



シンガポール、細胞農業食品生産・販売の 拠点形成へ —食料安全保障上の課題解決に向けて—

2022/12

三井物産戦略研究所
国際情報部 東南アジア・大洋州室
川村 藍

Summary

- シンガポールは、農地面積の狭さから食料の9割を輸入に依存する食料安全保障上の課題を解決するため、「新規食品（食経験のない食品あるいは食品原料）」、とくに細胞農業食品の生産・販売を発展させる環境整備を推進している。
- 細胞農業食品生産は特殊な機材や設備を利用する新技術のため、膨大な研究資金が必要であり、事業化するには政府の支援が欠かせない。また事業継続には消費者理解も必要となる。そのため同国では、官民一体となって、発展に向けた研究開発に取り組んでいる。
- 世界各国の細胞農業食品関連企業が集結するシンガポールは今後、同食品生産・販売の拠点となることが予想される。

1. シンガポールにおける食料安全保障

1-1. 食料サプライチェーンの脆弱性

シンガポールは、農地面積が国土のわずか1%しかなく、食料の9割以上を輸入に依存している。そのため、コロナ禍やウクライナ情勢の影響を受けて食料のサプライチェーンが混乱し、同国政府は食料安全保障の強化に取り組み始めた。

1-2. 食料安全保障の強化政策「30 by 30」

シンガポールの食料安全保障政策は3つの柱からなる。一つ目が輸入先の多様化、二つ目が「地元で生産（Grow local）」し、2030年までに食料自給率を30%（うちタンパク質10%）に上げる国家目標「30 by 30」、三つ目が地場企業の農場を国外に移し「海外で育てる（Growing overseas）」ことである。そのうち30 by 30では、垂直農業¹や細胞農業に注力している。細胞農業とは、動物細胞を体外で培養し、本来の肉・海産物や乳製品と全く同じものを作り出すという新しい生産方法で、培養肉、培養シーフード、培養ミルクなどがある。細胞農業には既存の畜産業と比較して環境負荷の低減やコスト削減が期待でき、代替タンパク質を生産する技術として注目されている。

1 垂直農業とは、通常の畑のように水平ではなく、高さのある階層や傾斜面を利用して作物を栽培する新たな農法で、土地面積当たりの生産性が高く、高層建物の中で効率的に栽培することができる。

2. 細胞農業食品をめぐる政策

2-1. シンガポール食品庁（SFA）の方針

シンガポール食品庁（SFA）は、細胞農業食品を含む「新規食品（Novel Food：これまで食用として消費されていなかった食品や食品原料）」が食料自給率の向上に貢献することに期待。新規食品の安全性を確保しながら生産する新技術の開発を支援し、迅速に認可する仕組み作りを目指す。SFAは、国際的な食料安全保障体制の強化に向けて国連食糧農業機関（FAO）と連携するほか、食の安全性に関して厳格な基準を設ける豪州・ニュージーランド食品基準機関やフランス環境・労働衛生安全機構との協力体制を整えた。加えて、細胞農業食品企業と連携しながら食の安全を確保する規制や販売認可制度、および先駆的な研究を行うスタートアップ企業が開発する食品の安全性を検証する体制も整えた。培養甲殻類の先駆的な研究開発を行う地場企業のShiok Meatsは、SFAが細胞農業食品の事業化に協力的であったことから、官民連携のもとで新規食品の認可制度を発展させることができた²と述べている。Shiok Meatsの働きかけもあり、SFAは2020年3月に国内外の専門家や規制当局関係者からなる細胞農業食品の作業部会を設置、2020年12月に世界で初めて培養肉の販売を承認するに至った。

