品輸出促進戦略	2022～24年度	輸出に取り組む事業者の段階に合わせた支援、海外で求められるスペックで生産・輸出する体制整備、生産から海外現地販売まで物流コスト低減に向けた体制整備。
山形	第2次山形県国際戦略	2020～24年度	県産品の継続取引に向けた輸出ルートづくり、輸出を見据えた県産品の育成と市場特性に応じた商品づくり、ICT や人的ネットワークを活用した販路開拓支援。
福島	第2期・福島県産品振興戦略	2021～23年度	ハラル認証取得支援、新たな輸送方法や鮮度保持試験。品目ごとに重点的に販路の開拓・拡大。
新潟	新潟県産農林水産物輸出拡大実行プラン	2022～24年度	錦鯉及び米を重点品目、海外でニーズがある品目で意欲ある産地が輸出ルート構築を目指す品目をチャレンジ項目として支援。輸出拡大を進める環境づくり、産地「新潟」のブランド構築、輸出ルート構築を柱とする。

出典 各県ウェブサイトより作成

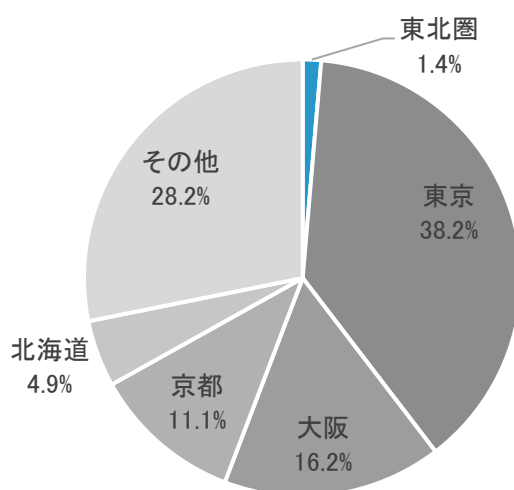
インバウンドも重要な市場である。インバウンド関連での食に関するトピックスや支援を整理すると、2013年にユネスコ無形文化遺産に「和食；日本人の伝統的な食文化」が登録され、世界から和食への世界からの注目が高まった。観光庁は2015年に「ムスリムおもてなしガイドブック」、2020年に「飲食事業者等におけるベジタリアン・ヴィーガン対応ガイド」を作成した。

国はさらにインバウンドを増やす施策を進める。2023年3月末に閣議決定された「観光立国推進基本計画」では、訪日外国人旅行消費額5兆円早期達成と、2025年までに訪日外国人旅行客消費額を一人当たり20万円や地方部宿泊数2泊、地域の食材を活用したコンテンツの整備を目標に掲げる。なお、2023年10月のインバウンドの指標となる訪日外国人客数は2019年同月比100.8%の2.5百万人となり、新型コロナウイルス感染症拡大前の実績をはじめて超えた。

しかし、インバウンドは一部地域に偏在していることが課題となっている。第3-4-3図表に外国人旅行客の都道府県別宿泊先を示した。2023年4~9月期の東北圏の宿泊先割合は1.4%にとどまった¹⁶⁷。第3-4-4図表に示した地方ブロック別延べ宿泊者数でも東北および北陸信越は、関東や近畿に対してのみならず、北海道、九州、沖縄と比較しても低く、インバウンドの拡大の余地は大きい。

インバウンドは、より高付加価値な食を提供する機会でもある。つまり、東北圏の食品産業をより労働生産性の高い産業に変える機会にもなりうる。

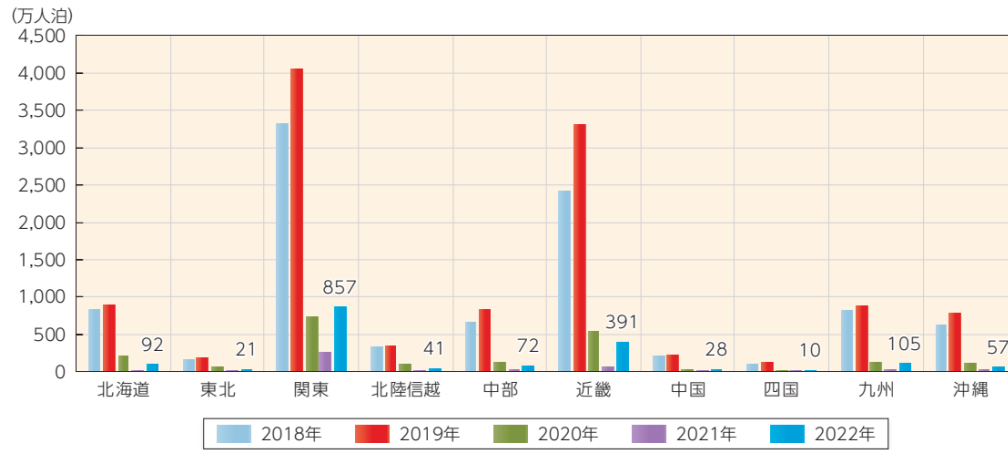
第3-4-3図表 外国人旅行客の都道府県別宿泊先割合
(延べ宿泊者数;2023年4~9月 2次速報)



出典 国土交通省「宿泊旅行統計調査」

¹⁶⁷ 観光庁「宿泊旅行統計調査」2023年4~9月期

第3-4-4図表 地方ブロック別延べ宿泊者数(外国人)



