

東京大学 公共政策大学院

ワーキング・ペーパーシリーズ

GraSPP Working Paper Series

The University of Tokyo

GraSPP-P-21-001

培養肉に関するテクノロジーアセスメント

村山俊太 桐山真美 古川慶人 高橋美礼 張智翔

2021年3月

**GraSPP**  
THE UNIVERSITY OF TOKYO

GraSPP Policy Research Paper 21-001

GRADUATE SCHOOL OF PUBLIC POLICY  
THE UNIVERSITY OF TOKYO  
HONGO, BUNKYO-KU, JAPAN

**GraSPP**  
THE UNIVERSITY OF TOKYO

GraSPP-P-21-001

## 培養肉に関するテクノロジーアセスメント

東京大学 公共政策大学院  
事例研究（テクノロジー・アセスメント）2020年度

東京大学大学院 公共政策学教育部公共政策学専攻 専門職学位課程1年 村山俊太  
東京大学大学院 公共政策学教育部公共政策学専攻 専門職学位課程2年 桐山真美  
東京大学大学院 工学系研究科原子力国際専攻 修士課程1年 古川慶人  
東京大学大学院 工学系研究科原子力国際専攻 修士課程1年 高橋美礼  
東京大学大学院 工学系研究科精密工学専攻 博士課程1年 張智翔

2021年 3月

GraSPP ポリシーリサーチ・ペーパーシリーズの多くは  
以下のサイトから無料で入手可能です。

<http://www.pp.u-tokyo.ac.jp/research/research-outputs/policy-research-paper-series/>

このポリシーリサーチ・ペーパーシリーズは、内部での討論に資するための未定稿の段階にある論文草稿である。著者の承諾なしに引用・配布することは差し控えられたい。

東京大学 公共政策大学院 代表 TEL 03-5841-1349

# 培養肉に関するテクノロジーアセスメント

東京大学大学院 公共政策学教育部公共政策学専攻 専門職学位課程 1年 村山俊太  
東京大学大学院 公共政策学教育部公共政策学専攻 専門職学位課程 2年 桐山真美  
東京大学大学院 工学系研究科原子力国際専攻 修士課程 1年 古川慶人  
東京大学大学院 工学系研究科原子力国際専攻 修士課程 1年 高橋美礼  
東京大学大学院 工学系研究科精密工学専攻 博士課程 1年 張智翔

2021年3月4日

本レポートは、東京大学公共政策大学院の2020年春学期「事例研究（テクノロジーアセスメント）」の授業におけるグループワークの報告書であり、記載内容は2020年8月までの調査に基づく

## 要約

培養肉（cultured meat）は、その特異な生産方法と現在の畜産が抱える問題を背景として近年注目を集めているが、その潜在的利点には未だ不確実な点が多く、過剰な期待には慎重になる必要がある。

現在、培養肉が社会に与える影響・課題として挙げられているものは、以下の8つに分類できる。第一に、培養肉技術は環境負荷の低い食肉生産方法であるとされる。しかし、これは多くの前提条件に依存するため、その評価は未だ定まらない。第二に、培養肉技術は動物福祉を実現する食肉生産方法であるとされる。第三に、培養肉技術は世界的な食料需要に対応するとともに国内における食肉の安定供給を実現するとされる。ただし、培養肉が適切な解決策といえるかは疑わしい点が多い。第四に、培養肉技術は食中毒や家畜感染症のリスクを低減することができる。第五に、培養肉技術は知識経済によって経済の活性化に貢献する。一方で、従来の畜産業や飼料作物農家などに打撃を与える可能性がある。第六に、培養肉技術の社会的受容をめぐる多様な反応・見解が提出されることが予想される。これらは、消費者の受容、社会の認識、倫理的問題、宗教・文化の領域において生じる。第七に、培養肉技術を実用化するには現行法令におけるレギュラトリーギャップが課題になる。第八に、培養肉技術は宇宙環境での食料生産などの特殊な用途に利用できるという指摘がある。ただし、こうした用途についての見通しは不透明である。

これらは現在指摘されている培養肉の社会的影響を概ね網羅しているが、これらの項目を列挙するだけでは不十分である。なぜなら、これらの社会的影響は多くの不確実な前提条件に依存し、かつ相互に関連しており、顕在化する時期も異なるからである。そこで、これらの社会的影響・課題を時系列順に整理し、相互の関連性を明確化することで、培養肉がもたらす社会的影響・課題の全体像の可視化を図った。その結果、培養肉の社会的受容は以下の4段階に分けられることが分かった。すなわち、①現在から実用化・市場投入までの段階、②市場投入から社会の受容を経て生産規模が拡大するまでの段階、③培養肉生産の社会的影響が顕在化する段階、④環境負荷などの長期的影響が顕在化するまでの段階である。

①の段階においては、技術的課題と法令整備が課題となるため、産官学連携で研究環境の整備を行うほか、政府・企業によるルール形成が必要となる。②の段階においては、培養肉が社会・市場に受容されるかが問題となる。ここでは、健全かつ公正な市場競争と健全な政治的・社会的言説空間が確保される必要がある。③の段階においては、従来型畜産の減少をめぐるステークホルダーの利害対立と、培養肉生産をめぐる経済における正義・公平が問題となる。④の段階においては、環境・食文化などの長期的な影響が顕在化するため、事前の影響評価とシステム的な対応が必要となる。

なお、本稿は主に学術界における議論・論点を網羅的に整理することに重きを置いている。今後は、各分野の専門家により改めて詳細な評価と整理を行うことが必要である。

## 目次

### 第1章 はじめに

- ・背景と問題意識.....P.4
- ・本レポートの目的と想定クライアント.....P.5

### 第2章 研究・技術動向

- 1. 培養肉の歴史.....P.6
- 2. 培養肉技術の概要.....P.7
- 3. 実用化までの技術的課題.....P.11

### 第3章 想定される社会的影響・課題

- 1. 環境.....P.16
- 2. 動物倫理.....P.22
- 3. 食料問題.....P.27
- 4. 安全性・健康.....P.31
- 5. 経済.....P.34
- 6. 社会の受容.....P.39
- 7. 法制度.....P.55
- 8. その他.....P.64

### 第4章 社会的影響・課題の全体像

- ・社会的影響・課題の全体像.....P.65
- ・注意点.....P.66

### 第5章 分析と提言

- 1. 短期的展望.....P.69
- 2. 中期的展望.....P.75
- 3. 中長期的展望.....P.82
- 4. 長期的展望.....P.90

結語.....P.93

### 参考文献

# 第1章 はじめに

## 背景と問題意識

2013年にイギリスのテレビ番組で放映された培養肉バーガーの試食会は世界に衝撃を与えた。これは、1個32万5000ドルという極めて高い価格だけではなく、「試験管の中で (in vitro)」培養された肉を人間が食べるという突飛なアイデアが現実化したことに対する驚きによるものであろう。

培養という方法は、これまで人類史上において見られた食料生産方法のどの形態とも異なる。すなわち、「培養」は、狩猟、栽培、飼育、合成、発酵（醸造）に続く第6の食料生産方法である。仮に細胞培養による食料供給（少なくとも培養肉生産）が可能となれば、従来の食料供給システムは根本的に変化する可能性がある。

さらに、培養肉に対する注目は、現在の畜産に対する問題意識によっても裏打ちされる。人為起源の温室効果ガスの排出は、地球全体の平均気温上昇に伴う気候変動を介して、海面上昇や各地での異常気象、生態系の破壊といった深刻な損害を引き起こしており、これに対する対応は急を要する。特に、畜産によって産出される温室効果ガスは、人為起源の温室効果ガス全体の14.5%を占めており、畜産分野が環境にもたらす影響は無視することができない。加えて、国連の報告においては、世界の人口は2030年までに86億人、2050年に97億人、2100年には109億人に達すると予測されており<sup>1</sup>、こうした人口増加に伴って、世界での食肉の需要は飛躍的に増加すると見込まれる。

こうした問題を背景として、培養肉には高い期待が向けられる。これは例えば、「環境負荷が小さく、動物福祉とも両立し、安定して人類を養える、画期的なイノベーションとしての培養肉」といったメディアでのイメージによって裏付けられる<sup>2</sup>。

しかし、これらは培養肉の数ある特徴の限られた側面でしかない。例えば、環境負荷に限ってみても、培養肉によって温室効果ガスの排出を削減するには、まず培養肉の生産能力を拡大し、次に現在の畜産を徐々に減らしていき、最後に培養肉生産によるエネルギー消費を減少させる（あるいは再生可能エネルギーに転換する）ことが必要になる。しかし、このようなシナリオが実際に実現するのかは、現時点では疑わしい。また、培養肉のメリットを吟味すると同時に、培養肉がもたらすリスクにも目を向ける必要がある。

---

<sup>1</sup> UN (2019) “World Population Prospects 2019: Highlights”

[https://population.un.org/wpp2019/Publications/Files/WPP2019\\_10KeyFindings.pdf](https://population.un.org/wpp2019/Publications/Files/WPP2019_10KeyFindings.pdf)

<sup>2</sup> Science Window 「楽しく悩んで、食の未来を変える ～「培養肉」研究の最前線～」(2019年1月)

<https://sciencewindow.jst.go.jp/articles/2019/1024.html>

## 本レポートの目的と想定クライアント

本レポートの目的は、培養肉技術に関する情報を包括的に提示し、政策形成に資する情報を提供することにある。

そこで、本レポートでは以下のことを行う。すなわち、培養肉（cultured meat<sup>3</sup>）という技術がどのようなものであるかについての簡潔な情報を提示し、培養肉技術が持つリスクとベネフィットを網羅的・包括的に提示・整理したうえで、これを現実の社会的文脈に当てはめ、培養肉を受容する社会がどのような課題に直面するのかを検討・分析したうえで、各々の局面で求められる対応策についての提言を行う。

これらを問いの形式にすると以下のようなものになる。

- Q.1 培養肉とはどのような技術か？ (第2章)
- Q.2 培養肉は社会にどのような影響・課題をもたらすか？ (第3章)
- Q.3 それらの影響は、いつ、どのように現実のものとなるか？ (第4章)
- Q.4 それらに直面した社会は、何をすべきか？ (第5章)

なお、本レポートの名宛人（想定クライアント）は、農林水産省を中心とする「フードテック官民協議会（仮称）<sup>4</sup>」に設定している。

このような設定を行う理由は以下の通りである。すなわち、第3章以降で見ると、培養肉がもたらす社会的影響は多方面に及び、これを受容する過程においては多様なステークホルダーが関与する必要がある。さらに、培養肉の社会的影響は昆虫食や植物性代替肉など関連する技術の動向によっても左右されるため、適切なガバナンスを行うには、より広い文脈からこれをとらえなければならない。この点、フードテック官民協議会（仮称）は、農林水産省のほか、培養肉企業を含むフードテック企業や食品企業、大学などの研究機関が参加しており、フードテックという広い文脈から培養肉技術を検討し政策形成を行う場であることから、本レポートの名宛人として最も適切であると考えられる。もっとも、後述のように、培養肉技術のガバナンスにおいては農林水産省のみで必要な対応を完遂できるわけではなく、関係省庁との協働・連携が必要になることには注意を要する。

なお、本稿は培養肉技術がもたらす社会的影響について、主に学界での議論・論点を整理することに重きを置いている。そのため、政策現場やステークホルダーの具体的な動向については検討・整理の対象外となっている点を予め明記しておく。

<sup>3</sup> 培養肉の呼称には様々なものがあるが、本稿では「培養肉（cultured meat）」に統一している。

<sup>4</sup> 本レポートを執筆する2020年8月4日時点では、同協議会は未だ立ち上げられていない（以下参照）  
農林水産省 HP 『「フードテック研究会」の中間とりまとめの公表等について』  
<https://www.maff.go.jp/j/press/kanbo/kihvo01/200731.html>

## 第2章 研究・技術動向

### 第1節 培養肉の歴史

細胞を培養して食肉用にするという考えは、20世紀初頭に初めて提案されたとされる。最も初期の提案者の一人である Winston Churchill は、1931年のエッセイにおいて「我々は胸肉や手羽先を食べるために鶏を丸ごと育てるなどという馬鹿げたことはやめて、個々の部位を適切な培地で別々に育てるようになるだろう」という予測をしている<sup>5</sup>。このアイデアはその後、1971年に Russel Ross がシャーレ上での豚の平滑筋組織の培養に成功したことによって、科学的に実証されることになる<sup>6</sup>。

2000年代には、初期段階の研究として2つのプロジェクトが実施された。第一に、NASA が資金提供した研究プロジェクトは、宇宙活動における食肉の供給方法を探ることを目的として、金魚の筋細胞を培養する試みを行っている<sup>7</sup>。第二に、芸術グループの SymbioticA は、そのアートプロジェクトにおいて、羊の胎児細胞およびカエルの細胞を使用して筋細胞の培養を行うことで少量の食用肉を得るという試みを行っている<sup>8</sup>。

2005年には、オランダ政府の資金援助を受けて、3つの大学にまたがる研究プロジェクトが開始された。このプロジェクトでは、豚の胚性幹細胞株の分化誘導や、電氣的・科学的刺激によって筋肉細胞の成長レベルを高める研究などが行われた。その後、スウェーデン、アメリカ、カナダでも小規模な研究プロジェクトが行われたが、いずれも小規模な組織工学技術・バイオリアクターの試作品の開発を行うものであった<sup>9</sup>。さらに、この間には、市民団体による研究資金の提供も行われており、New Harvest が初期段階の研究に対する資金提供を支援するほか、2008年には動物愛護団体の PETA が鶏肉と同等の培養肉を実現した最初の研究チームに100万ドルを支払うという懸賞を広告<sup>10</sup>し、話題となった。

2013年にマーストリヒト大学の Mark Post 教授が率いる研究チームによって細胞培養による牛肉を用いたハンバーガーが試作開発され、これを調理・試食するテレビ番組が放映されたことで、培養肉に対するマスメディア・公衆の注目は一躍高まった<sup>11</sup>。

---

<sup>5</sup> Winston Churchill (1931) "Fifty Years Hence" The Strand Magazine

以下の URL から閲覧可能 <https://teachingamericanhistory.org/library/document/fifty-years-hence/>

<sup>6</sup> Russell (1971)

<sup>7</sup> Benjaminson, Gilchrist, & Lorenz (2002)

<sup>8</sup> Catts, O., & Zurr, I. (2008)

<sup>9</sup> Stephens, King, & Lyall (2018)

<sup>10</sup> PETA "Lab Meat: Tastes Like a Million Bucks" (April 2008)

<https://www.peta.org/blog/lab-meat-tastes-like-million-bucks/>

<sup>11</sup> 試食会の様子は以下からその一部を見ることができる。

Mosa Meat "Launch of the world's first cultured meat hamburger (August 5, 2013)"

<https://www.youtube.com/watch?v=s1s1QLZL2EI>

この試食会以降、スタートアップ企業の参入により培養肉生産の商業化に向けた研究開発が急速に行われるようになっており、Mark Post氏が共同設立者を務めるMosa Meatのほか、Menphis Meatsなど数十社がこの分野に参入している。(第3章5節「経済」参照) また、皮革、牛乳、卵白など、細胞培養技術を用いて肉以外の動物性製品の生産を試みるスタートアップ企業の参入も見られる。当初は培養肉開発を手掛けたModern Meadow(米国)は、現在、細胞培養による皮革の生産開発に取り組んでおり、そのほか、Perfect Day(米国)は乳製品の生産、Clara Foods(米国)は液卵白の生産に取り組んでいる。

## 第2節 培養肉技術の概要

培養肉を生産する方法は、大きく2つのアプローチに分けられる。第一に、組織工学を用いて筋細胞等を培養し、培養によって得られた組織をそのまま食用肉とするアプローチがある。第二に、発酵技術を用いて微生物によるタンパク質などの分泌を促し、これによって得られた物質を肉に加工するアプローチがある。

以下では、それぞれのアプローチについて、生産のプロセスを概説する。

### 組織工学に基づく培養肉生産(図2.1参照)

#### 1. 細胞の選定

最初に、培養肉のもととなる幹細胞を選定し、培養を行うための足場に固定する。

ここで使用される幹細胞には主に2種類のものがある。第一は、筋細胞由来の幹細胞である。これには筋細胞の前駆細胞である筋衛星細胞も含まれているところ、この細胞は筋細胞の再生産に使用されるものとして主要な細胞である。筋衛星細胞は増殖能力と筋芽細胞への分化能力を持っており、この筋芽細胞は筋組織へと成長する<sup>12</sup>。筋衛星細胞を用いた筋組織の体外培養は牛、魚、鶏、七面鳥、仔羊、豚などの動物について成功している<sup>13</sup>。しかし、衛星細胞には自己複製能力に限界があり、この点が培養可能な肉の量を制限している。第二は、iPS細胞(induced pluripotent stem cells: 人工多能性幹細胞)である。これは筋衛星細胞とは異なり、ほとんどの種類の細胞に分化する能力を持っており、かつ高い分裂能力を持つ。現在、iPS細胞は主に再生医療や製薬などにおいて利用されているが、培養肉生産への応用においても高い潜在的能力を持つ<sup>14</sup>。

#### 2. 細胞培養による組織の育成

幹細胞の足場への接着後、シャーレやバイオリアクターでの培養を行う。バイオリアクターを用いる方法では、幹細胞を固定した足場に培養液を循環させることで、より効率的な細

<sup>12</sup> Kadim, I. T. et al. (2015)

<sup>13</sup> Birbrair, A., & Delbono, O. (2015)

<sup>14</sup> Stanton, M. M. et al. (2019).

胞培養を行う。

細胞の培養から組織の成長までは、増殖と分化誘導という2つの段階を経る。

第一に、増殖プロセスはバイオリアクターで幹細胞の分裂を促進する段階である。バイオリアクターを用いた幹細胞の増殖は、新しく幹細胞を採取する必要をなくすほか、コストも削減できる。目的とする細胞の種類によって、必要な分裂の回数は数回から1000回以上にまで及ぶ場合もある。また、細胞を迅速に増殖させるために、幹細胞の自然分化を防ぐ(=未分化の状態を維持する)必要があり、そのための特殊な培養培地を使用する必要がある<sup>15</sup>。

第二に、培養によって幹細胞が十分な数に達すると、筋芽細胞などへの分化誘導の段階に移行する。ここでは、使用する細胞培地を変更し、補充・成長因子を含んだ培地を使用することになる。まず前の段階で増殖させた幹細胞はバイオリアクターから取り出され、別の足場に固定される。その後、足場に幹細胞が接着すると、シャーレやバイオリアクターでの培養を行う。シャーレやバイオリアクターは細胞を固定する足場と組み合わっており、培養液を循環させることで絶えず細胞に栄養を供給する<sup>16</sup>。この過程では、実際の肉と同様の硬さや食感を持たせるために、適切な細胞密度にすることが必要となる。

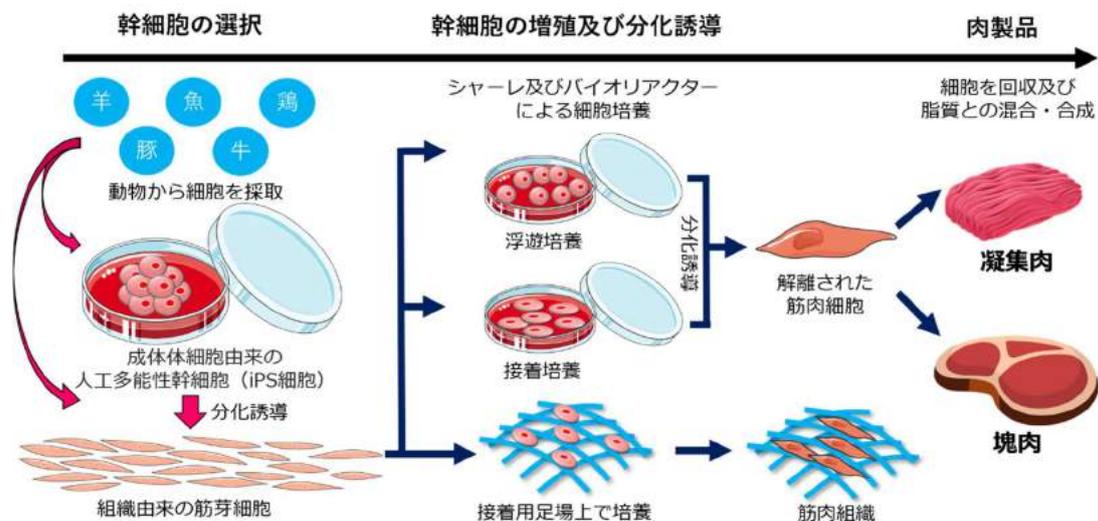
### 3. 形状加工

培養によって組織の形成が完了すると、これをシャーレやバイオリアクターから取り出して肉製品への加工を行う。組織を取り出す際、これを足場から引き剥がす作業が必要になることから、使用する足場によっては化学物質を使用する場合がある。また、後述のように、現在の技術水準では、細胞全体に栄養を行き渡らせるために、培養する組織を非常に薄い層状のものにする必要がある。したがって、これらの組織が取り出された後は食用に適した適当な形状に合成する必要があり、さらに必要に応じて脂肪やコラーゲンなどを添加することで肉の味と食感を持つ肉に加工される。

---

<sup>15</sup> Post (2012)

<sup>16</sup> Cultured Meat: [https://www.futurefood.org/in-vitro-meat/index\\_en.php](https://www.futurefood.org/in-vitro-meat/index_en.php)



(筆者作成)

図 2.1 組織工学的アプローチによる培養肉の生産過程

## 発酵に基づく培養肉生産 (図 2.2 参照)

### 1. 微生物の形質転換

まず、細菌を使用する場合にはその形質転換、真菌を使用する場合はトランスフェクションの過程を経る必要がある。ここでの形質転換やトランスフェクションとは、目的とするタンパク質を微生物に生成させるために、微生物の DNA などに適切な遺伝情報を選択的に挿入して遺伝子編集を行う過程を指す。ここでは細菌、藻類、酵母、真菌などがコンピテントセル (DNA を取り込む細胞) として一般的に使用される<sup>17,18</sup>。

### 2. 細胞増殖・発酵

次に、上記の過程から得られた微生物をバイオリアクターに加えて大量に増殖させ、目的とするタンパク質を生成する。発酵に基づくプロセスでは、上述の組織工学による培養肉生産とは異なり、細胞や微生物それ自体ではなく、微生物によって生成されたタンパク質を得ることが最終的な目的となる。

発酵によって生成されたタンパク質は、培養液を循環・ろ過することで回収される。ここで使用される培養液には逐次栄養素が補充され、バイオリアクターへと循環することによ

<sup>17</sup> SigmaAldrich 社の生産プロトコル

<https://www.sigmaaldrich.com/technical-documents/protocols/biology/transformation.html>

<sup>18</sup> ThermoFisher 社の生産プロトコル

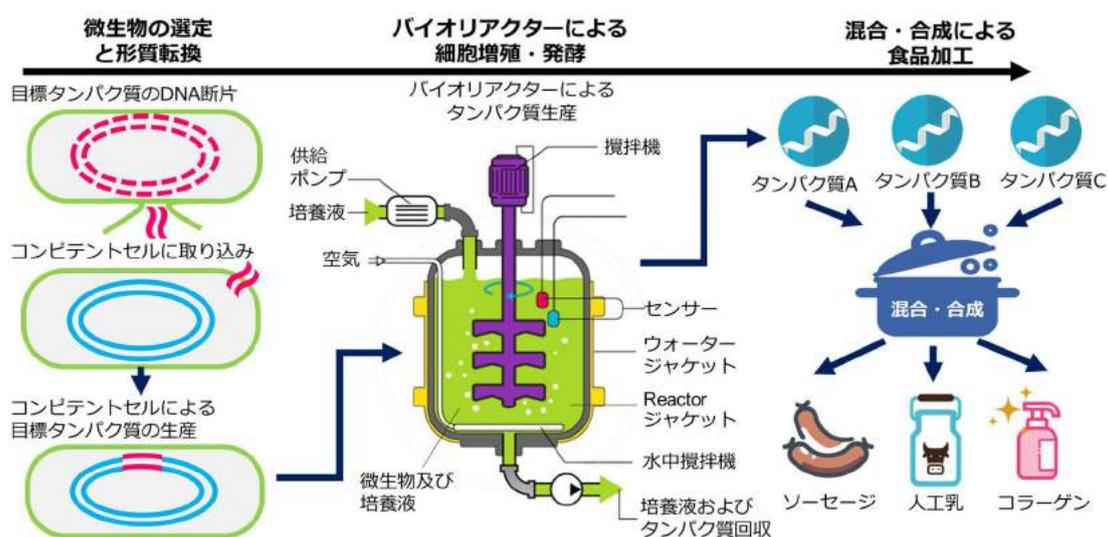
<https://www.thermofisher.com/jp/en/home/life-science/cloning/cloning-learning-center/invitrogen-school-of-molecular-biology/molecular-cloning/transformation/>

って再び細胞増殖に使用される。

### 3. 製品への加工

上記の過程で得られたタンパク質やその他の目的分泌物は、混合・合成を経て最終製品へと加工される。ここで脂肪や食品添加物を加えることにより、食感・色・風味を調整し肉製品などに近づけることができる。この方法によって生産される製品は、肉よりも皮革や人工乳<sup>19</sup>、卵白<sup>20</sup>などが多くを占める。

※なお、こうした生産方法の違いおよび最終的に生産される製品の違いに鑑み、第 3 章以降では組織工学アプローチによる培養肉を調査・検討の対象としている。



(筆者作成)

図 2.2 発酵のアプローチによるタンパク質生産の過程

<sup>19</sup> Perfectdayfoods 社の HP を参照：<https://www.perfectdayfoods.com/>

<sup>20</sup> Clarafoods 社の HP を参照：<https://www.clarafoods.com/>

### 第3節 実用化までの技術的課題

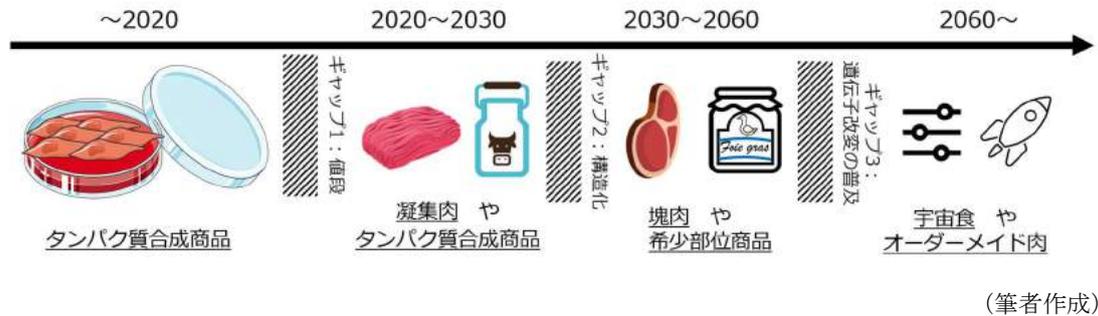


図 2.3 各マイルストーンにおける培養肉製品の形態と課題

多くの企業は 2020 年初頭に培養肉を市場に投入することを目標として掲げているものの、培養肉の実用化・商品化にはなお克服すべき技術的課題がある。もっとも、これらの技術的課題は目標とする製品の形態によって大きく異なる。そこで以下では、実現の難易度が低い順に、①凝集肉・加工食品、②塊肉、③デザイナー・ミートの3つの形状に分けて、それぞれの技術的課題を説明する。

#### マイルストーン 1：凝集肉・加工食品

現在、多くの企業が研究・開発に取り組んでいるのは、組織工学アプローチによって平面的に培養した細胞を混合・合成した凝集肉と、発酵アプローチによって得られたタンパク質を加工したタンパク質加工製品である。

これらの製品を商品化するに当たって、最も大きな技術的障壁となるのは生産コストである。2013年の培養肉ハンバーガーは組織工学アプローチによる凝集肉を使用したものであったが、その価格は当時 32.5 万ドルであったとされており、生産にかかるコストを抑えることが商品化に向けた主要な課題である。2013年以降、培養肉の生産コストは大幅に低下しているものの、現在の販売されている普通の食肉と競合するにはなお価格が高く、培養肉企業は 2020 年初めには生産コストを 1 ポンドあたり 10 ドルにすることを目標としている<sup>21</sup>。

第一に、培養肉生産にかかるコストのうち最も大きな割合を占めるのは、培養のプロセス

<sup>21</sup> Brian Kateman “Will cultured meat soon be a common sight in supermarkets across the Globe?” <https://www.forbes.com/sites/briankateman/2020/02/17/will-cultured-meat-soon-be-a-common-sight-in-supermarkets-across-the-globe/#258b0b387c66>

で用いる培地である<sup>22</sup>。培地は、細胞の増殖が可能な環境を作るために厳しい条件を満たす必要があるところ、現在最も広く用いられている牛胎児血清（fetal bovine serum ; FBS）はその希少さから非常に高額であり、また、非動物由来の培地に使用する場合でもこれに用いる補充・成長因子が高額である場合が多い。

培地のコストを下げるためには、FBS などの動物由来の培地の代わりに非動物由来の無血清培地を使用する必要がある。これを実現する方法としては、①植物由来の成長因子や添加物を使用した無血清培地を開発するほか、②遺伝子改変技術を用いて細菌や藻類を改変し培地に必要な添加物を生産する方法がある。前者につき、無血清培地による牛肉の培養はすでに研究室規模では成功しているほか<sup>23</sup>、シーフード<sup>24,25</sup>や「ステーキ肉」<sup>26</sup>の無血清培養に成功している企業がある。また、組織工学的アプローチは再生医療における技術の食分野への応用という側面があるところ、こうした培養肉生産においては、医療・製薬レベルの高度に厳格な基準は不要であると考えられる。現在の培地の供給は、医学的技術を背景として行われているが、食品グレードの培地生産がメジャー化した場合は、さらなるコストの削減が可能になると考えられる。

第二に、生産プロセスのスケールアップが必要である。これは、生産コストの低下だけではなく、商業化に耐えうる生産能力を備えるためにも不可欠である。現在、培養肉の概念実証や試験製造は研究室サイズのバイオリクターを用いて行われているところ<sup>27</sup>、大規模生産が可能となるためには、少なくとも 2.5 万リットル以上の工業レベルのバイオリクターを利用する必要がある<sup>28</sup>。バイオリクターは、温度維持や気体の溶解調整のほか、圧力や培養液の循環を調整する機能を持つところ、スケールアップにおいては、大規模な容量であってもこれらが可能となるようにパラメータ等を最適化する必要がある。

## マイルストーン 2 : 塊肉

現状の多くの培養肉製品は、上述のような凝集肉・タンパク質加工食品であり、ステーキ肉のような立体構造を持った塊肉を培養・生産する技術は未だ開発途上にある<sup>29</sup>。

---

<sup>22</sup> Specht, L. (2019)

<sup>23</sup> Kolkman A. M. et al. (2020)

<sup>24</sup> New Harvest 社の HP を参照 : <https://www.new-harvest.org/serum-free-media-for-fish>

