

プロテインクライシスをもたらす 食品業界の地殻変動



中村龍樹



吉竹 恒



森 衣里子



伊藤瑛子

CONTENTS

- I 代替タンパク質に対する社会的要請の高まり
- II 激化する代替タンパク質業界における覇権争い
- III 食品業界および周辺産業にとってのビジネスチャンス

要約

- 1 近年、世界ではプロテインクライシス（タンパク質供給量の不足）の可能性が叫ばれている。野村総合研究所（NRI）の独自推計では、世界的な人口爆発に加え、新興国の経済成長に伴う1人当たりタンパク質摂取量の増加により、2050年には約0.2億トンのタンパク質不足、特に動物性タンパク質は約0.6億トンもの不足が生じると推計される。その対応策として、環境負荷・動物倫理の観点からも、新たなタンパク源である「代替タンパク質」への注目度がにわかに高まっている。
- 2 当該分野に対しては、民間のファンドやベンチャーキャピタル（VC）のみならず、化学や製薬など多様な業界や各国政府から投資が集まる状況にある。有望な代替タンパク質には、植物性・昆虫・藻類・微生物・細胞培養といった種類が存在し、それぞれの用途・市場形成の度合は大きく異なる。
- 3 上記の各種代替タンパク質にかかわる動きは、既存の食関連業界に大きな影響を与えることが必至であり、特に植物性・細胞培養は、業界の構造を今後大きく変容させる可能性が高い。このような業界の変革に対応するため、食品関連事業者は、経営構造の見直しを含めた中長期的な戦略テーマを育成できる土壌の整備と、積極的なスタートアップ探索・出資・買収による有望な種の取り込みや、バイオ企業との連携などを通じた非連続な成長の両軸が必要となる。

I 代替タンパク質に対する社会的要請の高まり

1 タンパク質需給バランスの崩壊

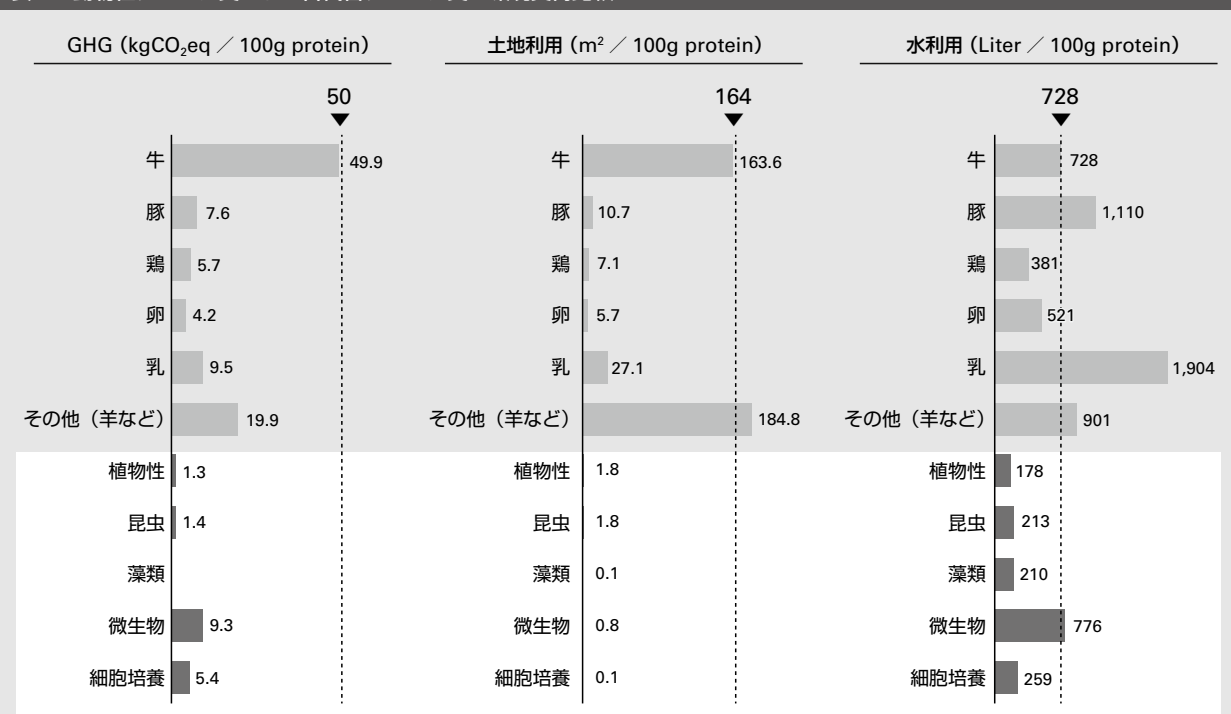
「高齢化・農業人口の減少、環境汚染、気候変動・生産適地の制約」といった供給側のリスクに加え、「水資源の偏在、世界人口の増加（2021年78億人→30年84億人→50年90億人超）、新興国の経済成長・肉食の拡大、消費者ニーズの多様化」といった需要側の環境変化を背景に、近年、世界ではプロテインクライシス（タンパク質供給量の不足）の可能性が叫ばれている。

野村総合研究所（NRI）の独自推計では、世界的な人口爆発に加え、新興国の経済成長に伴う1人当たりタンパク質摂取量の増加により、50年には18年の世界総タンパク質摂取量の約1.5倍に上る3.4億トンものタンパク質

需要に達することが予見される。一方、50年には世界のタンパク質供給量が約3.2億トンとなり、約0.2億トンのタンパク質不足、特に動物性タンパク質（牛・豚・鶏・羊・乳製品・水産品・その他動物由来）は約0.6億トンもの不足が生じると推計される。

