

人新世・フードテック時代における風土・テロワールと表示の最新動向

— 資源制約下のシンガポールにおける規格・基準の政策と規制

香坂 玲 (東京大学大学院 農学生命科学研究科 教授)

神山智美 (富山大学 学術研究部社会科学系 准教授)

三宅良尚 (東京大学大学院 農学生命科学研究科 特任研究員)

Terroir and Labels in Era of Anthropocene and Food-Tech : Case of Regulations and Criteria of Singapore with Resource Limitation

Ryo Kobsaka

Professor, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, the University of Tokyo

Satomi Kobayama

Associate Professor, Faculty of Social Sciences, Academic Assembly, University of Toyama

Yoshitaka Miyake

Project Researcher, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, the University of Tokyo

【要旨】 近年、食の新しい技術として急速に普及が進む培養・模造技術を活用した合成食（卵白の培養・3D 技術等）・培養肉・植物肉の製品化に関し、シンガポールを対象として、同国の資源制約と歴史的背景について概観した後に、その政策・規制について紹介をする。培養肉など新規食品に含まれる代替タンパク質の政策・規制が、大胆な食料安全保障、気候変動対策の推進のなかに位置づけられると同時に、食品安全基準は輸出入を見据えたものとなっている。

【キーワード】 人新世 表示 培養肉

【Abstract】 Synthetic foods (cultured egg white, 3D technology, etc.), cultured meat, and plant meat utilizing cell culture technology and technology of imitation are increasingly gaining salience in recent years. As an example of productizations, review of the policies and regulations of Singapore are analyzed. We review the resource constraints and historical backgrounds as well. Policies and regulations on alternative proteins contained in new food such as cultured meat are positioned in the promotion of bold food security and climate change countermeasures while food safety standards are oriented towards imports and exports.

【Keywords】 Anthropocene Label Cultured meat

1. はじめに

2020 年は食の分野の将来展望において象徴的な年となった。同年にシンガポールで、世界に先駆けて培養肉の販売が許可された。シンガポールにおけ

る技術力・イノベーションについては、培養肉・代替肉に関する領域に限っても既存の研究が存在する (Waltz 2021 ; 井形ほか 2022)。

近年、培養・模造技術を活用した合成食（卵白の培養・3D 技術等）・培養肉・植物肉の製品化などが食の新しい技術として注目されている（広義には昆

虫食のように既存の食文化の新たな応用が含まれることも多い)。

しかし現在、進行中であるのは、単なる個別や要素の技術革新にとどまらず、食の分野における環境配慮と経済性の両立を謳い、いわば過去の産業と非連続的である「食肉産業の破壊者(ディスラプター)になる」(日本経済新聞 2019)とも宣言するアプローチの台頭だ。

背景には、人口増と農地制約の現状、減農薬・動物福祉或いは森林等への農地拡大を避ける土地利用への配慮などに向けた国際政策、そして消費者の肉食回避の傾向がある。

2020年4月には、日本国内でも農林水産省フードテック研究会が設置され、普及に向けて培養肉の表示・伝達の方法が整理中だ。だが、同一技術ながら地域で志向が異なり、脱畜産や家畜福祉的な訴求が強い欧州に対し、日本は安心安全が強調される傾向があり、国際的な理論と実務の規範・倫理が未整備である。普及前の萌芽期から普及期へと移行しつつある現在、機能性や安全性と並行して、その表示・呼称規格・基準及び国際的なルールづくりが急務となる。

食の新技术に対し、日本国内では新たな技術そのものとその規制の側面にばかり注目が集まる傾向がある。一方で、経済性・機能性といった項目に加え、土地の制限や環境への配慮といったより広範な要因が、食の新しい技術の誕生や消費の誘因になっていることにも留意する必要がある。同時に、世代を超えて形成される食文化に対して、どのような影響を及ぼすのか、長期的な視点も欠かせない。

