

# 代替タンパク質の拡大と代替タンパク質をめぐる議論

## 目 次

- |                      |                          |
|----------------------|--------------------------|
| I. はじめに              | IV. 代替タンパク質をめぐる議論        |
| II. 代替タンパク質が注目を浴びる背景 | V. 代替タンパク質は消費者に受け入れられるのか |
| III. 代替タンパク質のイノベーション | VI. おわりに                 |

主任研究員 内田 真穂

## 要 約

### I. はじめに

持続可能な食料生産システムに対する関心が世界的に高まる中、「代替タンパク質」と呼ばれる分野が注目を浴びている。植物性代替肉や培養肉など、新たなタンパク質製品の開発を目指すスタートアップ企業が続々と誕生し、大手企業の参入も相次いでいる。

### II. 代替タンパク質が注目を浴びる背景

代替タンパク質が注目を浴びる背景には、人口増や中間層の拡大に伴う食肉需要の増加による将来のタンパク質不足への懸念と、現行の畜産業が地球環境に与える負荷が高く持続可能性が低いことがある。消費者の健康志向、環境問題や動物の福祉に対する関心の高まりも市場の活況を後押ししている。

### III. 代替タンパク質のイノベーション

代替タンパク質の中でも有力なのが、植物性代替肉、培養肉、微生物・発酵技術による乳卵、昆虫食である。本章では、市場をリードし、注目される代替タンパク製品やその特長等を紹介する。

### IV. 代替タンパク質をめぐる議論

代替タンパク質が本当に健康的で環境に優しいのかには諸説ある。植物由来、昆虫由来の製品の中には塩分が多く必ずしもヘルシーとは言えないものもある。培養製品は畜産による環境負荷はなくとも培養施設におけるエネルギー効率や CO2 の排出など畜産とは違った側面で環境への配慮が求められる。遺伝子組み換え技術を使用している製品に対しては、遺伝子組み換え作物反対論者からの反発もある。

### V. 代替タンパク質は消費者に受け入れられるのか

人工的に製造される培養肉に対する消費者の受容度には、国により差異があるものの、抵抗感を持つ者は多い。環境面のメリットや倫理を訴えるだけでは特定の層向けの商品に留まる可能性がある。量産化やコストの問題をクリアし、安全性に対する不安を払拭するよう消費者の理解を深めていくことが必要である。植物性代替肉についてはヘルシーさや肉らしさをアピールするだけでなく、積極的に選択されるような商品コンセプトや料理の提案などのマーケティングが普及を促すと考えられる。

### VI. おわりに

新たなタンパク質の開発は持続可能な食糧生産システムの構築のために不可欠である。課題は多いが、食生活を変えるポテンシャルは十分にあるのではないかと。

## I. はじめに

米国や欧州を中心に「代替肉」の人気の拡大している。植物由来の原料を使って本物の肉の味や香り、食感を再現した植物性代替肉（以下、植物肉という。）が開発され、ベジタリアンだけでなく肉食を好む人々の間でも支持を得ている。米国では新型コロナウイルスの感染拡大の影響で食肉の供給が不安定になり、普及が加速したという見方もある<sup>1</sup>。日本でも、ハンバーガーチェーンやコンビニエンスストアで植物由来の肉を使った製品を提供するところが増えてきている。

昨今、食と技術を融合させた「FoodTech（フードテック）」の一領域として、「代替タンパク質」と呼ばれる分野が注目を浴びている。その代表例が植物肉であり、植物肉以外にも、培養技術を使って製造する肉や乳製品、昆虫食などが注目されている。新たなタンパク質製品の開発を目指すスタートアップ企業が世界中で続々誕生し、投資も活発に行われている。

この盛り上がりを端的に表しているのが、The GAFAs（The Global Alternative Food Awards）という団体が発表している代替タンパク質市場への参入企業のカオスマップである。植物性タンパクでみると、2018年1月時点（Ver.1.0）で15社だったのが、1年後の2019年1月（Ver.2.5）には100社へと増え、最新の2020年7月のマップ（Ver.3.0）には200社以上が掲載されている<sup>2</sup>。

ビジネスチャンスと捉えているのはスタートアップだけではない。市場の成長性を見越した大手食品会社によるスタートアップへの投資や買収も盛んに行われている。投資家や企業の行動には、2015年に国連が採択した「持続可能な開発目標（SDGs）」も影響している。SDGsの目標2では「持続可能な食料生産システム」の構築が掲げられている<sup>3</sup>。食料供給の問題は突き詰めるとタンパク質の供給課題といってよい。欧米の投資家や企業はタンパク質の主たる供給源である現在の畜産システムには限界があると考えており、持続可能な新たな食料生産システムを構築するためには、畜産に頼らない代替タンパク質の開発が必要だと考えている。

欧米における植物肉ブームは、健康、環境、動物福祉（動物愛護）に関心の高い消費者が後押ししている。しかし、実は、植物肉がヘルシーで環境に優しいのかについては諸説ある。また、その他の代替タンパク質製品については、そもそも市場に出て成功するのだろうかという疑問がある。培養肉や昆虫食と聞いて嫌悪感や抵抗感を持つ消費者も少なくないだろう。

本稿では、前段でまず代替タンパク質が注目を浴びる背景を説明し、代替タンパク質の代表的なカテゴリーと先端プレイヤーを紹介する。後段では、代替タンパク質は本当にヘルシーで安全で環境に優しいのか、そもそも消費者に受け入れられるのか、といった疑問に対する様々な調査・研究を紹介し、主に植物肉と培養肉の未来について考察する。

<sup>1</sup> Wired「パンデミックの影響で“本物の肉”が品薄になり、米国では「代替肉」の普及が加速している」（2020年6月1日）<<https://wired.jp/2020/06/01/covid-faux-meat/>>。2020年5月、新型コロナウイルスの感染拡大により米国内の食肉加工工場の操業が一斉に停止し、品薄になった食肉に代わり植物肉がスーパーの陳列棚を埋めたとされる。

<sup>2</sup> <<https://newprotein.org/>> (visited Feb.28,2021)

<sup>3</sup> SDGs 目標2では、「飢餓に終止符を打ち、食糧の安定確保と栄養状態の改善を達成するとともに、持続可能な農業を推進する」ことが掲げられている。そのターゲットのなかに持続可能な生産システムの構築に関するものがある。具体的には、「2-4：2030年までに、持続可能な食料生産システムを確保し、生産性および生産の向上につながるレジリエント（強靱）な農業を実践することにより、生態系の保全、気候変動や極端な気象現象、干ばつ、洪水その他の災害への適応能力向上、および土地と土壌の質の漸進的改良を促す」とある。

## II. 代替タンパク質が注目を浴びる背景

### 1. 食肉需要の増大によるタンパク質不足の懸念

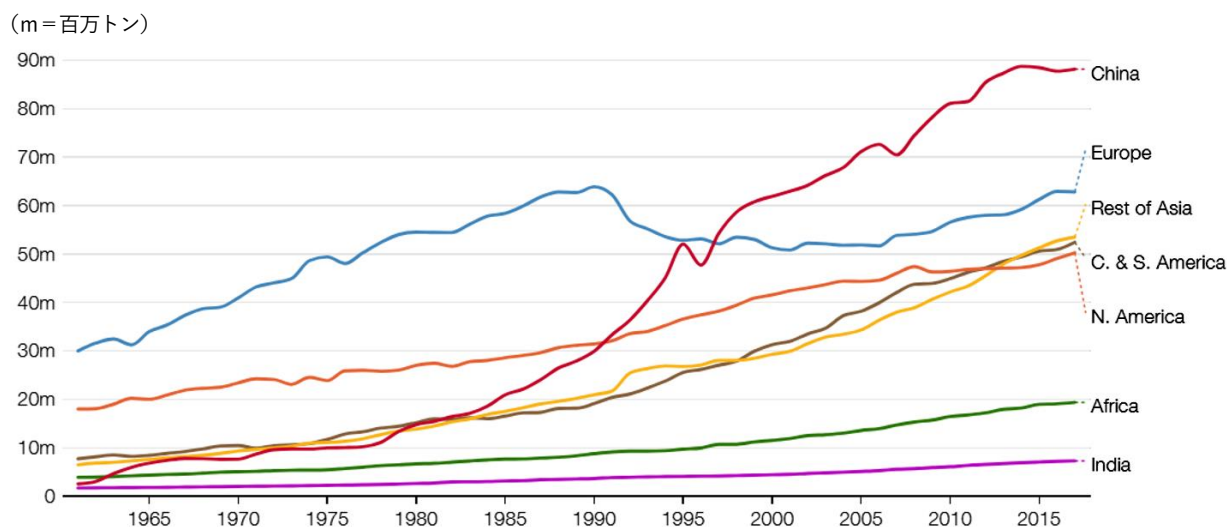
国連によると、世界人口は2019年の77億人から2030年には85億人、2050年には97億人に達すると予想されている<sup>4</sup>。人口増加に伴う食料需要の増加により、将来食料不足が深刻化することが懸念されている。