<sup>25</sup> Finless Foods 社の HP を参照 : <https://finlessfoods.com/>

<sup>26</sup> Aleph Farms 社の HP を参照 : <https://aleph-farms.com/>

<sup>27</sup> Moritz, Verbruggen, & Post (2015)

<sup>28</sup> Tom Ireland, The artificial meat factory – the science of your synthetic supper, BBC Science Focus Magazine (May 2019)

<https://www.sciencefocus.com/future-technology/the-artificial-meat-factory-the-science-of-your-synthetic-supper/>

<sup>29</sup> 開発に取り組む企業として、例えば以下。

日清食品「肉本来の食感を持つ「培養ステーキ肉」実用化への第一歩! 世界初 サイコロステーキ状のウシ筋組織の作製に成功」(2019年3月22日) <https://www.nissin.com/jp/news/7707>

動物の身体には様々な筋肉組織があるが（例えば、骨格筋は筋肉組織の束が非常に規則的に合わさった構造をしている）、こうした筋肉組織ごとに組織構造が異なっており、これが肉の噛みごたえなどの食感や味そのものに影響を及ぼす。したがって、培養肉でもこうした筋肉組織ごとの組織構造を再現することが必要となる。

筋肉組織を再現するための方法としては 2 つの方法が考えられる。第一に、培養の過程において、特定の構造を持った組織の成長を誘導するための足場を用いる方法、第二に、人の手によって細胞の配列を適切に制御する方法である。

第一の方法における「足場 (scaffolds)」とは、鋳型やメッシュのような形状の生体適合性のある構造のことを指し、これに細胞を固定して培養することで、意図した特定の構造を持った組織に成長させることができる。

この方法を用いる際の課題は、栄養が細胞全体に行き渡らないことである。すなわち、細胞培養過程では、細胞は厚さ数ミリメートルの層の組織を形成するところ、培地の栄養は培地と触れている組織の表層にのみ浸透するため、培地に触れない組織内部の細胞は栄養の欠如によって死滅してしまう。細胞全体に栄養を行き渡らせるためには、筋肉組織の厚さを約 100~200 $\mu\text{m}$  に制限する必要がある<sup>30</sup>。

培養する組織の厚さに限界があるという問題は、足場をバイオリアクターの中に固定し、栄養が循環している環境内で細胞培養することで解決できる可能性がある。もっとも、循環によるせん断力で細胞が死滅する可能性があるなど<sup>31</sup>、別の問題も発生する。

また、足場に使用される材料も問題となる。すなわち、チタンなどの非食用素材は組織の構造を支える上で非常に有用であるが、これを使用した場合には組織を足場から引き剥がすための工程が必要となる。こうした手間を回避するためには、十分な強度を持ちながらも食用が可能な足場を開発する必要がある<sup>32</sup>。

第二の方法は、手で細胞を適切に配置する方法である。代表的な技術としては 3D プリント技術があげられる。この技術を用いることで、小規模ではあるが薄い筋肉組織の生産に成功した例<sup>33</sup>や宇宙ステーションで筋肉組織の生産に成功した例<sup>34</sup>などがある。

なお、3D プリント技術を用いる場合でも、栄養が細胞全体に行き渡らない、あるいはプリントされた構造を支持するための強度が不十分であるという技術的課題がある。

---

<sup>30</sup> Datar, I., & Betti, M. (2010)

<sup>31</sup> Rebello, A. S. et al. (2019)

<sup>32</sup> Enrione, J. et al. (2017)

<sup>33</sup> Aleph Farms 社のホームページ参照 : <https://aleph-farms.com/>

<sup>34</sup> Bloomberg News: Startup Hitches Ride on ISS to Make Space Meat, <https://www.bloomberg.com/news/articles/2019-10-07/startup-aleph-farms-hitches-ride-on-iss-to-make-space-meat>

### マイルストーン 3 : デザイナー・ミート

ここでのデザイナー・ミートとは、遺伝子編集技術を用いて望ましい形質が発現するよう改変した幹細胞・筋細胞などを培養することによって得られた肉などが想定されるほか、概念的には脂肪分調整や添加物質の工夫による栄養調整肉なども含まれる。脂肪分の調整などは上述の塊肉の開発においても重要な役割を果たすことから、デザイナー・ミートの開発は、塊肉の研究開発と同時に進展すると考えるべきである。

こうした肉の性質の改変は、脂肪分やアレルゲンなどの除去などによって、健康リスクを低減するだけでなく、味や食感などの調整を通じて、消費者の多様な嗜好に合わせた肉を提供することも可能にする。遺伝子編集技術を用いたデザイナー・ミートの開発は、味や食感に関係する形質に関わる遺伝子を特定することによって可能になると考えられる<sup>35</sup>。

---

<sup>35</sup> Pigliucci, M. (2010)

### 第3章 想定される社会的影響・課題

培養肉生産がもたらす社会的影響・課題として、以下のようなものがある（表 3.1）。

|           | Benefit   | Risk  |
|-----------|---|---|
| 1. 環境     | <ul style="list-style-type: none"> <li>1. 温室効果ガスの排出削減</li> <li>2. 水の消費量削減</li> <li>3. 土地の使用量削減</li> <li>4. 土壌・水質汚染の回避</li> <li>5. 生物多様性の保護</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・培養肉生産のエネルギー消費<br/>(エネルギー供給に伴う CO<sub>2</sub>排出)</li> <li>・循環型農業との両立性</li> <li>・畜産が維持する生態系の消滅</li> </ul> |
| 2. 動物倫理   | <ul style="list-style-type: none"> <li>1. 家畜の苦痛の回避</li> <li>2. 屠畜の回避</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・動物支配構造の強化</li> <li>・肉食の悪徳さ</li> </ul>   |
| 3. 食料問題   | <ul style="list-style-type: none"> <li>1. 食料危機への解決策</li> <li>2. 食料安全保障への貢献</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・途上国の国内農業への打撃</li> <li>・電力供給システムへの依存</li> <li>・知財や貿易交渉などの不確実性</li> </ul>                                 |
| 4. 安全性・健康 | <ul style="list-style-type: none"> <li>1. 食中毒・感染症の回避</li> <li>2. 栄養調整、デザイナー・ミート</li> </ul>  |   |
| 5. 経済     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・知識経済、イノベーション</li> <li>・消費者の厚生</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・従来型畜産業への打撃</li> <li>・飼料作物農家への影響</li> <li>・副産品の供給減少</li> </ul>   |
| 6. 社会の受容  |   |   |
| 消費者の受容    | (動物福祉、環境負荷の軽減など)  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・不自然さ</li> <li>・安全性に対する懸念</li> <li>・味や食感、価格に対する疑問</li> </ul>   |
| 社会の認識     | 5つの対立軸をめぐる見解の対立<br>(環境保護、動物福祉、正義と公平の促進、自然さ、資源配分)  |   |
| 倫理的問題     | (動物福祉、環境負荷の軽減)  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・「被害者なきカニバリズム」</li> <li>・社会階層間、国家間の格差</li> </ul>   |
| 宗教・食文化    | ・宗教的禁忌の回避   | ・食料生産における自然の疎外  |
| 7. 法制度    |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・食品衛生法、食品表示法などとの<br/>レギュラトリーギャップ</li> </ul>  |
| 8. その他    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・宇宙などでの利用</li> <li>・絶滅危惧種などの食用</li> </ul>  |   |

表 3.1 培養肉生産がもたらす社会的影響・課題<sup>36</sup>

<sup>36</sup> 項目を分類する際に参考にしたレビュー論文として、Arshad et al. (2017), Bhat, Kumar, & Bhat

## 第1節 環境

### Overview

- ・培養肉は、①温室効果ガスの削減、②水の消費量削減、③土地の使用量軽減、④土壌・水質汚染の改善、⑤生物多様性の維持といった点で、より環境負荷の小さい食肉供給方法となりうる。
- ・ただし、現在の時点では、環境負荷の予測に影響を与える要素について不確実なものが多く、培養肉技術の運用やそれを取り巻く社会システムによっては、こうした培養肉の利点を生かせるか不透明である。

### 温室効果ガス

世界全体の畜産から発生する温室効果ガスは、1年にCO<sub>2</sub>換算で7.1ギガトンとされ、これは人為起源の温室効果ガス排出量の14.5%を占める<sup>37</sup>。畜産に係る温室効果ガスの排出は主に、反芻動物の腸内発酵（げっぷ）によるメタン排出、家畜の糞尿から発生するメタンや亜酸化窒素の排出、放牧地や飼料生産への土地転換によるCO<sub>2</sub>排出、施肥による亜酸化窒素排出、肥料製造やトラクターの使用、輸送などによる化石燃料消費に伴うCO<sub>2</sub>などにより構成される<sup>38</sup>。ただし、これらは乳牛・採卵鶏によるものも含む。

培養肉生産は生体の家畜をほとんど使用しないため、家畜由来の温室効果ガスや飼料作物の調達による温室効果ガスの排出を伴わない。したがって、肉牛など食用に飼養される家畜を培養肉に代替することで、畜産による環境負荷を大きく軽減できる可能性がある。

もっとも、温室効果ガスの排出量につき、培養肉が本当に優位であるかは必ずしも明らかではないとの指摘がなされている<sup>39</sup>。すなわち、培養肉生産は培養過程における温度維持に多くのエネルギーを必要とするところ、エネルギー供給の大部分を火力発電に依存する場合には間接的に温室効果ガスを排出することになる。さらに、火力発電により排出されるCO<sub>2</sub>は、メタンなどと比較して長期間大気中に滞留するため、長期的にはより大きな温室効果を持つ可能性があることも指摘されている。（図3.1参照）

こうした温室効果ガスの排出量予測については、培養肉技術自体に発展の余地があるほか、これを支える電力供給システム、比較対象とする畜産システムの選択など、不確実要素が多く、これらの要素によっては予測結果が大きく異なる。したがって、現在の時点では、培養肉生産が温室効果ガスの削減に貢献するかは未だ不透明である。

(2017), Bhat, Kumar, & Fayaz (2015), Bonny, Gardner, Pethick & Hocquette (2015), Chriki & Hocquette (2020), Hocquette (2016), Kadim et al. (2015), Rorheim, Mannino, Baumann & Caviola (2016), Stephens et al. (2018), Stephens, King, & Lyall (2018), Woll & Böhm (2018)

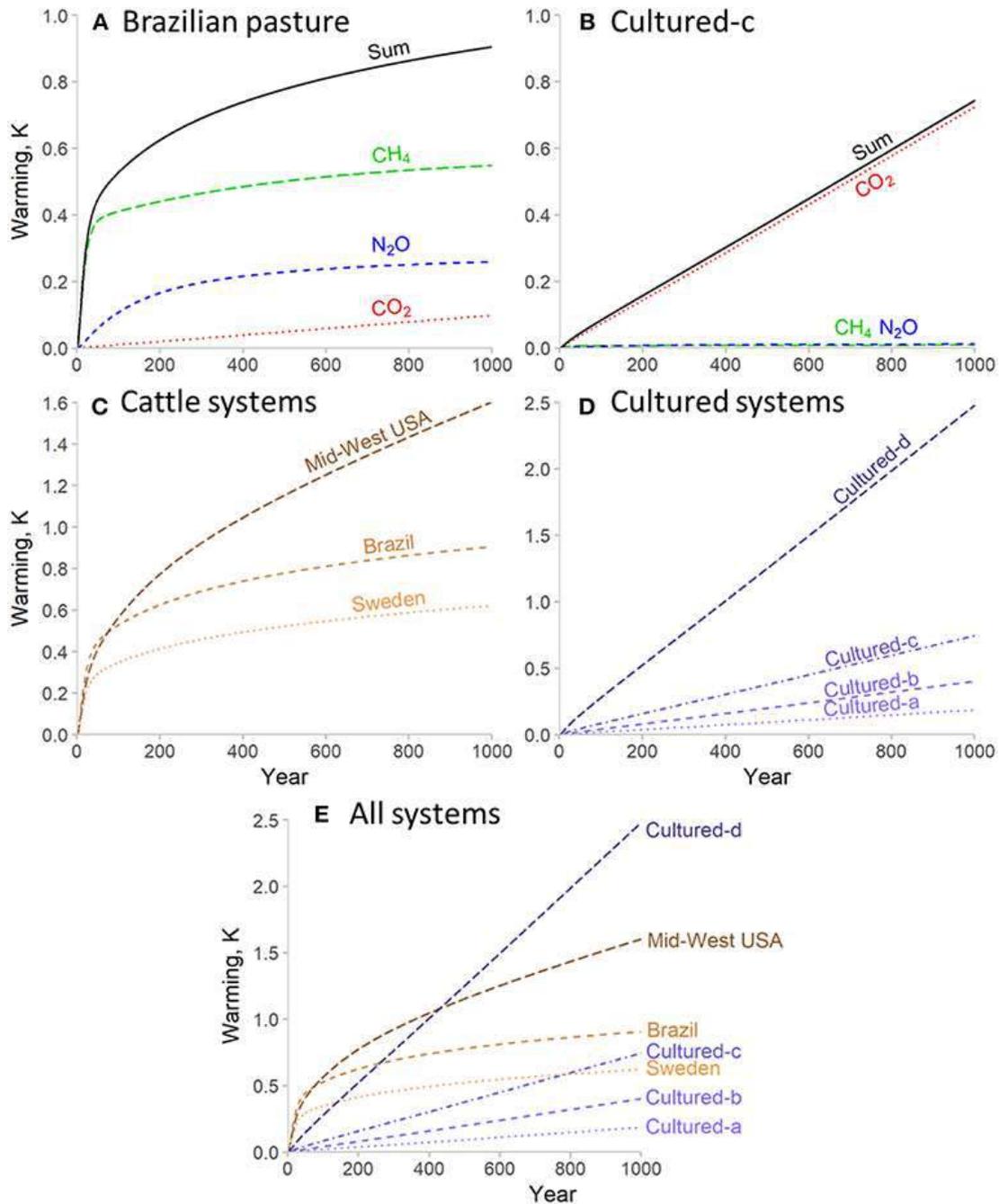
<sup>37</sup> FAO (2006) “Livestock’s long shadow; environmental issues and options”

<http://www.fao.org/3/a0701e/a0701e.pdf>

<sup>38</sup> *ibid.*

<sup>39</sup> Lynch and Pierrehumbert (2019)

## Perpetual consumption



**Figure 1.** Warming impact for perpetual consumption at very high rates (250 Mt per year) for beef cattle and cultured meat production systems for 1,000 years. (A,B) illustrate the individual and combined warming impact of separate greenhouse gases for representative beef cattle (A) and cultured (B) systems. (C–E) show total warming impacts for all systems.

(Lynch and Pierrehumbert (2019))

図 3.1 牛肉消費が持続した場合の、各畜産システム・培養肉生産の温室効果の比較

## 水の消費量

現在、農業分野は地球上の淡水利用の約 92%を占めており、そのうち約 29%は畜産による水消費が占めている<sup>40</sup>。1996～2005 年にかけての畜産の水の消費量は、1 年当たり 2422Gm<sup>3</sup>（グリーンウォーター：87.2%、ブルーウォーター：6.2%、グレーウォーター 6.6%）であり、そのうち 98%が飼料生産に使用されている<sup>41</sup>。また、各品目にみた場合、1kg の食肉を作るのに必要な水の量は、牛肉が 550L、豚肉が 459L、鶏肉が 313L（いずれもブルーウォーター換算）とされる。（図 3.2 参照）

培養肉生産は家畜および飼料作物をほとんど必要としないため、従来の畜産と比べて水の消費量を削減できるとされ、2011 年時点での試算では、水の消費量を 82～96%削減できる（1000kg の培養肉生産に 367～521m<sup>3</sup>の水を消費する）とされている<sup>42</sup>。ただし、温室効果ガスの排出量予測と同様に、こうした想定も前提条件に大きく依存しており、これらの試算に限った場合でも、培養に要する期間や最終的な肉の大きさなどが比較的小さく想定されている点に注意する必要がある<sup>43</sup>。

| Product | Average <sup>2</sup> green water use, L/kg | Average blue water use, L/kg | Range of blue water use, <sup>3</sup> L/kg |
|---------|--|------------------------------|--|
| Beef    | 14,414                                     | 550                          | 0 to 1,471                                 |
| Pork    | 4,907                                      | 459                          | 205 to 3,721                               |
| Chicken | 3,545                                      | 313                          | 24 to 995                                  |
| Eggs    | 2,592                                      | 244                          | 24 to 1,360                                |
| Milk    | 863  | 86                           | 0 to 147                                   |

<sup>1</sup>Data from Mekonnen and Hoekstra (2010).

<sup>2</sup>Average = weighted average for 7 countries (Australia, Brazil, China, India, the Netherlands, Russia, United States) and 3 systems (grazing, mixed, industrial).

<sup>3</sup>Range = least to greatest footprint among the 21 countries or systems.

(Doreau, Corson & Wiedemann (2012))

図 3.2 食肉 1kg の生産に要する水の消費量

<sup>40</sup> Hoekstra & Mekonnen (2012)

<sup>41</sup> Mekonnen & Hoekstra (2012)

<sup>42</sup> Tuomisto & Teixeira De Mattos (2011)。加えて、Tuomisto & Haastrup (2014)は、より限定的なシナリオの下でのブルーウォーターの使用量を測定している。

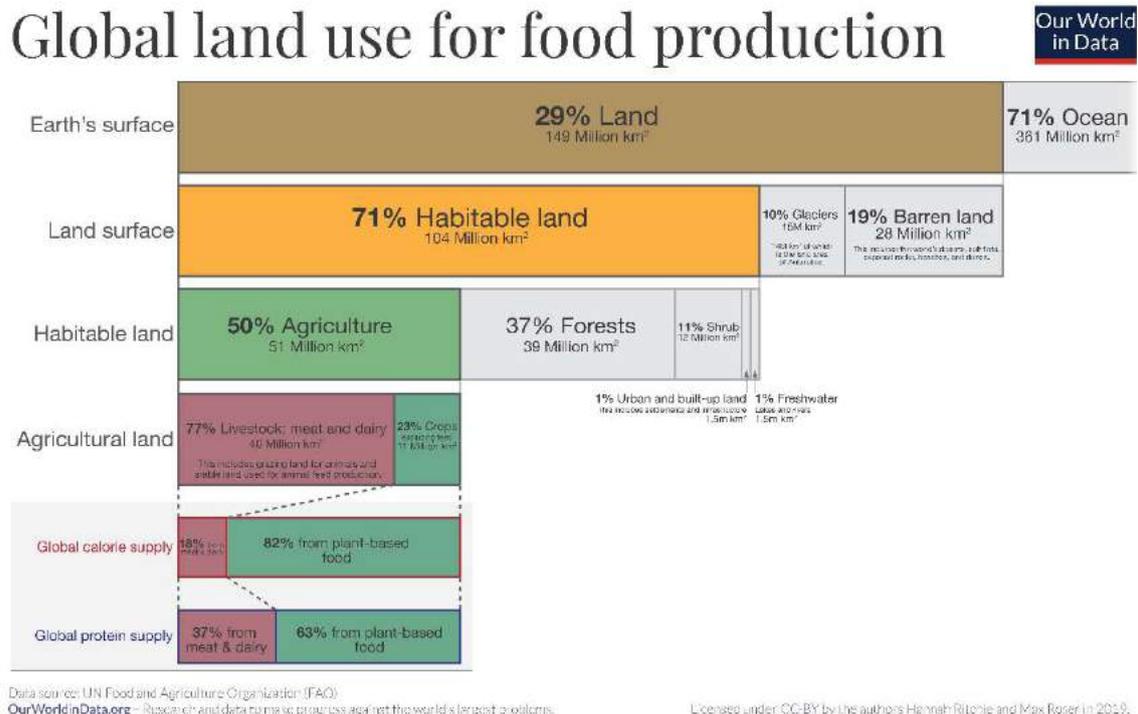
<sup>43</sup> Tuomisto (2019)

## 土地の使用量

現在、農業に使用されている土地は地球全体で 5100 万 km<sup>2</sup> であり、このうち 77% である約 4000 万 km<sup>2</sup> が畜産（飼料作物の生産含む）によって使用されている。（図 3.3 参照）

培養肉は家畜および飼料作物をほとんど利用しないため、食肉生産に係る土地の使用量を大幅に削減できる可能性がある。Tuomisto (2011) は、従来型の畜産と比較して、培養肉生産は土地使用量を 99% 削減できると試算している。

ただし、現在の飼料生産に必要な 2.5 億 ha の土地のうち 1.3 億 ha は耕作不能な草地であって、これらは家畜のみが利用できるものであり、それゆえ単純な比較は培養肉生産の土地効率を歪めて評価する恐れがあると指摘される<sup>44</sup>。また、培養肉生産への転換によって余剰の土地が生じた場合、これらの土地をエネルギー生産に利用できる可能性がある一方、同土地で集約的作物生産を行った場合には環境に対する負の影響が生じる恐れがあるなど<sup>45</sup>、余剰の土地をどのように利用するかが環境負荷に重要な影響を与える点にも注意を要する。

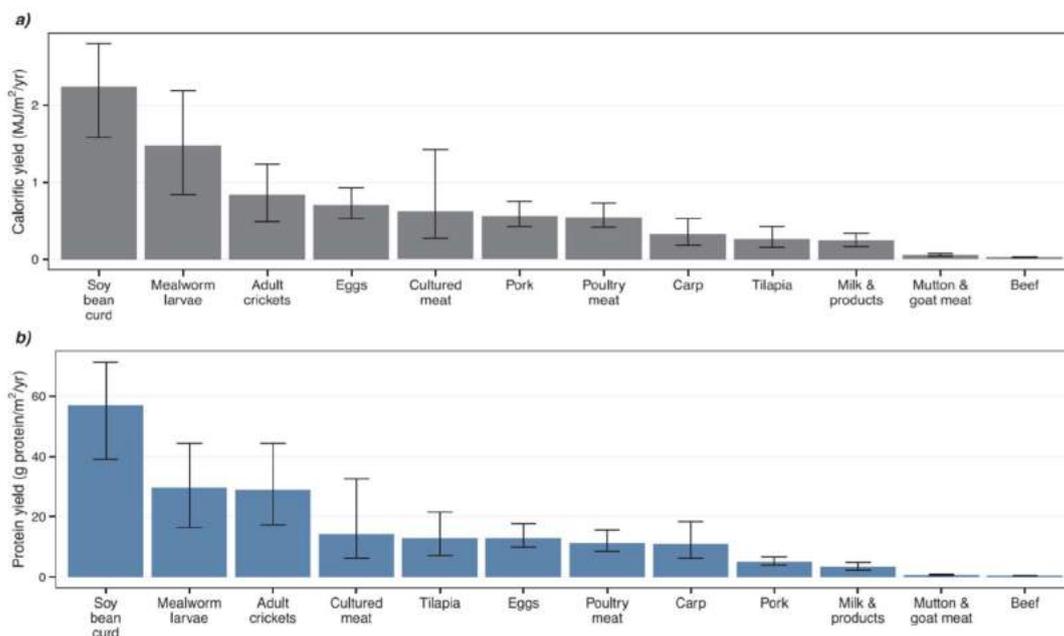


(Our World in Data : <https://ourworldindata.org/global-land-for-agriculture> )

図 3.3 地球上の土地利用量に占める農業・畜産分野の割合

<sup>44</sup> Mottet et al. (2017)

<sup>45</sup> Tuomisto (2019)



(Alexander et al. (2017))

図 3.4 代替的食料源の農地 1m<sup>2</sup>当たりの (a) カロリー供給量、(b) タンパク質供給量

### 土壌汚染・水質汚染

家畜が排泄する糞尿には窒素、リン、重金属、場合によっては抗生物質が含まれており、野積みや堆肥などを通じて水質・土壌を汚染しうる。また、飼料の生産過程で利用する農薬や肥料によっても同様の水質・土壌汚染が生じるほか、化学肥料の製造に伴うアンモニアの排出を通じて酸性雨が発生し、さらに土壌・水質汚染を惹起するなど、畜産および飼料作物生産は土壌・水質汚染の一要因となっていると指摘されている<sup>46</sup>。こうした環境汚染はさらに森林の枯死や水域の富栄養化などの要因となり、間接的に生態系・生物多様性に悪影響を及ぼすと考えられる。

こうした、家畜・飼料作物生産に由来する土壌・水質汚染も、培養肉技術による代替によって回避可能であるとされる。なお、培養肉は化学製品を用いる工業的なプロセスによって生産されるため、工業廃水による土壌・水質汚染の可能性も排除はできないものの、適切な管理体制によってこうした問題はほとんど回避できるとされる<sup>47</sup>。

一方、家畜の糞尿は窒素、リンなどを含むものの、これらは土地の炭素量や肥沃度を維持するうえで重要な役割を果たしている点に注意を促す見解<sup>48</sup>がある。

<sup>46</sup> Bhat et al. (2017) p.783, Rorheim et al. (2016)

<sup>47</sup> Chriki & Hocquette (2020) p.4

<sup>48</sup> ibid.

## 生物多様性

畜産による温室効果ガス排出とそれに伴う気候変動、飼料作物生産への土地転換に伴う森林の消失、糞尿や農薬利用による土壌・水質汚染・酸性雨などは、地域や地球規模の生態系に深刻な影響を与え、生物多様性が回復不可能なレベルで損なわれる可能性がある。生物多様性というマクロレベルの環境問題は畜産システムのみには帰責できるものではないものの、培養肉の受容においては、こうした問題につながる点にも留意する必要がある。

一方、培養肉生産による代替は、場合によっては生物多様性のリスクとなり得るという指摘もなされる。すなわち、現在の畜産は極めて多様な形態・環境で行われているところ、地域によっては大規模放牧による生態系の維持が困難になるほか、地域的な希少家畜の消滅や、高地の森林化（景観への悪影響）が生じるなど、畜産によって維持される生態系・生物種が消滅する恐れがあるとの懸念が挙げられている<sup>49</sup>。

---

<sup>49</sup> Tuomisto (2019) pp.4-5

## 第2節 動物倫理

### Overview

- ・現在の畜産においては、過酷な飼育環境によって家畜に深刻な苦痛が生じている場合がある。
- ・動物倫理の観点からは、苦痛を感じる能力や権利の資格という点において人間と動物の間に重要な違いがないことから、動物にのみこうした取扱いをすることは不正であるとみなされうる。
- ・培養肉は家畜個体を直接の食肉供給源としないため、家畜の苦痛や屠殺を回避しうる。この点において、動物倫理の主要な立場からは、培養肉の生産・消費は肯定的にとらえられる。
- ・もっとも、一部の立場からは、動物搾取の構造の強化する点などにつき批判がなされる。

### 現在の畜産の問題

日本の肉牛・豚・鶏（ブロイラー）の畜産慣行のうち、動物倫理の観点から問題視されるものとして、以下のものがある。

肉牛に関しては、牛の移動や調教に使用する鼻環の装着および牛・人間の怪我を予防するための除角が、牛に苦痛を生じさせる要因として挙げられる。この点につき、畜産技術協会による2014年のアンケート調査において、除角を行っていると回答した農家（全体の59.5%）のうち、麻酔を使っていないと回答した農家は79.4%を占めたという結果がある<sup>50</sup>。もっとも、除角によるストレスは月齢・年齢によって異なることや、2017年の調査において、「(除角を)可能な限り苦痛を感じさせない方法で実施している」と回答した農家が全体の66.8%を占めていること<sup>51</sup>などから、実際の実施状況は必ずしも明らかではない<sup>52</sup>。また、肉牛の肥育に関しては、脂肪交雑（いわゆる「霜降り肉」の形成）を目的とした運動制限やビタミンコントロール<sup>53</sup>などの肥育方法が問題視される<sup>54</sup>。

豚に関しては、母豚に対する妊娠ストールの使用、歯切り、断尾、去勢の慣行が問題として挙げられる<sup>55</sup>。妊娠ストールは、母豚の管理の効率化のために使用される小型の檻を

<sup>50</sup> 畜産技術協会「肉用牛の飼養実態アンケート調査報告書」（平成27年3月）pp.18-20

[http://jlta.lin.gr.jp/report/animalwelfare/H26/factual\\_investigation\\_beef\\_h26.pdf](http://jlta.lin.gr.jp/report/animalwelfare/H26/factual_investigation_beef_h26.pdf)

<sup>51</sup> 畜産技術協会「アニマルウェルフェアの考え方に対応した肉用牛の飼養管理指針チェックリストに関するアンケート調査結果」（平成29年3月）p.3

[http://jlta.lin.gr.jp/report/animalwelfare/H28/factual\\_investigation\\_cattle\\_h28.pdf](http://jlta.lin.gr.jp/report/animalwelfare/H28/factual_investigation_cattle_h28.pdf)

<sup>52</sup> 2014年と2017年の調査につき、その間の飼養管理指針改訂に伴って質問項目や回答方法に大幅な変更が生じており、調査結果の単純な比較ができない。さらに、2017年調査においては「苦痛を感じさせない方法」が明確でなく、2014年調査に比べて詳細な実施形態が不透明な点にも留意する必要がある。

<sup>53</sup> ビタミンAの欠乏による失明などの恐れがある。（畜産技術協会「ビタミンAのコントロールを用いた効率的肥育技術 Q&A Vol. 2」p.26 [http://jlta.lin.gr.jp/report/detail/pdf/kokunai\\_h016-1520.pdf](http://jlta.lin.gr.jp/report/detail/pdf/kokunai_h016-1520.pdf)）

<sup>54</sup> 枝廣（2018）p.27

<sup>55</sup> 同 pp.15-19

指し、60～70cm×2～2.1m という狭小な環境に母豚を閉じ込めて管理する点が問題視される。また豚の怪我を予防するための犬歯切除、尾かじり防止のための断尾、性行動予防などのための去勢は、それが麻酔なしで行われる場合に深刻な苦痛を生じる。

2018年の調査<sup>56</sup>では、妊娠ストールを常用している農家は全体の91.6%であり、そのうち群飼養（＝妊娠ストール使用の廃止）を検討すると回答した農家は10.0%にとどまっている。また、同調査では、歯切りにつき63.6%、断尾につき82.2%、去勢につき99.3%の農家がこれを実施していると回答している。もっとも、同調査や畜産技術協会による2017年の調査<sup>57</sup>からは、麻酔の使用の有無など詳細な実施形態は明らかでない。

鶏（ブロイラー）に関しては、過密飼育、過剰な成長促進による歩行困難、暗期の剥奪などの問題が指摘される<sup>58</sup>。過密飼育は、それ自体が鶏に対してストレスを与えるだけでなく、地面の衛生状態を悪化させ鶏の足に炎症を起こす恐れがある点も問題とされる。

2014年の調査によると、ブロイラーの平均飼育密度（出荷時）は1坪あたり52.55羽（約15.89羽/m<sup>2</sup>）であり、重量ベースでは、平均154.30kg/坪（約46.67kg/m<sup>2</sup>）であると報告されている<sup>59</sup>。また、品種改良によって成長速度が加速されたことにより、腰やひざの関節がその体重を支えきれず、歩行困難に陥る個体が存在するという指摘もある<sup>60</sup>。加えて、餌の摂取を促進することを目的として暗期を十分に設けない飼育方法が広く行われており、上記調査では、「暗期を設定していない」と回答した農家は、全体の68.1%を占めている。