この動物性タンパク質の不足に対し、畜産／水産養殖など、現状の動物性タンパク質の生産増強で対応しようとした場合、当然、生産増強分の飼料（主に穀物）が必要となる。しかし、穀物供給量は単収・収穫面積ともに成長が鈍化し、50年の収穫量は18年比で1.2倍の拡大にとどまる見込みである。増大する飼料用穀物の必要量を賄えないばかりか、穀物生産に占める飼料用途の割合が増加し、食用の穀物供給量を圧迫し、人の摂取する穀物と畜産用穀物との間で取り合いが生じかねない状況である。

表1 動物性タンパク質および各代替タンパク質の環境負荷比較



※ 植物性：エンドウ豆ベースの植物肉、昆虫：ミールワーム（幼虫）、藻類：スピルリナ、微生物：マイコプロテイン、細胞培養：培養牛肉 の値を採用
出所) Poore, J., & Nemecek, T. 「Reducing food's environmental impacts through producers and consumers」(2018) などより作成

2 プロテインクライシスの 解決策としての代替タンパク質

前節で記したとおり、近い未来には世界の総タンパク質量が不足する「プロテインクライシス」が起こる可能性が高まっている。その対応策としては、植物性・動物性タンパク質双方の生産効率を上げる、現状、多数生じている食料ロスの問題を解決する、今までにはない新たなタンパク源を発掘・生産するなど、さまざまな解決策が考えられる。しかし、従来の動物性タンパク質生産・消費の形態を維持した場合、温室効果ガス（GHG）排出・土地利用・水利用・土壌汚染といった環境負荷問題の抜本的な解決にはならず、社会的要請の高まりを見せる動物倫理の観点からも、課題が残される。

そこで、本論考では、プロテインクライシスの解決策として、新たなタンパク源である「代替タンパク質」に着目、今後の動きを論じていくこととする。

II 激化する代替タンパク質業界 における覇権争い

1 主要な代替タンパク質の特徴

(1) 全体まとめ

動物性タンパク質の代替需要が拡大する中で、代替タンパク質の原料の種類も多様化している。エンドウ豆や大豆を原料とした植物性タンパク質のほか、コオロギをはじめとする昆虫や、スピルリナに代表される藻類も注目を集めている。また、微生物の代謝を利用したタンパク質生成や、微生物そのものを培養し機能成分を抽出・食品化する例も存在する。さらに、動物の細胞を用いて人工的に肉

を製造する培養肉の領域には、民間のファンドやベンチャーキャピタル（VC）のみならず、化学や製薬などの多様な業界や各国政府から投資が集まっている。本章では、これらの植物性・昆虫・藻類・微生物・細胞培養を活用した代替タンパク質を有望な領域と捉え、各タンパク源の特徴を考察する。

前述のとおり、代替タンパク質は従来の動物性タンパク質生産による環境負荷を軽減する解決策として期待されている。表1は従来の家畜および各タンパク質について、ライフサイクルアセスメント（LCA）を用いて主な環境負荷を示したものである。特に植物性、昆虫、藻類を原料とした代替タンパク質は、GHG排出量、土地利用面積、水利用量のそれぞれで従来の家畜に比べ環境負荷が低いことが分かる。微生物（マイコプロテイン）の場合は栽培にあたり一定量の水が必要になるものの、土地利用の観点では牛や羊などの家畜に比べ優れている。細胞培養による培養肉も同様である。環境負荷を大幅に低減しながら従来の動物性タンパク質と同等以上の機能性・食感を再現できる本技術には、将来を見据え、サステナビリティへの貢献が期待されている。

ただし、市場ステージはタンパク源により大きく異なる。植物性代替タンパク質製品やマイコプロテインなど、一部微生物由来の代替タンパク質製品は、20世紀からベジタリアン（菜食主義者）・ヴィーガン（肉・魚のほか、卵・乳製品・はちみつを含む動物性食品を一切口にしない完全菜食主義者）や、健康志向層を中心とした一部消費者に親しまれてきた。タンパク質抽出・製造の技術が確立されて久しい両カテゴリーの製品は、現在、肉

と同程度の価格で購入することが可能である。「肉らしさ」を追求することで代替肉のターゲット層が一般消費者に広がったことにより、世界的に拡大しつつある同市場は、現在、成長ステージにある。

対して、昆虫や藻類を原料・材料とした代替タンパク質市場は現在、黎明期にある。植物性タンパク質に比べて市場が小規模であり、スケールメリットが働きにくいことが課題となっている。

最後に、培養肉は全カテゴリーの中で最も新興であり、いまだ技術開発段階にある。市場投入に向けては、量産水準への製造コスト引き下げや各国の法規制を遵守した商品開発が必要であり、市場が本格的に形成されるのは2030年頃と想定されている。

次項以降では、各タンパク源の機能的特徴や課題についてカテゴリーごとに詳細を追う。

(2) 植物性タンパク質・植物肉

植物性タンパク質活用の歴史は古く、日本では不二製油が1950年代から大豆ミートを開発・発売している。また60年代にはマクロビオティック思想の下、小麦を原料としたセitanが開発されるなど、世界に先駆けて植物性タンパク質の活用が進められてきた歴史がある。欧米諸外国においても、70年代頃から大豆や小麦などを原料とした植物性タンパク質商品が一部の企業群により開発・販売されてきた。

このような植物性タンパク質製品は、ベジタリアン・ヴィーガンなどの特定層をターゲットに長く愛好されてきた。しかし、近年の健康志向やエシカル消費志向の広まり、あるいは食領域の技術革新によって、一般消費者

をターゲットとした代替肉製品が開発・生産されたことで、植物性タンパク質市場は2010年頃より急成長を遂げている。

植物性代替肉領域における代表的な企業に、Beyond Meat社（米国）が挙げられる。09年設立の同社は、エンドウ豆を主原料とした商品を12年より展開している。19年には植物性代替肉企業として初めて上場を果たしており、同市場の草分け的存在といえる。11年にはImpossible Foods社（米国）が設立され、16年に大豆を主原料とした代替肉製品「インポッシブル・バーガー」を発売している。