中でも食肉需要の伸びは、遠くない将来、タンパク質不足となる懸念を強めている。世界人口は過去50年間で2倍となったが、中間層の拡大による食の嗜好の変化も要因となって肉の消費量は3倍に増加した<sup>5</sup>。

ただし、国や地域によって消費量の伸びは異なる。《図表1》をみると、今や世界最大の食肉消費国となった中国の消費量の伸びが著しいことがわかる。欧州、中南米、北米は、消費量は多いが消費の伸びは比較的安定している。インドは、人口が中国に追い付く勢いで急増し、かつ中間層が拡大しているものの、食文化、宗教的な違いが影響して食肉消費量は世界全体からみると少ない。

このように国や地域差はあるものの、世界全体では食肉需要の増加トレンドは今後も続くとみられている。国連食糧農業機関（FAO）は、世界の食肉消費量は2000～2030年の間におよそ70%、2030～2050年の間にさらに20%拡大すると予測している<sup>6</sup>。

《図表1》世界の地域別食肉消費量の推移



(出典) World Economic Forum, “This is how many animals we eat each year”.

<<https://www.weforum.org/agenda/2019/02/chart-of-the-day-this-is-how-many-animals-we-eat-each-year/>>

元データは国連食糧農業機関（2019年）

<sup>4</sup> United Nations, “World Population Prospects 2019”, <<https://population.un.org/wpp/>> (visited Jan.28,2021)

<sup>5</sup> World Economic Forum <<https://www.weforum.org/agenda/2019/02/chart-of-the-day-this-is-how-many-animals-we-eat-each-year/>> (visited Jan.28,2021)

<sup>6</sup> FAO, “World agriculture: towards 2030/2050”, Jun.2006, <[http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/esag/docs/Interim\\_report\\_AT2050web.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/esag/docs/Interim_report_AT2050web.pdf)>

## 2. 畜産業の環境負荷と限界

食肉需要が増大しても畜産物の増産により供給が追いつけば問題はない。だが、現行の畜産業は地球環境に与える負荷が大きく、持続可能性に関する懸念がある。家畜の飼育には膨大な水と飼料が必要であり、飼料作物を栽培する広大な土地を必要とする。

《図表 2》は肉 1 kgを生産するのに必要な水の量を示している。これを見てわかるように家畜（特に牛肉）の生産には米の何倍もの水を必要とする。

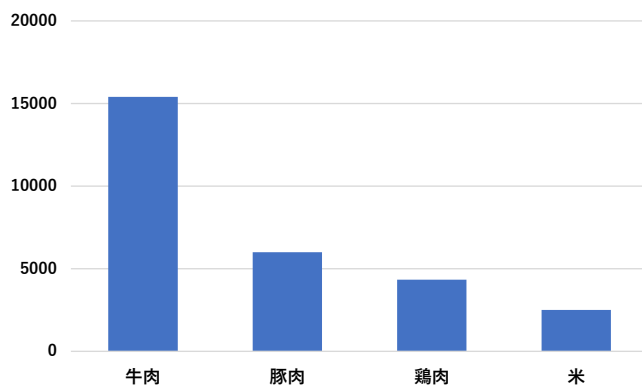
次に飼料だが、畜産物の生産量の何倍もの穀物が必要となる。例えば牛肉 1 kg生産には 11 kgの穀物が必要とされる<sup>7</sup>。世界の農作物の収穫量のおよそ半分（46%）は飼料用作物であり、人間が直接食する量（37%）を上回っている（《図表 3》）。

大量の穀物飼料を生産するためには広大な土地も必要になってくる。地球上の土地の 27%は畜産業に使用されており、全ての農業用地の 77%が放牧と穀物の栽培に使われている<sup>8</sup>。土地を確保するために森林伐採が進み、生物多様性に影響を与えているという指摘もある。

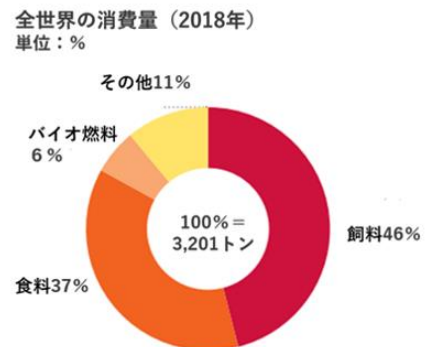
温室効果ガスの排出量も問題となっている。国連食糧農業機関（FAO）の試算によれば、人類が排出する温室効果ガスの 14.5%が畜産業に由来し、そのうち 65%を牛が占めている<sup>9</sup>。

以上のように、現行の畜産業は様々な環境問題を抱えていることから、現在の方法による畜産物の増産は地球にさらなる環境負荷を与えることが明白である。

《図表 2》肉 1 kgを生産するのに必要な水の量\*1



《図表 3》農作物の用途\*2



(出典) \*1 Water Footprint Network <<https://waterfootprint.org/product-gallery/>>

\*2 AT Kearney, "How will Cultured Meat and Meat Alternatives Disrupt the Agricultural and Food Industry?", 2019.

<sup>7</sup> 農林水産省「知ってる？日本の食糧事情～日本の食料自給率・食料自給力と食料安全保障～」(2015年10月)  
<[https://www.maff.go.jp/chushi/jikyuu/pdf/shoku\\_part1.pdf](https://www.maff.go.jp/chushi/jikyuu/pdf/shoku_part1.pdf)>

<sup>8</sup> <<https://ourworldindata.org/global-land-for-agriculture>> (visited Jan.28,2021) 元データは国連食糧農業機関 (FAO)。

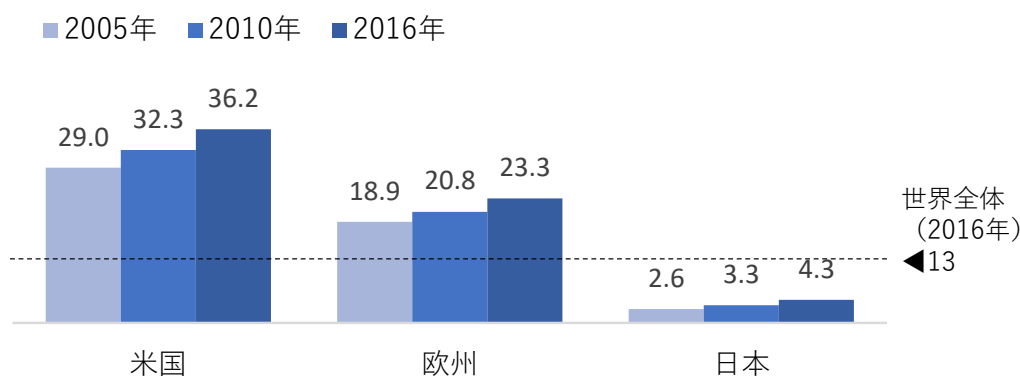
<sup>9</sup> FAO, "Tackling Climate Change through Livestock: A global assessment of emissions and mitigation opportunities", 2013.