そこで本稿では、まずはシンガポールにおける政策と法規制に注目し、そのうえで規範や倫理、そして長期的な食文化への影響の示唆についても敷衍した試論を試みる。

2. 食の新技术に伝統や風土のレファラン スは可能か

かつて環境配慮型の食というと、伝統野菜や有機農業などの田園回帰的な価値観と結びつくが、食料輸送の環境負荷低減の観点から地産地消が推奨さ

れ、「遠隔地で生産された有機農業の産品か地元の慣行農業の産品か」といったジレンマも既存領域に存在した。一方、特定地域の伝統食である昆虫食が、環境負荷や人口増にも対応する未利用素材として「再発見」され、粉末にすることで新たな人間の食の用途が見出され、あるいは養鶏における飼料としての活用なども実践されている。

これまでの環境配慮型の食、特に伝統食では、参照点であるレファランスとして地域の歴史・文化・風土との連続性が見出されることが多い。「江戸時代後期に地域に伝播し、現地の土壌や気候に合わせて地域のなかで循環させる技術が発達した」といった説明である。では、食の新しい技術は、どのような価値に参照がなされるのか。参照のようなことは必要なく、シンセサイザーで音楽を合成するように、素材となる化合物や素材を合成して食を生成するだけで十分とする考え方もあるだろう。一方で、人が味わう際には、一定の知識や想像力を働かせるものであるとして、アイルランドの専門大学院の学生が合成した食材では、わざわざ「ドイツの黒い森の伝統スイーツに倣った食」と銘打つなど、食べる側が想像しやすくする工夫をしている事例もあった。

このように、全く自由に合成ができそうななかにあっても、伝統や風土との既存の関係性が模索される要因は何か。食糧増産・環境負荷低減を目指すにしても、そもそも風土や生物多様性と切り離して追求され得るのか。人新世では人の影響が自然の一部とされるが、そうであるなら、オリジナルな自然が無い時代にあって環境や倫理を含めた如何なる食文化を形成し得るかという問いが投げかけられている。数カ月から数年のトレンドとは別に、世代を超えた食文化として、どのような変容がもたらされ、どのような変容をもたらしうるのかといった点も注目される。

食文化が地球環境問題や社会問題に深く関わるテーマであることは認識されながらも、これまで食文化研究のアプローチは、伝統・地域食の保全、新技术の規制や倫理などで区分されてきた。しかし、新技术の目覚ましい開発に伴い、「環境」を軸として、伝統と革新の区分では割り切れない変化が起きてい

る。本稿は、規格・基準が制定される萌芽期あるいは普及期にある新たな技術の食材の一例として培養肉を題材とし、世界に先駆けて販売を許可したシンガポールに焦点を当て、背景となる国家戦略と規制を概観し、培養肉の将来像を巡る環境、倫理といった領域にまで敷衍を試み、日本が学ぶべき点を探る。

3. シンガポールでの展開

多民族国家であるシンガポールは宗教・文化が多様である。同時に国土の狭い同国は、土地と水資源の制約を強く意識してきた歴史がある。水を例にとると、利用量の半分以上を隣国のマレーシアから輸入しており、その依存度合いを減らすため、屋上、森林などあらゆる場所において雨水を収集している（同国の森林は、木材の生産などの機能ではなく、雨水を集める場所としての機能が最も重視されている）。多様な文化と宗教の背景があり、資源制約を意識している同国が、培養肉の技術に先進的であることは偶然ではなからう。

シンガポールにおいては、培養肉の推進を気候変動・食料安全保障に関連する戦略に位置付けている。食品の安全性という観点だけではなく、土地利用や環境の変化というより広い観点から、戦略のなかに技術を位置づけようとしている。シンガポール・グリーンプラン2030は、今世紀中盤のゼロエミッション達成を目指す気候変動対策に向けた戦略であり、持続可能性を向上させる国レベルの戦略・運動として2021年2月より実施されている（Green Plan 2022；本田2021）。目下、教育省、国家開発省、環境水資源省、通商産業省、交通省の五つの省を中心とし、省庁横断型で推進されている。

グリーンプラン2030は、(1) 自然環境と都市、(2) 持続可能な生活、(3) エネルギーの再設定、(4) グリーン経済、(5) レジリエントな未来という5つのテーマから構成され、それぞれのテーマにおいて目標が設定されている（Green Plan 2022）。例えば、(4) グリーン経済においては、2030年には新車、タクシーの登録をクリーンエネルギーのものに限るという目標がある。そして、(5) レジリエントな未来においては、通称「30 by 30」として、2030年までに