両社に共通する競争力の源泉は、より「肉らしい」代替肉の開発に向けたエンジニアリング領域への注力にある。Beyond Meat社の研究開発施設「プロジェクト・イノベーション・センター」には、シェフだけでなく、化学、生物学、食品化学、材料科学など各分野の研究者が100人以上在籍し、継続的な既存商品改善および新商品開発に当たっている。Impossible Foods社は、自社研究により、植物由来のヘムの開発・培養に成功したことで、本物の肉独特の風味を再現することに成功した。

10年代以降、Beyond Meat社やImpossible Foods社を追うように、植物性代替肉に取り組むスタートアップが各国・各地域で生まれている。今後、植物性代替肉プレイヤーが他社と差別化し、グローバルに事業を成長させるには、各地域に根付く家庭料理の代替実現（ローカライズ・アプリケーションの拡大）や、より健康的・高タンパクな代替肉の開発（機能性向上）が重要になると考えられる。プレイヤー間競争を経て各社の技術・商品開発がさらに進捗し、植物性代替肉がより身近

で便利な存在となっていけば、本市場は今後
も飛躍的な成長を続けるものと考えられる。

(3) 昆虫食

昆虫タンパク質は、主にアフリカ、アジア、中南米の人々が主食の補完源として摂取する既存のものと、食料問題や環境汚染への意識の高まりへの対応のため飼料や食品加工において活用される新規のもの2つに分けられるが、本項では後者について説明する。

近年、新たに生まれた昆虫食品は、主にコオロギ・ミールワームといった昆虫を乾燥・粉末化し、食用としてスナック・プロテインパウダー・菓子・バーへ加工したもの、ペット・畜産・水産用として配合飼料に加工したものなどが挙げられる。2013年にFood and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) が発表した「Edible Insects」が世界中の注目を集め、昆虫食ブームの発端となった。

市場を用途別に見ると、需要が顕在化しているのは飼料用である。欧米では既に資金が集まり、Ynsect（総資金調達額400億円）のような大規模な資金調達を実現する事業者も存在する。今後さらに飼料市場が拡大していくにあたって重要な点には、原料のコスト低減に加え、昆虫の機能性の認知が挙げられる。コスト低減に関しては、スケール拡大に加え、食料残渣や家畜の糞の原料利用が有望視され、代謝能力が高いアメリカミズアブの幼虫が引っ張りだこになっている。また、昆虫の機能性については、昆虫由来飼料が養殖魚の免疫に作用し、魚病耐性付与や色・肉質の改善を促進するといった学術研究が発表されており、期待が高まっている。

一方で食用市場は、欧州ではExo社のエナジーバー（コオロギ）や日本ではグリラスのせんべい（コオロギ）などの注目商品が生まれるものの、拡大の見込みは不透明である。欧州では、現段階で昆虫の摂取意向は低く、普及にはつながっていないのが現状で、欧州消費者機構の20年調査では、昆虫を食べたくないと答えた消費者が最も少ないベルギーでも、65%に上った。

現在のプレイヤーのビジネスモデルは大きく2つに分かれており、昆虫の生産（生育・乾燥／冷凍）、粉末化の両方を行うタイプと、生産は人件費の安い農家に委託し、粉末化のみを行うタイプが主流である。両者とも食品加工は食品メーカーに任せることが多い。後者のタイプは、気候が温暖な東南アジアの農家で生産し輸出するケースが多かったが、今後は地産地消型で、大規模工場を有する前者のタイプが拡大すると考えられる。なぜなら、昆虫タンパク質製造コストのうち、6割ほどある餌代を除くと、残りのほとんどが土地代・人件費・輸送費であり、地産地消型の自動化工場では当該コストを削減できるからである。既に大手事業者はコスト低減に向けて、飼育条件の最適化、自動化・省人化、品種改良に注力しており、現在500円/kgのコオロギ粉末が、将来は300円/kg程度まで下がる見込みである。

以上の情勢を踏まえ、この市場で主導権を握るのは、飼料分野でスケール拡大と同時に自動化・省人化を実現できる大規模な先行者だと考えられる。彼らは生産から粉末化のプロセスを磨きこみ、製造コストを下げ、食用市場が顕在化した段階で一気に食品への展開を図るだろう。現に、Nestle社（スイス）

は、犬・猫用のペットフードに昆虫を使ったラインを立ち上げ、Cargill社（米国）はInnovaFeed社（フランス）と提携して子豚用昆虫油を生産することを発表している。グローバル食品企業が飼料用として昆虫市場に参入する動きがあり、こういった企業の競争は消費者からは直接見えないところで激化していくと予想される。

(4) 藻類

藻類はワカメ・昆布といった大型藻類と、スピルリナ・クロレラといった目には見えない小さな藻類である微細藻類の大きく2つに区分される。近年、代替タンパク質の分野で注目されるのは後者の微細藻類であるため、本項では微細藻類に関する代替タンパク質の動向について論じる。

微細藻類は、その豊富・多様な含有成分から、食品・燃料・化粧品・色素などの食品素材といった幅広い用途での活用が産業分野でなされてきた。特に食にかかわる分野では、藻類由来のカロテノイドであるアスタキサンチンやβカロテンといった、抗酸化作用のある物質を健康補助食品・サプリメントに活用することで商業利用がなされている。同様に、藻類由来の色素であるフィコシアニン、天然の青色色素として2013年に米国食品医薬品局（FDA）が認可をして以来、天然色素化が進む食品市場を中心に、食品添加物としての需要が高まっている。