### 3. 消費者の意識の変化

#### (1) 健康志向

米国や欧州を中心に植物肉市場が拡大している要因の一つに健康志向の高まりがある（《図表 4》）。欧米における肥満率の増加は深刻なレベルにあり（《図表 4》）、肉食中心の食生活を改め、健康によいとされる植物由来の食品を多く摂取しようとする消費者が増えている。世論調査を手掛ける米 Gallup が 2020 年に実施した調査では、米国人の 4 人に 1 人（23%）が過去 1 年間に肉を食べる量を減らしたと回答しており、食生活を変えた理由で最も多かったのは自身の健康であった<sup>10</sup>。

《図表 4》肥満人口の割合（%）



(出典) WHO Global Health Observatory data

#### (2) 環境問題や動物の福祉への関心

畜産業が地球環境に与える影響の観点や、動物の福祉（動物愛護）など倫理的な観点から、植物肉を選択する消費者も増えている。

前述の Gallup の調査において食生活を変えた理由として自身の健康の次に多かったのが環境問題であり、次いで食品の安全性、動物愛護であった。また、肉の消費量を減らしたと回答した米国人の 3 分の 1 強（36%）が、植物由来のハンバーガーやソーセージなどの代替肉製品を食べていると回答した<sup>11</sup>。

動物の福祉に関しては、その飼育方法が批判されている。例えば鶏や豚は、狭い養鶏・養豚場で鶏や豚がひしめきあうように飼育され、できるだけ早く出荷するために抗菌性物質やビタミン剤を使って自然界ではあり得ないスピードで育てられている<sup>12</sup>。

植物肉や培養肉のスタートアップには、ベンチャーキャピタルだけでなく多くの資産家や著名人が投資を行っているが、彼らの関心も環境や動物の福祉の問題解決であり、持続可能な食料生産システムの構築に期待を寄せている<sup>13</sup>。

<sup>10</sup> Gallup ウェブサイト<<https://news.gallup.com/poll/282779/nearly-one-four-cut-back-eating-meat.aspx>> (visited Feb.18,2021)

<sup>11</sup> 同上

<sup>12</sup> ポール・シャピロ著、鈴木素子訳「クリーンミート 培養肉が世界を変える」（日経 BP、2020 年）

<sup>13</sup> 佐藤光泰、石井佑基「2030 年のフード&アグリテック」（同文館出版、2020 年）

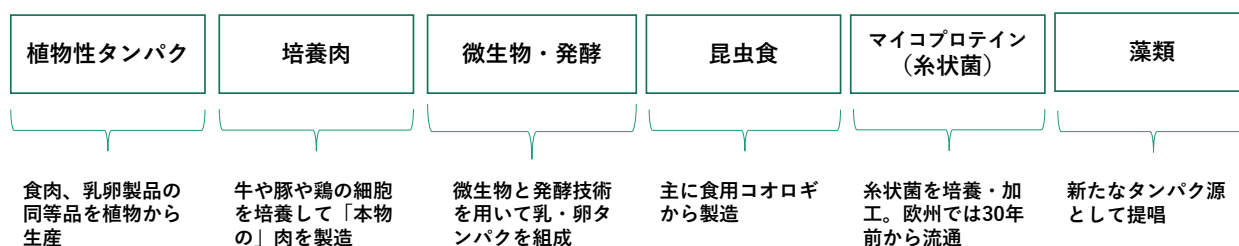
### Ⅲ. 代替タンパク質のイノベーション

現在生産、流通している主なタンパク源としては、食肉、大豆、乳、卵などがある。だが、今後予想される世界人口の増加に伴う食肉需要の増加（によるタンパク質不足の懸念）に対応するためには、従来のタンパク源の増産に取り組むだけでなく、新たなタンパク源（＝代替タンパク質）の開発が不可欠といえる。

原料・製造手法の視点から分類した代替タンパク質の代表的なカテゴリーは、「植物性タンパク」「培養肉」「微生物・発酵」「昆虫食」「マイコプロテイン」「藻類」の6つである（《図表5》）。このほかにも、培養魚や培養エビなど、シーフードの代替品の研究開発が行われている。

以下では、代表的なカテゴリーの中から、市場をリードする植物性タンパクの植物肉と、今後有力な培養肉、微生物・発酵、昆虫食について、その特長や先端プレイヤーを紹介する。

《図表5》代替タンパク質の種類



（出典）SOMPO 未来研作成

#### 1. 植物肉

植物肉市場を牽引するのは米国の Impossible Foods（インポッシブルフーズ）と Beyond Meat（ビヨンドミート）の2社である。この2社の製品の特筆すべき点は、これまでにあった大豆ミートやベジタリアン向けのベジバーガーよりも格段に味、香り、食感が本物の肉に近いことと、スーパーの精肉売り場で「生」の状態の販売されていることである。

Impossible Foods は、肉の見た目、香り、食感などを分子レベルで解析し、これらを植物性原料のみで再現している（《図表6》①）。赤い生肉を加熱すると茶色く変化するという視覚的なところまで本物の肉に近づけている。製品のコア技術は、大豆から抽出したレグヘモグロビン「ヘム」である。ヘムは肉の風味や色に影響する物質で、同社では遺伝子を組み替えた酵母を使ってヘムを大量に生産している。なお、このヘムは2019年8月に米国食品医薬品局（FDA）によって安全性が承認されている。インポッシブルフーズの製品は、全米のバーガーキングや小売チェーンをはじめ、香港、シンガポールなど海外の的外食チェーンでも販売されている。

最近では、肉以外の代替タンパク質の開発にも乗り出しており、色も味も本物に近い植物性牛乳「インポッシブルミルク」を開発中との報道もある<sup>14</sup>。

もうひとつの先端プレイヤーである Beyond Meat は、2013年に「ビヨンドチキン」を販売したのを

<sup>14</sup> <<https://www.fastcompany.com/90567559/impossible-foods-is-branching-out-from-burgers-next-up-milk>> (visited Nov.12, 2020)

皮切りに、バーガーパテ、ソーセージ、ミートボールなど牛肉・豚肉・鶏肉を再現した植物肉をこれまで相次いで商品化してきた（《図表 6》②）。看板商品である「ビヨンドバーガー」は、エンドウ豆を主原料とし、霜降りはココナツオイルとココアバター、肉の赤身はビーツ、風味や香りは酵母エキスなどを使って再現している。原料はすべて植物由来のもので、遺伝子組み換え作物や大豆、グルテンは一切使用されていないという。ビヨンドミートもまた、全米のファストフードチェーンや食品スーパーに広く商品を供給しているほか、海外展開にも積極的で、現在 30 か国以上に販路を広げている。同社は 2019 年 5 月に米ナスダック市場に上場している。

《図表 6》植物肉製品

## ①Impossible Foods の植物肉製品



(出典) Impossible Foods ウェブサイト

<<https://www.impossiblefoods.com/>>

## ②Beyond Meat の植物肉製品



(出典) Beyond Meat ウェブサイト

<<https://beyondmeat.com/products/>>

## 2. 培養肉

培養肉とは、動物から採取した細胞を組織培養して人工的に製造された肉のことをいう。動物を屠殺する必要がなく、畜産業に付随する倫理、環境、衛生面の問題を回避できることから、別名「クリーンミート」と呼ばれている。

製造方法は、牛、豚、鶏などから採取した筋幹細胞を培養液に浸し、栄養素、成長因子を入れたバイオリアクター（培養装置）で増殖、筋繊維を組成し、その筋繊維を積み重ねて筋組織を形成する方法が一般的である<sup>15</sup>。肉牛の生育には 2~3 年かかるが、培養牛肉であれば数週間で製造できる。

培養肉が世間に広く認知されたきっかけは、2013 年にオランダのマーストリヒト大学のマルク・ポスト教授がロンドンで開催した世界初の培養肉バーガーの試食会である。このバーガーパテは 1 個製造するのに 33 万ドル（約 3,500 万円）かかったという。