2-2. 細胞農業食品研究拠点形成のための政府機関の動向

SFAはシンガポール科学技術研究庁（A*STAR）と、シンガポール食品ストーリー研究開発プログラムを立ち上げた。図表1に示すとおり、本プログラムのTier1では遺伝子学や栄養学の研究支援、Tier2では細胞農業食品、植物性肉の研究開発および量産のための設備提供を行った。Tier3では、新規食品に関わる事業支援のための資金提供のほか、30 by 30を達成するために、南洋理工大学も加わり、新規食品の研究開発に携わる人材の育成や事業化を支援する機関の立ち上げが行われた。A*STARは世界トップレベルの研究と人材育成を目的に設立された貿易産業省が統括する組織で、細胞農業食品を含むアグリフードの生産技術開発プロジェクトを推進している。細胞農業食品を生産するためにA*STARの支援を受けて起業した研究者もあり、詳細は後掲の図表6に記載した。

² シンガポール企業庁（EDB）“Growth Islands: Navigating Regulation with Shiok Meats” Apr 27, 2022（2022年11月30日閲覧、以下同じ）

図表1 SFAとA*STARによる細胞農業食品に関する政府の研究開発プログラム—研究環境と資金状況



出所: シンガポール科学技術研究庁 (A*STAR) ウェブサイトから三井物産戦略研究所作成

3. 細胞農業食品産業の展望と課題

3-1. 細胞農業食品の利点

細胞農業食品は、既存の畜産や養殖業と比較して商業的な利点があり、環境への貢献も期待される。商業的利点については、通常の畜産業や養殖業では数カ月から数年かかる生産期間が細胞農業食品では2~8週間に短縮され、低資源かつ低コストで効率的な生産が可能である点が挙げられる。

環境面では、例えば培養肉は既存の畜産と比較して、水の利用を82~96%、GHGを78~96%、土地の利用を99%、エネルギー使用も7~45%削減できるとされる³。また、細胞農業食品にはホルモン剤などを使用しないことから、薬剤コストや健康リスクの低下も見込まれる。

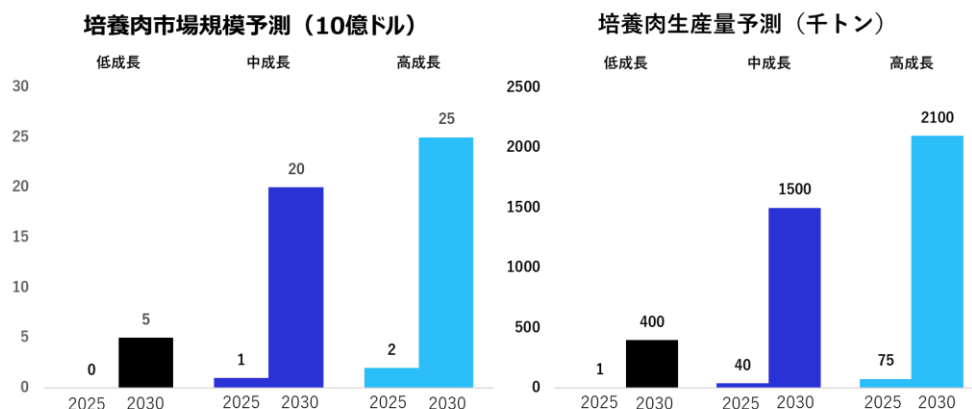
図表2のとおり、マッキンゼー&カンパニーは、欧米やアジアの一部の国で細胞農業食品が加工肉や食肉を代替すれば、市場規模は2030年までに200億ドルに、さらに肉の消費が多い国にも普及した場合は250億ドルに成長すると予想している⁴。

3 Tuomisto, H.L et al. 2022. "Prospective Life Cycle Assessment of a Bioprocess Design for Cultured Meat Production in Hollow Fiber Bioreactors", Science of the Total Environment 851, pp.1-11.