一方で、代替タンパク質としての微細藻類の活用は、いまだ商業利用に至る道半ばの状況である。藻類の乾燥重量ベースでのタンパク質含有量は、スピルリナが約70%、クロレラが約50%と、牛肉（約40%）・大豆（約30%

%）と比較しても非常に高い数値である。にもかかわらず、代替タンパク質としての活用が進まないのは、主にコスト面の理由が大きいとされる。現状、藻類由来のタンパク質の生産コストは、大豆に比べて数倍～数十倍あるとされており、商業利用のハードルが高いのは明白である。そのため、藻類の商業利用は、先に述べた食品添加物や色素としての利用が主となっているのが実態である。

とはいえ、藻類由来代替タンパク質の活用は、持続可能性やLCAの観点から、ほかのタンパク源より優れる点も多く存在する。その点に着目して事業を展開するのがタベルモ（日本）だ。タベルモはスピルリナを生産し、スピルリナ由来食品の開発・販売を行う企業であり、現在は生スピルリナ・ドリンク・デザートなどの販売や、加工食品への活用を進め、スピルリナの「食」としての可能性を追求している。19年には、ブルネイ・ダルサラームに大規模スピルリナ生産工場を建設するなど、今後は原料生産の大規模化・コストダウンを行うとともに、タンパク質加工・食品への一次加工部分についてさらなる研究開発・技術特許取得を進め、代替タンパク質としての藻類の活用の可能性を広げていくことを志向している。

藻類の代替タンパク質としての活用は、価格面での不利はあるものの、前述のとおり、持続可能性・環境負荷の観点から他タンパク質と比較して優位にあり、今後の社会的要請の高まりを追い風に、着実に歩みを進めていくのではないだろうか。

(5) 微生物

糸状菌、酵母といった微生物を大量に培養

し、精製、加工することでできるタンパク質が微生物由来の代替タンパク質である。微生物は、発酵という嫌氣的に有機物を代謝して特定の物質を生成する活動を行うが、代替タンパク質の生成にあたっては、3つのタイプに分類される。1つ目は、微生物を食材上で繁殖させる「伝統型」（たとえばチーズ）、2つ目は、微生物に大量のタンパク質や脂質を合成させ主生成成分を多く含むよう抽出する「バイオマス型」（たとえば英国Quorn社の代替肉）、3つ目は、微生物を培養工場として特定のタンパク質や芳香成分の機能性原料を合成し、目的成分のみ精製する「精密型」（たとえば米国Motif FoodWorks社の脂質）である。

現在、代替肉・魚介類・ペットフードは糸状菌を用いたバイオマス型、卵・乳製品の原料タンパク質や代替肉の脂質・香料・結合剤などは酵母を用いた精密型で製造されるのが主流である。というのも糸状菌は、その菌糸体の中に繊維状のタンパク質を合成することから従来の肉の食感に近づけやすだけでなく、酵母はモデル生物として研究が進んでおり、特定物質の合成遺伝子導入といった手法を取り入れやすいからである。また、水素酸化細菌を用いて、空気中の二酸化炭素からタンパク質を製造する技術を活用する新興事業者も存在する。

これらの製品は、（形質転換をした）微生物と培養液（糖分、アンモニアなど）の混合、発酵、精製（遠心分離、ろ過）、加工（乾燥、成形）の工程を経てつくられる。製造コストは材料費が最も高く、設備・光熱費が続く。コスト低減には、より安価な材料やシンプルな培養条件での発酵を可能とする菌

株の開発や生産スケールの拡大が鍵となる。

Good Food Institute (GFI) によると、微生物タンパク質市場への投資額は、2013年の500万ドルから20年には2800万ドルへと急増しており、市場拡大への期待が高まっている。一方で、市場拡大に向けて、①微生物培養システムの確立（ターゲット分子の選択と設計、菌株の探索）、②微生物培養システムの最適化（原料の最適化、発酵プロセスの最適化）、③消費者受容性の向上（肉成形技術の向上、マーケティング）といった課題が存在する。

また、ビジネスモデルについて、Quorn社は糸状菌（*Fusarium venenatum*）の開発からラザニアなど高度な調理品の加工まで一気通貫で行うが、ほかの多くの企業は、基礎研究からタンパク質および機能性原料の抽出までが事業領域である。たとえば、Perfect Day社（米国）は、 β -ラクトグロブリンをほぼ100%に近い純度で抽出し、その乾燥粉末をアイスクリームメーカーに供給、そこで植物性脂肪や水などを混合し最終製品にしている。

以上のことから、本業界では、ターゲット分子・菌株の探索技術、発酵技術や設備に加え、肉成形技術や最終製品への理解が競争優位性につながるといえる。むろん、多大な研究開発リソースが強みになることはいうまでもなく、現に大手企業の参入が相次いでいる。穀物メジャーのアーチャー・ダニエルズ・ミッドランド（ADM：米国）は18年にPerfect Day社、大手消費財メーカーのユニリーバ（英国）は21年にEnough社と提携、化学大手のデュポン（米国）も機能性原料生産に着手した。

今後は、既にバイオマス発酵を利用してい

る大手食品メーカーが参入し、市場の主導権を握る可能性がある。そして、錬金術のように価値ある物質を生み出せるこの分野においては、アイデアと技術を磨き、食に革新をもたらせる企業が勝ち残っていくだろう。

(6) 培養肉

昆虫や植物肉など、既存の食物をタンパク源や肉の代わりに用いる動きがある一方、さらに革新的な取り組みとして培養肉が挙げられる。培養肉は人工的な細胞培養によって再現された食肉であり、牛や豚、鶏のほか、魚や甲殻類も培養肉の対象として研究開発が進められている。