オランダの Mosa Meat（モサミート）は、そのマルク・ポスト教授が 2016 年に設立したスタートアップ企業である（《図表 7》①）。同社は、培養プロセスを自動化するバイオリアクターの開発を進めるなど、現在生産コストの削減に取り組んでいる。

生産コストの削減にいち早く成功したのは米国の Memphis Meats（メンフィスミーツ）である。メンフィスミーツは 2015 年に心臓外科医と幹細胞研究者の 2 名によって設立され、2016 年に培養ミートボール、2017 年に培養チキンをそれぞれ世界で初めて開発した（《図表 7》②）。同社への期待は非常に高く、これまでにビル・ゲイツ氏やリチャード・ブランソン氏ら資産家や、数々のベンチャーキャピタ

<sup>15</sup> 前脚注 13

ルから投資を集めている。出資者の中には米食肉大手のタイソンフーズやカーギルも含まれている。

培養肉の分野で有名なのは上記 2 つスタートアップであるが、その他目立つところでは、イスラエルの Aleph Farms (アレフファームズ) がある。培養肉は、ミンチ肉はつくれても、厚みのあるステーキ肉の製造は難しいとされていたが、同社は 2019 年にその「ステーキ肉」の開発に成功した。最近では、3D プリンティング技術を使った培養リブアイステーキの開発に成功したという発表があった<sup>16</sup>。

2020 年 12 月、米国の Eat Just (イートジャスト) の培養鶏肉「Good Meat」の販売がシンガポールで認可された。培養肉の食品の販売が認可されたのはこれが世界初とされる。この製品はレストランでの販売向けに生産され、まずは小さなナゲットとして、その後グリル用切り身として提供される予定だという<sup>17</sup>。

なお、2021 年 2 月現在、培養牛肉・豚肉は、まだ一般には販売されていない。培養肉の目下の課題は生産コストの低減と量産化である。将来的に培養肉は巨大な装置産業になっていくことが予想される<sup>18</sup>。

《図表 7》培養肉

①Mosa Meat の培養肉



(出典) Mosa Meat ウェブサイト

<<https://www.mosameat.com/our-meat>>

②Memphis Meats のミートボールとチキン



(出典) Memphis Meat ウェブサイト

<<https://www.memphismeat.com/>>

### 3. 微生物・発酵

動物から採取した細胞を使うのではなく、微生物と発酵技術を使って牛乳、鶏卵のタンパク質を製造するスタートアップ企業も登場している。

米 Perfect Day (パーフェクトデイ) は、牛の DNA 配列を組み入れた遺伝子組み換え酵母を作り、この酵母の働きを利用して砂糖を発酵させることによって乳タンパク質を組成することに成功した。生産過程において牛は必要としないが、こうして生産されるタンパク質は牛乳と全く同じ栄養をもつという<sup>19</sup>。また、遺伝子組み換え酵母は最終的に残さず除去するので、完成品は GMO フリー (遺伝子組み換えをしていない) 食品となる<sup>20</sup>。Perfect Day は複数の食品メーカーと提携し、このアニマルフリーの乳タン

<sup>16</sup> <<https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-02-09/israeli-farm-cultivates-lab-grown-ribeye-steak-using-3d-printing>> (visited Feb.28,2021)

<sup>17</sup> <<https://jp.techcrunch.com/2020/12/03/2020-12-01-eat-just-to-sell-lab-grown-meat-in-singapore-after-gaining-world-first-regulatory-approval/>> (visited Feb.28,2021)

<sup>18</sup> 田中宏隆、岡田亜希子、瀬川明秀「フードテック革命 世界 700 兆円の新産業「食」の進化と再定義」(日経 BP、2020 年)

<sup>19</sup> Perfect Day ウェブサイト<<https://perfectdayfoods.com/>> (visited Feb.28,2021)

<sup>20</sup> 前脚注 12



パク質を使ったアイスクリームを販売している。

米 Clara Foods（クララフーズ）は鶏を必要としない鶏卵の開発に取り組む。同社は、遺伝子操作した酵母と砂糖を材料とし、発酵技術を用いて分子レベルで同一の卵タンパクを製造する<sup>21</sup>。2021年2月現在、まだ市場には出ていないが、この卵タンパクを使ってプロテインドリンクやサプリメント、焼き菓子やスクランブルエッグに使う卵液の発売を計画しているという<sup>22</sup>。

微生物（酵母）と発酵技術によるタンパク質の組成は、環境・倫理の観点からだけでなく、動物の飼育過程で生じる細菌汚染の心配がなく賞味期限の長期化が期待できるという点でもメリットがある。

#### 4. 昆虫食

昆虫食は古来より食されてきたが、2013年に国連食糧農業機関（FAO）が昆虫食に関するレポート「Edible Insects」を発表したのを機に改めて注目されるようになった。昆虫は乾燥重量の6割程度がタンパク質であり、これは畜産物の3倍以上という高効率のタンパク源である<sup>23</sup>。また、家畜と異なり水や飼料、土地も多く必要とせず、短期間で成長するのが魅力である。

しかし、昆虫食の習慣がない消費者にとっては、昆虫を食するのは心理的ハードルが高い。そのためスタートアップ企業の多くは、昆虫を粉末化してプロテインバーや菓子を製造するなどの工夫を行っている。たとえば、米国のExo（エクソ）は、コオロギから抽出した高濃度タンパク質を粉末化してプロテインバーを製造し、全米の食品スーパーなどで販売している。

昆虫食の多くはコオロギを原料としている。その他食されている昆虫としてはミールワームがあるほか、バッタや蚕を原料とした昆虫食の開発が行われている。また、人の食用としてではなく、家畜の飼料向けの利用にも期待されている。

#### 《BOX》植物由来の肉製品を「バーガー」や「ソーセージ」と称してよいのか

植物肉市場の急成長に危機感を強める欧米の畜産業界は、植物肉に食肉を想起させる呼称を使うことは消費者の誤認を招き食肉の売上に悪影響を及ぼすおそれがあるとして、これを禁止するよう求めている。一方、植物由来食品を製造するメーカーは呼称の制限に反対している。

米国では、畜産業界のロビー活動の結果、2019年だけで30近い州で植物由来の食品に対してバーガー、ソーセージ、ベーコンなどの用語を使用することを制限する法制化が検討された<sup>24</sup>。だが、これまでに法案が通過した州では法の施行停止を求める植物性食品メーカーによる訴訟が多数提起されており、一部の州を除いて法の施行はまだされていない<sup>25</sup>。

規制支持者は「ベジバーガー」や「植物由来」という言葉は本来の肉よりも健康によいという誤認を与えると主張し、反対者は「ビーガンソーセージ」のラベルを見て動物由来の食品だと誤解する人

<sup>21</sup> <<https://www.greenqueen.com.hk/interview-clara-foods-founder-ceo-arturo-elizondo-eggs-without-chicken/>> (visited Feb.28,2021)

<sup>22</sup> <<https://www.fooddive.com/news/clara-foods-chicken-free-egg-white-ready-to-make-leap-from-lab-to-shelf/574470/>> (visited Feb.28,2021)

<sup>23</sup> 前脚注 13

<sup>24</sup> Jones Day, “The Complex Labeling Landscape for Plant-Based Meat Alternatives”, Jan. 2020.