栄養ベースの食料自給率を30%までに高めるという目標が、食料分野で設定されている。この目標は、食品庁が2019年3月に「30 by 30」として設定した目標が基になっている（Singapore Food Agency 2022a）。同目標では、土地や資源に限られるなかで、技術力・イノベーションを通じて生産力を向上させる取組みが主に推進され、政策支援として共同出資も実施されている。30 by 30においては、具体的な生産技術として、LED照明植物工場や閉鎖循環式陸上養殖が示されている。こうした技術力・イノベーションを通じた食料安全保障の推進が、30 by 30のグリーンプラン2030への統合により、気候変動対策を目的とする持続可能な開発の枠組で実施されるよう位置付けられ、そこに統合の意義があると言える。

食料安全保障目標の30 by 30と連動し、培養肉を対象の一つとした具体的な政策として、シンガポール・フード・ストーリー（SFS）研究開発プログラムによる研究助成が上げられる。このプログラムは、30 by 30を含む食料安全保障の推進、関連産業の育成を目的とし、食品庁及び科学技術研究庁が実施している（Singapore Food Agency 2022b）。プログラムでは、2019年から2023年にかけて1億4400万シンガポールドル（約140億円）の支援が行われる予定である（Singapore Economic Development Board 2022）。

SFS研究開発プログラムでは、(1) 都市における持続可能な食料生産、(2) 未来の食：最先端のバイオテクノロジーに基づくタンパク質生産、(3) 食品安全科学とイノベーションの3つがテーマとして掲げられている（Singapore Food Agency 2022b）。(2) 未来の食のテーマは、発見分野と技術移転分野に分かれ、計算生物学や培養肉は前者に含まれる。後者では、微生物タンパク質、植物肉、生産拡大のための技術が言及されている。このようにグリーンプラン2030、30 by 30、SFS研究開発プログラムを通じて培養肉が推進され、食料安全保障及び気候変動対策への貢献が期待されている。

以上、シンガポールにおける培養肉を巡る戦略や構想は、前向きで先進的な側面が多い。一方で、その普及に向けては、環境配慮だけでは足らず、品質

の安定性・安全性はもちろんのこと、呼称や消費者の理解といった観点からの誘導や規制も重要な要素となる。

次節では、同国の規制について概観をする。

4. 規制の動向

代替タンパク質（New Protein または Alternative Protein）の第一世代（1st G：1st Generation）を動物由来、2nd G を植物由来、3rd G を昆虫由来または微生物由来とし、そして 4th G がこの実験室で培養された肉という認識はほぼ各国で共通している（Liu 2018）。しかし、シンガポールのメディア報道における培養肉の呼称は、「Cell-based Meats」, 「Cultured Meat」, 「Lab-grown Meat」, 「New Meat」等があり、未だ定まっていない。

こうした呼称の多様さが認識されたのは、2020 年 12 月 1 日、シンガポール食品庁（SFA：Singapore Food Agency）が米国企業であるイート・ジャスト（Eat Just, Inc.）の細胞培養鶏肉のシンガポールでの一般販売を承認したとの報道からであった。4th G である培養肉製品の「世界初」の規制当局による承認を報ずるこのニュースは、世界の新たなタンパク質市場だけでなく、投資市場にも衝撃を与えた。それは、シンガポールの投資会社が、代替タンパク質（2nd G, 4th G および代替「乳」製品含む）の開発と商業化に巨額を投資していることとともに報じられたからでもある（New Zealand Foreign Affairs and Trade 2020）。

シンガポールでの販売を目的とする新規食品（Novel food）は、食品販売法（Sale of Food Act 1973）、食肉・魚類衛生法（Wholesome Meat and Fish Act）、および環境公衆衛生法（Environmental Public Health Act 1987 of Singapore）に基づく規制制限を含む諸要件に適合する必要がある。それを管轄し、新規食品の承認を担当しているのが、シンガポール食品庁である。なお、同食品庁の職員は、2019 年シンガポール食品庁法（Singapore Food Agency Act 2019）の 34 条に基づいて機密保持の義務を課せられており、企業から提出された機密情報および企業秘密は機密に保持され、企業の同意なし