培養肉ははまだ技術開発・試験段階であるものの、細胞培養は従来の畜産が抱えていた環境負荷、土地の制約や動物倫理の問題解決にもつながるアプローチとして注目が集まっており、スタートアップをはじめ実用化に向

けた開発を行う企業は年々増加している。また、食品大手からの出資や企業連携も目立ってきており、培養肉の実用化が加速度的に進む可能性もある（表2）。

実用化に向けては、法整備や消費者の受容性などの法的・社会的な課題に加え、技術課題が多く残っている。特に、培養工程における培養液の低コスト化や量産プロセスの技術確立、肉らしさを再現する成形・加工方法などが課題として挙げられる。2013年にオランダ・マーストリヒト大学のマーク・ポスト教授が世界初の培養肉を使用したハンバーガーを発表した当時は、5オンスで33万ドルという莫大なコストがかかったともいわれており、実用化にはコスト低減に向けた技術革新が必要不可欠である。

培養液や量産工程は、従来の再生医療やバイオ技術に近い領域であるため、再生医療分野で技術開発を行っていた企業やバイオ技術

表2 培養肉分野への参入企業・出資状況

企業	提携・出資先	概要
Nestle社	Future Meat Technologies社	植物性タンパク質と培養肉によるブレンド肉の開発・製造・販売に向けて提携
東洋製罐	Shiok Meats社	シリーズAの資金調達にて出資（資金調達総額1,260万ドル）
日本ハム	インテグリカルチャー	シリーズAの資金調達にて出資（資金調達総額11億円） 培養肉の基盤技術確立に向けた共同研究の実施
ユーグレナ	インテグリカルチャー	第三者割当増資にて出資（調達総額3億円）
住友商事	BlueNalu社	シリーズAの資金調達にて出資（資金調達総額2,000万ドル）
三菱商事	Aleph Farms社、BlueNalu社、Mosa Meat社	Mosa Meat社のシリーズBの資金調達にて出資 Aleph Farms社と日本での培養牛肉導入に向けた基盤づくりを推進するため提携 BlueNalu社とタイ・ユニオンと提携し、アジアにおける培養魚の商用化を加速
Cargill社	UPSIDE Foods社、Aleph Farms社	Aleph Farms社のシリーズAの資金調達にて出資（資金調達総額1,200万ドル） UPSIDE Foods社のシリーズAの資金調達にて出資（資金調達総額1,700万ドル）
Tyson Foods社	Future Meat Technologies社、UPSIDE Foods社	Future Meat Technologies社のシードラウンドから出資 UPSIDE Foods社のベンチャーラウンドにて出資
ADM	Future Meat Technologies社	Convertible Noteにて出資（資金調達総額2,680万ドル）
Bell Food Group社／Merck社	Mosa Meat社	Bell Food Group社とMerck社で880万ドルを出資
PHW-Gruppe	SuperMeat社	SuperMeat社と戦略的提携を実施し、R&Dおよび販路面で支援

出所) Shiok Meats社Webサイト (<https://shiokmeats.com>)、UPSIDE Foods社Webサイト (<https://www.upsidefoods.com>) などより作成

を有する企業が、培養液などの領域に特化して参入する動きが見られる。

近年では、培養肉の当面の現実的な解として、ブレンド肉を開発・販売する企業も増えている。イスラエルの代替肉企業であるFuture Meat Technologies社は、21年に植物性タンパク質をブレンドした培養鶏肉の価格を1/4ポンド当たり7.5ドルまで下げること成功したと発表した。使用する細胞の見直し、培養プロセスのコスト低減に加え、大豆・エンドウ豆・キノコなどを用いた植物性タンパク質をブレンドすることで、さらなるコストダウンと食感を補強している。

同様にEat Just社も植物性タンパク質をブレンドした培養鶏肉を開発しており、シンガポールで既に販売承認を取得し、レストランと提携して試験的に販売をスタートしている。完全な培養肉商品は、培養液やバイオプロセスの技術的課題もあり実用化が遠いが、植物性タンパク質などを混合したブレンド肉であれば、比較的早期からの実用化・普及が見込まれると想定される。

2 消費者の受容性

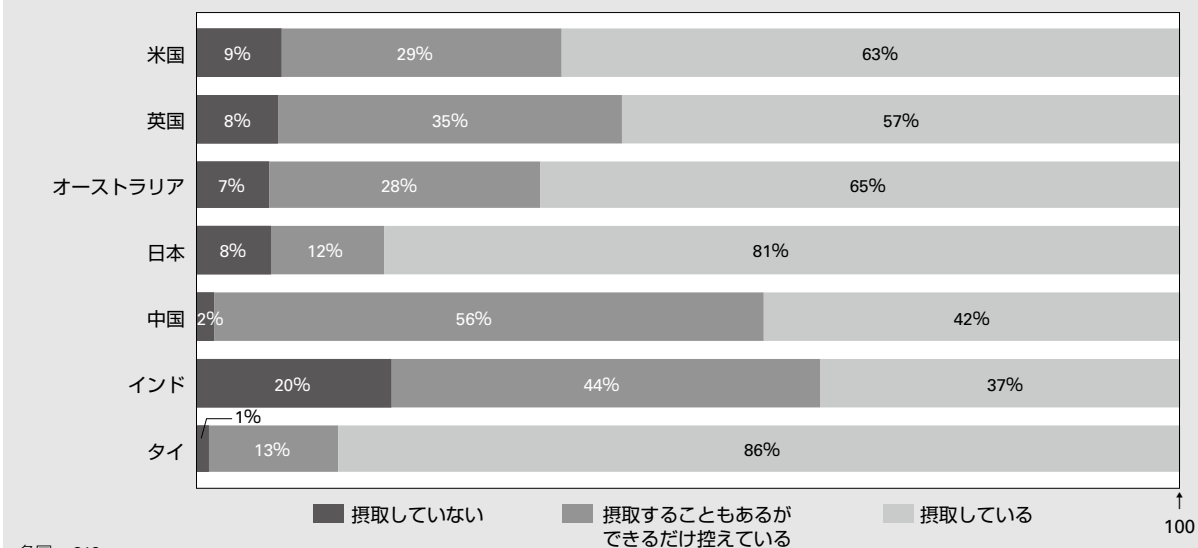
人が食べる物を選択する際には、①食品の魅力（栄養価・味・食感・入手しやすさ・価格・調理のしやすさ・調理法の多様性・安全性・透明性・新規性）、②自身の価値観（宗教・動物福祉・環境・忌避感・世間体）、③自身の身体状況（必要エネルギー・代謝機能）といった要素が加味される。したがって、新規食品である代替タンパク質の普及には、食品の魅力だけでなく、その摂取の生活様式への合致が求められるといえる。