### 従来型畜産に対する動物倫理からの批判

現在の畜産に対する批判には、動物倫理の観点から、2つの主要な立場がある<sup>61</sup>。（その他の立場からの批判については次項で取り上げる。）

第一の立場は、アニマル・ウェルフェアである。この立場は、畜産において生じる動物の苦痛（幸福）を問題とする。アニマル・ウェルフェアとは概ね、動物の生理的・必要および種固有の行動の要求を充足する畜産の在り方を目指す考え方として説明することができ

<sup>56</sup> 日本養豚協会「平成30年度 養豚農業実態調査報告書」pp.49-50

<https://jppa.biz/zius/wp-content/uploads/2019/10/20190520.pdf>

<sup>57</sup> 畜産技術協会「アニマルウェルフェアの考え方に対応した豚の飼養管理指針チェックリストに関するアンケート調査結果」（平成29年3月）pp.4-5

[http://jlta.lin.gr.jp/report/animalwelfare/H28/factual\\_investigation\\_pig\\_h28.pdf](http://jlta.lin.gr.jp/report/animalwelfare/H28/factual_investigation_pig_h28.pdf)

<sup>58</sup> 枝廣（2018）pp.8-12

<sup>59</sup> 畜産技術協会「ブロイラーの飼養実態アンケート調査報告書」（平成27年3月）p.11

[http://jlta.lin.gr.jp/report/animalwelfare/H26/factual\\_investigation\\_blo\\_h26.pdf](http://jlta.lin.gr.jp/report/animalwelfare/H26/factual_investigation_blo_h26.pdf)

<sup>60</sup> 岡田千尋『日本で「ニワトリ」はこんな風に殺されている…知られざる現実』（2019年12月12日）

<https://gendai.ismedia.jp/articles/-/68975?page=2>

<sup>61</sup> 動物倫理における様々な立場については、伊勢田（2008）、Stephens G. Post（編）『生命倫理百科事典』邦訳第IV巻「動物の福祉と権利」などが詳しい。

る<sup>62</sup>。社会的取り組みとしてのアニマル・ウェルフェアは、英国議会が立ち上げた専門家委員会によるブランベル報告書（1965年）を契機とする。ここで提唱された動物福祉のための「5つの自由」は、以後、修正などを加えながら、アニマル・ウェルフェアの取り組みにおける中心的な原則となっている。現在では、EU指令や各国法令および国際獣疫事務局（OIE）の指針などを通じて、各国での対応が進められている。日本においては、平成23年に畜産技術協会によって、畜種ごとの「アニマルウェルフェアの考え方に対応した飼養管理指針」が策定・公表されており、以後、数度にわたる改訂や、農林水産省による普及の取り組みなどがなされている<sup>63</sup>。

アニマル・ウェルフェアは、理論的には、倫理学における功利主義を基礎とする立場として整理できる<sup>64</sup>。功利主義は概ね、「正しい行為とは社会全体の幸福を増大する行為であり、不正な行為とは社会全体の幸福を減少させる行為である」という発想に基づく。動物倫理の文脈において、この立場は、苦痛や幸福を感じる能力を持つ点において人間と動物の間に重要な違いが存在しないことに着目する。すなわち、虐待などの行為が不正であるのは、それが社会全体の幸福を減少させる（苦痛を生じさせる）からだと考えるならば、それが人間に対するものであれ動物に対するものであれ、幸福を減少させている点で不正であることに変わりはないと考えるのである<sup>65</sup>。

この立場から現在の畜産を見た場合、上述のような集約的畜産により家畜に深刻な苦痛が生じている点が問題とされる。

培養肉技術を用いた食肉生産では、家畜個体を直接の食肉供給源としないため、上記の畜産慣行のうち、生産効率の向上を目的とするもの（過密飼育など）は不要となる。また、脂肪分調整や「サシ」の形成は培養過程において操作できると指摘されており<sup>66</sup>、ビタミンコントロールなどの品質管理を目的とする畜産慣行の一部も不要になると考えられる。したがって、培養肉生産によって食肉生産を代替することにより、苦痛を被る家畜個体を減少させることは可能であると考えられる。

---

<sup>62</sup> アニマル・ウェルフェアの概念がどのようなものであるか／あるべきかについては議論がある。この点につき、佐藤、森（2009）第2章を参照。なお、同書籍は、アニマル・ウェルフェアについて最もよくまとまった日本語文献として非常に有用である。

<sup>63</sup> 農林水産省 HP「アニマルウェルフェアについて」

[https://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/animal\\_welfare.html](https://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/animal_welfare.html)

<sup>64</sup> 社会的取り組みとしてのアニマル・ウェルフェアは、必ずしも倫理的な理由のみに基づくものではなく、集約的畜産をもたらす健康リスクや環境負荷に対する懸念からも支持される。もっとも、ここでは倫理的な側面に限定して説明を行う。

<sup>65</sup> これは、人間に対する虐待の例を考えると分かりやすい。例えば、特定の人種・性別の人間に対してなら虐待を行ってよいと考えるのは明らかに不正であるが、こうした直観は、苦痛を与えるという行為にとって人種や性別という要素が重要な違いではないことを示している。一方、無機物（例えば岩など）に対して虐待を行ってよいと考えるのは明らかに不正ではない（あるいはナンセンスである）。こうした判断の違いは、通常我々が道徳的判断を行うとき、相手の受苦能力や欲求の有無を重要な要素として考え、むやみに苦痛を生じさせたり欲求に反する取り扱いを行ったりすることは不正であると考えていることを示唆している。そうであれば、人間と同様に（少なくともある程度は）苦痛の感覚や欲求を持つであろう動物に対して、それに反する取り扱いを行うことは不正であることになる。

<sup>66</sup> LINK-J「大規模細胞培養による細胞農業を創るインテグリカルチャー社」（2020年2月）

<https://www.link-j.org/interview/post-2596.html>

第二の立場は、アニマル・ライツである。この立場は、動物の（道徳的）権利、またはこれに対応する人間の動物に対する義務の存在を主張し、現在の畜産がこれを侵害している点を問題にする。社会運動としてのアニマル・ライツは1970年代に勃興し、アニマル・ウェルフェアの拡大における理論的支柱となったが、その要求は必ずしもアニマル・ウェルフェアのそれと一致しない<sup>67</sup>。

アニマル・ライツは、典型的には、倫理学における義務論を理論的な基礎とする立場である<sup>68</sup>。義務論は、（行為の結果ではなく）行為それ自体が一定の道徳的義務に適っているかどうかを問題とする立場であり、典型的には「他人を単なる手段として扱ってはならない（相手が認めないような目的のためにその人を利用してはならない）」という命令や、より直接的には「害をなしてはならない」などの命令を義務として認める。義務論からとらえた場合の「（道徳的）権利」とは、これらの義務に対応して「単なる手段として扱われない権利」や「害をなされない権利」といった形で成立するものと説明することができる。義務論は、こうした権利の主体としての地位が認められるかどうかにつき、理性の使用や心的能力の具備など一定の基準を設けることが典型的である。動物に権利を認めるかどうかについては、義務論の中でもこれを認めない立場が存在するものの、これを認める立場は、感覚能力や心的能力など、権利享有の基準となりそうな一連の条件が一部の動物にも当てはまることをその根拠とする<sup>69</sup>。こうした立場からは、動物は何らかの意味で尊重に値する権利の主体と認めるべきことになる。

この立場から畜産を見た場合、典型的には、家畜の単なる道具化が問題となる。すなわち、人間の肉食習慣継続の手段として個々の家畜が飼育され、殺される点が道徳的に不正と評価されうる。したがって、この立場からは、上述の畜産慣行だけでなく、屠畜そのものも道徳的に正当化されないと評価されることになる。

こうした観点から培養肉を見た場合、どのように評価されるか。家畜の個体それ自体を直接の食肉供給源とせず、理論上は屠畜をも必要としない<sup>70</sup>ことから、培養肉生産は義務論の観点からも望ましい畜産形態に思える。もっとも、義務論は、あくまで動物の単なる手段化を問題とする。したがって、培養肉生産のために細胞を採取する行為であっても、その個体を単に食肉供給の手段として扱うものである限りは倫理的に許されないと評価す

---

<sup>67</sup> 1970年代以降における社会運動としての動物の権利論（または動物解放論）は、様々な倫理理論を基礎とする立場による、畜産に対する一連の異議申立てとすることができる。ただし、ここでは簡明のため、理論としての動物の権利論に限定している。

<sup>68</sup> 厳密には、アニマル・ライツを支持する立場は必ずしも義務論に限られない。例えば、功利主義の立場からも、それが動物の福利を増大させる限りで、動物に権利を認めることは支持されうる。もっとも、功利主義における権利は本来的価値をもたないとされることなどから、ここでは義務論を想定している。

<sup>69</sup> あるいは、「理性の使用」など、より限定的な条件を課す場合には、乳幼児や重度の認知症患者など一部の人間も権利の資格を持たないことになってしまう。こうした限界事例や「種差別」をめぐる議論は、義務論に限らず問題となる。種差別や倫理の境界線に関する議論については、伊勢田（2008）を参照。

<sup>70</sup> もっとも、幹細胞を採取する最も効率的な方法は依然として屠畜を必要とすると指摘される。

Collins, N. (2012). Test tube hamburgers to be served this year. *The Telegraph*, 19, 349  
<https://www.telegraph.co.uk/news/science/science-news/9091628/Test-tube-hamburgers-to-be-served-this-year.html>

ることになる。しかし、大量の家畜が問題のある仕方で飼育・屠畜されている現在の畜産慣行と比較した場合、こうした倫理的瑕疵はほとんど無視できるといえる<sup>71</sup>。

以上のように、アニマル・ウェルフェア（功利主義）およびアニマル・ライツ（義務論）の立場からは、培養肉はより倫理的に好ましい畜産を実現しうるものとしてとらえられる<sup>72</sup>。

### 培養肉生産に対する動物倫理からの批判

従来型の畜産に対しては、上記以外の倫理的立場からも批判がなされるところ、こうした立場からは培養肉生産がその解決策になっていないと批判する見解がある。（なお、動物倫理に関わらない倫理的問題は、第6節で改めて取り上げる。）

まず、徳倫理の立場から、培養肉生産は自然からの疎外を生じさせるほか、それが動物を味覚の手段として用いる態度や味覚への執着に支えられており、節制などの美德を墮落させるものであるとして、これを批判する見解がある<sup>73</sup>。

また、動物解放論の観点から、培養肉技術がより巧妙な仕方で動物を搾取するという暴力性を持つことを指摘し、人間と動物の間にある非対称な権力構造を再強化するとして、培養肉生産を批判する見解も存在する<sup>74</sup>。

さらに、エコフェミニズムの立場からも、これと同様の批判として、食肉と家畜の間の視覚的・認知的な断絶をさらに助長し、肉中心的な文化規範など、動物搾取を支えている価値観・信念をむしろ強化してしまうという見解が提出されている<sup>75</sup>。

もともと、これらの批判に対しては反論も提出されているところ<sup>76</sup>、いずれの論証も成功しているかは明らかでなく、こうした主流派以外の立場からは、培養肉の倫理的評価は必ずしも明確であるとはいえない。

現在、アニマル・ウェルフェアの考え方は畜産における実践に反映されつつあり、社会への浸透が一定程度進行しているといえる。もともと、アニマル・ウェルフェアの考え方自体がそうであったように、今後の社会の発展に従って、さらに動物に関する社会の倫理観が進歩する可能性がある。現在、培養肉は従来型畜産に対するより良い倫理的選択肢として提示されることが一般的であるが、今後、アニマル・ライツやその他の立場から培養肉の倫理的評価が再検討される可能性がある。

---

<sup>71</sup> Chauvet (2018)

<sup>72</sup> 功利主義、義務論（または動物の尊厳）の観点から培養肉を検討し擁護するものとして、Pluhar (2010)、Chauvet (2018)、Schaefer & Savulescu (2014)

<sup>73</sup> Alvaro (2019)

<sup>74</sup> Poirier & Russell (2019)

<sup>75</sup> Lee (2018)

<sup>76</sup> 培養肉が食物としての肉概念を強化することへの懸念や、人間・動物間のヒエラルキーを強化するとの懸念につき、これを否定するものとして Milburn (2016)

## 第3節 食料問題

### Overview

- ・ 培養肉技術は、①世界的な食糧不足、②国内の食料安全保障、に対する解決策となりうる
- ・ ただし、いずれについても以下のような不確実な要素が存在する。
- ・ ①食糧不足につき、培養肉技術の生産能力や、解決策として適切かどうかが問題となる。
- ・ ②食料安全保障につき、原材料の自給、特許の取得、貿易交渉、将来における需給バランス、レジリエンスの評価が問題となる。

### 国際的側面：食料危機

2019年の国連の報告によると、世界の人口は2030年までに86億人、2050年に97億人、2100年には109億人に達すると予測されている<sup>77</sup>。特に、サブサハラ地域においては2050年までに人口が99%増加すると予測されるほか、人口増加の著しい9か国（インド、ナイジェリア、パキスタン、コンゴ民主共和国、エチオピア、タンザニア、インドネシア、エジプト、アメリカ）での増加が2050年までの人口増加の半分を占めるとされている。

また、農林水産省は、2050年の世界のGDPが225.85兆ドル（2010年比3.5倍）に達すると予測しているところ<sup>78</sup>、このうち、特に低所得国及び中所得国の増加が著しく、低所得国では2010年比の7.7倍、中所得国では4.1倍に増加することが推定されている<sup>79</sup>。

こうした世界的な人口増加と経済発展が予想されるなか、世界の食料需要量は2050年には58.17億トン（2010年比1.7倍）となることが予測されており、その中でも畜産物は13.98億トン（2010年比1.8倍）と増加率が高い<sup>80</sup>。

こうした世界的な畜産物の需要拡大を背景として、食肉・タンパク質性食品の供給が課題となっている。将来にわたる畜産物の供給能力が十分に拡大するかは必ずしも明らかではないものの<sup>81</sup>、畜産においては、高品質で手頃な価格の食品を、環境の面で健全で、社会的に責任があり、経済的に実行可能な形で生産しなければならないと指摘されるところ<sup>82</sup>、上述のような高い環境負荷や動物福祉などの問題を持つ従来型畜産（特に集約的畜産）によって食肉の生産量を拡大することには限界がある。

<sup>77</sup> UN (2019) “World Population Prospects 2019: Highlights”

[https://population.un.org/wpp2019/Publications/Files/WPP2019\\_10KeyFindings.pdf](https://population.un.org/wpp2019/Publications/Files/WPP2019_10KeyFindings.pdf)

<sup>78</sup> 農林水産省「2050年における世界の食料需給見通し」（令和元年9月）p.5

<https://www.maff.go.jp/j/press/kanbo/anpo/attach/pdf/190917-1.pdf>

<sup>79</sup> 同上

<sup>80</sup> 同資料 pp.10-11

<sup>81</sup> 2050年までの畜産物の生産量を予測するものとして、Our World in Data “Global meat projections to 2050” (<https://ourworldindata.org/grapher/global-meat-projections-to-2050>)

<sup>82</sup> Scollan et al. (2011)

こうした状況において、培養肉生産は、飼料作物生産や畜産に適した土地の確保を必要とせず、食肉を生産することができる技術として注目されており、今後の技術発展によって安価に大量生産が可能になれば、世界的な食料危機の解決に資する可能性がある。

ただし、培養肉技術が食料危機の解決策として適切かどうかは必ずしも明らかではない。すなわち、培養肉が食肉需要拡大に対応できるかは、その生産能力の規模や価格に依存するところ、培養肉が製品として市場に受け入れられ、その規模を拡大するかは不透明である（第5章参照）。また、代替的タンパク質食品としては培養肉のほかに、大豆ミートなどの植物性代替肉（Plant-Based Meat、以下「PBM」とする。）や昆虫食<sup>83</sup>があり、これらと比較した場合の培養肉の優位性はなお議論の余地がある。培養肉は従来の食肉に最も近いという点で他の代替食品にない特徴を持つものの、「タンパク質食品の供給」という観点から見る場合には、大豆などの植物性作物も含めた、より多様な選択肢との比較・評価が必要になると考えられる。

#### 国内的側面：食料安全保障

培養肉技術は、国内における肉類の食料自給率（ないし食料自給力）を向上させる可能性がある。

平成30年度の日本の肉類の食料自給率は、重量ベースで51%であり、輸入飼料に依存する部分を控除すると7%となる<sup>84</sup>。これを品目別に見た場合、牛肉が36%（10%）、豚肉が48%（6%）、鶏肉が64%（8%）である（カッコ内は輸入飼料分を控除したもの）。これらの割合はここ数年で大きく変化していないが、近年はそれに加えてアジア圏（特に中国）が牛肉・豚肉の輸入量を急速に増加させており、世界的な牛肉・豚肉の需給バランスに変化が生じている点が注目される<sup>85</sup>。

食料の安定供給確保を目指して、政府は、食料・農業・農村基本法に基づく基本計画を策定しており、畜産物の安定供給に関しても、同基本計画において政策の指針が策定されている。令和2年3月に閣議決定された第5次基本計画においては、畜産業に関して、繁殖雌牛の増頭や技術導入、経営資源の継承などを通じた生産基盤の強化と、それを支える

<sup>83</sup> 食料安全保障との関連でこれを紹介するものとして、FAO (2013) “Edible insects: Future prospects for food and feed security” (<http://www.fao.org/3/i3253e/i3253e.pdf>)

<sup>84</sup> 農林水産省 HP「食料自給率の推移」（平成30年度分）  
[https://www.maff.go.jp/j/zyukyu/zikyu\\_ritu/attach/pdf/012-14.pdf](https://www.maff.go.jp/j/zyukyu/zikyu_ritu/attach/pdf/012-14.pdf)

<sup>85</sup> 農林水産省「令和元年度 食料・農業・農村白書」pp.218-219  
[https://www.maff.go.jp/j/wpaper/w\\_maff/r1/pdf/zentaiban.pdf](https://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/r1/pdf/zentaiban.pdf)

飼料作物生産の推進などが中心的な政策として掲げられている<sup>86</sup>。もっとも、国内における飼料作物生産には限界があることや、参入障壁の高さなどに代表される畜産業固有の難点の存在など、従来型畜産のみによる自給率の向上には限界がある。

培養肉生産はごく少数の家畜によって成立するため、飼料作物や食肉の輸入に頼らない食肉供給が実現する可能性がある。また、培養肉生産がその規模を拡大させるかは不確実であるものの、培養肉技術それ自体は、農業資源、農業者、農業技術などを全て含めた潜在的な食料生産能力を維持・向上を目指す食料自給力の考え方<sup>87</sup>にも沿うものである。

培養肉技術が食料安全保障にいかに関与するかにつき、不確実な要素として以下の4つが考えられる。

第一に、培養肉生産に必要な材料を自給できるかどうかの問題となる。ここでの材料には、細胞株だけでなく、培地や生産設備なども含まれる。特に、培地の安定供給は培養肉生産に不可欠であることから、これらの安定供給の可能性まで含めた自給力の評価が求められる。

第二に、自国企業が基幹技術の特許を取得できるかも問題となる。これは、特許権者がどのように権利を運用するか（どのように特許権を行使するか）に、国内での培養肉生産が依存するためである。この点については、権利者が国内企業か外国企業かによって本質的な差異が生じるわけではないが、外国企業が特許を取得した場合には、より国際政治経済上のリスクが増大する点に留意する必要がある。なお、食肉は重要なタンパク質供給源であることから、食料生産を取り巻く社会状況によっては強制実施権の発動なども考えられるが、権利の安定性の観点からは望ましくないと思われる。

第三に、他国との食肉輸入量の合意や、関税交渉の結果によっては、外国産の食肉が依然として食肉供給の多くを占める可能性がある。培養肉による食肉供給の規模はその市場規模に大きく依存するが、外国産の食肉が依然として競争力を維持する場合、培養肉は食肉自給に貢献するだけの生産能力を備えられない可能性がある。

第四に、現在および今後の食料自給政策が今後数十年にわたってどのような効果を有するか、および国内の食肉需要がどのように変化するかも問題となる。特に後者については、少子高齢化による人口の減少が予想される一方、食文化や嗜好などの変化によって現在の食肉需要は増加しており、これがどのように変化するのは不確実性が大きい。

なお、レジリエンスの観点から見た培養肉の評価は両義的である。すなわち、培養肉生産は従来型畜産と比較して短期間で生産が可能であるとされ<sup>88</sup>、感染症の発生や環境の

<sup>86</sup> 食料・農業・農村基本計画（令和2年3月）p.47

[https://www.maff.go.jp/j/keikaku/k\\_aratana/attach/pdf/index-13.pdf](https://www.maff.go.jp/j/keikaku/k_aratana/attach/pdf/index-13.pdf)

<sup>87</sup> 同 pp.18-27

<sup>88</sup> Bhat, Kumar & Bhat (2017)

変化に影響されにくいといった点が指摘される一方、それが電力供給に依存するという点で脆弱である<sup>89</sup>。したがって、災害時等における培養肉の供給能力は、それを支える電力供給システムや食料供給システムに大きく依存するといえる。培養肉は平時と有事において異なる様相を見せることになるが、さらに有事（災害時等）におけるレジリエンス評価自体も両義的であることに留意する必要がある。

---

<sup>89</sup> Mattick & Allenby (2012)

なお、現在のように火力発電を主軸とした電力供給を続ける場合、化石燃料の供給を外国からの輸入に依存しているという点で食料安全保障上の不確実要素が増えることになる。

## 第4節 安全性・健康

### Overview

- ・培養肉は極めて衛生的な環境で培養・管理されることから、生産過程で細菌・ウイルスなどの病原体が付着するリスクが極めて小さい。
- ・また、家畜をほとんど使用しないという性格上、家畜感染症やこれを予防するための抗生物質使用に伴う薬剤耐性菌の増加などのリスクも低減できる。
- ・一方、培養肉が人体に与える影響は未解明な点が多く、特に培養に使用する保存料などは健康に悪影響を及ぼす要因となる可能性がある。
- ・将来的には、栄養調整による高タンパク低脂肪な培養肉の生産など、健康リスクの予防だけでなく、健康増進に寄与する可能性がある。

### 食中毒・感染症の回避

培養肉は極めて高度に衛生管理された環境で培養・生産されることから、生産過程で細菌やウイルスが付着するリスクが極めて小さいという利点を持つ<sup>90</sup>。現在の食肉生産においては、屠畜・加工・流通・調理の過程において常在または外来の病原体による汚染のリスクがあり（表 3.2 参照）、こうした病原体が残存した食肉を人間が摂取した場合に食中毒を引き起こす。先進国においては過去 20 年間の間に食中毒が 6 倍に増加したとの報告があるところ<sup>91</sup>、培養肉生産はこうした健康リスクを回避するのに貢献する可能性がある。

また、従来の畜産においては、食中毒だけでなく鳥インフルエンザなどの家畜感染症のリスクも存在している（表 3.2 参照）。現在、これに対処するためにワクチン接種や抗生物質の投与など事前の予防策が広く行われているところ、抗生物質の過剰な使用は薬剤耐性菌の数を増加させ、潜在的なリスクを増加させているとの指摘がある<sup>92</sup>。培養肉生産は飼養する家畜の数を極めて少なくすることが可能であり、こうした家畜感染症の発生を抑制したり、過剰な薬剤投与によって耐性菌が発生するリスクを低減することが可能になると考えられる。

<sup>90</sup> Chriki & Hocquette (2020) p.3

<sup>91</sup> Bhat, Kumar & Bhat (2017) p.784

<sup>92</sup> 畜産における抗菌性物質の使用につき、農林水産省 HP「家畜に使用する抗菌性物質について」(<https://www.maff.go.jp/j/syouan/tikusui/yakuzi/koukinzai.html>)

表 3.2 現状の畜産に関する主な食中毒の病原菌と感染症

|     |           |  |
|-----|-----------|--|
| 食中毒 | 感染型食中毒    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・サルモネラ</li> <li>・ノロウイルス</li> <li>・カンピロバクター</li> <li>・腸炎ビブリオ</li> </ul>  |
|     | 食品内毒素型食中毒 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ボツリヌス菌</li> <li>・黄色ブドウ球菌</li> <li>・セレウス菌</li> </ul>                    |
|     | 生体内毒素型食中毒 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ウェルシュ菌</li> <li>・セレウス菌</li> <li>・毒素原性大腸菌</li> <li>・腸管出血性大腸菌</li> </ul> |
| 感染症 | 牛         | <ul style="list-style-type: none"> <li>・BSE(牛海綿状脳症)</li> <li>・口蹄疫</li> <li>・炭疽</li> <li>・ブルセラ病</li> </ul>      |
|     | 豚         | <ul style="list-style-type: none"> <li>・口蹄疫</li> <li>・炭疽</li> <li>・ブルセラ病</li> <li>・トキソプラズマ症</li> </ul>         |
|     | 鶏         | <ul style="list-style-type: none"> <li>・鳥インフルエンザ</li> </ul>  |

(日本食肉消費総合センターHP<sup>93</sup>をもとに作成)

### 培養肉の健康リスク

培養肉は、細胞培養という特殊なプロセスを経て生産されるため、以下のような安全・健康リスクが存在する。

第一に、培養過程で不要な微生物が増殖するのを防ぐために添加される保存料にリスクが存在する可能性がある<sup>94</sup>。現在店頭に並んでいる従来の食肉には保存料などがほとんど添加されていないところ、培養肉に使用される保存料はこれらと比べて異質であり、消費者の認識などの問題も含めて、保存料の安全性が問題となる。

第二に、培養肉の栄養バランスが問題となる。培養肉は培地によって全ての栄養分が供給される場所、培養には必要ないものの、従来の食肉には含まれていた栄養素（例えば、鉄分などの微量栄養素）が不足している可能性がある。この点、培養細胞による鉄分

<sup>93</sup> [http://jbeef.jp/daizukan/encyclopaedia/section.html?encyclopaedia\\_section\\_id=171](http://jbeef.jp/daizukan/encyclopaedia/section.html?encyclopaedia_section_id=171)

<sup>94</sup> Seman, Dennis et al. (2008)

などの取り組みは十分に解明されておらず<sup>95</sup>、今後の研究発展を待たなければならない。また、動物性たんぱく質には、植物性食品と異なり、必須アミノ酸9種類がバランスよく含まれている点で栄養上の優位性があるところ、培養肉にこれらが十分に含まれない場合は、他の食品から補給する必要がある。

なお、培養肉の製造過程において、細胞が癌細胞の発生に類似した変異を起こす可能性がある。これらの細胞は食べられる時点で死んでいるか体内で消化されるため、これを摂取した場合であっても人体への影響はほとんどないと考えられる。もっとも、こうした細胞の発生は単なる品質上の問題にとどまらず、消費者の不安を生じさせる一要素となりうると指摘される<sup>96</sup>。

### 栄養調整の可能性

培養肉は、培養過程において直接的な操作・介入が可能であるという特徴を持つことから、以下のような潜在的メリットを有する。

第一に、脂肪分の調整による高タンパク低脂肪の肉の生産など、栄養調整を施した肉を生産できる可能性がある。食肉に含まれる飽和脂肪酸は、過剰にこれを摂取した場合に生活習慣病のリスクを高めることが知られているところ<sup>97</sup>、培養肉においては飽和脂肪酸と多価不飽和脂肪酸の比率を容易にコントロールすることができる<sup>98</sup>。ただし、現在の畜産においても脂肪酸の含有量をコントロールする試みがなされている点にも注意を要する。また、上述のような微量栄養素の添加が可能になった場合は、さらに多様な栄養調整肉を生産することが可能となると考えられる。

第二に、望ましい形質を持つ遺伝子の特定や遺伝子改変を経ることで、望ましい味や食感を持つ培養肉の品種を開発・生産することができる可能性がある。もっとも、こうした遺伝子改変技術の利用は現在の培養肉研究においていまだ現実的ではなく、将来的な可能性があるととどまる。

以上のように、培養肉技術は、培養過程の肉やその元の細胞株に直接介入することで、より消費者の需要や嗜好に合わせた食肉（「デザイナード・ミート」）を実現する潜在的可能性を有する。ただし、その実現可能性はいまだ不透明である。

---

<sup>95</sup> ibid.