にシンガポール食品庁の外部で共有されることはない。

企業が新規食品を含む製品の承認を取得するには、(i) 毒性、アレルギー誘発性、製造方法の安全性、および喫食に起因する食事への暴露を含む潜在的な食品安全リスクをカバーする、製品の安全性評価の証拠を作成し、提出する、(ii) 製造工程で使用される材料を開示する、(iii) 食品安全リスクを防止するためのプロセスがどのように管理されているかの証拠を提供するといったことが必要となる（Ang et al. 2021）。提出された証拠・書類はシンガポール食品庁によって事案ごとに評価され、審査は長期化しており、9 から 12 か月かかる場合がある（Singapore Food Agency 2022c）。

新規食品に対する安全性評価審査（safety assessment review）は、次のような経過をたどっている。まず、シンガポール食品庁は 2019 年に新規食品規制の枠組を導入した。同枠組では、新規食品およびその成分は「少なくとも 20 年間、相当数の人口によって食事の継続的な一部として消費されていない成分として定義されており、人間の健康への悪影響は報告されていない」ものとなった（Singapore Food Agency 2022c）。こうした新規食品に対して、シンガポール食品庁は企業に市販前評価を課した。そのため企業には、毒性、アレルギー誘発性、製造方法の安全性、喫食による食事への曝露など、潜在的な食品安全リスクをカバーするタンパク質の安全性評価を実施および提出する必要が生じた。また、製造プロセスで使用される材料に関する詳細な情報と、食品の安全性リスクを防ぐためのプロセスがどのように管理されているかの情報を提供する必要がある。このようにシンガポール食品庁は、安全性評価を見直して、潜在的な食品安全問題が対処されていることを確認する方法を導入した（Singapore Food Agency 2021）。

シンガポール食品庁は安全性評価に関して、Q&A 方式で、企業や消費者への疑問に対処している。ここでは、培養肉製品に関わる主な項目を以下に整理する（Singapore Food Agency 2022c）。

表 シンガポール食品庁の安全性評価に関する Q&A (出典 Singapore Food Agency 2022c)

Q2.6: 新規食品安全性評価の結果は、他社が製造した同様の新規食品にも適用できますか？	いいえ、適用できません。新しい食品安全性評価の結果は、各安全性評価で説明されている材料と製造プロセスに固有のものです。さまざまな企業が、新しい食品の製造にまったく異なる材料とプロセスを使用している可能性があり、たとえ同様の新しい食品を生産しているとしても、独自の安全性評価を実施する必要があります。
Q2.7: 新しい食品（培養肉を含む）を生産するための遺伝子組換え細胞の使用に関する SFA の姿勢は？	安全性評価プロセスに従って SFA によって承認された遺伝子組換え食品は、シンガポールで販売される場合があります。したがって、申請者が 遺伝子組換え生物を利用して新規食品を製造することは可能であり、SFA はそのような販売用食品のいくつかの例をすでに評価し、承認しています。もし遺伝子組換え生物が 最終食品に存在する場合、食品自体はシンガポールの遺伝子組み換え諮問委員会 (GMAC) の審査の対象となります。
Q2.8: SFA は、培養肉の安全性評価でどのような安全性情報が必要としますか？	SFA は、SFA の ウェブサイトで培養肉の安全性評価に必要な情報を公開しています。一般に、安全性評価には、製造プロセス中の細胞培養の同一性および遺伝的安定性と純度に関する情報、使用されるすべてのインプット（培養培地成分や足場材料（scaffolding materials）など）の同一性と純度に関する情報、および製造工程から生じる可能性のある危険に関する情報です。
Q2.9: 細胞株 (cell-lines) の安全性を確立する上での SFA の考慮事項は何ですか？	SFA は、企業が自社の細胞株のアイデンティティとソース (source) に関する情報を提供できるようにすること、および細胞株に加えられた改変と適応、およびそれらが食品安全リスクをもたらす可能性のある物質の発現とどのように関連しているかを説明できるようにすることを要求しています。たとえば、菌類や甲殻類の特定の種は、それぞれマイコトキシンと海洋生物毒素を含むリスクが高いことが知られています。これらの種に由来する細胞株を使用する企業は、それぞれの潜在的な食品安全上の危険性が自社の新規食品に食品安全上の懸念を引き起こさないことを示す情報を含める必要があります。
Q2.11: 培地成分の安全性を確立する上で SFA が考慮していることは何ですか？	SFA は、企業に対し、使用される培地の個々の成分に関する識別情報と純度の情報、およびこれらの培地成分が完成した培養肉製品に残ると予想されるか、または完全に除去されるかを提供することを要求しています。可能であれば、使用する培地成分は、英国薬局方 (British Pharmacopoeia)、欧州薬局方 (European Pharmacopoeia)、食品添加物に関する FAO/WHO 合同専門委員会 (JECFA: Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) または食品化学コーデックス (Food Chemical Codex) が推奨する純度仕様に準拠する必要があります。
Q2.13: 培養肉または培養肉の生産のためのインプットをシンガポールに輸入する際の手順は？ 輸入の時点で満たさなければならない特定の要件 (例: テスト) はありますか？	SFA は、ほとんどの国で培養肉の生産がまだ初期の産業であることを認識しています。シンガポールでの培養肉の安全性を高いレベルで保証するために、SFA は、審査プロセスに合格し、シンガポールで培養肉を販売することを許可されている培養肉会社に対し、シンガポールに出荷される培養肉の各荷口について検査を実施することを要求しています。テストに含まれるパラメータは、企業が提出した個々の安全性評価で特定された特定の危険性によって異なります。食品は、食品販売法に基づくシンガポール食品規則 (Singapore Food Regulations) で定められた食品安全要件と制限を満たさなければなりません。