資料：観光庁「宿泊旅行統計調査」

注1：2022年(令和4年)は速報値。

出典 国土交通省「令和5年版 観光白書」

3-5 まとめ

1 食ビジネスの新潮流～台頭するフードテックビジネス～、2 フードテック市場の動向ではフードテックを取り巻く環境、3 東北圏内の環境では東北圏の内部環境を中心にみてきた。とくに、3 東北圏内の環境では、東北圏の社会動向や食品関連産業、食への取組みを概観し、強みや弱みを把握した。さらに想定しうる機会・脅威を掛け合わせた分析を行い、東北圏がとるべき戦略を導いた。

(強み)

- ・全国の農水産物産出額に占める割合が高く、フードテックで活用可能な資源が豊富
- ・地理的表示の数が多い
- ・国内大消費地に比べ冷涼な気候

(弱み)

- ・人口減少および高齢化による生産年齢人口の縮小
- ・農業、水産養殖業、食品製造業の一人当たりの純付加価値額が向上の施策が困難
- ・インバウンド需要の取り込み態勢が未整備

(機会)

- ・農水産物・食品の輸出増加の潮流
- ・東北圏の観光地としての注目度の高まりとインバウンド需要の増加
- ・環境に配慮した食への注目の高まり
- ・世界の人口増加による食料需要の増大

(脅威)

- ・日本国内の人口減少による国内マーケットの縮小
- ・温暖化に伴う気候変動

これらの内部環境、外部環境を踏まえると、①～④に示すような戦略が考えられる。①～④の戦略は、東北圏の強み・弱みと想定しうる機会・脅威をそれぞれ掛け合わせたものである。なお、これらは東北圏以外の地域でも共通することもある。しかし、東北圏は食品関連産業従事者が全国と比べて多いことから、食品関連産業の労働生産性向上は東北圏の経済にとってインパクトが大きいことに留意した。

(強み×機会)

- ・労働生産性が高い食品関連産業へ転換を目指す。その方法として、フードテックの活用、環境に配慮した食、伝統食品の積極的活用による高付加価値品の製品開発を進める。

(弱み×機会)

- ・アグリテックや調理ロボットを活用して労働人口の不足を補い、一人当たりの純付加価値額を高める。
- ・観光業界との連携を強化し、フードテックや環境に配慮した食を魅力として発信し、インバウンド需要の拡大を図る。

(強み×脅威)

- ・ゲノム編集等により世界の人口増加や気候変動に備えた品種や伝統食を活かした新たな食品を開発する。

(弱み×脅威)

- ・国内マーケット縮小を見越し、輸出やインバウンド拡大に努める。
- ・既存企業が陸上養殖や昆虫食の分野に進出する。
- ・気候変動により対応した品種の改良を進める。

この分析結果を第3-5-1図表に示した。

第3-5-1図表 東北圏の内外環境と考える戦略

		機会	脅威
		<ul style="list-style-type: none"> ・農水産物・食品の輸出増加の潮流 ・東北圏の観光地としての注目度の高まりとインバウンド需要の増加 ・環境に配慮した食への注目の高まり ・世界の人口増加による食料需要の増大 	<ul style="list-style-type: none"> ・日本国内の人口減少による国内マーケットの縮小 ・温暖化に伴う気候変動
強み	<ul style="list-style-type: none"> ・全国の農水産物産出額に占める割合が高く、フードテックで活用可能な資源が豊富 ・地理的表示の数が多い ・国内大消費地に比べ冷涼な気候 	<ul style="list-style-type: none"> ・労働生産性が高い食品関連産業へ転換を目指す。その方法として、フードテックの活用、環境に配慮した食、伝統食品の積極的活用による高付加価値品の製品開発を進める。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ゲノム編集等により世界の人口増加や気候変動に備えた品種や伝統食を活かした新たな食品を開発する。
弱み	<ul style="list-style-type: none"> ・東北圏内の人口減少および高齢化による生産年齢人口の縮小 ・農業、水産養殖業、食品製造業の一人当たりの純付加価値額を向上させる施策が困難 ・インバウンド需要の取り込み態勢が未整備 	<ul style="list-style-type: none"> ・アグリテックや調理ロボットを活用し、労働人口の不足を補い、一人当たりの純付加価値額を高める。 ・観光業界との連携を強化し、宗教の禁忌や環境に配慮した食を魅力として発信し、インバウンド需要の拡大を図る。 	<ul style="list-style-type: none"> ・国内マーケット縮小を見越し、輸出やインバウンド拡大に努める。 ・既存企業が陸上養殖や昆虫食の分野に進出する。

以上の分析を踏まえると、東北圏の食ビジネスのあるべき姿として「労働生産性が高く、環境負荷が小さい食料・食品生産を行いながら、陸上養殖や昆虫食など新たな分野にも挑戦し、気候変動や世界の人口増といった国際的な課題にも積極果敢に取り組んでいくこと」が考えられる。その課題は、サプライチェーンの段階ごとに次のように分けられる。

- ・ 生産：適度に自動化された生産システムへの移行、環境負荷の小さい品目の選定、未利用資源等の活用と新たな事業分野への挑戦
- ・ 流通・販売面：差別化された商品展開、インバウンド需要の取り込み、輸出拡大
- ・ 消費：環境や高齢化に積極的に配慮した消費の拡大