では、現段階で世界の人々はどのくらい代替タンパク質を受け入れる準備ができているのだろうか。NRIが行ったアンケート（7カ国、20～59歳の男女、n=2184）によると、動物性タンパク質の摂取を控えている／摂取していない人の割合は図1のとおりである。

インド・中国ではその割合が半分以上を占め、次に欧米豪が約40%程度と類似の傾向を示しており、そして日本とタイが続くが、国によって大きく様相が異なることが分かる。

国ごとに摂取を控えている／しない理由の

図1 動物性タンパク質の摂取状況



各国n=312
出所) 野村総合研究所「代替タンパク質に関するアンケート」(2021年)より作成

上位を見ると、インドでは動物福祉や宗教、欧米豪ではいずれも動物福祉や環境負荷が挙げられる。一方、日本は価格や健康が主な理由となっており、社会課題への意識というより個人の経済性や嗜好がより濃く反映されている。

動物性タンパク質の摂取を控えている／しない層が、代替タンパク質の潜在的な消費者と考えられるが、このアンケート結果に鑑みると、一概にはそうとも言い切れない部分もある。というのも、国や代替タンパク質の種類によっては、その摂取意向の強さが動物性タンパク質の非摂取程度と一致していない傾向が見られるからである（表3）。

たとえばタイは、動物性タンパク質非摂取の傾向が最も小さかったにもかかわらず、代替タンパク質の摂取意向は強い。食料として流通すれば人々が購入する可能性は大いにあるといえよう。また、日本は、植物性・藻類タンパク質の摂取意向は他国と比べてそれぞれ同等以上であるものの、昆虫タンパク質のそれは極めて低い。それぞれのタンパク質に対する懸念事項を見ると、植物性に対してはあまり不満がなく、既に流通している大豆肉などの商品にある程度満足していること、昆虫は食べる習慣がないことや嫌悪感が上位に

あることから、食文化としてなじみがないことが背景にあると分かる。それに対し、藻類が一定の市民権を勝ち得ているのは、日本に海藻を食べる文化が根付いているからだろう。

また、懸念事項で面白いのは、欧米豪日の先進国では、培養肉を食べると世間体が悪いと感じている人が多いことだ。人類にとって細胞培養が革新的な技術である一方で、その是非についての世論形成が追い付いていないことが背景にあると考えられる。

このように、地域によって代替タンパク質の摂取意向はさまざまで、足元の食生活に影響を受ける一方で、案外抵抗なく受け入れられる可能性もあり、第I章で述べたプロテインクライシスが深刻化すればなおさらである。したがって、代替タンパク質を普及させるには、もともと商品への受容性が高いターゲット群を見つけること、代替タンパク質への懸念事項を解消するとともに、人々の倫理観に合うようマーケティングを行うことが重要だと考えられる。

3 代替タンパク質の将来的な普及の見立て

ここまで、各タンパク源別の動向を論じた

表3 代替タンパク質を取り入れたいと答えた人の割合（「今後食べることはない」以外）

	植物性	昆虫	藻類	微生物	培養肉
米国	69%	34%	46%	46%	56%
英国	77%	40%	52%	53%	56%
オーストラリア	70%	27%	41%	39%	50%
日本	75%	22%	63%	37%	44%
中国	90%	59%	81%	70%	72%
インド	69%	63%	76%	74%	80%
タイ	92%	76%	96%	81%	78%

各国n=312
出所) 野村総合研究所「代替タンパク質に関するアンケート」(2021年)より作成

が、それらを踏まえた代替タンパク質の将来的な普及の方向性について考えたい。

まず、植物性タンパク質と細胞培養の2つに関しては、植物肉・培養肉として既存の食肉代替につながり得るものと考えられる。一方で、昆虫・微生物・藻類に関しては、粉末などの形状で食品素材として活用されるような普及形態が想定される。

プロテインクライシスの観点で見た場合、特にインパクトが大きいのは植物肉と培養肉であるが、培養肉は技術的・法的・社会的課題も多く、本格的な実用化は2030年前後になると想定される。そのため、足元では植物肉の普及が進むものと考えられる。現状、植物肉はヴィーガンやベジタリアン、健康志向の消費者のニーズを捉える形で普及が進んでおり、食肉代替品としてさらに普及するためには肉感の再現が求められている（図2）。