シンガポールは、グローバル企業が集う輸出入国であることから、食品安全基準の肝心のコンテンツ部分が先進的な基準を有する輸出入国向けであることを特徴としている。Q2.11 が一つの事例である。このように選択可能であれば、外国企業にも歓迎されやすいと思われる。

イート・ジャスト社の細胞培養鶏肉は、2020 年 3 月に結成された科学的助言を提供するための新しい食品安全専門家ワーキンググループによって広範かつ徹底して審査された。同ワーキンググループは、食品毒性学、バイオインフォマティクス、栄養学、疫学、公衆衛生政策、食品科学および食品技術の専門家で構成されており、その議長は高度規制センター (Center for Regulatory Excellence) の所長が務める。結果として、食品の安全性に関する懸念は見つからず、同社の細胞培養鶏肉は、ナゲット製品の原料として販売することが承認された (Singapore Food Agency 2021)。

なお、消費者が新規食品を見分けるために、ラベ

ル表記にも一定のルールがある。まず、シンガポールで包装済の代替タンパク質商品売り出す場合には、その商品の性質を示すために「模造 (mock)」、「培養」、「植物ベース」等の修飾語を製品に表示する必要がある。具体例としては、肉を含まず植物性タンパク質でできている「模造肉 (mock meat)」製品や、魚のすり身ペーストを使用した「模造カニ肉 (imitation crabmeat)」がある (Singapore Food Agency 2021)。

5. まとめ

以上、シンガポールを対象として、同国の資源制約と歴史的背景について概観した後に、その政策、規制について紹介をした。培養肉など新規食品に含まれる代替タンパク質の政策・規制は、大胆な食料安全保障および気候変動対策の推進のなかに位置づけられると同時に、食品安全基準は輸出入を見据えたものとなっていた。シンガポールの事例から我々

が学ぶべき点は何か。新しい技術、食材・調理法から風土・タブーまで内包し、動的に変容する「食文化」を概念枠組とし、「質」と「連続性」を軸にその受容のプロセスを世代間比較で読み解いていく必要性があらう。その際には、専門家と社会の多世代での対話が不可欠となる。