本調査でみてきた調査対象領域は、上記の課題に対応した具体的な手法と位置付けることができ、第3-5-2図表のように整理しなおすことができる。

第3-5-2図表 あるべき姿に向けた課題と課題に対応する領域

	あるべき姿	課題	課題に対応する領域
生産	<ul style="list-style-type: none"> ・高い労働生産性 ・低い環境負荷 ・新たな事業分野への挑戦 ・世界人口増や気候変動に対応した生産 	<ul style="list-style-type: none"> ・適度に自動化された生産システムへの移行 	<ul style="list-style-type: none"> 調理ロボット アグリテック
		<ul style="list-style-type: none"> ・環境負荷の小さい品目の選定 	<ul style="list-style-type: none"> 植物性代替肉 昆虫食、昆虫飼料 海藻 ゲノム編集 環境配慮食品
		<ul style="list-style-type: none"> ・未利用資源等の有効活用と新たな事業分野への挑戦 	<ul style="list-style-type: none"> 培養肉・培養魚肉 昆虫食、昆虫飼料 微細藻類 陸上養殖 3D フードプリンタ アップサイクル
流通・販売	<ul style="list-style-type: none"> ・高い収益性 	<ul style="list-style-type: none"> ・差別化された商品展開 ・インバウンド需要の取り込み ・輸出拡大 	<ul style="list-style-type: none"> 植物性代替肉 培養肉・培養魚肉 昆虫食、昆虫飼料
消費	<ul style="list-style-type: none"> ・環境や高齢化に配慮した消費 	<ul style="list-style-type: none"> ・環境変化や高齢化に積極的に配慮した消費の拡大 	<ul style="list-style-type: none"> 微細藻類 海藻 ゲノム編集 3D フードプリンタ アップサイクル 環境配慮食品 ハラール・コーシャ認証食品

ただし、その実行に当たっては留意すべき点があることもわかった。本調査でのヒアリングでは、事業者や研究者からはとくに①から④のような課題を強調している点に注意が必要である。

- ① 東北圏における既存業界・他社とのつながりが不足
- ② 資金に関する情報や手続きに関する知見が不足
- ③ 製造工程等で知見・ノウハウの不足
- ④ 輸出やインバウンド等の新規市場へのアプローチに関する知見の不足

①は情報共有、技術やノウハウの補完、経営者の心理面でも重要である。一方で、企業内に蓄積された研究成果は企業にとって重要な経営資源であり、オープンイノベーションの活用にあたっては適切な枠組みの設定が不可欠である。しかし、いずれも東北圏におけるつながりの不足から十分とは言えない。②は短期の運転資金や研究費不足を理由とした事業機会の喪失を防ぐためにも、地域の金融機関や自治体の積極的なバックアップが望まれる。③は専門的知識の不足によるものである。高齢化と労働人口の減少が全国を上回るペースで進む東北圏では、今後労働者の世代交代も急激に進むことが予想され、技術継承はより重い課題となりうる。一方で①の東北圏内のつながりの問題が解消すれば、他産業を含む類似した知見が生かせる可能性もある。④に関する支援はなされているが支援を受ける側のニーズに必ずしもマッチしているとは言えず、東北圏全体をカバーする支援組織の創設を検討する必要がある。

東北圏では、内部環境や外部環境を前提としつつ、①～④の課題を踏まえ、「あるべき姿」に向かった事業の推進が望まれる。その推進のために、各領域の特性や事業の段階に応じた適切な支援をしていくことが求められる。

論じてきたように、東北圏は全産業に占める食品関連産業の純付加価値額が大きく、技術革新や市場の変化をつかんでいくことが極めて重要な課題である。その方法として、変革が起こりうる領域の課題を適切に認識し、フードテック分野への事業領域の拡大に積極的な事業者や大学・研究機関等と行政が一体となって力を合わせていくことが必要である。

3-6 参考文献

- 首相官邸（2016）「農林水産業の輸出力強化戦略」2016年5月19日
- 農林水産物・食品の輸出拡大のための輸入国規制への対応等に関する関係閣僚会議「農林水産物・食品の輸出拡大実行戦略～マーケットイン輸出への転換のために～」2022年12月5日更新
- 財務省「貿易統計」
- 観光立国推進閣僚会議（2023）「観光立国推進基本計画」2023年3月31日
- 観光庁（2015）「ムスリムおもてなしガイドブック」2015年
- 観光庁 参事官（外客受入担当）（2020）「飲食業者等におけるベジタリアン・ヴィーガン対応ガイド」
- 国連世界観光機関（2022）「第7回 UNWTO ガストロノミーツーリズム世界フォーラムを開催しました」2022年12月15日 (<https://unwto-ap.org/event/wfgt2022/>、2024年3月7日アクセス)
- 総務省「人口推計」
- 経済産業省「経済センサス活動調査（2022年度）」
- 農林水産省「生産農業所得統計」
- 農林水産省「漁業産出額」
- 農林水産省「GI登録の現状（2024年1月29日時点）」
- 青森県観光国際戦略推進本部（2019）「青森県輸出・海外ビジネス戦略」2019年3月
- 岩手県（2017）「いわて国際戦略ビジョン」2017年3月
- 秋田県（2022）「秋田県農林水産業・農山漁村振興基本計画 新ふるさと秋田農林水産ビジョン」2022年3月30日
- 宮城県経済商工観光部「宮城県農林水産物・食品輸出促進戦略（2022年度版）」2022年
- 山形県（2020）「第2次山形県国際戦略」2020年3月
- 福島県観光交流局県産品振興戦略課「第2期・福島県県産品振興戦略」2021年4月
- 新潟県（2022）「新潟県農林水産物輸出拡大実行プラン」2022年3月
- 観光庁「宿泊旅行統計調査」
- 観光庁「令和5年度版 観光白書」

4 まとめと提言

4-1 フードテックの各領域のまとめ

本報告書では、先端技術を活用した専門性の高い領域に、これから取り組むにあたってアプローチしやすい領域を対象に加え、東北圏での発展に関する分析を行った。これまで述べてきた各領域の内容をまとめたい。