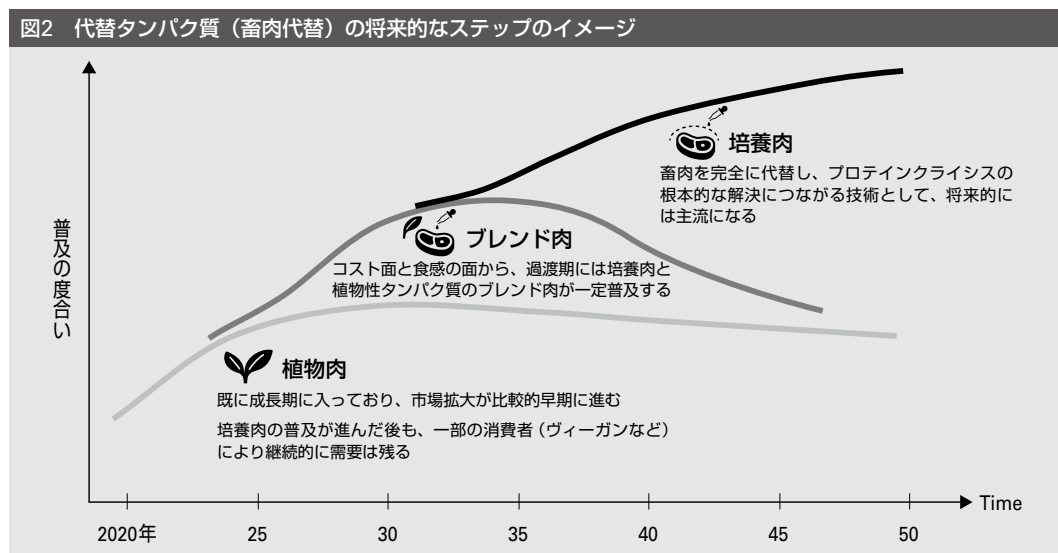
植物肉と培養肉、どちらも食肉の代替という観点ではいまだそれぞれ異なる課題を抱えている一方、それぞれを組み合わせたブレンド肉への期待が徐々に高まっている。培養肉のコスト高と植物肉の肉感不足という欠点を補い合うことができるため、完全な培養肉が

実用化されるまでの時期においては、ブレンド肉が代替肉の中では主流になっていくと推察される。

4 国家間での主導権獲得競争

ところで、企業が華やかな先端技術で戦っている裏では、国家も市場の主導権をめぐつてしのぎを削っている。代替タンパク質市場で安定的なポジションを築くことは、持続的に食料を調達することであると同時に、世界で約200兆円ある食肉市場で外貨を稼ぐことにほかならず、各国家にとって重要な事項であるといえる。

歴史を振り返ると、食料安全保障の分野で成功を取めることが国家の繁栄につながった例は、枚挙にいとまがない。当該競争は、昨今の新型コロナウイルスの流行の影響によって激化する可能性がある。新型コロナウイルスによる移動制限や事業活動の停止は、グローバル化した食のサプライチェーンを分断し、食料の供給のみならず生産にすら歯止めをかけた（農薬未散布による病害虫の大量発生・穀物の輸出規制・物流業者の不足・食肉加工工場の操業停止など）。市民の間でも食



料安全保障への関心が高まっており、国家として食料政策を見直す必要に迫られている。

このような状況下で攻勢をかけるのがシンガポール・イスラエル・欧州・米国といった国・地域だ。シンガポール政府は、「30 by 30」という2030年までに食料自給率を30%に向上させる国家目標を掲げ、代替タンパク質メーカーの誘致に積極的だ。同政府は、25年までに約117億円を食料関連の研究プログラムに割り当てるとしており、規制の透明化も進める。実際、国内には数多くのスタートアップが集まり、20年には世界で初めて培養鶏肉の販売が承認された。背景には、国土が狭く農業資源に乏しいため、技術を向上させ、食料確保につなげたいという思惑がある。イスラエルは、高い食料自給率を誇るものの、肥沃な国土の少なさや地政学的リスクの高さから、シンガポールと同様にこの分野で積極的である。

一方、欧州や米国は、世界的な政治経済のリーダーとして、先端技術の発展とともにルールメイクをリードする動きを見せている。EUは18年にノベルフード規制を改定し、新規食品の販売には欧州委員会の認可を要する仕組みを構築した。これにより、21年5月には、世界で初めてミールワームが安全だと評価された。米国では、新規食品についてFDAが一般的に安全であると認められる物質（GRAS）の認証を行う制度があるが、微生物分野では20年にPerfect Day社が、21年にはNature's Fynd社（米国）が世界に先駆けて認証を獲得している。

これらの地域で力をつけた事業者は、人口の多い中国やインドへ次々と進出している。中国やインドでは、豊富な労働力と農業用

地、原料の入手しやすさを活かし、強力な植物肉メーカーがいくつか誕生したものの、関連技術や大規模設備への投資は追いついていなかった。しかし、中国では20年の人造肉ブームから、国内食品企業も相次いで代替肉市場へ参入しており、今後もますます活況な市場となることが予想される。

日本は食料自給率が現在37%と低く、農林水産省は30年に45%という目標を掲げ、国内農業の活性化に力を入れている。土地の制約などを比較的受けにくい代替タンパク質の生産であれば、国内でも効率的に行える可能性があり、食料自給率を高める一つの方策となり得る。さらには、それを豊かな日本食文化と融合させることで、サステナブルな日本食を世界に広めることもできよう。

しかし、現在の日本は、投資額や技術水準などでは世界上位の国々と水をあけられている。日本政府には代替肉の品質基準などを定める国際ルール整備の主導や、日本企業の国際競争力強化を後押しすることが求められる。現在は、農林水産省フードテック研究会を中心に議論が始まっており、新規投資や企業間連携を促進する仕組みが生み出されることに期待が集まる。

Ⅲ 食品業界および周辺産業にとってのビジネスチャンス

1 将来的な業界構造変化

これまで論じてきたとおり、各種代替タンパク質にかかわる動きは、既存の食関連業界に対し、大きな影響を与えることが必至である。特に、プロテインクライシスに対してインパクトが大きい植物肉と培養肉について