【謝辞】 本研究は以下の助成の研究成果を活用している：

MEXT/JSPS 科研費 JP21K18456 人新世の食の変容と食文化の形成：質と連続性の言説を巡る多世代ソーシャルラーニング 挑戦的研究（萌芽）代表 香坂玲
MEXT/JSPS 科研費 JP22H00390 食農環境分野へのゲノム編集等先端技術応用をめぐる選択と熟議に関する研究（基盤A）代表 立川雅司
（公財）アサヒグループ学術振興財団 2022 年度学術研究助成 食・生活部門「フードテック時代の食文化の伝承と動態：環境配慮の動機は植物肉・合成食・培養肉を根づかせるか」代表 香坂玲

参考文献

- Ang, L., Arlington, S. and Fuchs, Z. (2021) "Alternative Protein — A Comparison of the Regulation of Insect Protein as Food and Feed," Morrison & Foerster LLP, November 1, 2021. <https://www.jdsupra.com/legalnews/alternative-protein-a-comparison-of-the-5493250/> (2022 年 8 月 23 日最終閲覧)
- 日本経済新聞 (2019)「沸騰 フードテック 投資マネー 1 兆円迫る次のビヨンドは」『日経ヴェリタス』2019 年 11 月 10 日号 <https://www.nikkei.com/article/DGXMZO51996480Z01C19A1K10100/> (2022 年 8 月 16 日最終閲覧)
- 本田智津絵 (2021)「持続可能な未来に向け環境行動計画を発表（シンガポール）」日本貿易振興機構. <https://www.jetro.go.jp/biz/areareports/special/2021/0401/84ba18e1e94193fc.html> (2022 年 8 月 16 日最終閲覧)

- 井形彬・吉富愛望アビガイル (2022)「細胞農業食品に関する国際ルール形成動向および投資状況」『生物工学会誌』第 100 巻第 4 号, pp. 179-183.
- Singapore Economic Development Board (2022)「シンガポールのアグリフードエコシステム」<https://www.edb.gov.sg/content/dam/edb-japan/industries-and-case-studies/urban-solutions-and-sustainability/pdf/urban-solutions-and-sustainability.pdf> (2022 年 8 月 16 日最終閲覧)
- Green Plan 2030 (2022) <https://www.greenplan.gov.sg/> (2022 年 8 月 16 日最終閲覧)
- Alternative Protein-A comparison of the Regulation of Insect Protein as food and feed
- Liu, G. (2018) "Fact Sheet: Alternative Protein, public service of the Food Innovation Centre," the University of Nottingham. <http://foodinnovationcentre.co.uk> (2022 年 8 月 23 日最終閲覧)
- New Zealand Foreign Affairs and Trade (2020) "Singapore: Alternative Proteins Market Report-9 December 2020," Prepared by the New Zealand High Commission in Singapore. <https://www.mfat.govt.nz/en/trade/mfat-market-reports/market-reports-asia/singapore-alternative-proteins-9-december-2020/> (2022 年 8 月 23 日最終閲覧)
- Singapore Economic Development Board (2022)「シンガポールのアグリフードエコシステム」<https://www.edb.gov.sg/content/dam/edb-japan/industries-and-case-studies/urban-solutions-and-sustainability/pdf/urban-solutions-and-sustainability.pdf> (2022 年 8 月 16 日最終閲覧)
- Singapore Food Agency (2021) "Safety of Alternative Protein." Last Updated on July 15, 2021.<https://www.sfa.gov.sg/food-information/risk-at-a-glance/safety-of-alternative-protein>, (2022 年 8 月 23 日最終閲覧)
- Singapore Food Agency (2022a) "30 by 30." <https://www.ourfoodfuture.gov.sg/30by30> (2022 年 8 月 16 日最終閲覧)
- Singapore Food Agency (2022b) "Singapore Food Story R&D Programme." <https://www.sfa.gov.sg/food-farming/singapore-food-story/r-and-d-programme> (2022 年 8 月 16 日最終閲覧)
- Singapore Food Agency (2022c) "Requirements for the Safety Assessment of Novel Foods and Novel Food Ingredients." Version dated 26 September 2022
- Waltz, E. (2021) "Club-Goers Take First Bites of Lab-Made Chicken," *Nature Biotechnology* Vol. 39, pp. 257-259.