フードテックは、世界的なタンパク質危機への対策として注目されている。本報告書でみてきた通り、より幅広く、フードテックの各領域では持続可能な食料生産に資する技術の開発が進んでいる。具体的には、植物性代替肉、培養肉・培養魚肉、昆虫食・昆虫由来飼料、微細藻類、陸上養殖などでは、環境に配慮しながらタンパク質を産出できる。さらに、アグリテックや調理ロボット等は、省力化といった社会課題の解決に貢献する。人口減少と高齢化が進む日本では、とくに第一次産業の担い手不足は顕著であり、技術開発を支援した課題解決が目指されている。

こうした将来の食料問題の解決に加え、輸入国である日本では国内の食料安全保障の解決策として、フードテックが推進されている。米国やブラジルといった農業大国に比べ、平野部が少なく、平均の農地面積が小さい日本では、畜産物の飼料等の輸入依存度は高い。有事の際でも国民が飢えないように、フードテック推進においても国内市場への安定供給を重視する視点が欠かせない。

一方、識者や企業へのヒアリングでは、販売戦略やビジネスマッチングの必要性についての言及が多かった。単に世界的なタンパク質危機や環境問題をアピールするだけでは浸透しにくく、価格やおいしさ等の機能面における消費者にとってのメリットも訴求すべきであろう。

なお、調査対象へのアプローチは、特に研究開発段階の領域に対しては、限界があった点も否めない。まず、フードテックの各領域では、対外公表済みの論文等は相対的に少なく、文献調査が十分に行えなかった。各領域の先進的な開発企業等へのヒアリング、また研究機関等の有識者へのヒアリングで補完的に情報収集することとしたが、おのずと収集できる情報に質・量の面から制約があった。まず調査先の多くが非上場会社であり、開示情報は少ない。さらに、技術が研究開発段階で工場での製造段階に達していない場合、各企業が資金調達に注力するなか、マイナス面の情報は聞き取りにくい。

したがって、以下の各領域のとりまとめ、それを踏まえた提言は、網羅的な実態把握が不十分な中での考察とならざるをえず、今後のフードテック各領域の発展やそれに伴う情報量の拡大にあわせ見直していく必要がある点についてはご留意いただきたい。

【代替タンパク質】

タンパク質不足懸念や環境問題への意識が高まるなか、従来からある植物性素材の加工技術が注目され、さらに肉らしさという食感等の改良により**植物性代替肉**として進化している。2023年の国内市場規模は133億円ほどと、代替タンパク質の中では大きく、普及し

つつある領域である。不二製油（29 ページ）など高い技術力のある企業は、日本に古くから豆腐や納豆といった植物性タンパク質の食文化があるからこそ、おいしさの追求を重視している。今後、輸入の脱脂大豆から国産大豆へ原料のシフトを一層進めるにあたっては、アジテック・ファインフーズ（35 ページ）でみたように、副産物の大豆油の精製等が課題となろう。具体的には、企業間の連携が設備投資の軽減につながる（ネクストミーツ・Dr.Foods・マーマフーズ、31 ページ）。また研究分野では、東北圏の大学や企業との連携が効果的と思われる。

培養肉・培養魚肉はまだ研究開発段階で、国内に市場はなく、取組みに長期を要する領域である。ミンチ肉かステーキ肉かといった、商品の外形で難易度に差があり、それが上市のタイミングを左右する。課題は生産コスト¹⁶⁸の高さで、インテグリカルチャー（47 ページ）は、その解消のため細胞培養におけるソリューションに取り組んでいた。研究機関（東京大学 竹内教授、53 ページ）からは、種細胞の入手、資金調達といった面での外部支援が急務であることに加え、国による国内ルールの整備、消費者の受容性改善への取組みを期待する声があった。食品以外でも、再生医療等への研究開発の転用等が大きなマージンを生むなどの可能性もある。

昆虫食・昆虫由来飼料は、伝統食でもあるが、今またタンパク質危機対策として注目されている。ICT 技術の活用は実証段階で、これはフランス・オランダ等の先進地域でも同様とみられる。産業化の課題は、温度管理、採卵等での ICT による生産管理の高度化、逃亡対策、そして何よりも社会的受容の拡大にある。アメリカミズアブ（BSF）の養殖魚向け生産事業は比較的有望である。東北圏に限らず熱帯以外の地域では冬期の温度管理コスト削減が求められ、他産業と連携した排熱利用がカギとなる。食品残さを利用したエサの確保も必要である。事例（グリラス、60 ページ）でみたように、忌むべき存在とされる昆虫への世間の目は厳しく、消費者受容の拡大に向けて国家として昆虫食を推進する韓国のような政府のバックアップが最も必要な領域だろう。

藻類(海藻、微細藻類)は、ノリ等の**海藻**は食用だけでなく、増粘剤等としての用途や脱炭素の手段としてもニーズが高まっている。気候変動で藻場が北上し、東北圏にとっては国内シェア拡大のチャンスではある。**ゲノム編集技術**を使った高温耐性のある種苗開発が重要で、適切な研究開発（育種等）や生産者団体のコミットメントを要するため、生産者団体とアカデミア、行政が三位一体となる仕組みは必要である。**微細藻類**は、戦後の食料危機対策に始まり、燃料用途を含め検討されてきたが、その培養効率を上げることは難しい。太陽光だけに成長エネルギーを依存しない従属栄養種もあるが、日照時間が短い東北圏には余り向かない。