<sup>25</sup> 2020年10月1日施行のルイジアナ州では、罰金500ドルとなっている。

はおらず、むしろ消費者が味、食感、調理法などをイメージする手がかりとして「ソーセージ」などの表示は不可欠だと主張している<sup>26</sup>。

なお、米国食品医薬品局（FDA）は食品全般について誤認を招く表示を禁止しているが、植物肉を狙い撃ちした規制は今のところ行っていない。

また、培養肉に関しては、米農務省（USDA）および食品医薬品局（FDA）が、培養動物細胞に由来する食品を監督する共同規制の枠組みを設けることを2年前に発表している<sup>27</sup>。

欧州では、EUの欧州議会が2020年10月、植物由来の原材料で作られた「バーガー」や「ステーキ」など肉関連の呼称を使用することを禁じる修正法案を否決した<sup>28</sup>。その一方で、植物由来の代替乳製品に「ミルク」「バター」「チーズ」といった乳製品用語を使用することについては、2017年にEU司法裁判所がEU規則に違反しているとの判断を示しているため、欧州議会も乳製品用語の使用を禁止する修正案を採択した。このため現在EUでは、肉と乳製品で取扱が分かれる形となっている<sup>29</sup>。

しかし、畜産業界は対決姿勢を崩しておらず、加盟国レベルでの使用禁止を呼び掛けている。加盟国レベルではフランスが、2018年、農家出身の政治家がベジタリアン製品に「肉」「ステーキ」「ソーセージ」という用語の使用を禁止する内容を農業法案に盛り込むことに成功し<sup>30</sup>、2020年5月に法律が成立している。違反した者は最大30万ユーロの罰金が課されることになっている。

#### IV. 代替タンパク質をめぐる議論

II章で、健康志向や環境問題への関心の高まりが代替タンパク市場の活況の背景にあると説明した。だが、代替タンパク質が本当に健康によいのか、環境によいのかには諸説ある。また、食の安全に疑問や不安を持つ人もいる。

##### 1. 代替タンパク質は本当に健康によいのか

###### (1) タンパク源ごとの健康への影響度

赤肉（牛、豚、羊などの肉）や加工肉（ソーセージなど）を多く摂取すると死亡リスクが高まることは多くの研究で認められている<sup>31</sup>。また、動物性タンパク質の代わりに大豆食品などの植物性タンパク

<sup>26</sup> Jones Day, “The Complex Labeling Landscape for Plant-Based Meat Alternatives”, Jan. 2020.

<sup>27</sup> Formal Agreement Between FDA and USDA Regarding Oversight of Human Food Produced Using Animal Cell Technology Derived from Cell Lines of USDA-amenable Species  
<<https://www.fda.gov/food/domestic-interagency-agreements-food/formal-agreement-between-fda-and-usda-regarding-oversight-human-food-produced-using-animal-cell>>

<sup>28</sup> JETRO 「植物由来の製品めぐり欧州議会の採決に畜産業界が反発」（2020年11月4日）

<<https://www.jetro.go.jp/biznews/2020/11/cbb7bb004dba4a71.html>>/ European Parliament, “Are veggie burgers or tofu steaks going to be banned?”

<<https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20201019BKG89682/eu-farm-policy-reform-as-approved-by-meps/7/are-veggie-burgers-or-tofu-steaks-going-to-be-banned>>

<sup>29</sup> BBC, “Soyatoo Tofu Butter EU court bans dairy-style names for soya and tofu”, <<https://bbc.com/news/business-40274645>>

<sup>30</sup> BBC, “France to ban use of meat terms to describe vegetable-based products”, April, 20, 2018.

<France to ban use of meat terms to describe vegetable-based products - BBC News>

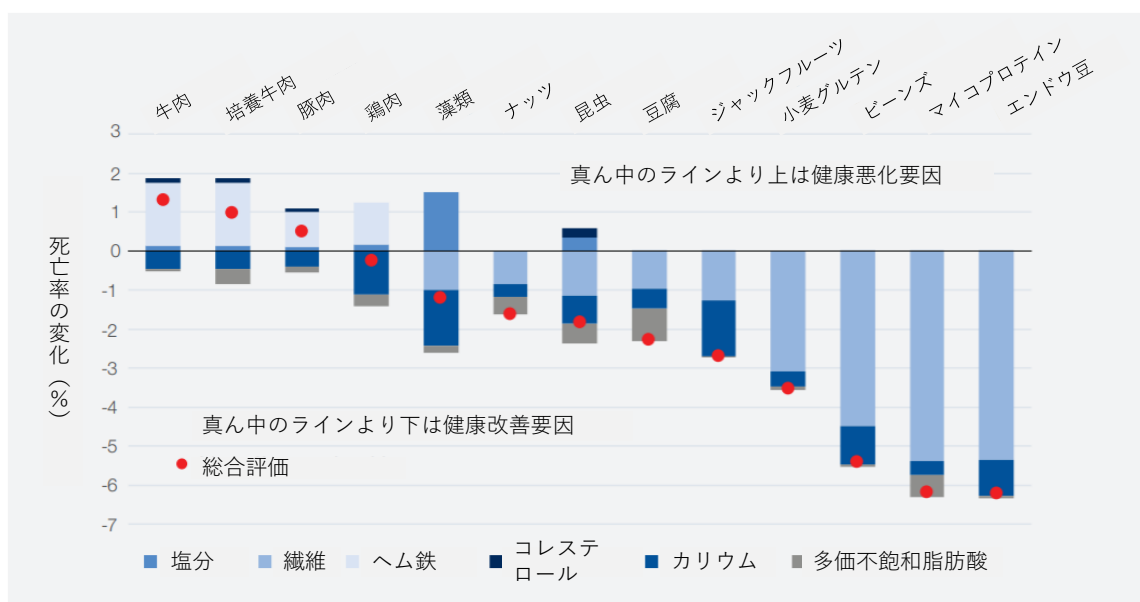
<sup>31</sup> たとえば、世界がん研究基金（WCRF）と米国がん研究協会（AICR）による2007年の評価報告書「食物・栄養・身体活動とがん予防」では、赤肉、加工肉の摂取は大腸がんのリスクを上げることが「確実」と判定されている。また、世界保健機関（WHO）の専門組織である国際がん研究機関（IARC）は、加工肉を「ヒトに対する発がん性がある」グループ1に分類し、牛、豚、羊などの赤肉についても「ヒトに対しておそらく発がん性がある」グループ2Aに分類している。2015年のIARCの発表によると、加工肉については、「1日当たり50グラム毎日摂取すると大腸がんのリスクが18%増加する」としている。

<[https://www.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/07/pr240\\_E.pdf](https://www.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/07/pr240_E.pdf)> Oct.26, 2015.

質をより多く摂取すると死亡リスクが低下するという研究も数多く報告されている。

《図表 8》の研究<sup>32</sup>では、牛、豚、鶏、大豆、培養牛肉、昆虫、藻類などタンパク質を多く含む 13 種類の食材について、それぞれより多く摂取した場合に健康にどう影響するかが分析されている。中央の 0% ラインより丸印が上にあるものは死亡リスクが高まり、下にあるものは死亡リスクが低下することを示している。また、それぞれの棒はプラスまたはマイナスに働くリスク要因を示している。この研究からは、たとえば、牛肉を多く摂取すると主にヘム鉄が要因で死亡リスクが高まり、豆腐（大豆）を多く摂取すると繊維、カリウム、多価不飽和脂肪酸の働きで死亡リスクが低下することがわかる。また、繊維質が豊富なマイコプロテインやエンドウ豆は、死亡リスクをより低下させる効果があることが見て取れる。

《図表 8》 各々のタンパク源をより多く摂取した場合の健康への影響



(出典) World Economic Forum, "Meat: The Future Series. Alternative Proteins", 2019.

これに対して新たなタンパク源として期待される培養牛肉は、本物の牛肉とほぼ同じ結果である。また、藻類と昆虫は、死亡リスクだけみれば牛肉や豚肉よりも健康によさそうに見えるが、藻類には塩分が、昆虫には塩分とコレステロールが多く含まれている。このため塩分やコレステロールを気にする人にとっては、藻類と昆虫は必ずしもヘルシーではなく、かえって健康に悪影響を及ぼす可能性がある。

なお、前述のインポッシブルバーガーのように「肉らしさ」を再現するために人工的な「ヘム」を注入している植物肉もあるが、本研究ではそうした植物肉は分析対象に入っていない。また、本研究を紹介している世界経済フォーラムの報告書では、中所得国の消費者にとっては、動物性タンパクから植物性タンパクへの食生活の切り替えは総じて健康にいい影響をもたらすといえるが、最貧国の人々にとっては、肉は貴重な栄養源であり、肉へのアクセスを制限することは彼らの健康を損なうことになるとし

<sup>32</sup> World Economic Forum, "Meat: The Future Series. Alternative Proteins", 2019.