4 Brennan, T. et al. 2021. "Cultivated Meat: Out of the Lab, into the Frying Pan", McKinsey & Company, Jun 16, 2021

図表2 細胞農業食品市場の成長予測

消費者受容や価格などの要因により、培養肉市場は2030年までに250億米ドルに到達する



- **低成長**：培養肉に置き換わるのは加工肉（バーガー、ソーセージ等）のみ。販売地域は北米、EUや特定のアジア太平洋諸国に限定される。
- **中成長**：培養肉に加工肉やホールカット肉を置き換えることができる。販売地域は北米、EUや特定のアジア太平洋諸国に限定される。
- **高成長**：培養肉に幅広い種類の加工肉やホールカット肉を置き換えることができる。肉の消費が多いさまざまな国や地域（中国、米国、EU、ブラジル、インド等）において販売される。

出所："Cultivated meat: Out of the lab, into the frying pan", McKinsey & Company
<https://www.mckinsey.com/industries/agriculture/our-insights/cultivated-meat-out-of-the-lab-into-the-frying-pan>

3-2. 細胞農業食品関連企業の集積

現在、培養肉の商業生産・販売を認可している国は世界でシンガポールのみである。同国が世界の先駆けとなった背景として、SFAが主導する迅速な認可に向けた仕組み作りに加えて、米国やオランダのように畜産業団体によるロビー活動などの妨害がないことも挙げられる。細胞農業食品の生産には、自社内だけでなく医療品受託開発製造機関（CDMO）への委託が必要であり、食品CDMOとして承認を受けた企業もまた、シンガポールにしかない。今後、国内外に100社以上ある細胞農業食品関連企業の一部が商業化をねらい、同国に進出すると考えられる。

図表3 細胞農業食品CDMO関連企業

企業名	国籍	設立年	概要（事業内容、特記事項）
Esco Aster	シンガポール	2017	世界初の細胞農業食品CDMOとして2021年9月にSFAから培養肉生産の承認を得た。
NURASA	シンガポール	2021	前身はthe Asia Sustainable Food Platform。政府系投資会社テマセクの下で、持続可能な食料の事業化促進を目的とするインキュベーター。食品関連企業への研究開発支援やパイロット規模の設備を提供するFood Tech Innovation Centre（FTIC）を2023年上半期に建設予定。2021年にA*STARとともにFTICにS\$ 3,000万を三年間投資することを発表。
Scale Up Bio	シンガポール	2022	2022年8月に穀物メジャーのADMとNURASAによりCDMOとして設立。2023年中に2つの食品専用の精密発酵施設を開設する予定。1つは、A*STAR傘下のシンガポール食料・バイオ技術革新研究所（SIFBI）と共同でスタートアップ企業が研究開発できる環境を整え、微生物発酵やダウンストリーム精製プロセスの容量を100リットル対応できる設備をバイオポリス内にあるFood Tech Innovation Centreに。もう1つは2023年下期にScale Up Bioの本部として食品工場施設のLOGOS Food21内に、世界中の新規食品関連のスタートアップ企業を対象とした、2,300立方メートルの空間で1万リットルもの発酵微生物や、関連するダウンストリーム精製プロセスに対応できる設備。

出所：各種報道から三井物産戦略研究所作成

図表4は、代替卵、培養肉の生産販売において先駆的存在である米Eat Just社が、培養鶏肉部門「GOOD Meat」をシンガポールで展開し、量産体制の確立に向けて取り組む内容をまとめたものである。図表5では、シンガポールを拠点として戦略的にアジア進出を目論むShiok Meatsの細胞農業食品のコストダウンに向けた取り組みの状況を示した。コストダウンにより細胞農業食品が安く手に入る環境がシンガポールで整えば、アジア市場進出を視野に入れた細胞農業食品関連企業がさらに集積することが予想される。図表3で挙げたCDMO関連企業に加え、図表6では、外資系および地場の細胞農業食品企業が同国に集積していることが見てとれ、同食品の量産による「規模の経済」が期待される。