【陸上養殖】

陸上養殖は世界的には増加しているが、基本的に海面養殖に比べ高コストな養殖方法で、

¹⁶⁸ 例えば、筆者らがここで念頭においているのは発酵原料となるアミノ酸等の相場である。

国内では採算性確保に課題がある。とはいえ、温暖化による適地北上への対応策と期待される領域でもある。課題は、①陸上養殖に適した人工種苗の開発、②種苗にあわせたエサの開発、③安価で規格化された養殖設備・システムの開発、④大規模化のための設備投資である。事例は、リージョナルフィッシュ(76 ページ)は、ゲノム編集技術を活用した種苗開発(②)等、マルハニチロ(79 ページ)は陸上養殖向けの種苗開発の成功等(①)等、各課題への対策に取り組んでいた。

温暖化のなか、東北圏は冷涼な気候でかつ海水温が低く、冷水性魚の養殖に適している。陸上養殖では掛け流し方式での沿岸の冷涼な海水の利用や、閉鎖循環式での外気温が低いことから室温管理にかかるコストが比較的小さいといった優位性はある。もちろん事業発展には、行政との調整や制度上の手続きを円滑に進める支援が必要であろう。

【ゲノム編集】

ゲノム編集は、日本では高 GABA トマトや可食部増量マダイ等と流通は限定的である。所管当局への届け出プロセスで、遺伝子組換え食品とは区別されている。しかし、消費者受容の拡大は課題であり、適切な表示に関する仕組みづくりも求められている。上述の陸上養殖でみたように、育種改良の期間を大幅に短縮化できる技術でもある。そのため、気候変動による西日本からの産地北上が見込まれる産品、東北圏の第一次産業拡大のカギとなる技術として位置付けられ、今後の開発や制度的な基盤づくりの動向は注目すべきである。

【新たな食品加工技術】

調理ロボットは、外食産業での導入実績は未だ少なく、工場内でのマニピュレータ等の出荷台数も限られている。とはいえ、全国に先駆けて人口減少や高齢化が進展する東北圏では、人手不足を補うために調理ロボットを導入する潜在的なニーズは大きい。また、政府支援等による今後の市場伸長も期待できる。課題は①導入先の環境整備、②導入時に要するイニシャルコストの高さ、③保守・運用面のネットワーク整備である。先進的に当領域の導入を進め、導入モデル地区とする、もしくは研究開発拠点の整備と進めることも一案だ。地方圏は腰を据えて取り組むべきロングスパンの研究や仕事に向いており、住みやすい環境も提供できる。

3D フードプリンタは研究開発段階にあり、実用化にはまだ 5~10 年ほどが必要である。様々な調味料による食味改善に加え、ゲル化剤、酵素などを用いた物理的、化学的処理による食感デザインによる、オーラルフレイル(口腔機能の軽微な低下等)や嚥下障害に対応する食品等につなげられる可能性がある。食物残さなど未利用資源の活用や長期保存も可能となる。課題は①原料の種類と数量の確保と前処理コストの低減、②衛生管理や生産速度等も含めたハード面にある。東北圏では、山形大学が研究開発でリードし、原料供給の面で強みを持つ企業も存在する。イベント的に技術の認知度を上げ、オープンイノベーション等によりアイデアと利用可能な技術を集積すると効果的である。

【アグリテック(農業効率化)】

アグリテック(スマート農業)として、農業従事者の減少と高齢化が進むなか、国は省力

化技術の発展として、2010年代後半以降はトラクターの自動操舵システムなどの開発に注力した。最近では環境負荷軽減への効果やデータ活用の重要性等も注目されるようになってきている。東北圏では、全国を上回る速度で進む農業従事者数の減少を背景に、新技術の活用が進められている。事例としては、秋田県でのローカル5Gやリアルメタバースの活用への取組み（112ページ）等、製品の販売につながる開発が重視される。

また東日本大震災を契機に農学系学群を新設した福島大学での研究開発は、新技術を活用し農業発展を支えるフェーズに入ってきており、東北圏における研究蓄積の活用も今後は期待される。

【環境に配慮した食料生産】

環境配慮食品は、食料生産時の温室効果ガス（GHG）削減といった、環境負荷低減に配慮したもので、日本も官民一体となりその推進に取り組んでいる。事例（JA みやぎ登米、116ページ）のように、産地が一体となって取り組む環境保全米の生産支援や、中干延長等によるGHG削減の見える化は、プロジェクトへの生産者の参加しやすさと、安定した供給量確保による販売の強みにつながる。生産段階での支援のあり方については、国の画一的な仕組みではなく、産地特性や既存の取組みに合わせた柔軟な制度設計、消費者理解を促進する展開が必要である。

アップサイクルは、規格外品など廃棄される食品に付加価値をつけてフードロスを削減するものである。課題は、規格外品の加工にかかる手間と追加コストから、割安感のある商品開発が難しい点にある。一方、フードロス削減によるSDGsへの貢献は消費者に対する訴求力があり、流通大手の参入もみられる。しかし、通常の流通形態とは異なる原料調達が必要となり、販売量が限られてくることや、規格品の値崩れにつながることも留意が必要である。とはいえ、限りある食資源の有効活用に加え、新規事業の創生、それに伴う雇用増につながる可能性があり、農産物が豊富な東北圏の地の利を生かせる領域である。

【ハラール・コーシャ認証食品】

ハラール・コーシャ認証食品は、インバウンドや食品の輸出戦略において重要となっている。認証機関への申請手続きや国際市場へのPR等中小企業が単独で対応するには限界があり、外部支援は必要と思われる。福島県醤油醸造協同組合（133ページ）が東邦銀行や一般財団法人ハラール・ジャパン協会の支援を受け、認証取得を果たした。製造プロセスの一部を共同化している同組合がその工程についてハラール認証を取得すれば、残る製造工程を担う組合員が同認証を取得するハードルは低くなると思われる。こうした工夫次第で今後の市場拡大を狙える領域である。一方、宝来屋本店（134ページ）は、専門人材の採用でコーシャ認証を達成した。いずれにおいても、認証取得や更新費用を含めた増大コストの回収に寄与する販売先確保が、事業化に必須と示唆された。