<sup>96</sup> Hocquette (2016) p.170

<sup>97</sup> グリコ食品 HP 「栄養成分百科 脂肪酸」 [https://jp.glico.com/navi/dic/dic\\_27.html](https://jp.glico.com/navi/dic/dic_27.html)

<sup>98</sup> Chriki & Hocquette (2020) p.3

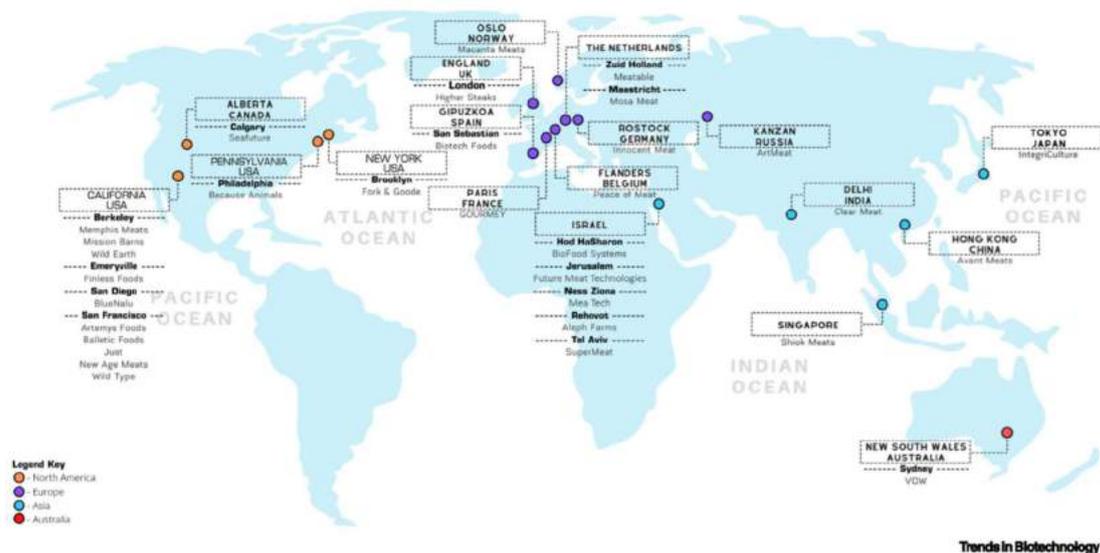
## 第5節 経済

### Overview

- ・ 現在、培養肉生産をめざす企業はスタートアップを中心に数十社あり、市場投入に向けた研究開発および投資の呼び込みに取り組んでいる。
- ・ 培養肉は、消費者に倫理的消費、健康、低価格な食肉供給などの便益を与えるとされる。
- ・ 培養肉生産は、先進国・先進途上国の経済を活性化する可能性がある一方、後発発展途上国の経済に打撃を与える可能性がある。
- ・ 培養肉生産の拡大は、従来型の畜産やそれを取り巻く産業に打撃を与える可能性がある。

### 企業による培養肉生産

現在、培養肉の生産・市場への投入を目指す企業は、北米・欧州・アジアの先進国を中心に現在数十社あり、代表的な企業として、Mosa Meat（オランダ）、Memphis Meats（米国）、JUST（米国）、SuperMeat（イスラエル）、インテグリカルチャー（日本）などが挙げられる<sup>99</sup>。（図 3.5 参照）

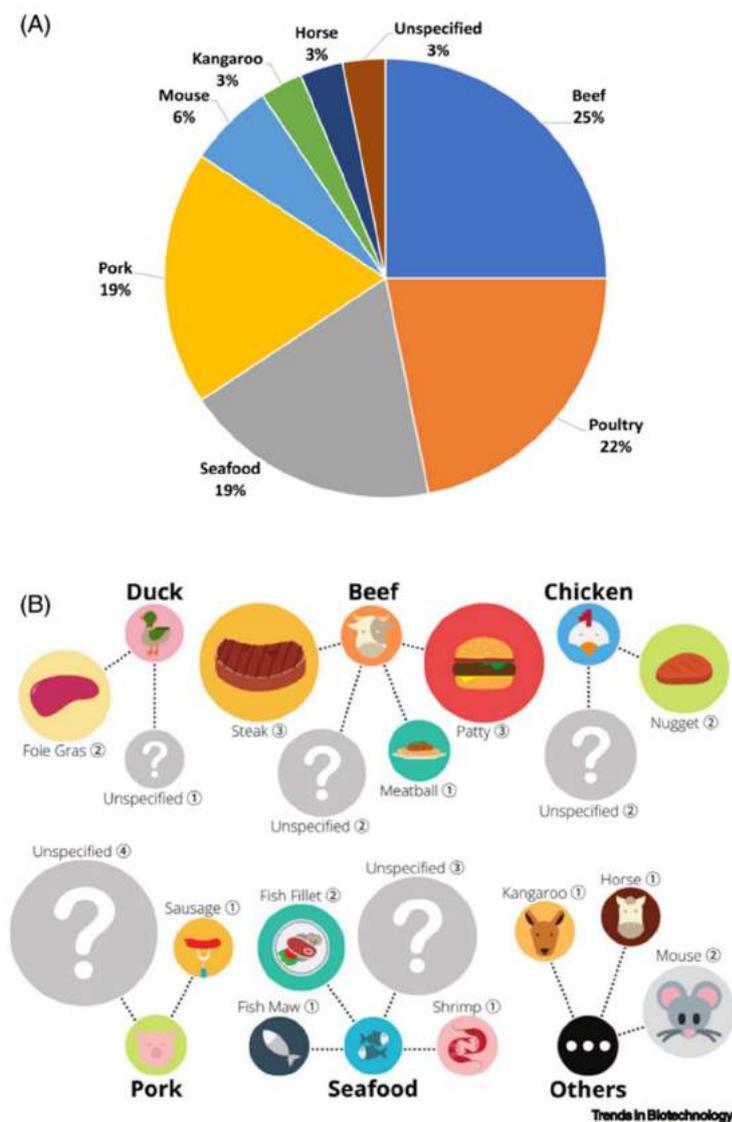


(Choudhury, Tseng & Swartz (2020))

図 3.5 培養肉関連企業の地理的分布

<sup>99</sup> 川島、五十嵐 (2019) p.5

また、培養肉での再現を目指す肉の種類は、牛肉、鶏肉、シーフード、豚肉が主要なものとして挙げられる<sup>100</sup> (図 3.6 参照)。加えて、多くの企業が培養肉(製品)の生産を目的とする B2C モデルをとっているものの、培地や細胞株などの供給を行う B2B モデルで事業を行う企業も存在する<sup>101</sup>。



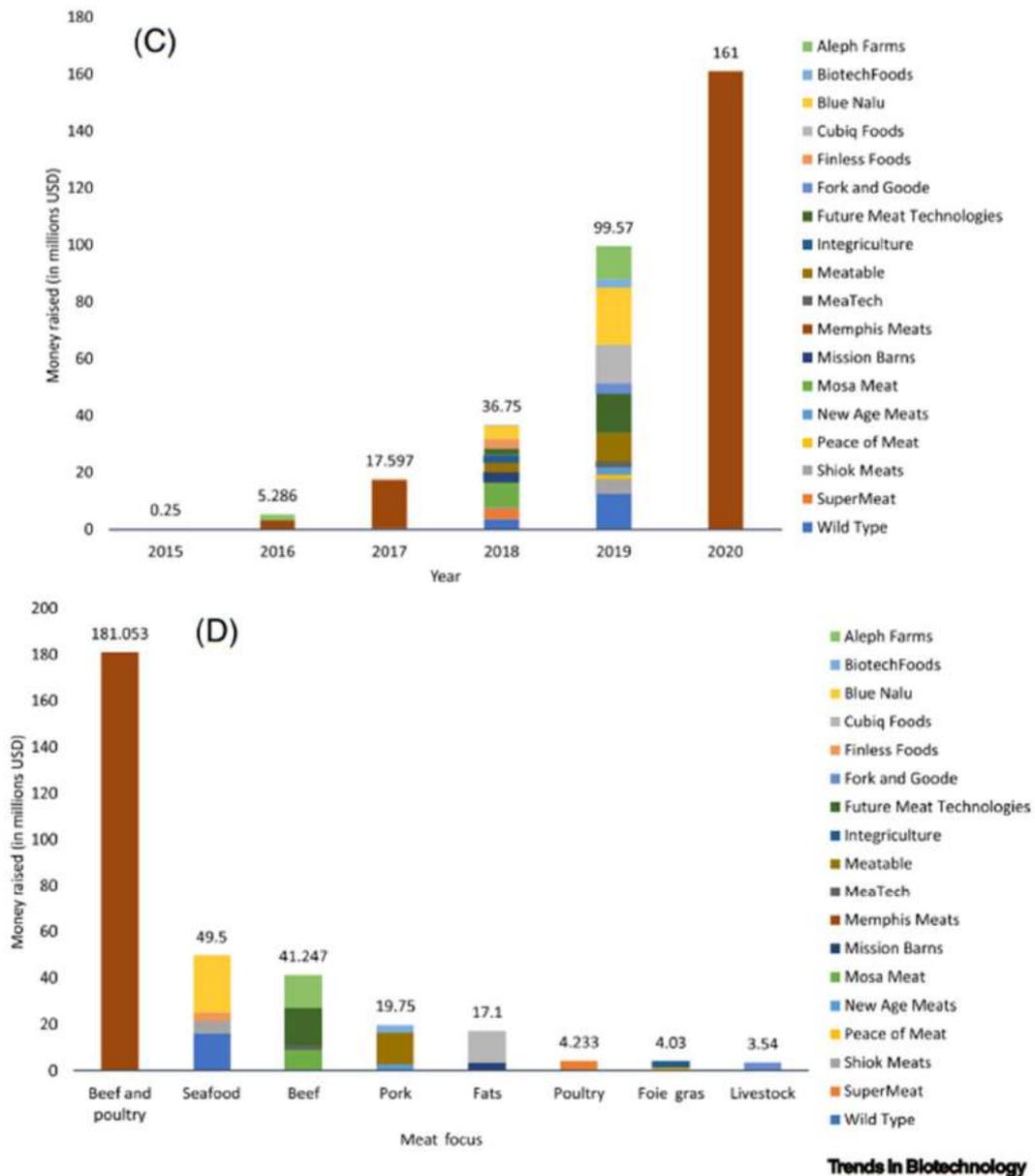
(Choudhury, Tseng & Swartz (2020))

図 3.6 培養肉企業が生産を目指す食肉の種類 (A) および市場投入を目指す製品 (B) (対象企業 : 32 社)

<sup>100</sup> Choudhury, Tseng & Swartz (2020) p.573

<sup>101</sup> ibid.

2015年から2020年までの培養肉企業に対する投資規模は総額で3.2億ドル程度であり、その規模は必ずしも大きくない。もっとも、インド政府が細胞農業の研究センターに60万USドル、シンガポール政府が培養肉を含む食品技術の研究に1.08億USドルの投資を表明するなど、政府による研究資金提供の動きなども注目される<sup>102</sup>。(図3.7参照)



(Choudhury, Tseng & Swartz (2020))

図 3.7 2015～2020年までの培養肉企業に対する投資額

<sup>102</sup> ibid.

商品化に向けた課題は、①技術的課題、②法的課題、③文化的課題に分類できる<sup>103</sup>が、技術的課題につき商品化の観点から特に重要なのは、培地の開発およびコスト削減と、生産規模のスケールアップ<sup>104</sup>であるとされる<sup>105</sup>。(第2章も参照) 培地については、FBSを使用した場合の培養肉生産にかかるコストは、FBSがその80%を占めるとされている<sup>106</sup>。この点、Mosa Meat および Blue Nalu は、既に無血清培地の開発に成功しているとしており、今後の動向が注目される<sup>107</sup>。

培養肉の商品化は、基本的には様々な便益を消費者に与えるとされる。第一に、従来の食肉生産に伴う環境負荷や動物福祉の問題を重視する消費者に対して、倫理的消費の選択肢を提供する<sup>108</sup>。第二に、食肉に含まれる病原菌による食中毒などの健康リスクを低減する(前節を参照)。第三に、培養肉市場が拡大する場合には、より低価格で食肉(培養肉)を購入することが可能になる。第四に、培養肉技術の発達により、栄養調整を施した食肉や、個人の嗜好に合わせた味・食感の食肉(いわゆる「デザイナー・ミート」)が生産されるようになる可能性がある。もっとも、培養肉による健康リスク(前節参照)や、後述の倫理的問題などは、消費者の厚生を減少させる方向に作用する可能性がある。

培養肉が国の経済や市場に与える影響は、先進国と途上国とでその様相が異なると考えられる。

先進国においては、多様な培養肉ブランドの展開や、新しい知識経済における高度専門職の雇用創出など、新たな雇用・市場が開拓されることが期待される<sup>109</sup>。もっとも、同時に、既に市場に流通している食肉や食肉代替品の数が多く、その市場規模も培養肉に比べて大きいことから、どれだけ培養肉の市場規模が拡大するかは不確実である<sup>110</sup>。

また、インドなど経済発展の著しい途上国においては、食肉需要の増加と所得水準の上昇に伴い、培養肉産業の参入・発達が進行する可能性がある。

一方、後発途上国においては、培養肉の導入が主に貧困層の食料難への対応として行われることが予想されるが、実際には意図した効果とは逆の影響をもたらす可能性がある点も指摘される<sup>111</sup>。すなわち、畜産を含む農業分野は、世界の貧困層の10億人に生計維持の途を供給しているだけでなく<sup>112</sup>、肥料や燃料などの副産品の供給も支えており、農

<sup>103</sup> この点につき、van der Weele et al. (2019)を参照

<sup>104</sup> 培養肉供給に必要な規模とその経済的効率につき、van der Weele & Tramper (2014) p.296

<sup>105</sup> Choudhury, Tseng & Swartz (2020) p.574

<sup>106</sup> <https://cleantechnica.com/2019/09/12/mosa-meat-from-e250000-to-e9-burger-patties/>

<sup>107</sup> Mosa Meat : <https://www.mosameat.com/blog/2019/11/15/mosa-meat-on-netfixs-explained>

Blue Nalu : <https://www.bluenalu.com/about>

<sup>108</sup> Chriki & Hocquette (2020) p.4

<sup>109</sup> ibid. p.5

<sup>110</sup> ibid.

<sup>111</sup> Mattick & Allenby (2012) p.3

<sup>112</sup> FAO (2009) “Livestock’s long shadow: Environmental issues and options” p.xx

<http://www.fao.org/3/a-a0701e.pdf>

業分野による GDP の成長は非農業分野によるものと比較して最貧層に恩恵を与える効果が平均して 2 倍あるとされる<sup>113</sup>。また、健全な農業分野の生産は、ヨーロッパや米国などの先進国のほか、中国、タイ、ベトナムなど先進途上国の経済発展においても重要な役割を果たしてきたと指摘されており<sup>114</sup>、したがって、培養肉を含む安価な食肉の導入は、今後の成長が期待される後発途上国の経済にとって深刻な打撃を与える可能性がある。

### 従来型畜産業・農業への影響

培養肉技術が発達し、価格や味などの面で従来の食肉と競合するに至った場合、従来型畜産業は打撃を受ける可能性がある<sup>115</sup>。加えて、培養肉が安全性や栄養面などの面で優位になれば、その影響はさらに深刻になり得る。従来型畜産業に対する打撃は、典型的には食肉サプライチェーンの規模縮小・再編に伴う雇用の減少であるが、培養肉産業が高度に技術的な性格を持つという性質上、食肉生産分野において代替的な雇用が確保されるかは不透明である。こうした従来型畜産業への打撃は、同産業が需給バランスの変化への適応として、どのような市場を志向するかによっても異なると考えられるが、こうした変化に最も影響を受けるのは、低～中価格帯の食肉を生産する国内・海外の大規模生産者であると考えられる<sup>116</sup>。

また、こうした食肉需給の変化は飼料作物生産にも影響を与えられ、飼料作物需要の減少に伴う穀物価格の下落などが予想される。ただし、これらは培養肉の市場への浸透速度や、バイオ燃料需給の動向にも影響を受けると指摘される<sup>117</sup>。

また、従来型畜産による食肉生産は、皮革などの副産物を供給するという側面もある<sup>118</sup>。従来型畜産が減少する場合、同時にこうした副産物の供給も減少し、皮革などを使用した製品の価格が上昇する可能性がある。また、日本においては欧米などと異なり、家畜の糞尿のほとんど（平成 16 年時点で約 9 割）が堆肥化・焼却などに仕向けられているため<sup>119</sup>、畜産の減少によって糞尿由来の堆肥の供給が縮小し、国内の有機農業に影響を与える可能性がある。

もっとも、こうしたシナリオが現実化するかどうかは多くの前提条件に依存するため（第 4 章、第 5 章を参照）、畜産業に対して培養肉がもたらす影響は未だ不透明である。

<sup>113</sup> FAO (2009) “Global agriculture towards 2050” p.4

[http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues\\_papers/HLEF2050\\_Global\\_Agriculture.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/HLEF2050_Global_Agriculture.pdf)

<sup>114</sup> ibid.

<sup>115</sup> Mattick & Allenby (2012) p.2

<sup>116</sup> Mattick & Allenby (2012)は、最も影響を受ける国として米国、カナダ、ブラジルなどの食肉輸出国を挙げている。(p.2)

<sup>117</sup> ibid.

<sup>118</sup> 日本畜産副産物協会：[http://www.jlba.or.jp/con01\\_1.html](http://www.jlba.or.jp/con01_1.html)

<sup>119</sup> 農林水産省「家畜排せつ物の発生と管理の状況」

[https://www.maff.go.jp/j/chikusan/kankyo/taisaku/t\\_mondai/02\\_kanri/index.html](https://www.maff.go.jp/j/chikusan/kankyo/taisaku/t_mondai/02_kanri/index.html)

## 第6節 社会の受容

### Overview

- ・ 培養肉の受容に際しては、消費者の受容、社会の認識、倫理的問題、宗教・食文化が問題となる。
- ・ 消費者の受容につき、全体的な消費意欲はそれほど高いとは言えず、不自然さ、安全性、健康、味、価格に対する懸念が課題となる。
- ・ 社会の認識につき、メディアにおける培養肉の取り上げられ方や、市民による肯定的／否定的意見には一定の傾向や対立軸がある。
- ・ 倫理的問題につき、「被害者なきカニバリズム」などの可能性があるものの、現在のところ、深刻かつ確実な倫理的問題は生じないと思われる。
- ・ 宗教につき、イスラム教やユダヤ教における培養肉の宗教的意義は明らかでない。
- ・ 食文化につき、培養肉の受容によって、肉の真正さ、「いただきますの倫理」、食料生産における自然からの疎外などの影響が考えられる。

### 消費者の受容

消費者の受容 (consumer acceptance) は、培養肉に関する主要な研究テーマであり、論文数も多い。この分野での研究動向・成果をまとめたものとして、Bryant & Barnett (2018)の体系的レビューが重要である。以下では、同論文の内容に沿って、この分野での研究動向を説明する。

まず、培養肉に関する消費者の消費意欲について、以下のような報告がなされている。アメリカ人の参加者約 670 人を対象とした 2017 年の調査<sup>120</sup>では、参加者の 65.3%が「食べてみたい (試してみたい)」と回答し、そのうち 32.6%が「日常的に食べたい」、47.7%が「大豆ミートよりも食べたい」、31.5%が「従来肉の代替として食べたい」という意欲を示した。一方、2018 年の調査<sup>121</sup>では、参加者のうち 11%が従来肉および植物性代替肉 (plant-based meat, 以下、「PBM」とする) よりも培養肉を選んでいる。また、研究者や畜産従事者を対象とした 2015 年の調査<sup>122</sup>では、培養肉を食べたいと回答した参加者は、5~11%にとどまっている。もっとも、前 2 者では人口動態に対応したサンプルを対象としている一方、2015 年調査ではサンプルの偏りがある点、さらに、それぞれの調査においては、培養肉の形容・説明が異なり、加えて、質問の態様がかかなり異なることにも留意すべきである。

<sup>120</sup> Wilks & Phillips (2017)

<sup>121</sup> Slade (2018)

<sup>122</sup> Hocquette et al. (2015)

全体として、多くの消費者が培養肉を食べてみたいと思っているが、従来肉や他の代替食品よりも培養肉を選ぶ消費者の割合は比較的少数といえる<sup>123</sup>。また、培養肉の消費意欲に関しては、人口統計上の特徴の存在も指摘される。2017年調査は、男性、リベラル、低所得の参加者の方が高い消費意欲を示したと指摘しており、2018年調査は、若者で高学歴の参加者が、2014年の調査<sup>124</sup>は、男性、若者、都市部に居住する参加者が比較的高い受容度を示したと報告している。

消費意欲に影響を与える因子として、以下のようなものが指摘される<sup>125</sup>。

第一に、統計的に検証されていないものの、培養肉に対する知識・慣れ親しみの度合い (*familiarity*) が、より培養肉に対する受容度を高める傾向にある点が指摘される。この点、Verbeke et al. (2015)は、フォーカスグループ調査の前後で受容性に変化が見られたと報告している。こうした培養肉に対する慣れ親しみは、「フランケンフード」などのメタファーを使ったイメージ戦略 (*sense-making strategies*) に影響される可能性が指摘される。

第二に、培養肉に関して提供される情報の内容が受容度に影響を与える可能性が示唆されている。これは、環境や公衆衛生など、培養肉のメリットの情報が与えられた場合に参加者の試食・購買意欲が向上したこと<sup>126</sup>や、培養肉に関する肯定的／否定的な情報が、培養肉に対する態度にそれと同様の方向づけを与えるという報告<sup>127</sup>によって裏付けられる。

第三に、培養肉に関する非技術的説明は、技術的説明を与えられた場合に比べて高い受容性を示した<sup>128</sup>。これは、技術的／非技術的説明が、消費者に与える不自然さの感覚や嫌悪感に違いをもたらすことによるものと考えられる。この点、Siegrist, Sütterlin, and Hartmann (2018)は、培養肉を擁護する場合は、その生産方法の違いではなく、従来肉との類似点に焦点を当てるのがよいと提言している。

第四に、価格が低い場合および市場シェアが大きい場合には、培養肉の受容性が高くなると報告されている<sup>129</sup>。このうち、市場シェアという要素が影響力を持つのは、製品の普及度合い (*popularity*) という要因を通じて、消費者が自らの消費行動を社会的基準に合わせたり、製品の品質を推測したりしようとするからだと考えられる<sup>130</sup>。

以上が、培養肉の受容に関して指摘される予測因子であるが、培養肉が未だ実用化されていない将来の技術であることから、消費者による実際の受容とは異なる可能性に留意する必要がある<sup>131</sup>。

---

<sup>123</sup> Bryant & Barnett (2018) p.12

<sup>124</sup> Tucker, C. A. (2014)

<sup>125</sup> Bryant & Barnett (2018) p.12

<sup>126</sup> Verbeke, Sans, and Van Loo (2015)

<sup>127</sup> Bekker, Fischer, et al. (2017)

<sup>128</sup> Siegrist, Sütterlin, and Hartmann (2018)

<sup>129</sup> Slade (2018)

<sup>130</sup> Slade (2018)

<sup>131</sup> Bryant & Barnett (2018) p.12

培養肉に対して表明される異議・懸念には、個人レベルのものと社会レベルのものが存在する。

個人レベルの異議・懸念として、①不自然さ、②安全性、③健康、④培養肉の味・食感・見た目、⑤価格、に関する懸念がある<sup>132</sup>。このうち、①不自然さは、もっとも広く共通して見られる懸念であり、国や文化の違いを超えて見られる点で他の懸念とは異なると指摘される<sup>133</sup>。培養肉に対する不自然さの感覚は、培養肉の消費が危険であるという主張やそれが環境に害をなすという主張を支えるものであると指摘される一方<sup>134</sup>、一部の消費者にとっては、それが本質的に非倫理的であるという考えを抱かせるものであるとも指摘される<sup>135</sup>。また、②安全性も共通の懸念として挙げられる。もっとも、安全性に対する認識は質的調査と量的調査で異なる結果として表れる傾向にあるとも指摘され<sup>136</sup>、具体的には、量的調査の場合には安全であるとの認識がやや上回ると報告されている<sup>137</sup>。この点につき、培養肉の安全リスクそれ自体は低いものの、不自然な供給源から生産されていることが注意を惹くことによるものであるとの指摘がある<sup>138</sup>。また、③培養肉は栄養面で劣るという懸念も一般的であるが、調査によってこうした懸念を表明する参加者の割合が異なる<sup>139</sup>。④培養肉の味・食感・見た目などの点につき、消費者は培養肉が従来の肉よりも劣ると感じているという結果が多く<sup>140</sup>の調査から報告される<sup>140</sup>。⑤一方、価格については、それが共通の関心事項でありながらも、実際の価格は従来の肉と比べて高くなることも安くなることも予想されたという結果が報告されている<sup>141</sup>。

社会レベルの異議・懸念としては様々なものが表明されているが、概ね、①伝統的畜産への影響やそれに支えられる社会的・文化的価値の喪失、②培養肉企業への不信感や情報の透明性、③その他、食文化の社会的格差、カニバリズムなどが懸念として取り上げられる<sup>142</sup>。

さらに消費者は、培養肉に関する疑問・不確実性として、①技術的な実現可能性、②倫理的な評価、③どのような法規制がなされるかに対する疑問を挙げているとされる<sup>143</sup>。

---

<sup>132</sup> *ibid.*

<sup>133</sup> Laestadius (2015)

<sup>134</sup> Laestadius & Caldwell (2015), Verbeke, Marcu, et al (2015)

<sup>135</sup> Laestadius (2015)

<sup>136</sup> Bryant & Barnett (2018) p.13

<sup>137</sup> Verbeke, Sans, et al. (2015), Wilks & Phillips (2017)

<sup>138</sup> Bryant & Barnett (2018) p.12

<sup>139</sup> 多数の参加者が「健康的でない」と回答したものとして、Verbeke, Marcu, et al. (2015) Laestadius and Caldwell (2015)。評価が割れたものとして、Hocquette et al. (2015)。

<sup>140</sup> Bryant & Barnett (2018) p.13

<sup>141</sup> Bekker, Tobi, et al. (2017)

<sup>142</sup> Bryant & Barnett (2018) p.14

<sup>143</sup> *ibid.*

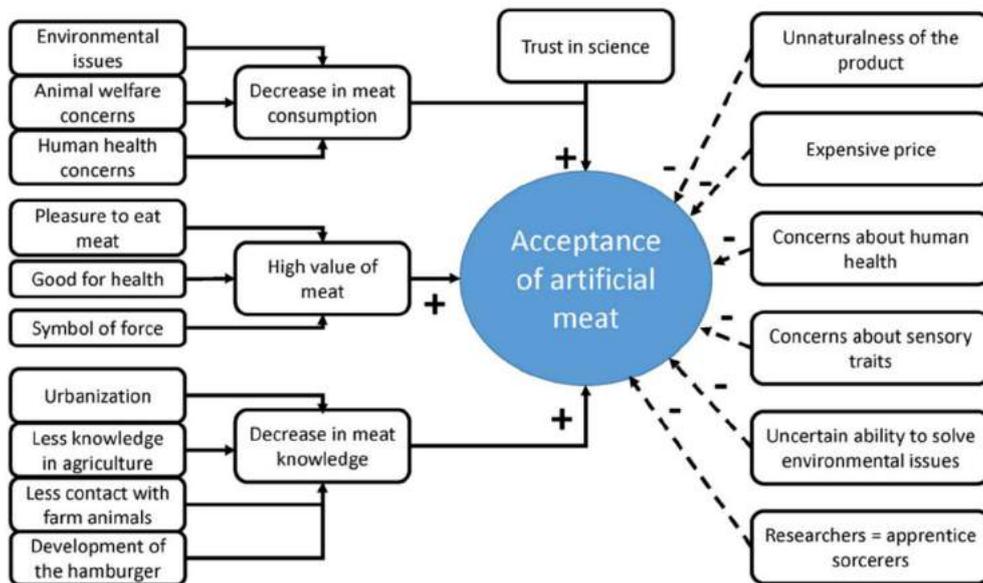


Fig. 1. Driving forces in favour (+, full lines) or against (-, dotted lines) acceptance of artificial meat.

(Hocquette (2016))

### 図 3.8 消費者の受容に影響を与える要因

一方、培養肉に対する肯定的な意見としては以下のようなものが挙げられる<sup>144</sup>。まず、最も多いのは、培養肉生産による動物福祉の増進や環境負荷の軽減である。また、感染症の回避や低脂肪調整による健康の増進といった公衆衛生の面から培養肉を支持する意見もある。一部の調査では、国際的貧困層に対する肉の供給や、タンパク質生産能力が向上することを培養肉のメリットとして挙げる意見も見られる<sup>145</sup>。

Bryant & Barnett (2017)のレビュー以降に発表された研究も、上記の結果と同様の結果を支持する傾向にある<sup>146</sup>。同論文以降に発表された研究のうち、示唆的な知見を与えるものとして、以下のようなものがある。

まず、Dupont & Fiebelkorn (2020)は、若年層を対象とした調査において、培養肉と昆虫食の消費意欲が、「培養肉一般」と「昆虫食一般」で比較した場合には有意な差が出なかった一方、「培養肉バーガー」と「昆虫バーガー」で比較した場合には、前者に対する選好が有意に表れたことを報告している。

また、Wilks, Phillips, et al. (2019)は、消費者が培養肉に対して拒否的な態度を示す場

<sup>144</sup> *ibid.*

<sup>145</sup> Laestadius (2015), Tucker (2014), Verbeke, Marcu, et al. (2015)

<sup>146</sup> Mancini & Antonioli (2020)、Weinrich & Neugebauer (2020)、Bryant & Dillard (2019)、Shaw & Mac Con Iomaire (2019)など

合の心理メカニズムにつき、最も強力な予測因子が、ネオフォビア、政治的保守主義、科学者への不信であったことを報告する一方、自然さに関するバイアスなどの要素があまり影響を持たなかったことを報告している。

また、Bryant & Barnett (2019)は、培養肉に対して与える呼称につき、“clean meat”や“animal free meat”とした場合の参加者の方が、“lab grown meat”と表記する場合よりも有意に肯定的態度を示したと報告している<sup>147</sup>。

なお、日本においても、少数ながら培養肉に関する意識調査が行われている。

第一に、日本食肉消費総合センターによる20～70代以上の男女1800人を対象とした2019年の調査<sup>148</sup>では、培養肉の認知度が全体の27.1%、非認知度が73.0%であったほか、複数回答可の選択肢のうち「不安なので食べたくない」が全体で15.8%、「公的機関から安全性が保証されるなら食べたい」が12.5%、「生産方法が公開され、安全性が納得できるなら食べたい」が12.7%である一方、「よくわからない」が40.6%であったことが報告されている。

第二に、日清食品と弘前大学の研究チームによる20～50代の男女2000人を対象とした2019年の意識調査<sup>149</sup>では、培養肉を試しに食べてみたいと思うかという質問に対し、「まったくそう思う／ややそう思う」とした回答者が併せて27%、「まったくそう思わない／あまりそう思わない」とした回答者が併せて44%であったことが報告されている。

## 社会の認識

消費者の受容と内容にやや重複があるが<sup>150</sup>、言説分析などの手法を通して、培養肉に対する社会の認識（public perception）を調査する研究も一定数存在する。こうした研究は、社会において培養肉がどのようなものとして語られているかを明らかにするものであり、培養肉の社会の受容がいかに行進するかを検討するうえで重要な示唆を与えらると思われる。以下、「培養肉の語られ方」という観点から示唆的な研究をいくつか取り上げる<sup>151</sup>

<sup>147</sup> 呼称と消費者の受容の関係につき、the Good Food Institute (2017) Clean meat: the naming of tissue-engineered meat (<https://www.gfi.org/the-naming-of-clean-meat>) なども参照

<sup>148</sup> 日本食肉消費総合センター「食肉に関する意識調査」報告書」令和元年度 pp.78-80, pp.88-89 <http://www.jmi.or.jp/common/download.php/%E4%BB%A4%E5%92%8C%E5%85%83%E5%B9%B4%E5%BA%A6%E9%A3%9F%E8%82%89%E3%81%AB%E9%96%A2%E3%81%99%E3%82%8B%E6%84%8F%E8%AD%98%E8%AA%BF%E6%9F%BB%E5%A0%B1%E5%91%8A%E6%9B%B8.pdf?id=MTA0Mg%3D%3D>

<sup>149</sup> 弘前大学「【プレスリリース】「培養肉」の受容性の確認と受容性向上の施策検討を目的とした日本初の「培養肉に関する大規模意識調査」を実施」（2019年11月）<https://www.hirosaki-u.ac.jp/45351.html>

<sup>150</sup> Laestadius (2015)については、前項で取り上げたBryant & Barnett (2017)において、レビューの対象となっている。

<sup>151</sup> ここでは取り上げていないものの、流通する培養肉の画像から、培養肉がどのようなものとして語られているかを検討するものとして、Stephens & Ruivenkamp (2016)がある。

第一に、Goodwin & Shoulders (2013)は、2005-2011年の米国・EUにおける培養肉に関する新聞記事（対象数：34）を対象として、①どのような情報が取り上げられているか、および②どのような情報源が用いられているかを調査している。（表 3.3 参照）

まず①につき、主に6つのテーマ、すなわち、(a)利点、(b)歴史、(c)プロセス、(d)実用までの時間、(e)現在の畜産の問題点、(f)懐疑論が取り上げられる。このうち、利点については4つの主要な観点（環境、動物福祉、食料問題、健康上の利点）からのものが主に取り上げられており、こうした観点は、(e)現在の畜産の問題点として取り上げられるものと共通していると指摘される。

また、②につき、学术界からの情報が最も多く利用されているほか、代表的な研究者からの情報や、PETA、New harvestなどの市民団体、レストランのシェフなどからの情報が利用されているとされる。