図表4 米Eat Just社の培養鶏肉「GOOD Meat」のシンガポールでの展開状況

年月	取り組み内容
2020年10月	投資機関Proterraから受けた1億ドルの出資のうち2,000万ドルを利用し、シンガポール経済開発庁（EDB）の支援を受け、アジア初かつ世界最大の植物性代替卵の生産工場をシンガポールに建設。
2020年12月	Eat Just社がSFAより培養肉の販売認可を取得、同社の培養鶏肉部門「GOOD Meat」をシンガポールで展開。
2020年12月	GOOD Meatが製造した培養鶏肉がレストラン「1880」にて提供される。世界で初めて培養肉の商業販売で世界初の事例。
2021年4月	GOOD Meatの培養肉を使った料理の宅配サービスが「1880」で開始される。
2022年5月	穀物メジャーADMと共同開発合意。ADMにとっては初の培養肉企業との戦略パートナーシップ締結となる。
2022年5月	米国バイオリクター製造大手ABECと連携して25万リットルのバイオリクターを製造する計画であること、および2023年第1四半期より培養肉の製造を開始することを発表。
2022年6月	アジア最大規模となる年産能力数万ポンド（1万ポンド≒4.5トン）の培養肉工場を、2023年第1四半期を目途に、食品産業の生産拠点として整備した工業団地のJTC Bedok Food Cityに建設すると発表。
2022年11月	エジプトで開催されたCOP27にて、シンガポール企業庁との企画として11月12日および14日に培養肉を提供。国連機構変動に関する政府間パネル（IPCC）の2022年報告書に、培養肉のGHG削減への貢献を期待すると記載されたため、COP27での試食会開催にいたった。培養肉提供はシンガポール国外で初の試み。

出所：各種報道記事および各社ウェブサイトから三井物産戦略研究所作成

図表5 Shiok Meatsの細胞農業食品のコストダウンに向けた取り組み状況

年月	取り組み内容
2018年8月	甲殻類に着目した細胞培養食品企業として設立。
2019年4月	培養エビを発表。同素材を使ったしゅうまい8個で4,000～5,000ドル。
2019年12月	培養エビの価格が1キロあたり7,000ドル、しゅうまい1個300ドルまでコストダウンを実現。
2020年9月	向こう3年の研究開発及び生産設備建設の資金として、シリーズAラウンドで1,260万ドル調達。
2020年11月	世界初の培養ロブスターの試作品を発表。
2021年8月	培養肉企業Gaia Foodsを買収（株式の9割以上を獲得）、培養赤肉と培養シーフードを取り入れたバラエティー豊かな商品開発でアジア市場進出に意欲を示す。関係者への試食会を通じて培養カニ身生産を発表。
2021年11月	シンガポールのフードアクセラレーターInnovate 360の施設にてミニ工場を開設。
2022年8月	エビ培養肉の価格を1キロあたり50ドルまでコストダウンし、生産規模拡大を表明。