4-2 提言－東北圏の食ビジネスの新展開に望まれる支援とは－

【東北圏の食ビジネスの発展に資する有望なフードテック領域】

第3章でみたように、東北圏は全国以上に高齢化や労働力不足が進んでいる。農水産業や食料品製造業がフードテックと連携を進め、地域振興の起爆剤になることを期待したい。

フードテックを活用した新たな食ビジネスの発展を考える際、関連技術の研究開発段階や地域性との関係が重要であろう。したがって、研究開発段階を脱し、技術の成熟度が既に高い領域について、東北圏の強みである第一次産業と連携する等の推進策を提言したい。そのために、東北圏の強みと新たな食ビジネスの現時点での発展可能性を2軸として、まずは有望なフードテック領域の特定を以下のとおり行った（第4-1図表）。

最初に、研究開発段階にあり、当面は産業としての発展が難しい領域としては、**培養肉・培養魚肉**である。培地や培養液が高コストで、培養も難しく、フォアグラや和牛を模した高価格品以外は、当面は事業が成り立たない。中でも培地コストの削減は大きな課題で、投資コストの回収には不安が付きまとう。大手企業が参入すれば規模の経済性の発揮が期待されようものの、ルールが未整備では制度リスクが大きいままである。**微細藻類**は培養効率にさらなる技術革新が必要で、今のところ東北圏に特段の優位性は見いだせない。これらは研究開発が進み、技術が完成した際に導入の有無を判断するという戦略を採用しても良いだろう。また、**3D フードプリンタ**は東北圏が研究開発において先行する分野であるが、実用化には5～10年ほどかかる技術で、やはり長期的な視点に立った支援が重要となる。

一方、ある程度技術的に成熟し、東北圏でも着手しやすいのは、**植物性代替肉**や**調理ロボット**である。**植物性代替肉**は、原料調達で第一次産業との連携は重要な要素となろう。大豆の作付面積が北海道（2019年産で39,100ha）につぐ大産地（同35,100ha）であるという優位性が東北圏にはあり、経営規模の違いから簡単には進まないとは理解するが、北海道との単収格差を縮小することができれば可能性は大きくなるだろう。ただし、輸入脱脂大豆から国産大豆へ原料を切り替えるには、副産物の大豆油の活用を含めたサプライチェーン形成は重要となる。原料調達に関し、第一次産業との連携は不可欠となろう。

この地産地消という差別化に加え、**植物性代替肉**の味を追求する戦略も有効であろう。日本には、豆腐や納豆等の植物性タンパク質の食品があり、関連する製造技術の蓄積もある。代替タンパク質等に対してもおいしさを求める消費者が多いと思われ、タンパク質危機への対応や環境配慮型といったメッセージよりも、伝統食品の展開や価格、効果、食味、北海道につぐ国内産地であることといった訴求力の強化が必要となる。地元産大豆の活用と地域食品としてのブランディングを進め、市場拡大を模索すべきである。その際、だだちゃ豆のブランディングに成功している山形県鶴岡市の事例が参考となろう。

こうした地産地消や消費者が受け入れやすい商品メリットの追求は、海外のフードテックとの差別化戦略に大きく貢献するだろう。

アグリテック、**アップサイクル**、**環境配慮食品**も技術的には現場実装が進んでおり、また東北圏の第一次産業でも実装や展開が期待できる分野である。今回調査では、東北圏固有の優

位性を明確に評価できなかったが、今後、追加情報を整理する中で、再評価できる領域と思われる。

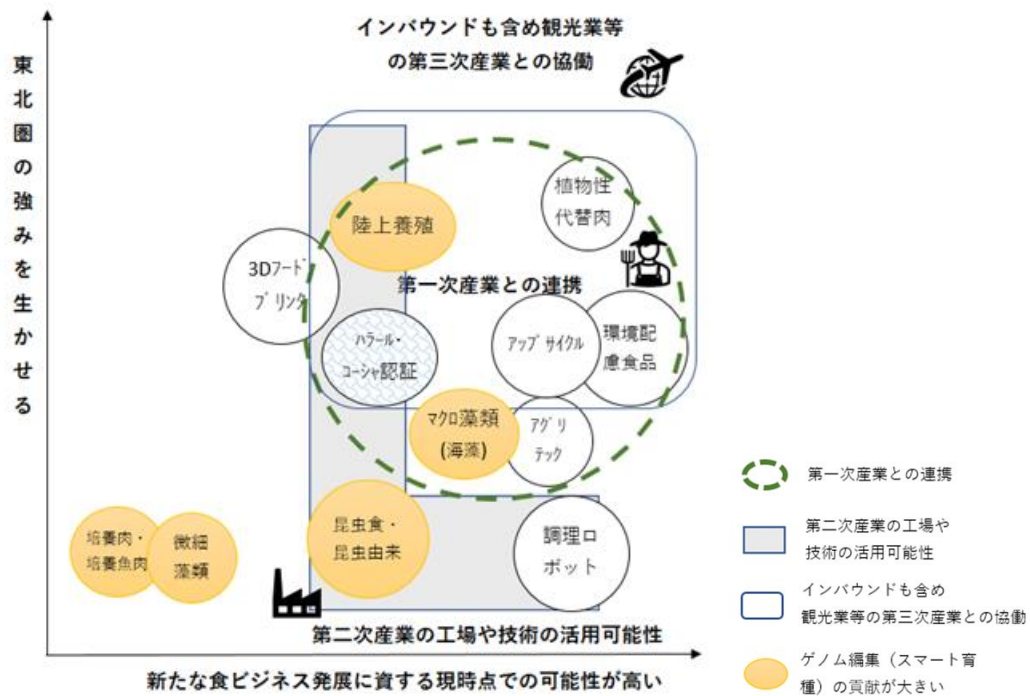
さらに、調理ロボットも普及段階に入りつつある。また、昆虫食・昆虫由来飼料はさらなるICTの活用等の技術革新が重要な領域である。前者は人口減少が進む東北圏における食品製造における人手不足の解消、後者が稼働率の低い工場の転用や工場からの廃熱利用による光熱費低減など、第二次産業との関係強化が重要と考えられる。