これらの結果を踏まえ、著者らは、培養肉が現在の畜産における問題解決策として提示されている点、および、培養肉生産に反対する層や、畜産業の関係者を情報源とする記事がほとんどない点を指摘する<sup>152</sup>。こうした報告・分析は、メディアが社会的言説の形成にどのような形で関与しているかを示唆するものとして有用であると思われる。

**表 3.3 培養肉のニュース記事において取り上げられたテーマおよび情報源  
(米国・EU、2005～2011年 (対象記事：34本))**

|      | テーマ   | 備考  |
|------|---|---|
| ①テーマ | 1. 利点<br>2. 歴史<br>3. 培養プロセス<br>4. 実用化までの時間<br>5. 現在の畜産の問題点<br>6. 懐疑論  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・4つの主要分野（環境、動物福祉、食料安全保障、健康・栄養）にわたる。</li> <li>・ウィンストン・チャーチルのアイデア、再生医療の技術史など。</li> <li>・記事の大部分を占める。技術的課題も含む。</li> <li>・数年～数十年と様々。加工肉よりステーキ肉の方が長い。</li> <li>・「利点」と似ているが、現在の慣行の問題点に焦点を当てる。</li> <li>・利点に比べ簡潔。消費者の受容、不確実性、リスクなどが挙げられる。</li> </ul> |
| ②情報源 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・学術的情報源</li> <li>・培養肉の代表的な研究者</li> <li>・PETA、New Harvestなどの市民団体</li> <li>・その他（レストランのシェフなど）</li> </ul> 備考：学術的なソースが多く、好意的なものが多い。農業界からは否定的な評価 |   |

(Goodwin & Shoulders (2013)より作成)

第二に、Laestadius (2015)は、2013年の培養肉バーガー試食会を取り上げた7つのニュース記事に関して、倫理に関する言及があるブログコメント（462人による814件のコメント）を対象とした言説分析を行っている。（表 3.4 参照）

<sup>152</sup> Goodwin & Shoulders (2013) p.449

表 3.4 培養肉に関して表明される、倫理に関する意見の例

|        |  |
|--------|--|
| 肯定的な意見 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 培養肉は環境の観点から持続可能である</li> <li>・ 食用として屠畜される家畜の数が減少する</li> <li>・ 新しい食料の供給源として世界的な食料不安を解消し、正義と公平を推進する</li> <li>・ 培養肉は健康的で純粋であり、環境負荷が実質的にゼロで、倫理的な問題もない</li> <li>・ より倫理的な食事の選択を可能にする</li> <li>・ 現在の食生活を維持しながら、屠畜に関する倫理的な懸念を回避できる</li> <li>・ 培養肉は、人々が既に食べているものと比べても不自然ではない</li> <li>・ 培養肉の潜在的利益を考慮すれば、培養肉に投資しないのは非倫理的である</li> </ul>   |
| 否定的な意見 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 食用として必要とされなくなった家畜が全て消滅する結果となる</li> <li>・ 培養肉は、肉消費が望ましいという文化的慣行・規範を強化してしまう</li> <li>・ 培養肉の環境的側面に関するエビデンスは説得的でない</li> <li>・ 培養肉生産は、食料生産における大企業の権力支配を可能にしてしまう</li> <li>・ 培養肉生産は、他人の犠牲の下に莫大な利益を得ようとするものである</li> <li>・ 培養肉は、欧米の高所得層にとっての目新しい商品としてしか利用されない</li> <li>・ 低所得者層への食料供給として培養肉を利用することは不正である</li> <li>・ 培養肉による解決は、食料不安や飢餓の真の原因から目をそらすものである</li> <li>・ 食料生産における自然との距離を大きくする</li> <li>・ 培養肉は、健康に対する未知のリスクを有している</li> <li>・ 人肉を培養してカニバリズムを行うことを可能にする</li> <li>・ 食生活を変化させる手段は既に存在しており、培養肉研究は資源の無駄である</li> <li>・ 社会的により重要な研究に時間と資金を費やすべきである</li> </ul> |

(Laestadius (2015)より作成)

これらのコメントは、大別して、肯定的な意見と否定的な意見に分けられる。(表 3.4 参照) 著者は、これらのコメントが 5つの価値、すなわち①動物の福祉、②環境保護と持続可能性、③正義と公平の促進、④食料生産における自然さの保全、⑤資源利用効率の最大化に基づくものであることを指摘し、いずれにおいてもコンセンサスが得られていないと論じる。そして、環境保護の価値については、今後の研究によって事実的な裏付けがとられた場合に、意見の一致が実現する可能性がある一方、その他の価値をめぐってはコンセンサスが得られる可能性は低いと論じている<sup>153</sup>。また、著者は、不自然さに関する倫理的懸念は(1)新しい技術がもたらす実際上の未知の領域に関するものと、(2)より本質的なレベルでの懸念の2つがあるとしたうえで、後者がいわゆる「自然主義的誤謬<sup>154</sup>」であるとい

<sup>153</sup> Laestadius (2015) pp.1001-1002

<sup>154</sup> ここでは、自然さを優れたものとみなしたり、道徳的善と同視したりする態度のことを指すと思われる (Dilworth & McGregor (2015) p.95 参照)

う専門家らの指摘は市民のこうした感情を薄めるのに必ずしも効果を持たない<sup>155</sup>ことに言及しながら、その解決につき悲観的な見通しを示唆している。そして、こうした諸価値をめぐる見解の相違が存在する以上、培養肉は当然の解決策ではなく、数ある潜在的な選択肢の一つとして位置づけるのが合理的であると論じている<sup>156</sup>。

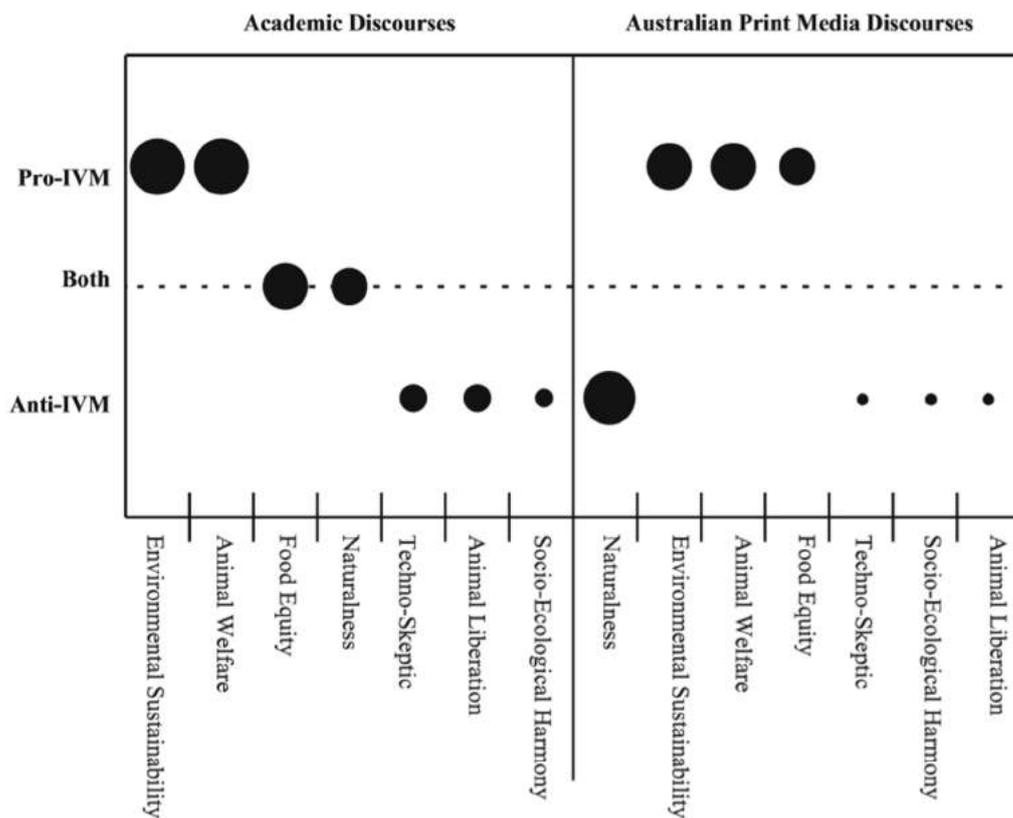


Fig. 2 Representation of discursive configurations in each space

Table 2 Number of papers/articles in which each discourse is evident

|               | Env. Sus. | Animal Welf. | Food Eq. | Nat. | Tech. | Lib. | Socio-Eco |
|---------------|-----------|--------------|----------|------|-------|------|-----------|
| Academic (55) | 36        | 31           | 19       | 17   | 6     | 6    | 4         |
| Media (41)    | 19        | 18           | 9        | 25   | 2     | 2    | 2         |

(Dilworth and McGregor (2015))

### 図 3.9 培養肉の倫理に関する、学术界とメディアにおける言説の相違

第三に、Dilworth and McGregor (2015)は、オーストラリアにおける活字メディアの記事（2005～2013年）を対象として、そこでの倫理的言説が学術文献におけるそれとどの

<sup>155</sup> Deckers (2005)

<sup>156</sup> Laestadius (2015) p.1003

ように異なるかを調査している。(図 3.9 参照)

その結果、学術文献における言説は主に 7 つの類型（環境の持続可能性、動物福祉、食料の公正、自然さ、技術懐疑論、動物解放論、社会と生態系の調和）に分類され、これはメディアにおいても共通しているものの、メディアにおいては不自然さに関する言説がより重点的に取り上げられる一方、食料の公正や動物解放論、生態系との調和など、より広い文脈における培養肉の倫理的意味合いがそれほど取り上げられていないと報告している（図 3.9 参照）。

また、環境や動物福祉に関するメディアの言説は、学術文献におけるものほどこれを疑問視していないと報告したうえで、こうした楽観的な言説は、この分野での著名な研究者である Mark Post 氏や、New harvest の創設者である Thomas Matheny 氏など、著名な支持者からの引用の文脈で登場していると指摘している。そして、このことから、こうしたステークホルダーが公的空間における培養肉の推進に重要な役割を果たす可能性を示している<sup>157</sup>。

著者らは、結語において、こうしたメディアの言説は、学術界で支配的な言説と培養肉に対する不自然さ・嫌悪感の感覚との間で形成されており、こうした支配的なナラティブは持続可能農業の従事者や宗教関係者などのステークホルダー抜きに形成されているにもかかわらず、今後そうした方向性を変更するのは困難かもしれないと予想している。ただし、著者らはこうした言説が社会一般による受容を導くわけではなく、これらの支持的な言説が当然に肯定できるものでもないとしている点<sup>158</sup>に留意する必要がある。

上記以外に注目される研究として以下のものが挙げられる。

まず、欧米英語圏における培養肉の報道が菜食主義者の反応を過度に強調しており、市場における菜食主義者の割合が人口統計学的に無視できるものであることに注意を促すものとして Hopkins (2015)がある。

次に、ステークホルダーに対するインタビュー調査を通じて、培養肉を含む代替タンパク質食品の推進派（多くは生産企業）によるナラティブを 5 類型に、従来型の畜産業者などによる否定派のカウンターナラティブを 3 類型に分類し、これらの中で、①「本物か偽物か」、②「清潔か不潔か」、③「伝統か進歩か」という二項対立が浮かび上がると指摘する Sexton, Garnett, & Lorimer (2019)がある。

また、培養肉に関する約束的な言説（「培養肉は環境や動物福祉などの問題に対する解決策となりうる」などの言説）について、それが培養肉の研究開発や投資を推進する役割ばかりを担ってきたのではないかと指摘としたうえで、それによって覆い隠された培養肉の異なる側面に注意を促す Jönsson (2016)も注目される。

---

<sup>157</sup> Dilworth and McGregor (2015) p.100

<sup>158</sup> ibid. pp.103-104

## 倫理的問題

培養肉生産の倫理的側面に関しては、環境負荷の軽減（環境倫理）に関するものと、動物倫理に関するものが主であるが<sup>159</sup>、ここでは、それ以外の倫理的問題を取り上げる。

培養肉に関する倫理的問題を包括的に挙げて検討するものとして、Hopkins & Dacey (2008)がある。同論文は、培養肉(生産)に対して考えられる倫理的問題を列挙し、これを検討するものであり、全体としては培養肉を擁護するものである。その内容は概ね後掲の表のようにまとめられる (BOX1)。これらの論証が成功しているかは必ずしも明らかではないが、ここで提示される倫理的懸念は多くの範囲を網羅していると思われる。

加えて、同論文では検討されなかった「被害者なきカニバリズム」の問題について検討するものとして、Schaefer & Savulescu (2014)、Milburn (2016)がある。

前者は、カニバリズムを倫理的に許容できないものとする特徴として、①それが殺人を伴う点、②死体を冒瀆する点（これは死者に対する冒瀆であるほか、遺族に対する不正な行為でもある）が考えられるところ、培養肉によるカニバリズムはいずれをも含まないと指摘する。そして、人肉食は人間の本来的価値を軽視しているという主張に対して、臓器移植などとの類比を用いながら、これを退けている。すなわち、それが個人としての人間の価値を毀損するという主張に関しては、単なる肉として扱われる人間が存在しないことや人間の中心的な能力を剥奪されていないことを、種としての人間の価値を毀損するという主張に関しては、それがどのようなものを指すのか明らかでないことを指摘している。

また、Milburn (2016)は、カニバリズムとして一般的に想定される状況として、①カニバリズムの目的で殺人を行うケース、②カニバリズムの目的で死体損壊を行うケース、③カニバリズム以外の理由で得られた体の一部を食べるケース、という3つの類型（さらに①・③は、同意がある場合とない場合に分けられる）を挙げたうえで、これらの不正さは、殺人などの暴力を伴う点や、死体の持つ道徳的価値（生きている者との来歴的な関係性や、死者と親交のあった者にとっての情緒的・精神的価値、文化的アイデンティティなど）を毀損する限りのものであり、これらを伴わない人肉の培養肉を食べることは不正とはいえないとする。また、同意の可否について、殺人に同意することの可否に議論はあるとしても、自らの細胞を培養肉に使用することに同意することが許されないというのは無理があるとも指摘している<sup>160</sup>。

なお、「被害者なきカニバリズム」との関連では、肉の性的政治（“the sexual politics of meat”）に基づく肉食反対論が示唆的である。肉の性的政治論は Carol Adams によって提唱された有名な議論であるが、この議論は2つの主要な構成要素を持っていると指摘され

<sup>159</sup> アカデミアでの議論を類型化したものとして、Dilworth & McGregor (2015) pp.89-97

<sup>160</sup> Milburn (2016) p.261

る<sup>161</sup>。すなわち、①西洋の文化においては男性が女性を支配するという権力関係が存在している点、そして、②男性らしさについての考え方と肉食の間には文化的な関連があり、この関連が上記の権力関係とそれに結びついた文化的実践を表現・体現しており、これを維持するのに役立っているという点である。この議論に対しては、肉食の拒否が必ずしも家父長制的文化や女性のモノ化を拒否することに結びつかないとの指摘がある<sup>162</sup>。もっとも、自然や動物を「捕食の対象」として見る文化と、女性を「捕食の対象」として見る文化の間に緊密な連関があることを指摘する Adams の議論は、人の肉を文字通り「捕食の対象」とすることを可能にする培養肉技術の文脈において重要な意味を持つと思われる。これは例えば「美少女肉」などのように、細胞を提供した現実の人間の個性・特徴と対応させる形で培養肉を価値づけたうえで、当該培養肉の提供を行う例などを考えると理解しやすい<sup>163</sup>。ここで利用される表象が体現する価値観は、それ自体の当／不当が問題となるものであり、必ずしも培養肉技術に固有の内在的問題ではない。もっとも、培養肉の生産・消費という文脈においては、食べるという行為が持つ象徴的意味を通じて、そうした価値観・権力関係がより強化されるおそれがある。「被害者なきカニバリズム」が個人の個別具体的な権利利益を侵害しないとしても、その行為が持つ社会的な意味に注意する必要がある。

その他の倫理的問題として、培養肉の価格が高い水準にとどまった場合、富裕層とそうでない層の間で倫理的消費に関する格差、すなわち、先進国の特権的な富裕層のみが良心の呵責を感じることなく現在の食生活を維持することができるようになってしまわないかという指摘がある<sup>164</sup>。

また、フェアトレードの観点から、多国籍企業による支配や途上国との格差を懸念する見解がある<sup>165</sup>。しかし、培養肉生産は途上国の資源や労働力に依存するものではないため、培養肉企業が搾取に加担するという事態はあまり想定できないと思われる。もっとも、第3章5節で述べたように、培養肉が途上国の市場を支配することで現地の農業生産に打撃を与え、ひいては先進国との格差が拡大する可能性はあることに注意する必要がある。

加えて、培養肉生産が自然と人間の関わりを失わせるという環境倫理的な懸念がしばしば提出されるところ、この点について、「裏庭の豚 (“the pig in the backyard”）」というアイデア<sup>166</sup>が注目される。これは、各家庭や地域社会で豚を飼いながら必要に応じて幹細

---

<sup>161</sup> サンドラー (2019) pp.122-127

<sup>162</sup> 同上 p.126

<sup>163</sup> van Mensvoort (2014) “The In Vitro Meat Cookbook”は培養肉を使った仮想のレシピを紹介する料理本であるが、その一つとして有名人の細胞を使用した“Celebrity Meat”というレシピが紹介されている。(pp.144-145)

<sup>164</sup> Cole & Morgan (2013) pp.214-215

<sup>165</sup> Hocquette (2016) pp.171-172

<sup>166</sup> van der Weele & Driessen (2013)

胞の採取を行うというものであり、都市型の生活と動物との繋がりを両立するハイブリッド・コミュニティの構成要素として培養肉技術を位置づけるものである。これは、学会でのワークショップの中で提案されたものであるところ、著者は、こうした発想は必ずしも新規性のあるものではないと指摘しながらも、これが培養肉に関する一般的に取り上げられる側面（持続可能性や動物福祉）とは異なる側面を明らかにするものであることに注目しており、上記のアイデアは、培養肉技術の社会的な意味合いが、それがどのような社会の中で利用されるかに影響されることを示すものとして興味深い例といえる。

### BOX 1 培養肉の倫理的問題 (Hopkins & Dacey (2008)による)

- 危険性：(未試験の)新規の物質を摂取することは危険である
  - 反論①：それ自体は道徳的な問題ではなく、事実的な問題である
  - 反論②：従来の肉と同様の安全性を備えた場合、考慮すべき固有の懸念があるかは明らかでない
  
- カニバリズム：人間の肉の培養が可能であり、それゆえ「被害者なきカニバリズム」を導く  
(実際に人肉食に関心を持つ者がいるか疑わしく、また、いたとしてもそれがどれほどの道徳的問題となるか明らかでないとして、検討を省略している)
  
- 肉の真正さ：培養肉は「本物の」肉ではなく、肉と同等の価値は持たない (cf. 人工ダイヤモンド)
  - 反論①：本物の肉かどうかを決定するのは物理的な構成要素であって、生産方法ではない
  
- 不自然さ：培養肉は不自然なものであり、道徳的に疑わしい
  - 反論①：自然さに訴える論証への典型的な反論（自然は善と一致しない、自然は定義が困難、自然の状態の方が劣っている場合も存在する、自然は人間の知的操作を含むものである）
  - 反論②：自然であるからといって、それが人間の健康に良いものであるとは限らない (e.g. ヒ素)
  
- 不快さ：培養肉に関する不快さは道徳的に重要な何らかの意味を持っている  
(共食いや近親相姦など進化心理学的に理由のある嫌悪感が存在する一方、道徳的に正当化されない文化的な嫌悪感も存在すると指摘したうえで、以下の検討すべき点を挙げる)
  - 検討点①：嫌悪感をどの程度重視すべきか（道徳的に相当な理由があるかを検討する必要がある）
  - 検討点②：嫌悪感がどれだけ強いものか（教育・慣習化を通じて嫌悪感を持ち続けるのか）
  
- 技術による解決は道徳的に卑怯である（適切な解決策とは言えない）
  - 反論①：特定の解決策を前提としている（が、それが妥当であるかが明らかでない）
  - 反論②：問題の解決策を、文化的慣習・道徳的態度の変容に限定する根拠が明らかでない

・ 誤った道徳的動機（利己主義的態度など）に基づいている

反論①：動物の苦痛を減少できればそれでよい（帰結主義からの反論）

反論②：技術導入初期段階では、培養肉と屠畜食肉の選択につき有徳な決断をする機会がある

反論③：現在肉食をしていない人も利用できる

（したがって、現在の肉食による利益を享受し続けるためとは言えない）

・ 未来の技術への安心感が現在の道徳的努力を妨げる

反論①：本当にそうかは明らかでない

反論②：仮にそうだとした場合、培養肉への移行の方が、現状維持よりも倫理的に優れている

・ 培養肉中心の世界よりも、現在の食肉産業が維持される世界の方がより良いものである

反論①：（家畜の大量廃棄に対して）培養肉への移行は、より緩やかに起こると考えるのが妥当

反論②：（家畜が生まれてこないので望ましくないという議論に対して）

存在しない者の利益に基づいて道徳的義務が生じることはあり得ない

反論③：（動物は本質的価値を持ち、人間はこれを維持・増幅させなければならないという議論に

対して）繁殖の数には限界があるし、地球の収容力の範囲内で繁殖させることは妨げない

・ 倫理的瑕疵の承継：細胞採取に倫理的問題があった場合、その瑕疵は培養された組織全体に及ぶ

反論①：非倫理性がどのように承継されるのか明らかでない

反論②：適切な方法で採取すれば瑕疵はある程度治癒されるし、細胞利用による莫大な利益はこうした軽微な倫理的瑕疵を凌駕する

・ 培養肉生成は動物の完全性（integrity）を侵害する

（ここで”integrity”とは、人間の介入によって動物が傷ついたり、種固有のバランスや、固有の環境下で自己を維持する能力が失われないことを指す）

反論①：動物を他の何かに変えようとしているわけではないし、培養で生まれるのは動物ではない

反論②：培養肉を作ることで、元の動物（種・個体）が害を受けたり軽蔑されたりすることはない

・ 道徳的配慮・尊厳・尊重に欠ける（動物の手段化・商品化を招く）

反論①：（帰結主義からの反論として）現在の食肉産業はさらに酷い（ただし、tu quoque の誤謬）

反論②：動物個体ではなく、細胞を道具化しているに過ぎない

（細胞採取の過程は無痛で行うことができ、採取はその個体を目的自体として扱うことと矛盾しない）

・ 「プロメテウスの欲望」の不道徳性

：生物の性質を変えるのではなく、与えられたものを受け入れなければならない

反論①：動物の苦痛を減らすよりも自然に対する謙虚さを優先することは単なる自己満足である

## 宗教・食文化

培養肉の宗教的側面に関しては、培養肉がユダヤ教のコーシャ、イスラム教におけるハラールに当たるかが問題となる。また、ヒンドゥー教に関して、宗教的儀式に使用しうる動物が存在しなくなった場合に問題が生じるとの指摘がある<sup>167</sup>。

培養肉とコーシャとの関連につき、有識者の見解は統一されていない。オリジナルの細胞がコーシャの規則に従って屠殺された家畜から採取されたものであれば問題ないとする見解がある一方、最終製品は加工によって元の形から大きくかけ離れており、もはやオリジナルの動物とは何ら関係がなくなる結果、培養肉には問題がないとする見解もある<sup>168</sup>。

培養肉がハラールかどうかをめぐっては、培養肉技術が近年の発明であることから、それがイスラム法に準拠しているかどうかについての確立した解釈が存在しない。現代のイスラム法学者から見た解釈としては、ハラールの家畜から採取された細胞に基づき、血液や血清を使用せずに培養を行った培養肉は、ハラールとみなされうるとの見解がある<sup>169</sup>。

培養肉が食文化にどのような影響を与えるかに関して、これを論じる文献はほとんど存在しない。もっとも、食文化という観点から培養肉の潜在的影響を考えた場合、以下のようなものが考えられる。

第一に、培養肉は、肉の真正さという問題を生じさせ、またはこれに対する認識に変化を与える可能性がある。この問題は、人工ダイヤモンドや造花の価値に関する問題と同様に、培養肉の価値に関する議論とも関連して問題となると考えられる。(前項も参照) この点につき、中国、エチオピア、オランダの学生を対象とした文化間比較を通じて、培養肉がどの程度「肉」の概念に適合しているかを明らかにしようとする **Bekker et al. (2017)** の調査研究が存在する。同著者は、肉の概念の中心には屠殺された動物の概念が共通して存在するものの、肉に関する象徴的なイメージは文化・慣習によって異なることを報告している。「肉」の概念とその真正さは必ずしも直結する問題ではないが、概念的な問題に対して人々の実際の認識からアプローチする方法は、こうした問題を考える上でも参考になると思われる。

第二に、培養肉生産は、食肉の生産現場から消費者や動物を疎外し、食肉や食品一般に対する消費者の認識や慣行を変化させる可能性がある。培養肉技術による食肉生産は人間を自然から疎外するという主張があることは前述の通りである。この点につき、**Buscemi (2014)** は文化人類学的な観点から、培養肉が食肉生産システムにどのような変容をもたらすかを考察しており、示唆的である。同論文は、西欧においては文明化の過程に伴って、食肉から「それがかつては生きた動物であった」という観念 (“the animal origins of

---

<sup>167</sup> Chriki & Hocquette (2020)

<sup>168</sup> Rina Krautwirth (2018) “Will lab-grown meat find its way to your table?”  
<https://yuobserver.org/2018/05/will-lab-grown-meat-find-way-table/>

<sup>169</sup> Hamdan et al. (2018)

meat”) が切り離される傾向にあり、現在、食の4つの過程（生産、流通、調理、消費）のうち、生産以外の3つの過程は既に動物の匿名化が終了しているところ、培養肉は最後の「生産」の過程からも動物の存在を消失させると指摘している。

こうした分析はあくまで文明論的な観点からの指摘であり、それが現実社会にどのような影響をもたらすかは明らかでない。しかし、一般的に、食品に関する生産現場と消費者との間の心理的距離や、食肉生産のために犠牲となった家畜の匿名化は、食肉の生産にかかる手間や費用、犠牲を不可視化し、食肉や食品およびその生産を可能にした環境の価値を過小評価する方向に作用すると考えられる。そして、こうして形成された消費者の認識は、食べ残しなどの日常の消費行動を通して、食品ロスなどの社会的問題を導くほか、公共政策における農業・環境分野の相対的な価値の低下などに影響を与える。培養肉技術（あるいは細胞農業）が食料生産一般を工業化し、食料生産を支えるコストを不可視化する場合、こうした変容の影響は文化という枠組みにとどまらないことに注意する必要がある。

第三に、日本の文脈において、「いただきますの倫理」に変容を与える可能性がある。ここでの「いただきますの倫理」とは、「命をいただく」という発想に基礎を置く日本に特有の倫理観・宗教観であり、概ね以下のような主張から構成される<sup>170</sup>。

- ・人間は動植物の命を犠牲にする（「命をいただく」）ことでしか生きていくことはできない
- ・人間はそうして犠牲になった動植物にせめて感謝を捧げなくてはならない
- ・その感謝の気持ちを表すのが「(命を) いただきます」という食前のあいさつである
- ・この感謝の気持ちの当然の帰結として、食材を無駄にする、食べ残しをするといった行為は許されない

この倫理観につき、篠賀（2013）は戦前の食習慣を調査した資料などをもとに、「いただきます」という食前の挨拶が必ずしも普遍的でなかったことを指摘しているほか、伊勢田（2018）は1998年の農業白書を取り上げながら、「いただきます」における感謝の対象は食の生産・流通・調理に携わる人間ないしその労苦であり、「命をいただく」という発想が当時まだ一般的でなかったことを指摘しており、こうした倫理観が日本において伝統的かつ普遍的でなかったことが示唆される。いずれにせよ、現在においては「いただきますの倫理」はかなりの程度人口に膾炙しているといえるところ、培養肉は動物の屠殺を伴わない点が重要な特徴であることから、こうした倫理観に混乱・変容を生じさせる可能性がある。もっとも、伊勢田（2018）が指摘するように、こうした倫理観は合理的に考えて非常に奇異な考え方であることや<sup>171</sup>、乳製品や（無精）卵、果実など、必ずしも個体の生命

<sup>170</sup> 伊勢田哲治（2018）「「いただきますの倫理」はいつごろ広まったのか（1）」より引用  
<http://blog.livedoor.jp/iseda503/archives/1895393.html>

<sup>171</sup> 同上

の断絶を前提としない食べ物が既に存在するにもかかわらず、なお「いただきます」の挨拶をすることが一般的であるという現在の状況を鑑みると、培養肉がこうした倫理観にどの程度影響を与えるかは明らかではない。

なお、この他に、培養肉の文化的側面を考える上で参考になるものとして、過去1世紀の文学・映像作品のうち、フェイクミートが登場するものの中で、家畜・食肉がどのように価値づけられてきたかを論じる McHugh (2010)がある。

また、細胞農業を中心とした循環型食物生産システムのビジョンを発表するなど、市民科学の立場から積極的に意見発信を行う Shojinmeat Project の活動も注目される<sup>172</sup>。

---

<sup>172</sup> Shojinmeat Project HP: <https://shojinmeat.com/wordpress/>

## 第7節 法制度

### Overview

- ・米国においては、食品管理に関する監督権限の分担を定めた USDA-FDA 間の協定が注目される。
- ・EUにおいては、培養肉を含む新規食品を包括的に規定する EU 規則が整備されている。
- ・日本におけるレギュラトリーギャップの調査は未だなされていないものの、食品衛生法および食品表示法下での取扱いにつき不明確な部分が多く、省令等による新たな基準の設定が求められる。

### 海外の議論・動向

#### 1. 米国における動向—USDA と FDA—

米国における規制の動向としては、米国農務省（USDA：United States Department of Agriculture）と食品医薬品局（FDA：Food and Drug Administration）の間で結ばれた監督権限に関する合意が注目される。

米国における食品規制の権限については、USDA が畜肉、畜産物、卵製品などに関する安全基準や品質基準、商品表示などを所管し、FDA がその他の食品や遺伝子組み換え食品を所管しているところ、培養肉に関してはどちらの機関がどのような監督権限を保有するのかについて議論があった<sup>173</sup>。こうしたなか、両機関は 2019 年 3 月に、「家畜および家禽細胞株由来の細胞培養食品規制のための正式協定（Formal agreement to regulate cell-cultured food products from cell lines of livestock and poultry）」を公表し、所管事項に関する監督権限および責任の所在を明らかにした<sup>174</sup>。同協定では、監督権限の分担のほか、両機関の協働体制についても合意が結ばれている。（BOX2 参照）

現時点では、詳細な協働の枠組みや食品表示等に関する共同原則は発表されていないものの、今後の具体的な協働の在り方については、米国会計検査院（GAO：Government Accounting Office）が調査報告と提言をまとめている<sup>175</sup>。同報告書は、①培養肉の製造工程を整理し、②FDA と USDA が合意した内容を精査したうえで、先行の協働事例を参考にしよう提言を行うもので、監督機関の協働体制をどのように構築すべきかという観点から参考になるものと思われる。