ている<sup>33</sup>。

## (2) 植物肉バーガーの栄養成分

牛肉や豚肉などの動物性タンパクよりも大豆やエンドウ豆などの植物性タンパクのほうが健康によいとしても、大豆やエンドウ豆を原料にしたハンバーガーやソーセージが、牛肉や豚肉から製造したハンバーガーやソーセージよりもヘルシーな食品といえるとは限らない。

米国の非営利団体 International Food Information Council が運営するウェブサイト Food Insight に植物肉バーガーと牛肉バーガーのパテの栄養成分表示の比較が載っているのを確認する(《図表 9》)<sup>34</sup>。各々の商品名は明らかでないが、左が植物肉バーガーのパテ(113g)、右が牛肉バーガーのパテ(112g)で大きさはほぼ同じである。

まず、カロリー(Calories)は植物肉のほうがやや高く、飽和脂肪酸(Saturated Fat)も植物肉パテのほうが多い。コレステロール(Cholesterol)は牛肉パテにのみに含まれ、植物肉パテには含まれていない。食物繊維(Dietary Fiber)は植物肉パテにのみ含まれ、カルシウム(Calcium)、鉄分(Iron)はいずれも植物肉のほうが多い(ただし、この鉄分は非ヘム鉄であり、動物由来の食品に含まれるヘム鉄に比べて消化・吸収されにくいという特徴がある)。また、植物肉パテには牛肉パテの約6倍もの塩分(Sodium)が含まれている。タンパク質(Protein)は牛肉のほうが数グラム多い<sup>35</sup>。

International Food Information Council は、現在言えることは、1) 赤肉と加工肉が心血管疾患、2 型糖尿病、一部の種類のがんなどの健康状態に関連する、2) 赤肉をナッツやマメ科植物などの植物性食品に置き換えると死亡リスクが低くなる、という研究があるという2点だけであり、栄養成分表示を見る限りでは両者の差異は小さく、これまでのところ、これらの違いが健康にどう影響するかを裏付ける研究はないとしている<sup>36</sup>。

《図表 9》バーガーパテの栄養成分表示

Nutrition Facts		Nutrition Facts	
Serving size 4 oz (113g)		Serving size 4 oz (112g)	
Amount per serving		Amount per serving	
<b>Calories</b>	<b>250</b>	<b>Calories</b>	<b>220</b>
Total Fat 14g	18%	Total Fat 14g	18%
Saturated Fat 6g	40%	Saturated Fat 6g	30%
Trans Fat 0g		Trans Fat 0g	
Cholesterol 0mg	0%	Cholesterol 60mg	20%
Sodium 370mg	16%	Sodium 65mg	3%
Total Carbohydrate 9g	3%	Total Carbohydrate 0g	0%
Dietary Fiber 3g	11%	Dietary Fiber 0g	0%
Total Sugars <1g		Total Sugars 0g	
Includes <1g Added Sugars	1%	Includes 0g Added Sugars	0%
Protein 19g	31%	Protein 23g	
Vitamin D 0mcg	0%	Vitamin D 0mcg	0%
Calcium 170mg	15%	Calcium 10mg	0%
Iron 4.2mg	25%	Iron 2.5mg	15%
Potassium 610mg	15%	Potassium 330mg	8%
Thiamin 28.2mg	2350%		
Riboflavin 0.4mg	30%		
Niacin 5.3mg	35%		
Vitamin B <sub>6</sub> 0.4 mg	25%		
Folate 115mcg DFE	30%		
Vitamin B <sub>12</sub> 3 mcg	130%		
Phosphorous 180mg	15%		
Zinc 5.5mg	50%		

\* The % Daily Value tells you how much a nutrient in a serving of food contributes to a daily diet. 2,000 calories a day is used for general nutrition advice.

Ingredients: 100% Beef

(出典) Food Insight ウェブサイト, “Plant-based Meat Alternatives: Are They Healthy?”, Mar. 13, 2020.

<sup>33</sup> World Economic Forum, “Meat: The Future Series. Alternative Proteins”, 2019.

<sup>34</sup> Food Insight, <<https://foodinsight.org/plant-based-meat-alternatives-are-they-healthy/>> (visited Feb.28,2021)

<sup>35</sup> なお、植物パテのほうがビタミンとミネラルなど栄養成分表示が長いですが、これはビタミンD、カルシウム、鉄、カリウムのみ表示すればよく、その他の表示はすべて食品生産者の裁量となっているためであり、牛肉パテにこれらの栄養素がないということではない。

<sup>36</sup> 前脚注 34

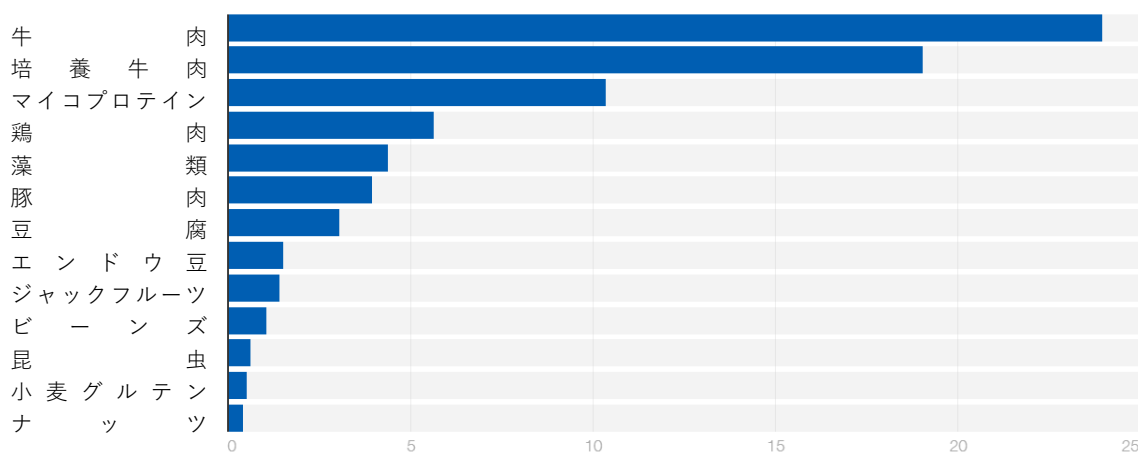
## 2. 代替タンパク質は本当に環境に優しいのか

### (1) 温室効果ガスの排出

《図表 10》は、食品の生産工程で排出される温室効果ガスの排出強度を示している。上から単位カロリーあたりの CO<sub>2</sub> の排出量の多い順に並んでいるが、これをみると牛肉は、他の畜産物（豚肉、鶏肉）と比べても CO<sub>2</sub> の排出量が圧倒的に多いことがわかる。

牛肉に次いで多いのは培養牛肉で、以下マイコプロテイン、鶏肉、藻類、豚肉と続く。培養肉の場合、家畜から排出されるガスはないが、培養施設における電力消費が影響している<sup>37</sup>。もっとも、培養肉に関しては、今後の再生可能エネルギーの導入や技術革新によって大きく改善されていく可能性がある。

《図表 10》 温室効果ガスの排出強度  
単位：Kg-CO<sub>2</sub> 換算／200kcal あたり



(出典) World Economic Forum, “Meat: The Future Series. Alternative Proteins”, 2019.