出所：各種報道記事および各社ウェブサイトから三井物産戦略研究所作成

図表6 シンガポールを拠点とする細胞農業食品関連企業

企業名	国籍	設立年	概要（事業内容、特記事項）
Eat Just	米国	2011	代替卵商品JUST Eggを主力商品とする。2019年からシンガポール経済開発庁（EDB）やSFAと連携し、2020年10月にアジア初の代替タンパク質生産施設の建設を発表。2020年12月GOOD Meatで世界初の培養肉を販売。
Perfect Day	米国	2014	微生物を使ったアニマルフリーな乳タンパク質を生産。2021年4月にA*STARとの共同研究施設「A*STARパーフェクト・デー・ジョイント・ラボ」を設立。
Mosa Meat	オランダ	2016	2013年に世界で初の培養肉によるハンバーガーを発表。以後、オランダを拠点に培養肉の研究開発に取り組み、ゴマ粒大の牛の細胞からハンバーガー80,000個分の生産を可能にした。培養肉事業の商業化を目指して、2022年11月3日にEsco Asterと共同で、シンガポールに製造工場を建設することを発表。
Avant Meats	香港	2018	2021年4月にEDBの支援を受け、同年9月にA*STAR傘下のバイオ処理技術研究所（BTI）とシンガポールに共同研究所を設立。2023年までに培養魚肉の商用化を目指す。
Shiok Meats	シンガポール	2018	培養甲殻類（エビ、ロブスター、カニ）を開発。甲殻類の身を培養することで、養殖による環境負荷を軽減し、効率的な生産を目指す。培養肉企業のGaia Foodsを買収。創設当初からSFAと連携して細胞農業食品の規制・監督制度を整備。アジア太平洋細胞農業協会（APAC-SCA）の創設（2022年3月）メンバーで、APAC-SCAをシンガポールに誘致することにも関わった。
Turtle Tree	シンガポール	2019	牛の細胞を培養した、人間の母乳と成分がほぼ同じの乳児用調整乳を開発。アジア市場への進出を視野に入れている。高齢者やがん患者など、体力・免疫力が低下している人の栄養食にも応用予定。
GOOD Meat	シンガポール	2020	米Eat Just社の培養肉製造部門。2020年12月にSFAの承認を得て、世界初の培養鶏肉の販売を開始。2023年には生産規模を大幅に拡大する予定。
Umami Meats	シンガポール	2020	幹細胞から培養した二ホンウナギやキハダマグロ、タイなど、培養海産物を開発するスタートアップ企業。漁獲される魚に含まれる海洋汚染物質（マイクロプラスチック）を含まない、漁獲や養殖が難しい種類の魚の培養魚肉を開発している。
Ants Innovate	シンガポール	2020	A*STARの支援を受け、シンガポール国立大学の教員や研究員で構成された培養肉のスタートアップ企業。培養肉の見た目、風味や食感を追及する。2022年中に建設されるGOOD Meat食品製造施設と同様、Bedok Food Cityに研究所およびパイロットプラントを建設予定。試作段階の培養肉のブランド「NouMi」を2022年10月の展示会に出展。
Fisheroo	シンガポール	2021	すり身にして販売するための培養魚肉を研究開発する地場のスタートアップ。
Meatiply	シンガポール	2021	鶏・鴨・豚の培養肉を研究開発を行うシンガポール国立大学を拠点とするスタートアップ企業。A*STARの奨学金で育った研究者も創設メンバーにあり、2024年の商業化を目指す。
ImpacFat	シンガポール	2022	魚の培養脂肪の商業生産を目指すスタートアップ企業。テマセク基金主催でアジア最大の環境先端技術公募「The Liveability Challenge 2022」のファイナリスト。A*STAR傘下の分子細胞生物学研究所（IMBB）の主任研究員である杉井重紀氏が創業。

出所：各種報道記事および各社ウェブサイトから三井物産戦略研究所作成

3-3. 食品安全性確保のためのリスク管理と法整備

細胞農業食品関連企業は、SFAなどの規制当局とともに、消費者に対する細胞農業食品の安全性の理解促進に取り組んでいる。2022年3月に世界各国の同関連企業が集結し、シンガポールでアジア太平洋細胞農業協会（APAC-SCA）を立ち上げた。同協会は細胞農業食品の安全性に関する基準作りに取り組んでおり、シンガポール政府だけではなく、各国の関連当局に食品安全性確保のためのリスク管理や法整備の助言を行っている。

図表7 APAC-SCAに所属する企業

企業名	ロゴ	設立年	拠点	特長
CellX		2020	中国	上海の培養肉スタートアップ企業。3Dプリンターを活用して培養肉を製造
Joos Future Food (周子未来)		2019	中国	南京農業大学を拠点に、培養肉の研究開発を行い、中国初の培養豚バラ肉を発表
Avant Meats		2018	香港	シンガポールおよび香港市場向け培養魚のスタートアップ企業
Simple Planet		2021	韓国	2022年6月に不飽和脂肪酸を多く含む培養肉の生産に成功
SeaWith		2019	韓国	藻類を原料に細胞を育てる足場、細胞培地を開発し、培養肉生産のコストダウンに取り組むスタートアップ企業
DaNAgreen		2017	韓国	培養肉開発に必要な細胞、細胞培地、細胞を育てる足場、バイオリアクターを開発
IntegriCulture		2015	日本	CulNetと呼ばれる、体内に似た環境を構築し、効率的かつ安価に細胞の成長を促す技術を開発
Gaia Foods		2019	シンガポール	東南アジア初の培養肉企業。2021年にShiok Meatが買収
Shiok Meats		2018	シンガポール	世界初の培養甲殻類（エビ、カニ、ロブスター）を生産。2023年の商業化に向けて調整中
Steakholder Foods		2019	イスラエル	iPS細胞を使用した培養豚肉を開発中。3Dプリンティング技術を活用した培養霜降り牛肉を22年9月に発表
Aleph Farms		2017	イスラエル	宇宙で培養肉を生産することでも話題となったスタートアップ企業
SuperMeat		2015	イスラエル	2022年4月に味の素と培養肉のための培地とその原材料開発の提携を発表