<sup>173</sup> 農畜産業振興機構 HP「米国における食肉代替市場の現状」（2019 年 10 月）

[https://www.alic.go.jp/joho-c/joho05\\_000777.html](https://www.alic.go.jp/joho-c/joho05_000777.html)

<sup>174</sup> USDA “USDA and FDA Announce a Formal Agreement to Regulate Cell-Cultured Food Products from Cell Lines of Livestock and Poultry” (March 7, 2019)

<https://www.usda.gov/media/press-releases/2019/03/07/usda-and-fda-announce-formal-agreement-regulate-cell-cultured-food>

<sup>175</sup> GAO (2020) “Food Safety; FDA and USDA Could Strengthen Existing Efforts to Prepare for Oversight of Cell-Cultured Meat” (<https://www.gao.gov/assets/710/705768.pdf>)

## BOX 2 USDA-FDA の合意文書の主な内容

### A FDA の管轄事項

- FDA は、製造材料・工程および製造管理を評価するための、事業者との市販前協議手続きを実施する。また、FSIS と協議し、市販前協議手続きの結果を共有する。
- FDA は、最初の細胞採取および適切な細胞貯蔵の進行・維持を監督し、増殖した細胞の収穫段階までの細胞の増殖と分化を監督する。各段階に関連する規制または指導、検査の実施が含まれる。
- 収穫段階における、FDA から FSIS への監督責任の移管時において両当局が相互に協力する。FDA は培養し収穫された細胞について、USDA の検査対象となる食肉への加工に適しているかどうかを判断するために必要な情報を FSIS に提供する。
- FDA は、事業者が事業要件を順守することを保証する。
- FDA は、細胞貯蔵および細胞培養施設が FDA の法規則を順守していることを保証するために、法的措置を含む適切な検査およびフォローアップを実施する。FDA は、FSIS の規制対象となる検査は行わず、FSIS の規制対象となる行為は FSIS による規制手続きに依存する。

### B USDA-FSIS の管轄事項

- FSIS は、収穫段階における FDA からの監督責任の移管時において両当局が相互に協力する。また、培養し収穫された細胞について、USDA の検査対象となる食肉への加工に適しているかどうかを判断するために必要な情報を精査する。
- FSIS は、家畜や家きんの培養細胞を収穫した各施設および培養細胞を用いて加工する事業所および当該食品の包装と表示を行う事業所に対し、USDA の検査対象となる食肉生産に必要な連邦食肉検査法および連邦家禽肉検査法の順守を求める。FDA の規制対象となる行為は FDA の手続による。
- FSIS は、家畜や家禽由来の培養細胞の収穫、加工、商品包装または商品表示を行う事業所の検査を実施する。FSIS の所管する法規則に則り、商品の安全性および表示を保証する。
- 培養細胞由来食品の表示は FSIS の事前承認を受ける必要があり、FSIS の検査で証明される。FSIS は、必要であれば、当該食品の安全性と正確な表示を保証するための追加条件を作成する。
- FSIS は、不良または不正表示された当該食品が商取引されないようにするため、または当該食品を商取引から除外するため、必要であれば法的措置を講じる。

### C FDA-USDA 間での協働体制

- 両当局は、生物学的物質の収穫に関連して双方で共有する監督責任についての協力体制を促進させるために、より詳細な協働体制の枠組みあるいは標準作業手順書（SOP）を作成する。
- 両当局は、家畜および家きんの培養細胞由来食品は着実に透明性が確保された表示が行われることを保証するため、商品表示と強調表示の共同原則を作成する。
- 両当局は、USDA 所管の食肉用畜種に由来し、USDA の検査を求められる細胞培養技術を適用した商品に関する食品安全問題に関する調査を協力して実施する。

(訳文は、農業産業振興機構 HP のものを参考にした)

## 2. EUにおける動向

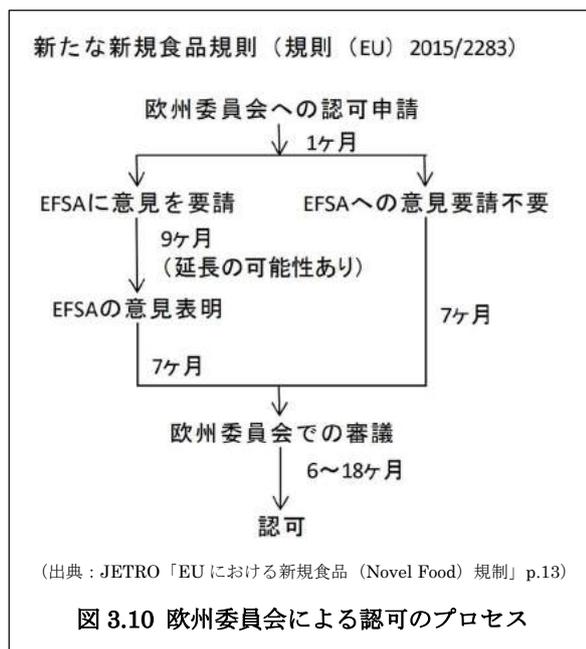
EUでは従来、新規食品（novel food）の規制枠組みとして「(EC) 258/97」が存在していたが、食品産業における技術進歩や手続簡易化の要請を踏まえ、2018年1月1日に新たな規則である「(EU) 2015/2283」が施行された<sup>176</sup>。

同規則は、EUで販売しようとする食品が「新規食品」に該当する場合に、欧州委員会の認可を義務付けるものである。この過程において、事業者は所定の書類を提出して申請を行い、欧州委員会は必要に応じて欧州食品安全機関（EFSA）の意見を聴取しながら認可の可否を決定する<sup>177</sup>。

規制対象となる「新規食品」とは、「1997年5月15日以前にEUで人間により相当量が消費されていなかった食品・食品成分」を指す（第3条）。同条では、これに当たる食品として具体的に10のカテゴリーを示しており、その中の一つに「動物、植物、微生物、菌類又は藻類由来の培養細胞又は培養組織から構成、分離又は製造された食品」が挙げられている（同条(vi)）。本カテゴリーに該当する主要な食品は人工培養肉であるとされており<sup>178</sup>、本稿でいう組織工学アプローチによる培養肉も、基本的にこの規則による規制が及ぶと考えられる。

同規則の注目すべき特徴として、以下の2点が挙げられる。第一に、新規食品に該当するか判断がつかない場合に事前照会の制度が用意されており（第4条）、判断の際には欧州委員会のウェブサイト「新規食品カタログ」を確認することも可能である<sup>179</sup>。第二に、同規則下で認可された新規食品はジェネリック化し、認可以降の事業者は新たに申請せずともEU内で当該食品を販売することが可能となる。ただし、例外として、申請者が申請に用いた科学的データの保護を希望する場合には、5年間の販売独占期間が認められる。もっとも、この場合にも独自のデータに基づく申請は妨げられない。

また、同規則が全体として手続の簡易化・迅速化を志向している点も注目に値する。



<sup>176</sup> (EU) 2015/2283 <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d2e5f917-9fd7-11e5-8781-01aa75ed71a1/language-en>

<sup>177</sup> 認可プロセスの詳細は、日本貿易振興機構ロンドン事務所「EUにおける新規食品（Novel Food）規制」<[https://www.jetro.go.jp/ext\\_images/Reports/02/2018/90cbe8dc7fd1f1cb/eu\\_novelfood.pdf](https://www.jetro.go.jp/ext_images/Reports/02/2018/90cbe8dc7fd1f1cb/eu_novelfood.pdf)> pp.10-15を参照。

<sup>178</sup> 同上 p.8

<sup>179</sup> [https://ec.europa.eu/food/safety/novel\\_food/catalogue\\_en](https://ec.europa.eu/food/safety/novel_food/catalogue_en)

## 日本における法制度

日本における食品の安全対策は、①事前の衛生管理、②危険発見のための検査、③事故発生時の撤去と回収、④そのためのトレーサビリティ（食品追跡制度）、⑤情報提供のための表示、という5つから構成されている<sup>180</sup>。

これらに対応する法令として、食品衛生法（①・②・③）、食品表示法（⑤）、肉牛と米・米加工品に関するトレーサビリティ法<sup>181</sup>（④）がある。食品一般を規制対象とする法令は食品衛生法と食品表示法の2本が最も主要なものであるが、さらに個別の分野における川上の規制（原材料生産に近い分野の規制）については個別の法律で対応することになっている<sup>182</sup>（畜産に関しては、家畜伝染病予防法、飼料安全法、と畜場法など）。もともと、トレーサビリティや食品回収を始めとして、上に挙げた5つの安全対策の多くの実践が、事業者等による自主的な取組みに委ねられている点には注意を要する<sup>183 184</sup>。

食品安全に関わる行政は、2003年に制定された食品安全基本法によって統合的に再編されている<sup>185</sup>。同法下での食品安全行政は、消費者庁が行う食品安全施策の方針策定と全体調整（食品安全基本法21条1項の基本的事項の策定および関係行政機関の事務調整<sup>186</sup>）の下、環境汚染に関するリスク管理（環境省）、農林水産物等に関するリスク管理（農林水産省）、食品衛生に関するリスク管理（厚生労働省）、食品表示に関する事務（消費者庁）が行われる。内閣府に置かれた食品安全委員会は、各省の求めに応じて、食品や食品に含まれる添加物などのリスク評価（「食品健康影響評価」）を行い、結果の通知・勧告・意見を行う<sup>187</sup>。各省は、この評価結果に基づいて、所管法令に関する安全基準などの省令等を制定することになる<sup>188</sup>。

培養肉に関連して問題となる法律としては、食肉の生産から販売までの段階に応じて、以下のようなものが挙げられる（表7.1参照）。このうち、飼料作物栽培や家畜の飼養・流通は、培養肉生産以前の段階に当たることから、以下では、屠畜・解体、食品衛生管理、販売・表示の3段階に応じて問題となる法規制を挙げる。なお、以下の検討は、培養肉として最も典型的な形態である、組織工学アプローチに基づく牛等の培養肉を念頭に行う。

<sup>180</sup> 小城，一色（2014）p.215 参照

<sup>181</sup> 正式名称はそれぞれ「牛の個体識別のための情報の管理及び伝達に関する特別措置法」、「米穀等の取引等に係る情報の記録及び産地情報の伝達に関する法律」

<sup>182</sup> 小城，一色（2014）p.217

<sup>183</sup> 農林水産省「食品トレーサビリティ推進方策の検討に係る報告書」（令和元年12月）p.1 参照

<https://www.maff.go.jp/j/syouan/seisaku/trace/attach/pdf/index-94.pdf>

<sup>184</sup> 安田和男（2019）「食品自主回収制度の仕組みとリコールの現状」

<https://www.kenko-kenbi.or.jp/science-center/foods/topics-foods/19758.html>

<sup>185</sup> 食品安全行政の全体像と各省の所管については、以下を参照

食品安全委員会「食品安全委員会とは」（<https://www.fsc.go.jp/iinkai/mission.html>）

<sup>186</sup> 消費者庁及び消費者委員会設置法4条1項13号

<sup>187</sup> 食品安全基本法23条1項2号、3号

<sup>188</sup> 同法24条1項各号参照

|          |   |
|----------|---|
| 飼料作物栽培   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・農薬取締法</li> <li>・肥料取締法</li> </ul>  |
| 家畜の飼養・流通 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・飼料安全法（飼料の安全性の確保及び品質の改善に関する法律）</li> <li>・家畜伝染病予防法</li> <li>・牛トレーサビリティ法</li> </ul> （牛の個体識別のための情報の管理及び伝達に関する特別措置法）               |
| 屠畜・解体    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・と畜場法</li> <li>・食鳥処理の事業の規制及び食鳥検査に関する法律</li> </ul>  |
| 食品衛生管理   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・食品衛生法</li> <li>・薬機法</li> </ul> （医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律） <ul style="list-style-type: none"> <li>・HACCP 支援法</li> </ul> |
| 販売・表示    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・食品表示法</li> <li>・景表法（不当景品類及び不当表示防止法）</li> </ul>  |

（筆者作成）

表 7.1 培養肉の生産・流通・販売等において関連する法令

## 1. 屠畜・解体

と畜場法、食鳥処理の事業の規制及び食鳥検査に関する法律（以下、「食鳥処理法」という）は、いずれも生体の家畜を食肉に変換する過程（屠畜、処理、解体）を規制対象とする。前者は牛、馬、豚等（「獣畜」）を対象とし、後者は鳥、あひる、七面鳥等（「食鳥」）を対象としている。

同法の趣旨は獣畜・食鳥の処理に規制を加えることで感染症や食中毒の蔓延を防止する点にあると言え、基本的な規律は両法とも共通している。すなわち、屠殺や解体を行う施設の設置または事業を行うには都道府県知事の許可を受けなければならない<sup>189</sup>、これらの場所以外で獣畜の屠殺・解体または食鳥処理の事業を行うことは禁止される<sup>190</sup>。また、獣畜・食鳥いずれについても生体検査、解体前検査、解体後検査を行う必要があり、これらを経ずに屠殺、解体、肉等の持ち出しを行うことは禁止される<sup>191</sup>。これらの検査に不合格となった場合には、屠殺・解体等は禁止され、これらによって得られた肉や内臓等は廃棄しなければならない<sup>192</sup>。加えて、これらのと畜場・処理場以外で屠畜・解体された食肉等を譲り受けることも禁止されている<sup>193</sup>。なお、これらの規律にはいずれも罰則が設けられている<sup>194</sup>。

<sup>189</sup> と畜場法 4 条 1 項、食鳥処理法 3 条

<sup>190</sup> と畜場法 13 条 1 項柱書、2 項、食鳥処理法 3 条

<sup>191</sup> と畜場法 14 条 1 項、2 項、3 項、食鳥処理法 15 条 1 項、2 項、3 項、17 条 1 項柱書

<sup>192</sup> と畜場法 16 条 1 項各号、食鳥処理法 19 条、20 条各号

<sup>193</sup> と畜場法 15 条、食鳥処理法 18 条

<sup>194</sup> と畜場法 24 条以下、食鳥処理法 45 条以下

このように、現行の法令は、家畜の屠畜・解体を行う場所を限定し、これに厳格な検査等の規制を加えることで集中的な衛生管理を図っている。

これらの法令と関連して、培養肉生産においては幹細胞等の採取行為が問題となる。上記法令は規制対象を「とさつ」（と畜場法 13 条 1 項柱書）、「解体」（同条 2 項）、「食鳥処理<sup>195</sup>」（食鳥処理法 3 条）としているところ、屠畜を伴わない形で幹細胞等の採取を行う場合には、同法の規制の対象から外れることとなる。検査の対象となる疾病・異常には尿毒症や黄疸など遺伝性疾患に起因するものもあるため<sup>196</sup>、これらの検査を経ない細胞の採取および培養は安全リスクを内包することになる。

したがって、培養肉生産を目的とした屠畜を伴わない細胞採取行為につき、特則などを定めることによって同法の規制下に置くことが必要であると考えられる。

## 2. 食品衛生管理

食品の製造・加工・保存および販売の過程においては、食品衛生法が全ての飲食物を対象とする規制を行っているほか、同法の適用除外とされる医薬品等については薬機法が規制の対象としている<sup>197</sup>。以下では、食品衛生法を取り上げて問題となる規定を検討する。なお、薬機法においては、医薬品のほか、再生医療等製品<sup>198</sup>についても規制がなされているところ、これと技術的に関連の深い培養肉生産においては、使用する原料・機器が同法の規制にかかる場合があることに留意する必要がある。

培養肉に関しては、食品衛生法の適用上、以下の点が問題となると考えられる。

第一に、法 7 条 1 項は、新開発食品が食品衛生上の危害を有していると認められる場合に、厚生労働大臣はその販売を禁止することができる旨を定めている。同条の運用指針については、厚生労働省医薬局長通知がこれを示しているところ<sup>199</sup>、同通知では、同条 1 項が「石油たんぱく」など「従来の自然界の動植物の採取等による食品の調達方法とは違った新しい方法で食品を開発しようという試み」を念頭に追加されたものであるとしており、培養肉はこれに該当すると判断されうる。どのような場合に「食品衛生上の危害の発生を防止するための必要性があると認め」られるかについて、同通知は同条 2 項・3 項の適用基準のみを示しているものの、同項の導入趣旨は 1 項のそれと共通していることから<sup>200</sup>、1 項についても同様の適用基準が妥当すると考えられる。したがって、培養肉がこれらの基準に抵触する場合、販売禁止処分がなされるリスクがある。

<sup>195</sup> 「食鳥をとさつし、及びその羽毛を除去すること」ならびに「食鳥とたいの内臓を摘出すること」をいう（食鳥処理法 2 条 5 号イ、ロ）

<sup>196</sup> と畜場法施行規則別表第 3、別表第 4 を参照

<sup>197</sup> 食品衛生法 4 条 1 項柱書参照

<sup>198</sup> 定義につき、薬機法 2 条 9 項参照

<sup>199</sup> 「食品衛生法第 4 条の 2 の規定による食品又は物の販売禁止処分の運用指針（ガイドラインについて）」（平成 15 年 8 月 29 日付薬食発第 0829006 号厚生労働省医薬局長通知）

<https://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syoku-anzen/hokenkinou/dl/10.pdf>

<sup>200</sup> 同上 pp.1-2 を参照

第二に、法 13 条 2 項は、同条 1 項に基づいて厚生労働大臣が食品・添加物の製造等方法の基準もしくは成分の規格について定めたときに、これに適合しない食品・添加物の販売等を禁止している。これらの基準・規格については、「食品、添加物等の規格基準」（昭和 34 年厚生省告示第 370 号）が定めているところ<sup>201</sup>、同基準は、(A)食品一般の成分規格、(B)食品一般の製造、加工及び調理基準、(C)食品一般の保存基準を定めるほか、各食品について個別的に規格・基準を定めている。培養肉に関連して問題となるものとして、以下のものがある。

まず、(A)食品一般の成分規格につき、抗生物質、抗菌性物質、その他医薬品等の成分である物質のうち、一定のものは食品に含有させることが禁止されるほか、組み換え DNA 技術によって得られた微生物を利用して製造された食品は、厚生労働大臣が定める安全性審査を経なければならない<sup>202</sup>。後者の規律は、発酵のアプローチに基づく培養肉生産で問題となる。

また、食品別の個別規格・基準のうち関連するものは、「食肉及び鯨肉」、「生食用食肉」、「食肉製品」に関するものがあるところ、具体的な規格・基準は以下のような内容となっている（BOX3 参照）。これらについては、そもそも培養肉が「食肉」に該当するのかが明らかでない点が問題となるほか、該当する場合には生産過程のどの時点から該当性が認められるかという点も問題となる。また、具体的な規格・基準についても、例えば食肉の保存温度基準である 10° ないし 4° 以下で細胞培養を行うことはできないなど、一部の規定は培養肉生産に適合しないものもある。培養肉は生産方法の点で従来の食肉と著しく異なるため、こうした食品別の規格・基準については、培養肉を別個の食品として整理したうえで、新たな規格・基準を定めることが必要であると思われる。

### BOX 3 食品、添加物等の規格基準（昭和 34 年厚生省告示第 370 号）（抜粋）

○食肉及び鯨肉

#### 1 食肉及び鯨肉の保存基準

(1) 食肉及び鯨肉は、10° 以下で保存しなければならない。ただし、細切りした食肉及び鯨肉を凍結させたものであって容器包装に入れられたものにあつては、これを-15° 以下で保存しなければならない。

(2) 食肉及び鯨肉は、清潔で衛生的な有蓋の容器に収めるか、又は清潔で衛生的な合成樹脂フィルム、合成樹脂加工紙、硫酸紙、パラフィン紙若しくは布で包装して、運搬しなければならない。

#### 2 食肉及び鯨肉の調理基準

食肉又は鯨肉の調理は、衛生的な場所で、清潔で衛生的な器具を用いて行わなければならない。

<sup>201</sup> 厚生労働省「食品別の規格基準について」

[https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou\\_iryuu/shokuhin/jigyousya/shokuhin\\_kikaku/index.html](https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/shokuhin/jigyousya/shokuhin_kikaku/index.html)

<sup>202</sup> 厚生労働省「食品、添加物等の規格基準 第 1：食品 A：食品一般の成分規格」

[https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou\\_iryuu/shokuhin/zanryuu/591228-1.html](https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/shokuhin/zanryuu/591228-1.html)

○食肉製品

1 食肉製品の成分規格 (略)

2 食肉製品の製造基準

(1) 一般基準 (略)

(2) 個別基準

1. 乾燥食肉製品 (略)

2. 非加熱食肉製品

非加熱食肉製品は、次のいずれかの基準に適合する方法で製造しなければならない。

A 肉塊のみを原料食肉とする場合

① 製造に使用する原料食肉は、と殺後 24 時間以内に 4° 以下に冷却し、かつ、冷却後 4° 以下で保存したものであって、pH が 6.0 以下でなければならない。

以下 (略)

### 3. 販売・表示

販売の過程においては、食品に付す表示を規制する法令が問題となる。食品表示については、食品表示法が全ての飲食物を規制しているほか、同法の適用除外とされた医薬品等については薬機法が規制している<sup>203</sup>。以下では、食品表示法について説明する。

食品表示法 5 条は食品関連事業者等に対し、食品表示基準に適合しない表示がなされた食品の販売を禁止しているところ、この食品表示基準は同法 4 条 1 項に基づき、内閣総理大臣によって別途定められている<sup>204</sup>。

同基準は、①加工食品 (第 2 章)、②生鮮食品 (第 3 章)、③添加物 (第 4 章) についてそれぞれ義務表示・任意表示の事項や方式を定めており、このうち、①・②については、さらに一般用 (消費者に販売されるもの) と業務用 (消費者に販売される以外のもの) の表示基準が各別に規定されている。これらにはそれぞれ概ね、(a)横断的義務表示、(b)個別的義務表示、(c)推奨表示、(d)任意表示、(e)表示禁止事項が定められている。

食肉については、上記の分類によって表示項目が異なるが、ここでは最も典型的と思われる、②生鮮食品のうち一般用 (一般用生鮮食品) に関する規定を例に挙げる。

まず、(a)横断的義務表示として、名称および原産地を表示しなければならない<sup>205</sup>。(b)個別的義務表示としては、アレルギー、保存方法、消費期限又は賞味期限、添加物、加工

<sup>203</sup> 食品表示法 2 条 1 項柱書参照

<sup>204</sup> 食品表示基準 (平成二十七年内閣府令第十号)

<https://elaws.e>

[gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws\\_search/lsg0500/detail?lawId=427M60000002010\\_20161001](https://elaws.e)

<sup>205</sup> 食品表示基準 18 条 1 項

所の所在地及び加工者の氏名又は名称、鳥獣の種類等を表示しなければならない<sup>206</sup>。また、(d)任意表示事項としては、栄養成分及び熱量など栄養成分に関するものがあるほか<sup>207</sup>、(e)表示禁止事項としては、実際のものより著しく優良又は有利であると誤認させる用語や、(a)・(b)と矛盾する用語などがある<sup>208</sup>。なお、生食用牛肉については、食中毒のリスクがある旨や抵抗力の弱い者は生食を控えるべき旨の注意喚起表示が義務付けられている<sup>209</sup>。

培養肉をミンチ肉やステーキ肉など生鮮食品と並ぶ形態で販売する場合、以下のような点が問題になると考えられる。

第一に、上記の規律は「生鮮食品」に対して適用されるところ、培養肉がこれに当たるかが問題となる。「生鮮食品」とは加工食品及び添加物以外の食品のうち食品表示基準の別表第2に掲げるものをいうところ<sup>210</sup>、同表の2項(1)は「畜産物」の一つとして「食肉（単に切断、薄切り等したものと並びに単に冷蔵及び凍結させたものを含む）」を挙げているが、培養肉がこれに当たるとしてよいかは明らかでない。

第二に、横断的義務表示事項としての名称につき、どのような名称を使用すべきかが問題となる。この点、名称としては「その内容を表す一般的な名称を表示する」（食品表示基準18条1項）とされているところ、細胞培養によって得られた肉は生産方法の面で著しい違いがあることから、従来の食肉とは異なる名称を用いるべきであると考えられる。もっとも、培養肉の名称として様々なものが提案されているところ、前述のようにこれらが消費者の認識にもたらす作用が異なることから、これらを勘案して表示すべき適当な名称を決定することが必要である。

第三に、食品表示基準40条に関して、培養肉は従来の食肉に比べて食中毒のリスクが小さいとされていることから、これを生食用として供する場合に同条の規律を及ぼすべきかについて、改めて検討を行うことが必要であると思われる。

なお、遺伝子組換え食品として日本で販売・流通が認められている食品については別途表示義務が課されるほか、ゲノム編集食品に関しては、遺伝子組換え食品規制の対象外となるものは届出、規制対象となるものは安全性審査を経て流通を開始することとされている<sup>211</sup>。培養肉の食用部分にこれらの技術を用いる動きは未だ見られないが、「デザイナー・ミート」として将来的に期待されるもののうち、これらの技術を用いて遺伝情報に介入するものについては、こうした規制に服することになる。

<sup>206</sup> 食品表示基準19条、別表第24「食肉（鳥獣の生肉（骨及び臓器を含む。）に限る。）」

<sup>207</sup> 食品表示基準21条

<sup>208</sup> 食品表示基準23条

<sup>209</sup> 食品表示基準40条

<sup>210</sup> 食品表示基準2条2号

<sup>211</sup> 厚生労働省「ゲノム編集技術応用食品等」参照

[https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou\\_iryou/shokuhin/bio/genomed/index\\_00012.html](https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryou/shokuhin/bio/genomed/index_00012.html)

## 第8節 その他

培養肉技術の応用方法として、宇宙空間や軍事シェルターなど、食料供給が困難な極限環境における食料生産方法として培養肉技術を利用するという可能性が指摘される<sup>212</sup>。この構想は、培養肉技術の研究開発の初期の段階で提出されていたものである。もっとも、培地やエネルギーの調達や高度な衛生管理環境が必要となる培養肉技術をこうした環境で使用するには困難な点が多く、現在の時点ではその実現可能性について不確実な点が多い。

また、培養肉技術は、絶滅が危惧される動物・魚の肉を再び食用可能にするとの指摘がある<sup>213</sup>。近年においては特にマグロやウナギなどの水産資源の減少が懸念されているところ、培養肉技術の利用はこうした現在の食生活および食文化の維持に貢献する可能性がある。

---

<sup>212</sup> Bhat, Kumar, & Bhat (2017) p.787

<sup>213</sup> *ibid.*

## 第4章 社会的影響・課題の全体像

培養肉がもたらす社会的影響・課題は、前章の初めの表（表 3.1）に示したような形で整理される。Risk と Benefit という分類は本稿で独自に行った区別であるものの、同表のように培養肉の社会的影響を項目ごとに列挙して、これを検討するという整理の仕方は、培養肉に関する学術的な文献では非常に一般的である<sup>214</sup>。

もつとも、こうした整理の仕方は、以下のような理由から不十分である。

第一に、社会的影響の項目ごとに確実性／不確実性が異なり、同列に評価できない。例えば、培養肉が食中毒・感染症などのリスクを低減させることはかなりの程度確実である一方、環境負荷の項目（特に温室効果ガスの排出）に関しては上述のようにこれを軽減できるか疑問の余地がかなり大きい。表 3.1 のように、Risk と Benefit という二項対立的な整理は、このような影響評価のグラデーションを不可視化する危険性がある。

第二に、各項目に影響を与える因子自体も不確実である場合が多い。環境負荷の例を挙げると、培養肉生産が温室効果ガスの排出抑制に寄与するかは、それが依存する電力供給システムの在り方や、余剰の土地の用途などの前提条件に左右されるところ、これらの前提条件自体が将来どうなるかの見通しも不透明である。表 3.1 のような整理は、こうした重要な前提条件の存在を不可視化する点で問題がある。

第三に、社会的影響は相互に影響しあっており、列挙しただけでは相互関係が分からない。例えば、培養肉生産によって生じた余剰の土地や水資源はその他の作物生産に使用できるかもしれないが、その需要があるかどうかは培養肉を含めたフードテックや食料供給システムがどの程度効率的で、どの程度実用化されているかに左右される。もつとも、こうしたフードテックの活用が進むかはそれが持つベネフィットの評価によるところ、その評価において余剰の土地の発生という項目を評価しなければならない。このように、社会的影響の評価が相互作用的かつ循環的な構造をなしているところ、表 3.1 のような項目の列挙はこうした構造を十分に可視化できていない。

第四に、社会的影響の顕在化する時期がそれぞれ異なり、評価する際の適切なタイムスパンが項目ごとに異なる。例えば、消費者の受容などは、培養肉の市場投入に伴って今後数年の内に現実の問題となると予想される一方、動物倫理や食料安全保障などへの影響は、培養肉生産が規模を拡大した十数年後に顕在化すると考えられる。さらに、環境に対する影響に至っては 100～1000 年単位のタイムスパンで考えなければならない。表 3.1 のような列挙は、こうした時間軸の違いを不可視化し、短期的・中期的・長期的に必要な対応策を検討することを困難にする。

<sup>214</sup> 表 3.1 に付した脚注に示す文献を参照

以上の点を踏まえ、以下では、社会的影響間の相互関係を可視化し、これらを時系列順に整理することを目的として、社会的影響・課題の全体像を提示する。

### 社会的影響・課題の全体像

上記の検討を踏まえて作成した社会的影響・課題の全体像は、次ページの通りである<sup>215</sup> (図 4.1)。

この図について、横軸は時間軸を表しており、現在から 100 年後以降までの社会的影響を整理している。また、項目の色分けは、青：Benefit、黄：Risk、緑：Benefit・Risk のいずれにも当たらないもの、紫：不確実要素、赤点線：重要な転換点を表している。もっとも、いずれも大まかな分類であり、必ずしも厳密ではない点に注意する必要がある。

図 4.1 に示した全体像は、大きく 4 つのフェーズに分けられる<sup>216</sup>。

第一は、短期的フェーズである。これは現在から培養肉の実用化・市場投入までを射程とする。ここで問題となるのは、技術的課題と法整備である。

第二は、中期的フェーズである。これは、市場投入から市場規模が拡大するまでを射程とする。ここでは、市場と社会が培養肉を受容するかどうかの問題となる。

第三は、中長期的フェーズである。これは、市場拡大に伴って培養肉の社会的影響が顕在化してくる段階を射程とする。ここでの影響には、①従来型畜産の減少に伴う社会的影響と、②培養肉そのものから生じる影響がある。

第四は、長期的フェーズである。ここでは、培養肉が社会に定着した場合に、長期間を経て顕在化する影響群が問題となる。

### 注意点

図 4.1 につき、以下の点に注意する必要がある。

第一に、同図で示した全体像は、現実に行き起こることが確実な将来予測ではなく、「仮に培養肉が実用化されたら起こる可能性のあるもの」であることに注意する必要がある。同図は予測的なシナリオを描くものではなく、あくまで考えられる社会的影響を時間軸に基づいて整理したものである。