培養肉のイノベーターと投資家を結び付ける活動をしている非営利団体 The Good Food Institute によると、「培養肉施設をクリーンエネルギーで運用すれば、培養肉製造の全工程の CO<sub>2</sub> 排出量は 40%～80%減少する」見通しだという<sup>38</sup>。いずれにせよ、培養肉を工業生産する上ではエネルギー効率や CO<sub>2</sub> 排出など、畜産とは違った側面で環境への配慮が求められる<sup>39</sup>。

植物系タンパク質や昆虫は、温室効果ガスの排出という点では優秀な食材・食品といえる。

### (2) 植物肉バーガーの評価

ビヨンドミートやインポッシブルフーズは、動物肉から植物肉に切り替えることは、人体の健康、気候変動、資源枯渇、動物の福祉によい影響をもたらすと主張している。ビヨンドミートは、ミシガン大学の研究者と共にバーガーパテのライフサイクルアセスメント（原料調達から廃棄まで全工程における環境影響評価）を行い、牛肉よりも水使用量が 99%、温室効果ガス排出量が 90%、土地使用量が 93%、

<sup>37</sup> World Economic Forum, <[https://www.weforum.org/agenda/2019/02/chart-of-the-day-this-is-how-many-animals-we-eat-each-year/?fbclid=IwAR0PxRYKjia95HqUfp1U3AdD\\_nZ5Fe9SLv5h\\_LpITv3he5\\_2-atG3o7yIic](https://www.weforum.org/agenda/2019/02/chart-of-the-day-this-is-how-many-animals-we-eat-each-year/?fbclid=IwAR0PxRYKjia95HqUfp1U3AdD_nZ5Fe9SLv5h_LpITv3he5_2-atG3o7yIic)> (visited Feb.26,2021)

<sup>38</sup> The Good Food Institute, <<https://gfi.org/images/uploads/2018/10/CleanMeatEnvironment.pdf>>

<sup>39</sup> アンドレ・アンドニアン、川西剛史、山田唯人「マッキンゼーが読み解く食と農の未来」（日本経済新聞出版、2020年）

エネルギー使用量が 46%少ないことが判明したと発表している<sup>40</sup>。インポッシブルフーズも自社製品のライフサイクルアセスメント結果をホームページで公開している。それによると、「インポッシブルバーガー」は一般的な牛肉バーガーよりも水使用量が 87%、温室効果ガス排出量が 89%、土地使用量が 96%、水質汚染が 92%少ないという<sup>41</sup>。

一方、培養肉のメンフィスミーツのホームページを見ると、培養肉は本物の肉よりも土地や水の消費量、温室効果ガス排出量が少ないと述べてはいるものの、具体的な数字は計測していない模様である。培養肉メーカーの中では、イスラエルの Future Meat Technologies（フューチャー・ミート・テクノロジーズ）がライフサイクルアセスメントの数値を公開しており、使用する土地が 99%、水が 96%、排出する温室効果ガスが 80%少ないとしている<sup>42</sup>。

### 3. 代替タンパク質は本当に安全でクリーンなのか

#### (1) 遺伝子組み換え技術

植物肉の中には遺伝子組み換え技術を使っているものがある。このため安全性に不安を持つ消費者もいる。インポッシブルフーズは肉の色や風味を出すヘムという物質が使用しているが、このヘムは、大豆の根粒からレグヘモグロビンという物質の遺伝子を抽出し酵母に注入して培養することで生成している。同社は 2017 年に安全性が科学的に認められたとする研究報告書を米国食品医薬品局（FDA）に提出し、FDA もこれを安全だと結論付けているが、遺伝子組み換え作物（GMO）の反対論者は「狐が鶏舎を守る（注：信用ならないことのたとえ）のを許可したようなものだ」としている<sup>43</sup>。

GMO 製品は、連邦法（National Bioengineered Food Disclosure Law）により 2022 年から表示が義務付けられることになっている。インポッシブルフーズは前倒しでこれを実施しており、スーパー等で販売されている同社製品には遺伝子工学を用いていることを示す「bioengineered」と書かれたシールが貼られている<sup>44</sup>。

GMO 反対論者は、遺伝子組み換え微生物で作った乳卵製品にも批判の目を向けている。前述のパーフェクト・デイの酵母もクララフーズの細菌も遺伝子工学が頼りである。III 章で述べたとおり、これら GMO 微生物は最終的には取り除かれるため、最終製品は GMO フリーなのだが、生産過程で遺伝子組み換えが使われているというだけで二の足を踏む消費者もいる<sup>45</sup>。

なお、培養肉については遺伝子組み換え技術を使わずに生成可能である（培養肉の製造には組織工学が使われており、遺伝子工学は使われていない）。

<sup>40</sup> Martin C. Heller and Gregory A. Keoleian, “Beyond Meat’s Beyond Burger Life Cycle Assessment: A detailed comparison between a plant-based and an animal-based protein source”, CSS Report, University of Michigan, 2018.

<sup>41</sup> <<https://impossiblefoods.com/sustainable-food/burger-life-cycle-assessment-2019>> (visited Feb.26, 2021)

<sup>42</sup> <<https://future-meat.com/>> (visited Mar.2, 2021)

<sup>43</sup> <<https://www.cnn.com/2020/02/13/how-the-impossible-burger-is-changing-the-debate-over-gmo-foods.html>> (visited Feb.26, 2021)

<sup>44</sup> <<https://www.cnn.com/2020/02/13/how-the-impossible-burger-is-changing-the-debate-over-gmo-foods.html>> (visited Feb.28,2021)

<sup>45</sup> 前脚注 12

## （２）食品汚染リスク

培養肉は別名「クリーンミート」と呼ばれるが、これにはクリーンな培養施設で製造されるため衛生的であるという意味も含まれている。畜産業は家畜の排泄物の処理や屠殺を含む事業であり、生産過程で肉が糞便に汚染されるリスクがある。先進国で食べられている肉や乳製品は、おそらく歴史上最も安全であるが、肉や乳製品の生産工程における食品汚染はしばしば起きている。その点、培養肉や動物に由来しない乳卵製品は培養施設内で製造の全工程が管理されるため、糞や菌に汚染されるリスクがなく安全性が高いというのが培養肉の支持者の主張である。

## （３）抗生物質

畜産業では、成長促進や病気予防のために健康な家畜に抗生物質を投与しているが、過度な投与や不適切な使用により、抗生物質に耐性のある細菌が世界的に増えているとされる。耐性菌が家畜を介して人に感染し、これまで治療可能だった人間の感染症が致命的な疾患になる可能性があり、世界保健機関（WHO）は不適切な投与をやめるよう勧告している。このため、代替タンパク製品を開発することは公衆衛生の観点からもメリットがあるとされている。

## V. 代替タンパク質は消費者に受け入れられるのか

### 1. 消費者の反応

#### （１）消費者は培養肉を食べたいと思うか

持続可能な新たな食料生産システムを構築できるかどうかは、代替タンパク製品が消費者に受け入れられるかにかかっている。特に培養肉の場合、人工的に製造された肉であることに嫌悪感をもつ人が少なからずいる。培養肉が消費者に受け入れられるのかに関しては、次のような海外の調査・研究がある。

市場調査会社 YouGov が食肉需要の伸びが著しい中国で実施した調査（2017年）では、培養肉を食べてみたいと回答した中国人は 26%で、これは同社が調査を行ったアジア諸国の中で最も低かった。最も多かったのはベトナム人で 52%、次いでタイ人の 34%、インドネシア人の 33%だった<sup>46</sup>。ベトナムは、アジア諸国の中で1人当たりの畜産消費量（肉に加え、動物由来の牛乳や卵を含む）が中国と並んで多い国であるが、受容可能性には大きな差が見られた。

市場調査会社 Surveygoo のオンライン調査（2018年）では、もし培養肉がレストランや店で購入できるなら喜んで食べるかという質問に対して米国人の 40%、英国人の 18%がそうすると回答し、米英で大きな違いが出た<sup>47</sup>。本調査では、ベジタリアン<sup>48</sup>の 23%、ペスカトリアン<sup>49</sup>の 21%、肉を食する人の 28%が培養肉を試してみたいと答えたのに対して、ビーガン<sup>50</sup>は 60%が培養肉を喜んで食べると回答し

<sup>46</sup> YouGov, “No Demand for Fake Meat”, <<https://china.yougov.com/en-cn/news/2018/02/23/no-demand-for-fake-meat/>> (visited Feb.19, 2021)