この第二次産業との関係強化が重要という点は、陸上養殖にも共通している。養殖設備の規格統一が進んでおらずコストが高止まりしていること、設備の規模が小さいため排水処理技術適用のための実証が進まないといった問題については、他産業の既存技術のカスタマイズ等での対応も可能性がある。一方、技術的には種苗の育種改良、エサの開発等、研究開発の進展が求められるものの、冷涼な気候という東北圏の優位性が発揮できるといった点は魅力的である。

陸上養殖、昆虫食・昆虫由来飼料、藻類、培養肉・培養魚肉では、ゲノム編集技術によるスマート育種が果たす役割が大きい。しかし、いずれも同技術を消費者が受容するかという点が大きな課題で、消費者へのリスクコミュニケーション、サイエンスコミュニケーションの改善も含め、行政、研究開発機関、産業界、消費者団体等、多様な関係者が意思疎通を図り、共同で進めるべきであろう。

最後にハラール・コーシャ認証については、事例として紹介した岡山県のように行政が音頭をとり地域一体となって進めることで、観光業等の第三次産業との連携も期待できる。

第4-1図表 東北圏の強みとの関連と各領域の実現可能性



出典 筆者作成

【東北圏でのフードテックの発展に求められる4つの視点】

すでに技術的に成熟しており、東北圏の強みを生かせる領域について、その発展を支援するポイントとして、以下のような4つの視点を述べたい。

① 既存産業との連携・情報共有の促進を通じた経営支援

原料調達について、地域の農林水産業との関わりは重要である。東北圏はコメの大産地であり、米価低迷のなか、温室効果ガス（GHG）の見える化等に面的に取り組む地域や、地域興しにつながる新規作目を求める地域もある。なおこの新規作目には、飼料高騰や循環型経済への意識の高まりから、飼料用作物も含まれてくる。

大豆等地元産品の調達に加え、工場やスーパーからの食品残さや未利用資源を活用する地域ネットワークができれば、フードテックには収益拡大、提携企業には産業廃棄物処理費の削減と双方にメリットが生まれる。さらに、陸上養殖を例にすると、単体での収益化を目指すよりも、寒冷地である東北の特徴を生かした海面養殖の中間育成や養殖用種苗の育成の場として捉え直すことで事業機会が生まれる可能性もある。また、東北圏は畜産が盛んな地域でもあり、制度面での課題を解決したうえで、培養肉の種細胞提供の連携といった可能性も指摘できる。

既存産業における原料調達だけでなく、フードテックによる既存施設の活用という点も重要である。行政機関などが橋渡し役となり、余剰設備と人員の新たな配置を探る企業と、

大きな設備投資が難しい事業初期のフードテックを結びつけることは有効である。実際、ネクストミーツ・Dr.Foods・マーマフーズやハイジェントテクノロジーの事例では、早期の事業化につながっている。

さらに、産業規模がまだ小さいフードテックが、M&Aを介さず既存企業の持つ技術的なノウハウを取得できるような環境整備も必要であろう。研究機関で開発した技術が工場等で現場実装するには、地産地消につながる原料調達や加工における既存食品産業が有するオペレーションノウハウの貢献する余地は大きい。

以上のようにフードテックと既存産業の連携にあたっては、将来的に既存産業側でどのようなニーズが高まる（あるいは低下する）のか、という見極めも重要となろう。例えば、温暖化に伴う陸上・海上での適地北上で、新たな西日本製品の生産が可能となる場合もあれば、逆に生産適地が北海道に移動する場合もあることに注意したい。

② 金融機関・行政との仲介を通じた資金調達の支援

昆虫食・昆虫由来飼料は畜産・養殖業と食品加工業の間、アクアポニックスは水産養殖業と施設園芸の間、というように、フードテックには既存制度の空隙に位置する領域がある。こうした隙間に位置する産業への行政支援は、十分ではない懸念がある。また、コネクテッドロボティクス社（102 ページ）の事例でみたように、これまでの硬直的な資金援助に柔軟性を持たせ、マーケティングも行える補助金等、支援を受ける側の使い勝手を良くすることも重要である。

また、融資担当者の知見や、行政担当者の理解と首長のリーダーシップがないと、財務基盤の弱いフードテックの各企業が資金援助を受けられない可能性は高い。そして、事業投資のタイミングや具体的な補助金申請の手続きに関する専用のサポート必要となる。

現時点では、東北圏では地方銀行等の金融機関がこうした課題に対し個別に対応している状況と思われる。将来的には、その知見を集め、ノウハウを一か所に蓄積し、人的資本投資をある程度抑制しながら、支援体制を強化することが有効であろう。こうしたプラットフォームづくりには、東北圏を地盤とする金融機関の積極的な参画を求めたい。消費者の受容性が課題のフードテックに対し、地域金融機関のバックアップが信用度を高める効果は見逃せないからだ。