は、業界の構造も、今後、大きく変わっていくと考えられる。

植物肉に関しては、直近ではImpossible Foods社やBeyond Meat社など、既存の有力植物肉メーカーが寡占を進め、優位性を保つ状況にある。同時に、ADMやCargill社といった原料を押さえる穀物メジャーがスタートアップへの投資・連携、さらには下流への進出を進めるなど、存在感を増している。グローバル食品大手も、自社研究開発・出資や提携を進めて新商品の提供を開始しており、今後は植物肉技術獲得を経て、スケールメリットを活かしながら安価・コモディティ品でシェアを拡大していくことが想定される。

培養肉に関しては、いまだ技術開発段階の事業者が多いものの、培養肉企業を中心に徐々に市場の形成が進んでいく状況にある。また、バイオ系・医療系からの事業者参入や他タンパク質・食品素材事業者からの参入・協業も拡大・加速しており、実用化に向けた資金調達と協業のレースは既に始まっている。今後は、培養肉の開発・製造全体をつかさどることのできる事業者が優位に立ち、市場を形成していく一方で、培養液・足場・バイオリクターなど、培養肉事業において不可欠な要素技術を有する専業の事業者の存在は欠かすことができない。そのため、培養肉の製造プロセスのどの段階で優位性を築き上げるか、多様な参入の形態が想定され、多数の事業者に参入機会がある分野となっていくであろう。

2 食品関連産業にとっての機会と脅威

では、従来の食品関連産業にとって、前述

の動きはどのような機会・脅威となってくるのであろうか。

植物肉・培養肉といった代替タンパク質への取り組みは、本論考でも重ねて述べてきたとおり、スタートアップのみならず、大手食品メーカーによって推進されている。社会的要請に伴う新たな「食品分野・タンパク質分野」での商品開発やターゲット開拓を進めていくことができるのは、当然、食品関連産業にとっての新たな機会である。

一方で、特に培養肉など、医療やバイオ領域での技術活用が求められる代替タンパク質分野においては、従来は食品産業としての活動が活発でなかった事業者による業界参入が進み、従来の食品関連産業の事業者には脅威となるであろう。代替タンパク質にかかわる取り組みの進展は、食品関連産業にかかわる事業者を増やし、新たな産業の枠組みをつくり出していく動きであるといっても過言ではない。

3 食品関連産業に対する提言

食品業界はこれまで安定産業と呼ばれ、人口と経済成長に伴い市場拡大が続いてきた。食品メーカーにとっては新商品の開発・マーケティングが重要であり、いかに限りある棚割りを獲得し、消費者の経済的・感性的な価値に訴求するかが重要なポイントであった。

今後、プロテインクライシスが叫ばれる中、経済価値・感性価値に加え、環境価値の重要性が高まってくる。特にサステナビリティ関連指標と企業のイメージがより密接に結びつくようになり、企業やブランドの評価にも環境価値の影響が及ぶものと考えられる。近年では、排出した炭素の量に応じた課税

(炭素税)が課される枠組みも推進されており、環境負荷を考慮した価格設定の重要性が増している。食品業界においても、環境負荷に応じたコスト負担が課される可能性もあり、その場合、代替タンパク質がコスト優位になりやすい。

食品メーカー各社にとって、この産業の変化を脅威と捉えるか、それとも機会と捉え、自発的に破壊的創造を促すのか、経営判断が求められる局面が訪れている。欧米グローバル大手が次々とスタートアップに出資し、市場参入を図る中、従来の延長線上の発想では、将来的に市場から淘汰されるリスクもある一方、世界的な潮流である代替タンパク質へのシフトを自らの機会と捉え、いかに早く動き出せるかが中長期的な趨勢を決めると予測される。

日本には昔から大豆ミートやカニカマボコといった模倣食材が存在する。繊細な味の再現力は日本メーカーの得意とするところであり、代替タンパク質市場でも強力な武器となる可能性がある。一方で、短期的な収益を求める傾向にある日本の食品メーカーは、中長期的な事業の種の育成に関しては、十分な社内体制が整っていないと考えられる。そのため、たとえば従来の事業管理からは切り離れた体制や、別会社化した形での事業推進体制の構築など、経営構造そのものを見直す必要がある。

食品における環境価値の高まりに対応するためには、上流から下流まで一貫した品質管理・透明性の確保が求められる。これを担保するには、たとえば食品メーカーであれば、従来の加工の領域のみに注力するのではなく、原料調達や消費者に対する提供シーンへ

の強いコミットが求められる。そのような状況下で、欧米食品メーカーは有望な代替タンパク質企業の囲い込みを既に始めており、有望な代替タンパク質の供給源が一部の事業者独占されるリスクも想定される。先行する欧米食品メーカーに追いつくためには、まず、先述した経営構造の見直しを含めた中長期的な戦略テーマを育成できる土壌の整備と、積極的なスタートアップ探索・出資・買収による有望な種の取り込みの両軸が必要だと考える。

著者

中村龍樹 (なかむらたつき)

野村総合研究所 (NRI) ヘルスケア・サービスコンサルティング部主任コンサルタント

専門は消費財やサービス産業に関する戦略策定・新規事業立案・マーケティング施策支援など

吉竹 恒 (よしたけひさし)

野村総合研究所 (NRI) グローバル製造業コンサルティング部主任コンサルタント

専門は自動車・モビリティ、化学・素材、食品、機械など製造業の幅広い業種を対象とした中期経営計画・成長戦略の策定や事業戦略の策定、ビジネスモデル変革など

森 衣里子 (もりえりこ)

野村総合研究所 (NRI) グローバル製造業コンサルティング部コンサルタント

専門は自動車・化学・食品業界を中心とした事業戦略、M&A戦略、新規事業戦略立案など

伊藤瑛子 (いとうあきこ)

野村総合研究所 (NRI) グローバル製造業コンサルティング部コンサルタント

専門は化学・素材・食品業界を中心とした製造業にかかわる事業戦略策定、M&Aなど