<sup>47</sup> 食品関連広告宣伝会社 Ingredient Communications が Surveygoo に依頼して実施。“Nearly One in Three Consumers Willing to Eat Lab-Grown Meat”, <<https://www.datasmoothie.com/@surveygoo/nearly-one-in-three-consumers-willing-to-eat-lab-g/>> (visited Feb.19, 2021)

<sup>48</sup> ベジタリアンは、肉、魚介類をいっさい食べない菜食主義者のことをいう。乳製品、卵、蜂蜜は食べる。広義では、ペスカトリアンやビーガンも含めて菜食主義者の総称として使われるが、ここでは前者の意味で使っている。

<sup>49</sup> ペスカトリアンは、肉のみ食わず、魚介類は食べる菜食主義者のことをいう。乳製品、卵、蜂蜜は食べる。

<sup>50</sup> ビーガンは、動物製品を全く食べない完全菜食主義者のことをいう。肉、魚介類だけでなく、乳製品、卵、蜂蜜も食べない。

ている点も興味深い。

米国と中国を比較したものでは、米、中、インドにおける植物肉と培養肉の消費者受容を研究した Bryant らの研究がある。この研究では、中国人とインド人は米国人と比べて植物由来の肉、培養肉ともに購入する可能性が高いという結果が報告されている<sup>51</sup>。また、Surveygoo の調査結果と違い、ベジタリアン、ペスカトリアン、ビーガンの人は、何でも食べる人 (omnivore : 雑食) に比べて、培養肉を購入する可能性がかなり低いという結果が出ている<sup>52</sup>。

## (2) 普通の肉が買える場合でも植物肉や培養肉は選ばれるのか

次に Ellen J. Van Loo, Vincenzina Caputo, Jayson L. Luck の研究を紹介する<sup>53</sup>。この研究は、普通の肉が買える場合でも消費者は代替肉製品を選ぶのかを分析したもので、実験には米国人消費者 1,800 人が参加している。参加者は、用意された普通の牛肉、植物肉 (エンドウ豆由来)、植物肉 (酵母から作った動物類似タンパク使用)、実験室で製造した培養肉の 4 種類の中から 1 つを選択する。

結果は、ブランド名を伏せて行われた実験では、回答者の 72% が普通の牛肉を選び、次いで植物肉 (エンドウ豆由来) が 16%、植物肉 (動物類似タンパク) が 7%、培養肉が 5% だった。各々のブランド名 (順に Certified Angus Beef、Beyond Meat、Impossible Foods、Memphis Meats) を表示して行われた実験では、普通の牛肉を選択した消費者は 80% に増えた。これは Certified Angus Beef が米国人の間でそれだけ親しまれているということを示している。

この研究では、環境メリットと製造技術の商品情報を提示した場合や商品の価格が選択にどう影響するかも分析されている。結果は、代替製品 3 種類について、水、土地、エネルギー、温室効果ガスの削減効果を追加した場合と、製造方法の簡易な説明を追加した場合とでは、いずれの場合も普通の牛肉を選択する人の割合は大きく変わらなかったが、何も選択をしない人の割合は減少した。このことは普通の牛肉のマイナス面を強調するよりも、環境メリットなどの情報は消費者を代替製品に向かわせる効果があることを示唆している。また、商品の価格の影響をみる Willingness to Pay (WTP) <sup>54</sup>の実験では、たとえ植物肉や培養肉の価格を普通の牛肉並みかそれ以下に下げようとも、普通の牛肉を選ぶ人が常に最大シェアを占めた。

この研究ではまた、ベジタリアン、男性、若年層、より高等教育を受けている人ほど植物肉や培養肉を選ぶ傾向が出た。

## 2. 植物肉と培養肉の未来を考える

植物肉の関連企業は多くの投資を引き寄せている。ベンチャーキャピタルだけでなく、大手食品製造企業も市場の成長性を見越し、スタートアップ企業への投資や買収を進めている。植物肉の品質が急激に向上していることに加え、公衆衛生の専門家も食肉の過剰摂取に対する警告を強めていることから、

<sup>51</sup> Christopher Bryant, Keri Szejda, Nishant Parekh, Varun Deshpande and Brian Tse, "A Survey of Consumer Perception of Plant-Based and Clean Meat in the USA, India and China", *Frontiers in Sustainable Food System*, Volume 3, February, 2019.

<sup>52</sup> 同上

<sup>53</sup> Ellen J. Van Loo, Vincenzina Caputo, Jayson L. Luck, "Consumer preferences for farm-raised meat, lab-grown meat, and Plant-based meat alternatives: Does information or brand matter?", *Food Policy*, 2020.

<sup>54</sup> Willingness to Pay とは、製品やサービスに対して消費者が喜んで支払う最大の金額のことをいう。



健康志向の高まる欧米では、チキンやポークなどを再現した植物肉が食に占める割合は今後も増えていくと予想される。

一方、欧米ほど肥満人口の多くない日本では、健康の観点から通常の肉を避けたいという理由で代替肉を選択する人はそれほど増えないと思われる。昔から大豆製品に親しんできた日本人には植物肉を受け入れる下地が十分にあるが、代替品として肉らしさをアピールするよりも、むしろ積極的に代替肉を選択したくなるような商品コンセプトだったり、代替肉を使ったおいしい料理の提案だったり普及を後押しすると思われる。

これに対して培養肉は、まず人工的に作られた肉に対する消費者の抵抗感や安全性に対する不安を払しょくすることが大きな課題となる。「自然ではない」という理由で培養肉に反対する人に対して、培養肉の支持者たちは次のように問いかけている。幾度となく品種改良を加え、抗生物質やビタミン剤を大量に投与し、狭い施設の中で自然界ではありえないスピードで成長させている家畜の肉は果たして「自然な肉」といえるのだろうか。

培養肉の利点は、植物肉と同じく環境負荷の低さ、汚染リスクの低さ、動物の福祉などである。ただし、環境問題や動物の福祉を訴えるだけではビーガン向け商品の域を出ない可能性がある。また、培養肉には牛胎児血清が使われているものがあり、厳密にはすべての培養肉が動物を1頭も殺さずに生成されているわけではない。そのためビーガンの中にも培養肉に否定的な人がいる。

植物肉や培養肉のスタートアップが狙っているのはビーガン向け市場ではなく一般の食肉市場である。対象としているのは幅広い層であり、普段の食生活に植物肉や培養肉を取り入れてもらうことが課題である。培養肉については、量産化とコストの問題もクリアしなければならない。食品の購買にあたって多くの消費者が知りたいことはCO<sub>2</sub>の排出量でも倫理でもなく、味、価格、安全性、便利さ、手軽さなどだろう。

培養肉は、植物肉ではなくどうしても動物の肉が食べたいという、ある意味人間の自然な欲求との妥協の産物である<sup>55</sup>。人工的に製造された肉に対する嫌悪感や不安感を取り払うのは容易ではないが、培養肉というイノベーションがもたらす利点を社会全体で享受するためには、消費者の知識と理解を深めていくことが必要であろう。

## VI.おわりに

新たなタンパク質の開発が持続可能な食糧生産システムの構築のために不可欠という認識は世界で広がっている。本稿で述べたとおり、代替タンパク製品が本当に健康によいのか、環境によいのかという点については懐疑的な見解もあるが、人口増と中間層の拡大に伴う食肉需要の増加と畜産業の持続可能性の低さの問題は国連の報告などによって広く共有されている。現時点では肉が不足しているわけではないため、一消費者として代替タンパク質の技術のすごさやありがたみを感じることはないが、スタートアップや大手食品企業は、拡大する代替タンパク質市場を狙って動き出している。

植物由来の原料を使い本物の肉の味、香り、食感を再現した代替肉は、健康、環境、動物愛護に関心の高い消費者の取り込みに成功し市場を拡大している。一方、培養肉が市場のテストを受けるのはこれ

<sup>55</sup> 前脚注 12

からだ。昆虫食も日常食と呼ぶにはほど遠い。しかし、革新的な新技術が人々の生活を大きく変えることはよくある。代替タンパク質には食生活を変えるポテンシャルが十分あるのではないだろうか。