昆虫食の炎上騒ぎは、新奇性に対する漠然とした不安が SNS 等を介して拡散した例と考えられる。このような不安を軽減するためには、官民一体となったフードテックに対する理解促進の取組みが欠かせない。

③ 類似産業の知見・技術を生かす人材支援

研究機関での開発段階から工場での製造段階に移行するに伴い、原料調達の安定調達や原価計算等が行える人材の確保は必須となる。このように、新規産業であるフードテックの各領域では、市場規模がまだ小さく初期段階で受ける支援と、事業が安定してからの支援で

は、必要とする支援内容は異なってくるだろう。

そこで食品製造業に従事した経験者、または技術開発に携わった研究開発者、既存企業の新規事業開発者等を一元して登録し、必要な企業に紹介するような仕組みが東北圏にあると効果的と思われる。ネクストミーツ・Dr.Foods・マーマフーズの事例でみたように、東北圏の企業にはもともと従業員の勤勉さ、仕事の丁寧さがあると言われる。こうした登録制度があれば、多くの人々が十分に実力を発揮でき、かつ高齢化に伴う退職や引退により知見を備えた人材が東北圏から流出することを防止する効果があろう。こうした人材の再配置と東北圏への引き寄せのためには、地方自治体等による住みやすい環境を含めた整備等の取組みが必要となるだろう。

④ 輸出やインバウンド対応を通じた新規市場獲得の支援

東北圏の企業も人も、東日本大震災などの逆境にも負けずに事業再建等を行い、環境変化に合わせて新事業を生み、輸出実績をあげている企業もある。今後さらにフードテックの各企業が縮小する国内マーケットに限界を感じ、ハラール・コーシャ認証の取得などによる海外輸出やインバウンド需要の取り込みを考えるだろう。

こうした海外市場の獲得に向けては、海外からの問い合わせ対応、海外展示会などにおけるプレゼン資料作成の補助、興味のある顧客との対話・情報交換の補助や会話指導、現地流通サポート、インバウンド拡大のための手引き作成やアピールポイントの整理・翻訳等、企業と日本貿易振興機構（JETRO）、大使館等との橋渡しができる小規模事業者の伴走者が必要である。

フードテック関連では、研究開発や製造に比べ、事務機能への人材配置が足りない小規模事業者が多い。突発的に発注の連絡を受けても即座に対応できない小規模事業者の駆け込み寺のような受け皿と、その後の事業者の展開過程において課題意識を共有する同じ担当者が継続的・持続的に支援することが重要である。

【4つの視点を備えた発展のための具体策】

東北圏での新たな食ビジネスのあるべき姿を考察し、それに向けた各領域の支援のあり方を提唱した。最後に上述した4つの支援機能を兼ね備えたフードテックの各領域と国や県、業界団体などをつなぐコンシェルジュのような仲介機能を具現化した組織として、プラットフォーム「東北圏食ビジネス拡大支援機構（仮称）」の設置を提案したい。求められる機能は、フードテックという新しい産業のクライアントの「経営」「資金調達」「人材」「新規市場獲得」で抱える課題を把握し、適切な対策を打てるよう、伴走支援を行う点にある。東北圏一円を事業範囲とする組織に窓口を置き、高度人材を配置し、東北圏内の各取組みを継続的・持続的に支援するとともに、そこからのノウハウを蓄積・共有することが望まれる。

さらに、食品産業に特化し、フードテックの最新動向を踏まえた知見の蓄積・共有も重要な機能である。フードテックの知見や動向は極めて変化が早く、陳腐化しやすい。食ビジネ

スにおいては、常に一定水準での専門性と最新情報を収集できる体制を有することが求められる。

なお、こうしたコンセプトは、中小企業庁の「地域の社会課題解決事業促進に向けたエコシステム研究会」での議論が参考になろう¹⁶⁹。

具体的な体制としては、東北圏が協力して資金を提供し、「新産業・新領域進出サポートプログラム（仮称）」を策定し、運営を適当な団体に委託するといったことが考えられる。フードテックのビジネスは小規模であっても、全国あるいは世界をターゲットとしたビジネスであることから、各県毎よりも東北圏を 1 つのブロックとして活動できる組織体が望ましい。

2023 年の 3 万品目を超える食品の値上げを経て、食品に関してもなかなか価格転嫁できず低賃金の労働力に依存せざるをえない時代から「いいものは高くても買う」時代へのパラダイムシフトが起きた。

東北圏においてもこの波に乗り、フードテックが第一次産業をはじめとした既存産業と連携し、新たな食ビジネスとして地域活性化の一翼を担うことを期待したい。

以上

¹⁶⁹ 地域課題解決事業が創出され自走化できるエコシステムの実現を目指し、地域課題解決事業の成長フェーズごとの課題や関係するプレイヤーの果たす役割と社会的インパクトの評価方法を確立するための地域課題解決事業推進に向けた基本指針の策定を目指し、2023 年 10 月に立ち上げられ、令和 5 年度中の基本指針策定を目指している。経済産業省ウェブサイト「『地域の社会課題解決促進に向けたエコシステム研究会』を立ち上げます。」

<https://www.meti.go.jp/press/2023/10/20231027004/20231027004.html>、2024 年 3 月 5 日アクセス

東北圏における食ビジネスの新展開
～フードテックの世界で今何が起きているのか～
2024年3月発行

発行：公益財団法人 東北活性化研究センター

住所：〒980-0021 仙台市青葉区中央 2-9-10 セントレ東北 9階

TEL：022-222-3394

FAX：022-222-3395

URL：<https://www.kasseiken.jp/>