出所：APAC-SCAのウェブサイトより三井物産戦略研究所作成、ロゴはAPAC-SCA ,Members (<https://www.apac-sca.org/members>) より

3-4. シンガポールにおける細胞農業食品産業の課題

シンガポールは現時点で培養肉の販売を認可する世界唯一の国だが、今後、他国においても認可されるようになれば、同国の優位性は薄れる。米国では畜産業団体によるロビー活動などの妨害はあるものの、業界関係者は、近く販売許可が下りると予想している。既に、2022年11月16日に同国の食品医薬品局（FDA）が米UPSIDE Foodsが提出した培養チキンの安全性を承認しており、今後、農務省（USDA）による製造施設稼働と食品表示の認可が下りれば、米国での販売が開始される見通しである。2021年の細胞農業食品関連企業への投資額を見ると、シンガポールの4,100万ドルに対し、米国が7億ドル、イスラエルが5億ドルと圧倒的に差がある⁵。イスラエルでは政府が培養肉研究に1,800万ドル投資し、政府高官も積極的な支援

⁵ The Good Food Institute, “Cultivated Meat and Seafood”, 2021 State of the Industry Report

を表明しており、既に製造基盤を持つ企業もある。また、カタールでGOOD Meatの製造工場建設が発表されたことで、シンガポールと同様に食料自給率が低く、地元で生産できる食料が少ない湾岸諸国では、細胞農業食品への関心が高まっている。このように、他国でより規模の大きい細胞農業食品の生産・販売拠点が形成されれば、企業が小国シンガポールから流出してしまうリスクもある。

細胞農業食品生産は特殊な機材や設備を利用する新技術のため、膨大な研究資金が必要となる。また事業化には、継続的な資金援助や研究開発環境の整備が必要となるため、政府支援も求められる。価格が高い培養液のコスト削減も課題としてあり、培養液製造の研究開発促進も重要だ⁶。

事業を継続するには消費者理解も欠かせない。シンガポール人には、どんな分野においても先駆的存在になりたいという国民性があり、米国人と比較し、先駆的技術により生産される細胞農業食品は受け入れられやすいという研究結果がある⁷。そのため、消費者理解は得やすいといえる。あとは消費者に安心・安全な食品を提供できるかが事業を成長させる鍵となる。

4. まとめ

シンガポールは食料安全保障強化のための30 by 30を設定し、地元で生産する新規食品の中でも、とくに細胞農業食品に注力している。安心・安全な細胞農業食品を提供するには、高度な技術・設備および事業化のための多額な研究開発費、規制や評価基準の整備、消費者理解などが求められるため、同国では官民一体となって発展に向けた研究開発に取り組んでいる。シンガポールは今後、細胞農業食品生産・販売の拠点として発展していくことが予想される。

6 Swartz, E. “Cell Culture Media and Growth Factor Trends in the Cultivated Meat Industry” The Good Food Institute, Sep 2021

7 Chong, M. et al. 2022. “A Cross-country Investigation of Social Image Motivation and Acceptance of Lab-Grown Meat in Singapore and the United States” Appetite, Vol. 173. pp.1-9.

当レポートに掲載されているあらゆる内容は無断転載・複製を禁じます。当レポートは信頼できると思われる情報ソースから入手した情報・データに基づき作成していますが、当社はその正確性、完全性、信頼性等を保証するものではありません。当レポートは執筆者の見解に基づき作成されたものであり、当社及び三井物産グループの統一した見解を示すものではありません。また、当レポートのご利用により、直接的あるいは間接的な不利益・損害が発生したとしても、当社及び三井物産グループは一切責任を負いません。レポートに掲載された内容は予告なしに変更することがあります。