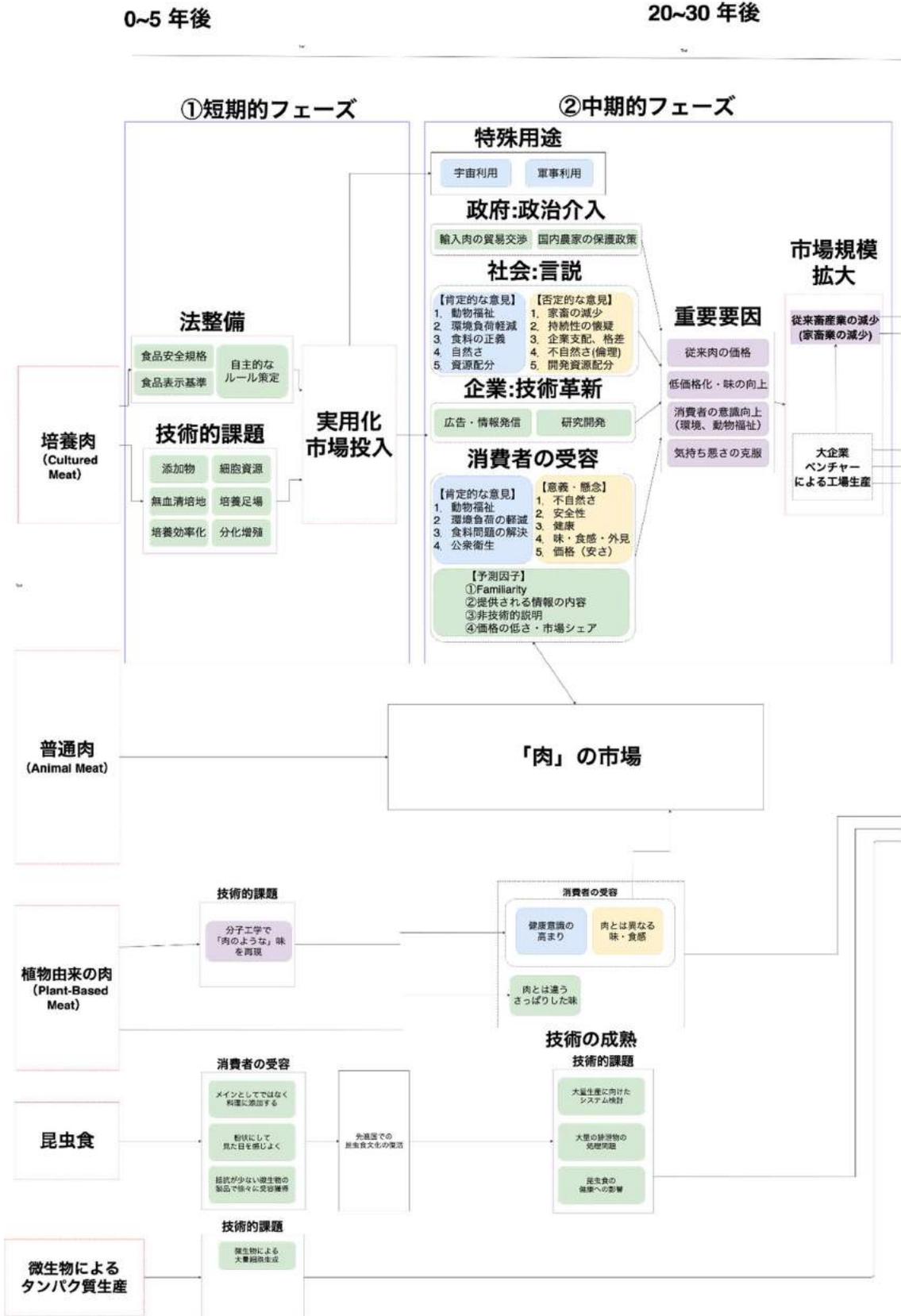
第二に、各項目の位置は必ずしも時間的前後を意味しないことにも注意する必要がある。例えば、社会による培養肉の受容（中期的フェーズ）と、市場拡大に伴う影響（中長期的フェーズ）は、図では前後に位置しているものの、実際には同時かつ徐々に進行する可能性が高い。この意味で、全体図における矢印は時間的な順序ではなく、論理的な順序を示している。

<sup>215</sup> なお、この全体像の図は以下の URL から閲覧が可能である。

[https://drive.google.com/file/d/1pbDnMNWZGSMorDBcU\\_D5FdGpPWj2lOi2/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1pbDnMNWZGSMorDBcU_D5FdGpPWj2lOi2/view?usp=sharing)

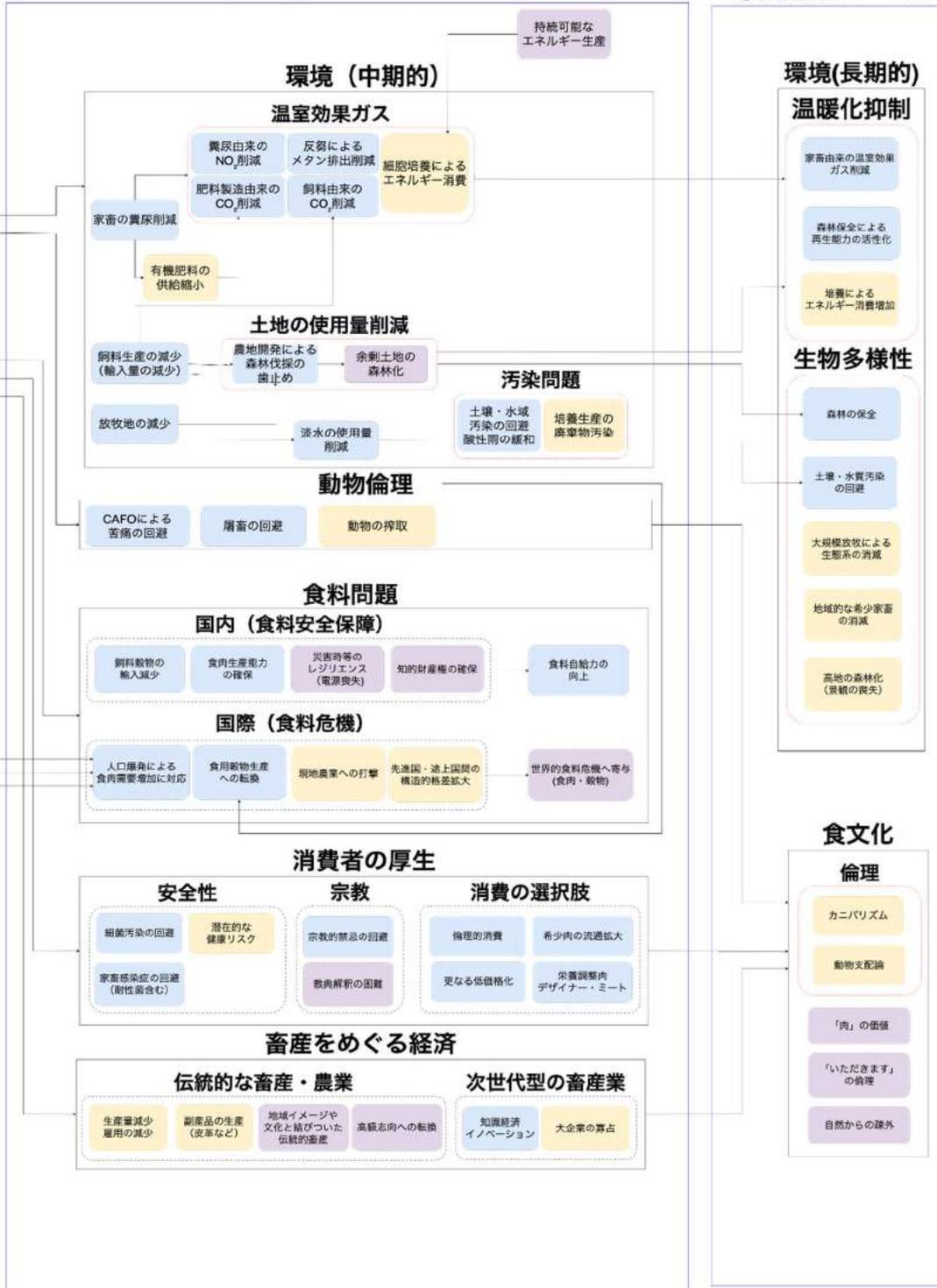
<sup>216</sup> これら 4 つのフェーズについては、第 5 章で詳述する。

図 4.1 培養肉がもたらす社会的影響・課題の全体像



③中長期的フェーズ

④長期的フェーズ



## 第5章 分析と提言

上述の通り、培養肉の社会的受容に関するシナリオは大きく4つのフェーズに分けられる。そして、それぞれのフェーズによって、問題状況や適切なフレーミングが異なる。そこで、以下では、上記の4つのフェーズごとに「展望」と称して分析と提言を行う。なお、以下で分析の対象とする「社会」・「市場」などの語は、特に但し書きのない限り、日本のそれを指す。

### 第1節 短期的展望

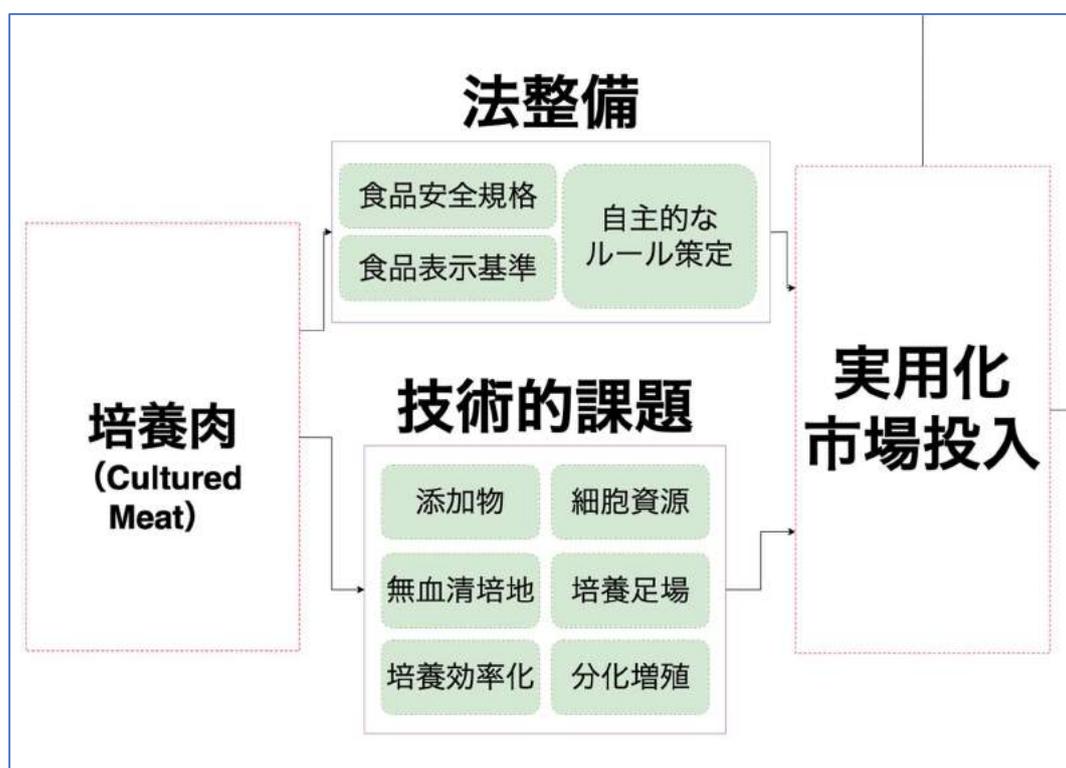


図 5.1 短期的フェーズ

#### 分析

このフェーズは、現在から培養肉の実用化・市場投入までに至る段階をその射程とする。ここでは、「市場投入に向けた課題・障壁が克服されるか」が問題となる（図 5.2）。ここで課題・障壁となるのは、①技術的課題、②法的課題の2つである。

#### 1. 技術的課題について

実用化に最も近いのは凝集肉であるが、前述の通り、培養肉の市場投入に向けて特に重要なのがコストの低下である。この点については、（無血清）培地のコストダウンに加

え、培養プロセスのスケールアップも課題となる。

こうした技術的課題を克服する上での社会的障壁としては、以下の2点が考えられる。

第一は、研究資金の不足である。現在、培養肉の研究開発は、大学などの研究機関とスタートアップを中心とする民間企業において行われているところ、前者の研究プロジェクトは比較的規模が小さいため、特に培養プロセスのスケールアップなど、大規模な設備投資を要する研究開発は行うことができない。また、大学などの研究機関に所属する培養肉研究者は、後者の培養肉生産を目指す民間企業に所属して研究を行う場合も多いが、第3章で示したように、こうしたスタートアップに対する投資額は年々増加しているものの、その規模はまだ小さい。市場投入の際の鍵となる培養肉の生産コストは、生産規模ないし生産効率性に依存するところ、こうした生産の大規模化を前提とした研究開発を行うのに十分な研究資金は、大学・企業ともに得られているとはいえない。

第二は、研究者人材の不足である。現在、培養肉の研究開発に従事する研究者は極めて少なく、仮に研究資金が十分に得られたとしても、研究者の人材不足によって開発が進展しない可能性がある。組織工学的アプローチによる培養肉生産は、再生医療の技術と極めて密接に関わるほか、培養プロセスのスケールアップには工学系の研究者の助力が不可欠である。こうした医学系・工学系分野からの研究者の合流は、培養肉の研究開発の進展に不可欠である。

研究開発環境の整備については、以下のような方策が考えられる。

第一に、研究資金の不足という問題に対しては、研究プロジェクトに対する政府の直接の資金提供のほか、政府系金融機関や民間投資家による投資の喚起を行うことが考えられる。この点、培養肉の研究開発（および研究者）が大学と企業にまたがって行われている現状を鑑みると、産学連携の研究プロジェクトに対して、政府からの研究助成と民間からの投資を併用して資金投入を行うことで、より効率的な資金調達が可能になると思われる。こうした資金調達を容易にするため、前者の直接政府資金については、その手続き負担の軽減を、後者の民間からの投資については、培養肉産業の見通しに関する情報や、培養肉技術を組み込んだ政府の戦略的ビジョンを積極的に発信することなどを通じて、これを促進することが必要となる。

第二に、研究者の不足という問題に対しては、規模の大きな産学連携の研究プロジェクトを実施することによって、これに対応することが考えられる。研究者不足の主な要因は培養肉研究自体の規模の小ささにあると考えられるところ、大規模な資金投入によってより広い裾野領域にまで研究資金が行き渡れば、周辺分野の研究者とのネットワークが強化されると考えられる。また、より広く人材を求める必要から、こうしたプロジェクトは産学連携で実施することが不可欠である。

もつとも、政府または政府系機関が培養肉の研究開発を支援することについては、政治

的・倫理的な観点からの検討を要する。後述のように、培養肉生産をめぐるステークホルダー間での利害対立が存在するところ、こうした研究開発活動への援助・促進は、培養肉企業やこれを採用する食品企業を構造的に支持する作用を持つ。培養肉が市場投入された場合には、典型的には従来型畜産をライバルとして市場で競合することになるが、上述のような政府による援助は、初期の研究開発段階から公正な市場競争を歪める可能性があることに注意する必要がある。



図 5.2 実用化・市場投入までの課題と障壁

## 2. 法的課題について

第3章7節で述べたように、日本において培養肉を食品として販売・提供するにあたっては、食品の安全基準や表示基準などをはじめとする法令基準の整備を行う必要がある。

現在の日本の食品安全規制は、既存の食品規制が想定していない新規食品に対応する法的枠組みがなく、食品衛生法とそれに基づく規格基準で統一的に規制を行う方式となっている。そのため、規格基準が想定していない食品・添加物については十分な対応ができないことになるが、とりわけ培養肉のように規格基準と抵触しうる食品については、具体的に以下の問題が生じる。第一に、当該食品の製造等を行うには規格基準を改正することが

必要であるが、改正を促すための明確な手続的権利が事業者に保障されていない<sup>217</sup>。そのため、事業者は行政による規格基準の改正を待つほかなく、その間不安定な地位に立たされる。第二に、規格基準の策定・改正は行政基準という行為形式によるものであり、事業者の手続的権利を保障する明文の規定もないことから、行政上・司法上の救済が受けづらい。すなわち、行政が規格基準の改正を怠る場合や、規格基準が新規技術に照らして不合理な場合でも、省令や告示などの行政立法が一般的には「処分その他公権力の行使」（行政不服審査法1条）や「行政庁の処分その他公権力の行使に当たる行為」（行政訴訟法3条2項）に当たらないと解されていることから、事業者が行政上の不服申立てや訴訟提起によって改正を要求することは困難である。また、規格基準の策定・改正には厚生労働大臣の広い裁量が認められると考えられることから、改正が行われないことによって製造・販売等ができず損害を被った場合にも、賠償請求が認められるかは不透明である。第三に、基準改正に係る事業者の申請権を保障していない以上、建前上は行政主体が自ら食品技術等の動向の調査を行って規格基準の合理性維持に努める必要があり、行政側にとっても情報収集のコストがかかる。第四に、EUの新規食品規制が採用する許認可制は、行政による認可といういわば事前のお墨付きが貰える規制方式であるのに対し、日本の食品衛生法13条1項が採用する行政基準という行為形式は、事業者にとって自らの食品が基準に適合しているかどうかは事前には必ずしも明らかでなく、行政による指導・処分という段階に至って初めてその適法性が分かるという後出し型の規制方式であり、事業者が委縮しやすい<sup>218</sup>。

こうした現行の法制度を事業者の側から見ると、一方で、法令違反を恐れて市場投入に向けた設備投資や実際の製造・販売に踏み切れず、他方で、法令・基準の改正を要請しようにも、どのような手段を採ればいいのかわからないという状況となり、新規食品の開発・普及に踏み切れないという立場に置かれる。

したがって、以下のような制度改正を検討すべきである。まず、従来と同様に新規食品の規制を既存の法的枠組みにおける行政基準という行為形式によって行う場合、少なくとも添加物の規格基準改正において認められているような事業者による基準改正の要請を受け付ける手続を、食品の規格基準等においても整備すべきである。次に、事実上の制度にとどまらず法改正まで視野に入れるならば、事業者に制定申出権を認める（産業標準化法14条1項参照）などの対応があるほか、事業者の手続保障と法的救済をより重視するならば、EUと同様に、特定の範囲の食品等について許認可制を導入することが考えら

---

<sup>217</sup> なお、添加物の規格基準については、事業者による改正の要請を受け付ける手続が用意されている。（厚生労働省「よくある質問（事業者向け）」

[https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou\\_iryou/shokuhin/syokuten/qa\\_jigyosya.html](https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryou/shokuhin/syokuten/qa_jigyosya.html)参照)

<sup>218</sup> なお、こうした問題に対応するため、各省庁において法令適用事前確認手続（いわゆる日本版ノーアクションレター制度）が用意されており、厚労省が所管する食品衛生法も照会の対象とされている。（厚生労働省「法令適用事前確認手続」[https://www.mhlw.go.jp/shinsei\\_boshu/houreitekiyou/index.html](https://www.mhlw.go.jp/shinsei_boshu/houreitekiyou/index.html)）もともと、現状ではほとんど利用されていない。（「照会に対する回答一覧」参照）

れよう<sup>219</sup>。なお、前述のように培養肉生産はサプライチェーン全体を通して各種法令との適合性が問題となるほか、事業者が実際に生産・販売に踏み切るかどうかを判断するには消費者の購買行動など実証的なデータが重要な判断材料となる。そのため、規制のサンドボックス制度<sup>220</sup>のように、本格的な法令改正を経ずにまず実証実験を行うという形で規制見直しの適否を判断するという方法もありうる。

また、規格基準など行政基準による統一的な食品安全規制を行うとして、培養肉に係る安全基準が国ごとに異なる場合、国境を越えた培養肉製品の流通に大きな困難をもたらす。安全基準の違いによって外国企業の国内市場参入や国内企業の海外進出が妨げられないよう、法令整備を含むルール形成においては国際的な規格・基準との整合性に注意する必要がある。

なお、次節で述べるように、培養肉の販売においては消費者の自律的な意思決定を確保する必要がある。この観点から、表示情報や呼称の統一など、業界において消費者の利益に資するルール形成を行うことが望ましい。

## 提言

### 1. 培養肉の研究開発について

- ・最初に、政府、研究機関、食品企業は、培養肉の研究開発を支援すべきかの意思決定を行うべきである。この際には、後述するような、中期的フェーズおよび中長期的フェーズにおいて予測される社会状況を考慮したうえで決定を行う必要がある。
- ・培養肉の研究開発を推進・支援する場合には、政府の研究助成と民間からの投資を併用した大規模な産学連携の研究プロジェクトを立ち上げるべきである。資金調達においては、研究助成の手続き簡易化や、政府や企業による積極的な情報・ビジョンの発信が効果的である。

### 2. 法整備、ルール形成について

- ・政府は、培養肉食品の生産・流通・販売にかかる法令の不備・不整合を調査し、整備すべきである。また、これらの基準と国際的な規格・基準との整合性を確保することも必要である。さらに、こうした基準の策定・改正が柔軟になされるよう、事業者による基

---

<sup>219</sup> 組換え DNA 技術応用食品等およびゲノム編集技術応用食品等の一部につき、規格基準は、当該食品が所定の安全性審査の手続を経たものであることを要求することで、事実上の許認可制を採用している（規格基準第 1 の A 2、3 および脚注 211 参照）。もっとも、安全性が認められないとの判断が表示された場合に、かかる見解の表示に上述のような処分性が認められるかは不透明であり、法的救済という観点からは望ましくない。

<sup>220</sup> 首相官邸「規制のサンドボックス制度」

<https://www.kantei.go.jp/ip/singi/keizaisaisei/regulatorysandbox.html>

準改正の要請・申出を受け付ける手続を整備するほか、新規食品一般の規制を視野に、許認可制の導入や規制のサンドボックス制度の活用などを検討することが望ましい。

- 企業は培養肉食品にかかる表示情報や呼称の統一など、消費者の利益に資するルール形成を自主的に行うことが望ましい。（この点につき、次節を参照）

## 第2節 中期的展望

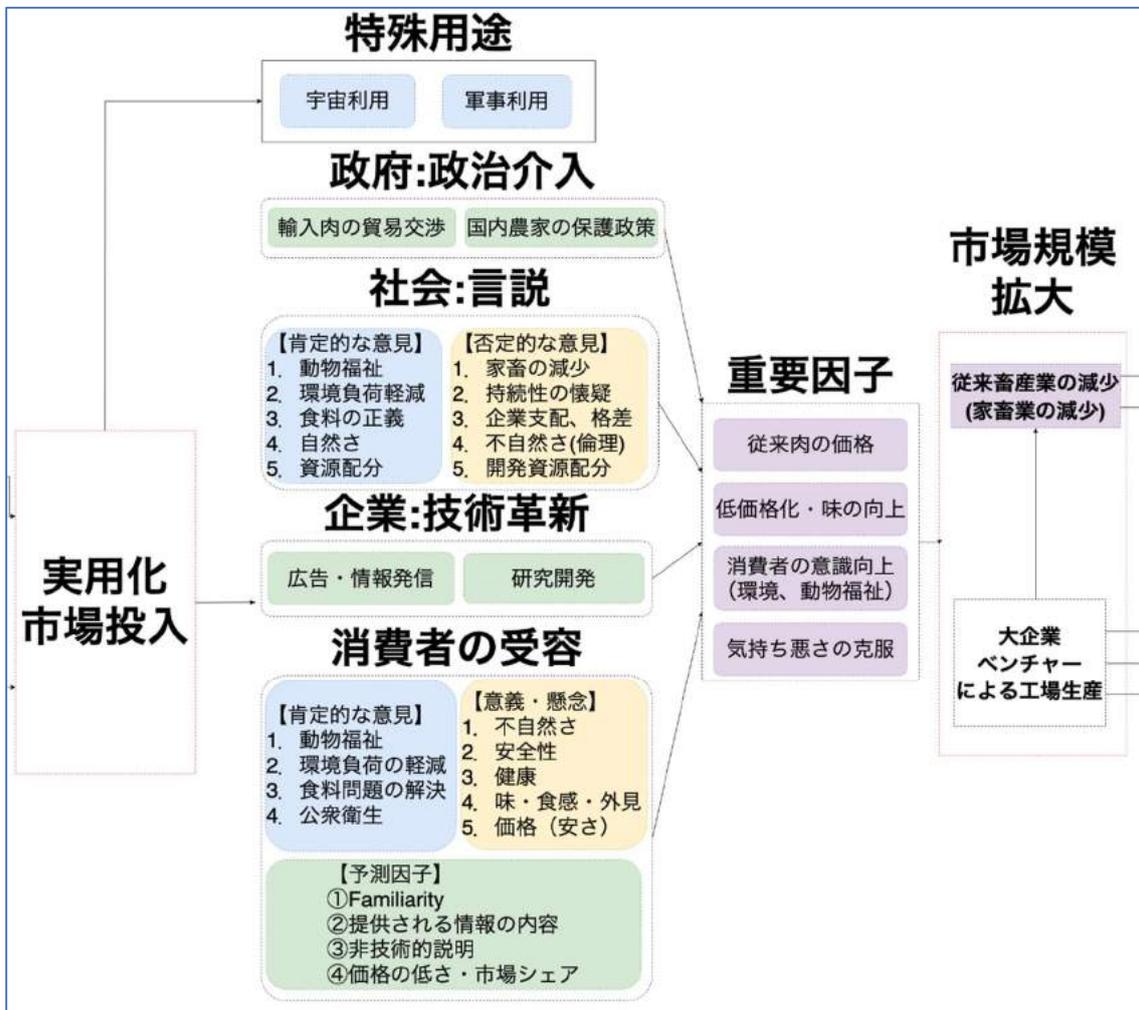


図 5.3 中期的フェーズ

### 分析

このフェーズは、培養肉の実用化および市場投入から、市場規模の拡大・成熟までをその射程とする。ここで問題となるのは、「社会が培養肉を受け入れるか」という点である。以下、このフレーミングに即して、分析と提言を行う。

このフェーズは、2つの分析レベル、すなわち、①経済的空間（市場）というレベルと、②政治・社会的言説空間というレベルから検討することができる（後掲の図 5.4 参照）。ただし、後述するように、両者は相互に作用することに注意する必要がある。

## 1. 経済的空間（市場）について

ここでは、主に培養肉が消費者に受け入れられるか（培養肉が市場での競争力を獲得できるか）が問題となると考えられる。

ここでの分析の対象は、売り手と買い手が、肉製品の市場を介して財を交換する空間である。なお、ここで市場の範囲は「肉製品」（従来の食肉や、培養肉・PBMなどの代替肉およびこれらを用いた食品を指す。以下、「肉製品」はこれを意味する語として用いる。）に限定している。なぜなら、消費者の実際の購買行動を想定した場合、最も典型的には「肉」というカテゴリーの中で購買行動の選択を行うと考えられるからである。なお、この点につき、培養肉を含む市場は複数のレベルで成立することには注意を要する。すなわち、魚や大豆食品および昆虫食などを含んだ「タンパク質性食品」の市場が問題になることもあれば、従来の普通肉を含まない「代替肉」の市場が問題となることもある。さらに、想定する製品がステーキ肉であるかミンチ肉であるか、または、冷凍食品として小売店で提供されるか料理として飲食店で提供されるかによっても市場は異なる。もともと、これらの違いは以下の分析に大きく影響しないため、以下では概ね「肉製品」の市場を想定して分析を進める。

ここでの中心的アクターは、肉製品の売り手（培養肉企業、従来の畜産による食肉生産者（国内・海外）、植物性代替肉（PBM）企業など）と、買い手（消費者、調理済食品生産者）、および政府である。

肉製品をめぐる経済的空間において最も重要となるのは、消費者の購買行動である。以下では、消費者の購買行動を分析の起点とし、市場への浸透の過程を2段階に分けて検討を加える。

まず培養肉の市場投入直後は、食品としての培養肉それ自体の受容性が問題となると考えられる。すなわち、培養肉に対する異議・懸念として挙げられた<sup>221</sup>、(1)不自然さ、(2)安全性、(3)健康、(4)味・食感・見た目、(5)価格などの項目が、消費者の受容に対する障壁となる。この時点では、培養肉の新規性ゆえにその他の肉製品とはほとんど競合せず、食品として受容されるかが問題となると思われる。

これに対して、培養肉の生産企業およびこれを使用する食品企業の戦略の一つとして、消費者の受容の予測因子に対応したマーケティングを行うことが考えられる。すなわち、(a)培養肉に対する知識・慣れ親しみの度合い（familiarity）につき、試食会や大手外食・食品チェーンとのタイアップなどによる知名度・接触機会の増加を行うほか、(b)培養肉に

<sup>221</sup> 第3章の「6. 社会の受容」における「消費者の受容」の項を参照

関して提供される情報の内容につき、培養肉の安全性・健康に関する説明のほか、従来の畜産・食肉をめぐる社会的問題の前景化とその解決策としての培養肉という形での宣伝・広告（この点については後述）を行うことや、(c)培養肉に関する非技術的説明につき、より従来の食肉との類似点を強調したイメージ戦略などを採ることが考えられる。

次に、培養肉が食品として一定程度受容された場合には、それ以外の肉製品との本格的な競争が始まり、市場での競争力を獲得できるかが問題となると考えられる。この段階における消費者の行動は必ずしも明らかではない。現在、食肉に関する消費者の購買行動において重視される度合いが強い順に、①値段の手頃さ、②国産であること、③鮮度（色つや）が良いこと、④産地銘柄等がしっかり表示されていること、⑤量目（パック内の肉重量）などの項目があるところ<sup>222</sup>、培養肉やPBMについてもこうした評価項目がそのまま適用されるのかは不透明である。もっとも、現在の購買行動における価格の影響力の大きさを考慮すると<sup>223</sup>、この段階に至ってもそれぞれの肉製品の価格が最も強力な因子となることは変わらないと考えられる。

これに対して、培養肉企業・食品企業は、製品の低価格化という戦略をとることが考えられる。さらにこの段階では、ステーキ肉の市場投入がなされる可能性がある。ステーキ肉の市場は商品の価格帯が高いため、これを低価格で提供することが可能となれば、さらに市場での優位を獲得する可能性がある。

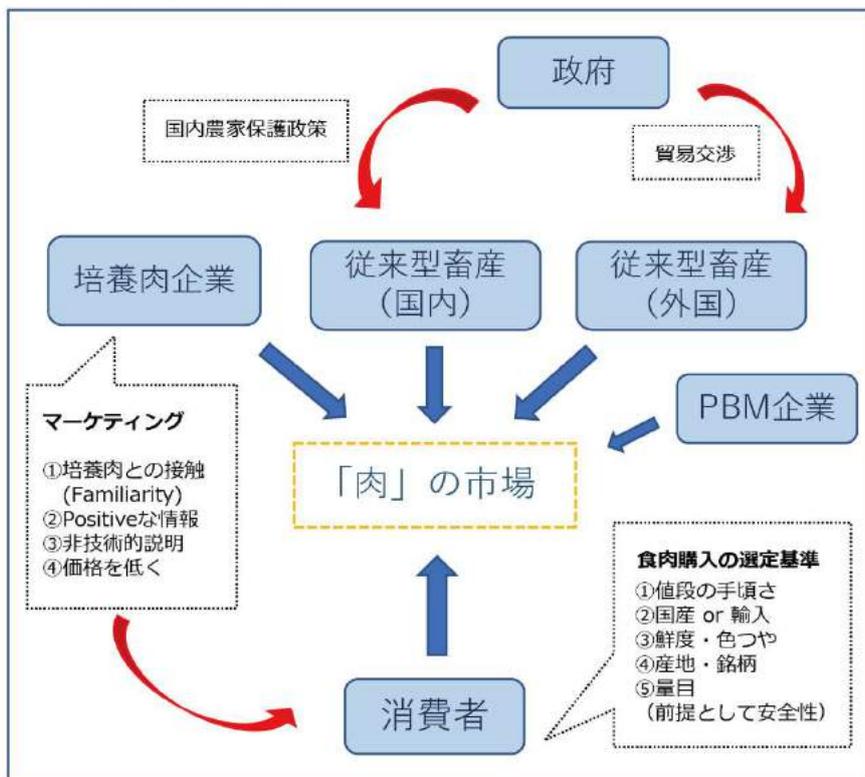
---

<sup>222</sup> 日本食肉消費総合センター『「食肉に関する意識調査」報告書』（令和元年度）p.62

<http://www.jmi.or.jp/common/download.php/%E4%BB%A4%E5%92%8C%E5%85%83%E5%B9%B4%E5%BA%A6%E9%A3%9F%E8%82%89%E3%81%AB%E9%96%A2%E3%81%99%E3%82%8B%E6%84%8F%E8%AD%98%E8%AA%BF%E6%9F%BB%E5%A0%B1%E5%91%8A%E6%9B%B8.pdf?id=MTA0Mg%3D%3D>

<sup>223</sup> 「値段の手頃さ」は、次いで重視される「国産であること」、「鮮度が良いこと」などの項目に比べても、重視される度合いが高い。（前注参照）

①経済的空間（市場）



②政治的・社会的言説空間（5つの対立軸）

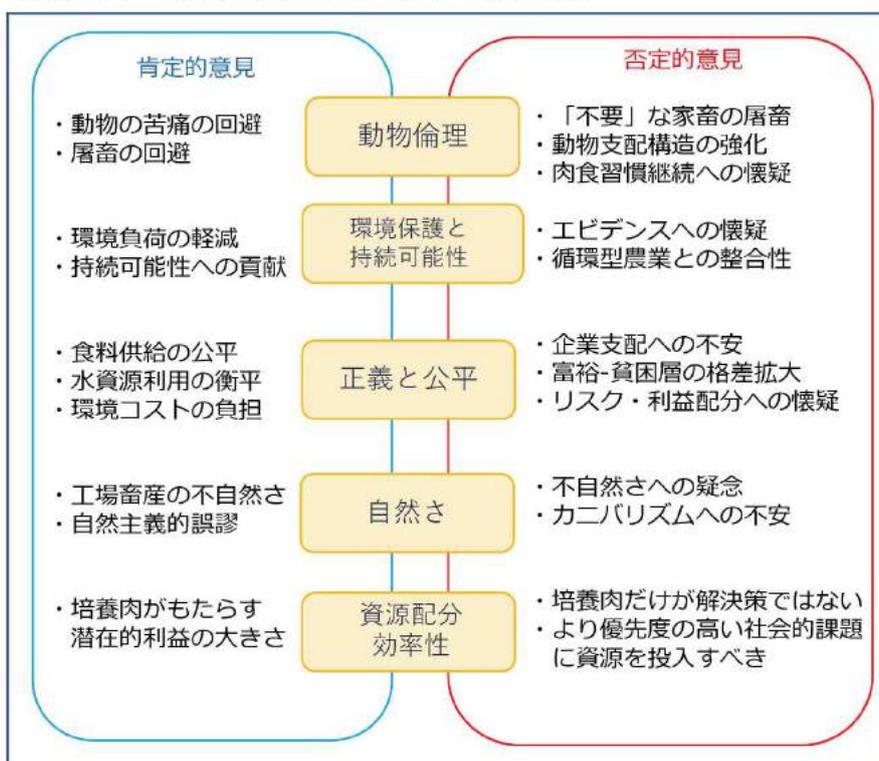


図 5.4 培養肉の市場投入後に予想される社会状況

経済的空間における動向につき、以下の点に注意する必要がある。

第一に、健全な市場作用が確保される必要がある。規範的には、市場において財の交換を行う当事者は交渉力の面において対等であり、互いに十分な情報を持っていることが要請される。この観点から見た場合、上述の肉製品の市場においては、肉製品を供給する各企業の、マーケティングによる消費者の購買行動への介入が問題となる。企業による宣言・広告は、消費者に有用な情報をもたらす一方、偏った情報により消費者の自律的な購買行動を侵害する恐れがある。これは培養肉企業による肯定的な情報提供だけでなく、競合する畜産業界による否定的な情報発信によっても生じうる。したがって、政府および各企業は、消費者の自律的意思決定を可能にする情報提供およびその環境整備を行う必要がある。

第二に、できる限り公正な市場競争が確保される必要がある。上述の空間における市場作用を歪める要因として、政府による市場への介入がある。肉製品市場においては、国内の従来型畜産業に対する保護政策、関税障壁の撤廃や個別の輸入量合意などによる海外からの輸入量操作のほか、培養肉企業に対する補助金・租税特別措置なども公正な市場競争を歪める要因となる。また、政府による食肉生産技術の研究開発支援は、特定の産業・企業を構造的に支持する作用があることは前節で述べたとおりである。産業の振興を目的として政府が積極的に市場に介入する場合には、その政策過程においてステークホルダーの手続的権利を確保し、さらに介入の結果が公正なものとなるよう配慮する必要がある。

## 2. 政治的・社会的言説空間について

市場において「培養肉が受容されるか」が問題となるのと同時に、「培養肉を受容すべきか」という規範的な問いをめぐる政治的言説空間が形成されることが考えられる（前掲の図 5.4 参照）。ここでは、培養肉に対する肯定的意見／否定的意見が様々な根拠に基づいて表明されることになる。この点、第 3 章で述べた Laestadius (2015) の報告を基に、これらの言説は 5 つの対立軸、すなわち (a) 動物倫理<sup>224</sup>、(b) 環境保護と持続可能性、(c) 正義と公平の促進、(d) 自然さ、(e) 資源配分と効率性をめぐって展開されると予想することができる。もっとも、同論文の報告からも明らかなように、ここでの言説は理由のあるものだけでなく、十分な理由のないものも混ざって主張されることになると思われる。

こうした言説空間においては、以下の点に注意する必要がある。

第一に、これらの主張の根拠となるエビデンスが、議論と同時かそれよりも後に現実化する点である。例えば、環境負荷に関する側面は培養肉の主要な利点として挙げられるも

---

<sup>224</sup> 動物の扱いについては、厳密にはアニマル・ウェルフェア以外の立場からも様々な評価がなされることを考慮して、ここでは動物倫理とした。また、(d)・(e)もより適切と思われる表現に変えてある。

この、それが本当であるかは電力供給システムや余剰の土地利用などの様々な不確実要素に依存し、それらを含めた環境への影響はこの時点では明らかではない。これは、動物倫理や培養肉生産をめぐる正義・公平などについても同様である。（これらをめぐる実際の社会状況については次節を参照。）したがって、この時点での言説間の対立は、議論のみによっては解決されない可能性があることに注意を要する。

第二に、こうした言説空間は上述の経済的空間（市場）にも影響を与える。すなわち、市場における人は「消費者（consumer）」であるとともに市民「(citizen)」でもあり、したがって、市場での購買行動は単に財を交換する行為であるのみならず、何らかの政治的・倫理的価値にコミットする行為でもある。第3章でも述べたように、消費者の培養肉に対する態度は、動物福祉や環境負荷といった側面によっても支えられている。それゆえ、この言説空間における態度の形成が培養肉やその他の肉製品の購買・消費に一定の影響を及ぼすことに注意する必要がある。

なお、反対に、経済的空間（市場）での状況が政治的・社会的言説空間に影響を与えることにも注意を要する。

こうした政治的・社会的言説空間における見解の対立は、基本的には民主的討議に任せられるべきである。もっとも、ここでは人々が十分に事実や主張を吟味して自らの意見を形成できるよう、少なくとも健全な言説空間が確保される必要がある。現代のメディア空間においては個人の情報発信力が増大し、社会的言説空間への参加が容易になった一方で、こうした言説の真偽および質を担保する制度が未発達であり、それゆえデマや誤情報によって言説空間が容易に歪められる危険性がある。誤情報に基づく市民的態度の形成や、それに基づく購買行動の変化は、培養肉産業に対しても競合する畜産業界に対しても大きな損失を生じさせるリスクがある。したがって、こうした言説空間が健全なものとなるよう、企業によるエビデンスに基づく情報発信が重要である。また、政府は、培養肉の社会的評価にとって重要なファクト（例えば、畜産による土地の使用率やその他利用可能性、動物福祉の現状調査など）を、アクセスが容易な形で公衆に提供することが必要となる。ただし、いずれにとっても、こうした情報発信が特定の価値観に加担している可能性があることに自覚的である必要がある。

## 提言

### 1. 経済的空間（市場）について

- ・政府は、消費者の自律的な意思決定を確保するために必要な情報の表示を培養肉企業に対して義務付けるべきである。また、企業は、義務づけられた情報の表示だけでなく、消費者の意思決定に資する情報（エビデンスに基づいていることが望ましい）を提供するほか、自らが宣伝・広告に使用する製品のイメージ・呼称が消費者の誤解を生じさせないかに注意すべきである。
- ・市場介入的な政策の決定過程においては、正／負の影響を受けるステークホルダーの政治参加を確保するほか、結果としての公正も確保するべきである。ここでの市場介入的政策とは、培養肉企業に対する補助金・税制優遇措置、国内の従来型畜産業に対する保護政策、外国産の食肉輸入量の調整がある。また、環境税・食肉税などコストの内部化を図る政策オプションも考慮に入れる必要がある。（市場における正義・公正については次節を参照）

### 2. 政治的・社会的言説空間について

- ・政府および関連企業は、培養肉に関する健全な言説空間が確保されるよう必要な施策を講じるべきである。具体的には、企業によるエビデンスに基づく情報発信、政府による培養肉の評価にとって重要な情報の調査・公衆への提供が必要である。

### 第3節 中長期的展望

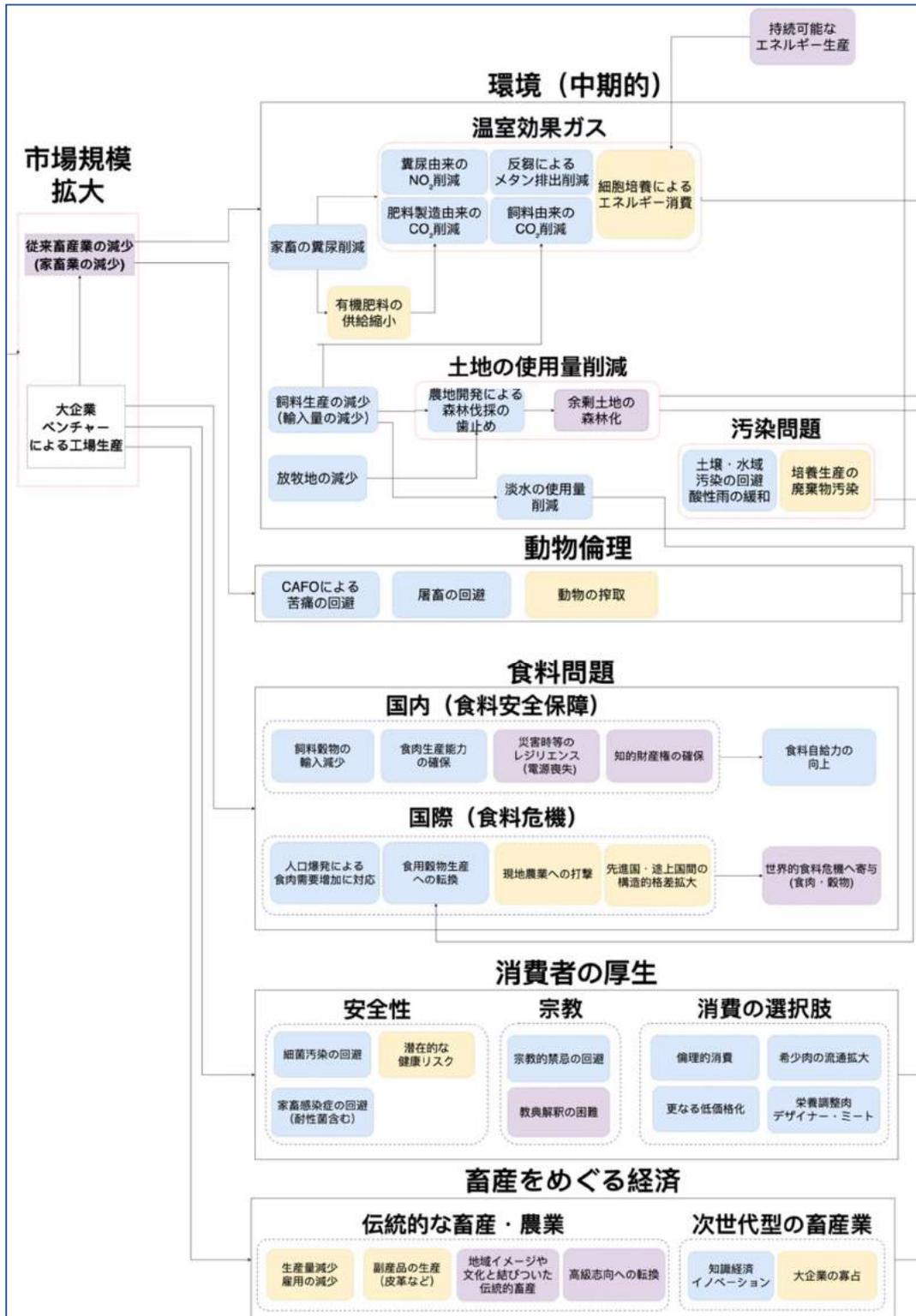


図 5.5 中長期的フェーズ

## 分析

このフェーズは、培養肉生産がメジャー化することにより社会的影響が顕在化してくる段階である。順序としては、培養肉の生産拡大後の話であるが、実際には市場・社会への浸透と同時に、徐々に進行する過程であることに注意する必要がある。

ここでの社会的影響は2つの種類に分けられる。すなわち、①従来型畜産が減少することから生じる影響と、②培養肉生産そのものから生じる影響である。

### 1. 従来型畜産の減少について

従来型畜産の減少に伴って生じる主要な社会的影響は、環境負荷の軽減と動物福祉の改善である。この2つは培養肉の潜在的な利点として最も頻繁に取り上げられる項目であるところ<sup>225</sup>、実際にこれらが現実化するかどうかは、従来型畜産が減少するかどうかに依存する。しかし、従来型畜産が減少するか、および減少させるべきかは、必ずしも明らかでない。

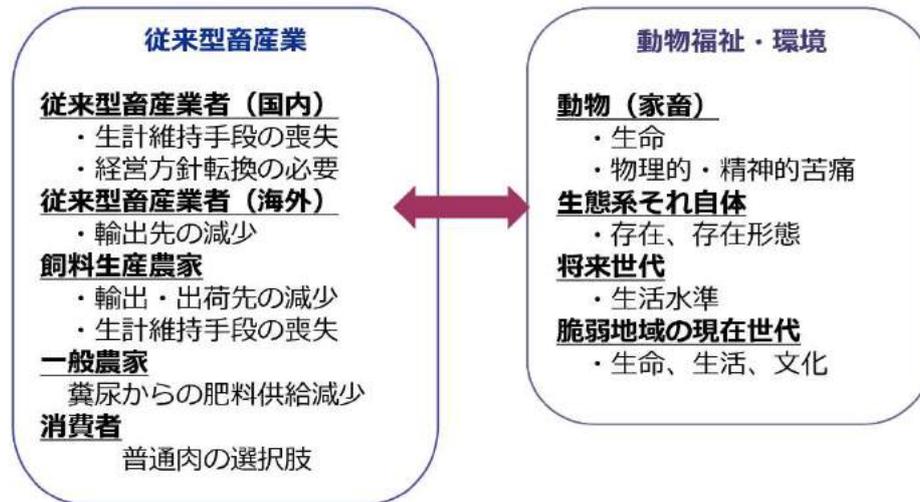
実際に従来型畜産が減少するのかは、培養肉に対する市場や社会の態度に依存し、その見通しは不確実であるため、ここでは取り上げない（前節の分析を参照）。問題となるのは、従来型畜産を減少させるべきかという点である。この点を検討する一助として、ここでは問題状況を「ステーキホルダーの利害対立（従来型畜産 vs 環境・動物福祉）」という枠組みで捉えてみる。この場合、一方には従来型畜産から利益を得るステーキホルダーに対して、従来型畜産によって損害を受けるステーキホルダーが存在することになる（図5.6参照）。

まず、従来型畜産から利益を得るステーキホルダーとして、畜産を生計維持の手段とする従来型畜産業者（国内・海外）のほか、飼料作物を生産する農家、皮革などの副産品の供給を受ける副産品生産業者、糞尿由来の肥料供給を受ける一般農家、食肉の選択肢を享受するほか、価格変動を通じて穀物や革製品、農作物などの費用転嫁を受ける消費者が考えられる。一方、従来型畜産の負の影響を被るステーキホルダーとして、飼育・屠畜の対象となる動物、生態系や気候などの環境それ自体、さらに環境への影響を介して将来世代や気候変動などの影響を大きく受ける地域の現在世代が挙げられる。

---

<sup>225</sup> 第3章の最初に示した表3.1の参考文献などを参照。

## ステークホルダーと利害対立



### 考慮点①: 利害対立の構造

- ・ トレードオフ構造（ただし妥協的な政策決定の余地）
- ・ 事実上のトレードオフと規範的なトレードオフの区別
- ・ 自ら政治参加、権利利益の主張を行うことができないステークホルダーの存在
- ・ 環境などの利益の不確実性

### 考慮点②: 従来型畜産がたどる多様なシナリオ

- (1) 依然として市場を支配
  - (2) 培養肉との競合（cf. 天然魚と養殖魚）
  - (3) 高級志向への転換（品質、真正さへの訴求）
  - (4) 培養肉による高級志向への転換（持続可能性、健康への訴求）
  - (5) 市場からの撤退
- …etc.

### 考慮点③: 社会選択の余地

- ・ 政治的利害衡量
- ・ 食料安全保障、レジリエンスの観点
- ・ 循環型農業や食料生産における自然の保全など、食文化のあり方

### 考慮点④: ロックインの可能性

- ・ 従来型畜産の参入障壁の高さ（初期投資、ノウハウ、管理失敗のリスク）
- ・ 飼料作物の供給減少
- ・ 倫理的・政治的批判

図 5.6 従来型畜産をめぐるステークホルダーの利害対立

こうした観点から見た場合、以下の4点が指摘できる。

第一は、利害対立の構造である。まず、ここでの利害対立はトレードオフの構造を持つことが指摘できる。すなわち、従来型畜産で飼育される家畜が減少するほど屠畜数・苦痛が減少し、環境負荷も軽減される一方、その分畜産業者・飼料生産農家等の収益性は低下し、その収益性低下のコストは価格上昇を通じて消費者に転嫁される。他方、従来型畜産が維持・増加するほど、家畜の屠殺・苦痛は増加し、環境に対するダメージも増加する。このように、項目ごとに程度の差はあるものの、基本的には一方の利益が他方の損害という形で現実化するという構造がある。

もっとも、ここでは4点のことに注意すべきである。(1)まず、上記のトレードオフがいわば **All or nothing** の構造をとるものではなく、妥協的な政策を採用する余地が存在する点である。これは政策の選択肢にある程度の幅があることを意味する。(2)次に、ステークホルダーの反対利益（特に環境に関するもの）には不確実性が存在する。後述するように、環境に対する影響は大きなタイムラグをもって現実化するほか、これに影響を与えるのは畜産だけでなく化石燃料の消費や畜産以外に端を発する森林減少など、様々なものが存在する。仮に従来型畜産のみを全廃したとしても、これによって環境保護が実現するかは明らかではない。(3)また、上記のトレードオフ構造は事実上のものであり、規範的にはトレードオフとして成り立たない可能性がある。すなわち、生活水準向上のために人間の間引きを行うのが許されないのと同様に、動物の生命や環境の犠牲の下に肉の生産・消費から利益を得ようとするのは原理的に正当化されない可能性がある。現在、動物や環境、将来世代の権利・利益は、政治的にも法的にも周縁化されており、こうした者の権利・利益が現在世代の人間のそれに劣後されることを防ぐ仕組みを人間社会は未だ持っていない。社会の認識のレベルでみても、動物や将来世代の利益が現在世代の人間のそれと同程度に重要であるという意識は非常に希薄である。しかし、過去に女性や非白人の権利利益が周縁化され、男性・白人のそれに不当に劣後されてきた歴史を踏まえるならば、動物・環境や将来世代に対する現在のような扱いが深刻な倫理的問題を生じるという懸念は必ずしも奇異なものとはいえない。上記の利害対立に何らかの解決を与えようとする場合、より原理的なレベルでの規範的議論を踏まえる必要がある。(4)これと関連する点として、従来型畜産に対置されるステークホルダーは自己の権利利益を自ら主張できない点も注意を要する。すなわち、動物や環境は自らの権利利益を表現する言葉を持たず、将来世代は同じ国であっても自ら政治参加することは原理的に不可能である。また、環境変化に脆弱な地域に居住する現在世代についても、培養肉の受容や従来型畜産の前途が問題となる先進国の政策決定に参加することは期待できない。したがって、政策決定の際にはこうした者の利害を代弁するアドボカシーが必要となる。

第二は、従来型畜産がたどる多様なシナリオである。従来型畜産が減少するかの見通しは不確実である点は上述した通りである。もっとも、①従来型の食肉が依然として市場を支配するシナリオ、②培養肉との競争に敗れ市場から撤退するシナリオ以外にも複数のシナリオが想定できる。すなわち、③依然として培養肉と同等の競争力を保ち、あたかも天然魚と養殖魚のように市場を二分するシナリオ、④品質や真正さによって培養肉との差別化を図り、高級志向に転換するシナリオ、それとは逆に、⑤培養肉が、持続可能性や健康によって従来型食肉との差別化を図り、高級志向に転換するシナリオなどが考えられる。これらはさらに、ミンチ肉かステーキ肉か、国内生産か海外生産かなどもによって異なりうる。いずれにせよ、従来型畜産がどのようなシナリオをたどるかによって、従来型畜産の規模、ひいては問題となる環境負荷の程度や動物福祉の実現度が変化しうることに留意する必要がある。

第三は、社会選択の余地である。これは事実的なレベルと政策的判断のレベルが存在する。まず、事実的なレベルとして、政府による市場への介入の余地、さらに、消費者（市民）の集合的選択の余地がある。前者は補助金政策や環境税などの導入、後者は消費者一人一人の自発的意思決定によって、市場ひいては上記の利害対立のバランスについて影響力を行使することができる。また、政策的判断のレベルにつき、ステークホルダー間の政治的利益衡量だけでなく、食料安全保障・レジリエンスの観点からの判断や、循環型農業・日本型農業の在り方、食文化・伝統に関する判断など、様々な判断基準からこの問題を考えることができる。もっとも、規範的には社会選択に一定の制約が伴う可能性があることは上述のとおりである。

第四は、ロックインの可能性である。従来型畜産と培養肉生産につき社会選択の余地があるとしても、社会選択（特に培養肉生産へのシフト）を行った場合、それ以後の社会発展の経路が固定される可能性がある。具体的には、利益団体による虜囚化など政策一般に見られる制度的・政治的なロックインのほか、環境意識や動物福祉に関する倫理意識の高まりから、従来型畜産の復活に心理的・社会的な反発が生まれる可能性がある。また、畜産に固有の問題として、初期投資の規模や、要求されるノウハウのレベルとその継承の困難、家畜の健康管理に失敗した場合のリスクの大きさなど、従来型畜産に固有の参入障壁の高さから、スイッチングコストの大きさに起因する技術的なロックインが生じる可能性がある。食肉供給体制の大きな変更を目的として政策的介入を行う場合、こうした可能性を考慮した慎重な判断が求められる。

## 2. 培養肉生産そのものから生じる影響について

培養肉生産そのものから生じる影響には、以下のようなものがある。すなわち、培養肉産業をめぐる経済的発展（消費者の厚生と知識経済）、食料安全保障への貢献、世界的な食肉需要への対応である。

経済やイノベーションあるいは食料問題という文脈において、培養肉技術は、社会一般に利益をもたらすものとして語られることが一般的である<sup>226</sup>。もっとも、培養肉が社会の「誰に」利益をもたらすのかについて語られることは少ない<sup>227</sup>。そこで、ここでは「培養肉生産をめぐる正義と公平」という枠組みで問題を整理することを試みる。（なお、以下では食料安全保障の問題については扱っていない。この問題は同分野に固有の政策的考慮を要することから、その検討は別の機関に譲ることとする。）

第一に、消費者間での格差が問題となる。前述の通り、培養肉技術は消費者に様々な利益を提供するとされる。ここでの利益とは、倫理的消費の選択肢、食中毒など健康リスクの回避のほか、技術の進展によっては、低価格での食肉供給、栄養調整肉による健康増進、デザイナー・ミートなど嗜好に合わせた食肉の消費などが挙げられる。もっとも、このような利益（あるいはリスク）を誰がどのように享受するのかは別個に検討しなければならない。ここで考慮すべき点は以下の3点である。(1)まず、「どのような消費者が」利益を享受するかが問題となる。これは典型的には高所得層-低所得層の間の格差という定式で問題となるものの、利益／リスク分配の内実は様々である。例えば、富裕層は健康かつ安全な培養肉を良心の呵責なしに消費できる一方、低所得者は健康リスクのある非倫理的な食生活を強いられるという状況が想定できるほか（高級肉シナリオ）、富裕層は真正な肉の消費が可能である一方、低所得者は「疑似肉」で満足しなければならないという想定もできる（低廉肉シナリオ）。いずれのシナリオをたどるにせよ、消費者の所得水準によって培養肉から得る利益の享受に差が出る可能性があることに留意する必要がある。(2)次に、「どのような利益／リスク」の格差が問題となるかという点も検討点の一つである。例えば、味覚・嗜好の充足などの利益はそれほど深刻なものではない一方、安全性・健康という利益／リスクに関する格差は重大な問題となる。安全性・健康のリスクは従来肉・培養肉のいずれにおいても問題になるところ、培養肉がもたらすこのような格差がどれほど重大であるかには注意を要する。(3)最後に、不確実性が問題となる。既に述べたように、培養肉がどのような点で従来肉より優れて／劣っているのかは明らかでない。これらは技術段階の発展に伴って随時検証することが必要である。

<sup>226</sup> 経済からの注目の視点を表すものとして、例えば、以下のような記事。

田中大貴『ヤバすぎる！「培養肉ハンバーグ」の衝撃』東洋経済オンライン（2014年12月27日）  
<https://toyokeizai.net/articles/-/56802>

<sup>227</sup> Stephens et al. (2018) p.161

第二に、食肉の生産者間での格差が問題となる。前節で述べたように、培養肉企業はその他の食肉生産業者と市場で競争を行うことになるところ、そこでは公正な市場競争を確保することが重要となる。政府の施策がこうした市場競争を歪める可能性については既に述べたが、これ以外にも問題となる点は存在する。例えば、現在の畜産においては非常に低廉な価格での食肉の供給が可能になっているが、これは環境負荷というコストを畜産業者および消費者が負担していないこと（負の外部性）によるものである。仮に畜産によって生じた環境コストを生産費用に算入した場合、食肉の価格は現時点のものよりもはるかに高くなると考えられる。現在、負の外部性という面で従来型畜産は極めて有利な競争条件を享受しているといえるが、培養肉などの持続可能型畜産が市場に参入する場合、こうした競争条件を是正する必要がある。その際、政府は環境税や食肉税などの手段によって、こうした外部コストを内部化することなどが考えられる。

第三に、国家間の格差が問題となる。現在、培養肉生産を行う多くのスタートアップ企業は先進国を中心的な拠点として設立されており、培養肉生産がメジャー化した場合には、これらの企業が培養肉生産の中心となると予想される。世界的な食肉供給システムにおいて培養肉が主要な役割を果たすようになった場合、先進国企業による途上国市場への進出という事態が起こることとなる。第3章5節で述べたように、培養肉生産は技術集約的な産業であり資源の使用量も少ないと見込まれるため、モノカルチャー経済で問題となるような途上国の労働・資源の搾取は生じないと考えられる。もっとも、前述のように途上国（特に後発発展途上国）においては農業分野が国内経済において極めて重要な役割を担っており、こうした国での培養肉生産は国内経済（特に農業分野に従事する多くの低所得者層）に甚大な損害を与える場合がある。こうした事態は、本来国内に還元されるはずであった食肉生産の利益を先進国企業が独占し、拠点国への利潤・税の移転を通して先進国・途上国間の格差を生むという問題がある。したがって、培養肉企業は、自らの社会的責任として、現地経済と両立可能な形で培養肉の海外展開を進めなければならないほか、政府は課税や途上国支援枠の固定などを通じて、途上国の開発支援ないし国家間格差の是正に努める必要がある。

## 提言

### 1. 従来型畜産業とのバランスについて

- ・政府および関連企業は、食肉の供給バランスを変更・維持する政策を検討する場合には、正／負の影響を受けるステークホルダーの政策過程への参加を確保しなければならない。ここでは、従来型畜産業によって利益を維持している従来型畜産業、農家、消費者らの代表者を政策過程に参加させるほか、動物・環境、将来世代など、自ら利益を主張することができないステークホルダーのアドボカシーを行う主体を参加させる必要がある。
- ・食肉の供給バランスの決定においては、以下の点を考慮すべきである。すなわち、(1)従来型畜産業および培養肉産業がどのような市場展開を行うか、(2)複数の政策的判断の基準の存在（政治的利益較量、レジリエンス、農業文化）、(3)ロックインの可能性の3点を考慮して政策決定を行う必要がある。

### 2. 培養肉生産をめぐる正義・公平について

- ・政府は、培養肉のリスクの検証・安全基準整備を通じて、培養肉による深刻なリスク分配の不平等が生じないように努める必要がある。培養肉企業は、培養肉製品の市場展開に関して、より多くの消費者の選択の機会が確保できるような方法を模索すべきである。
- ・政府は、培養肉を含む肉製品に関して、公正な市場競争が確保される施策を講じるべきである。ここでは、産業保護・支援政策のバランスのほか、環境税や食肉税など食肉生産に伴う外部コストの内部化を行うことが重要である。
- ・培養肉企業は、途上国（特に後発発展途上国）の市場に培養肉製品を投入する際には、現地農業と両立可能な形でこれを行うべきである。また、政府は課税や開発支援などを通じて、培養肉産業が国家間の格差を生じないように努めるべきである。

## 第4節 長期的展望

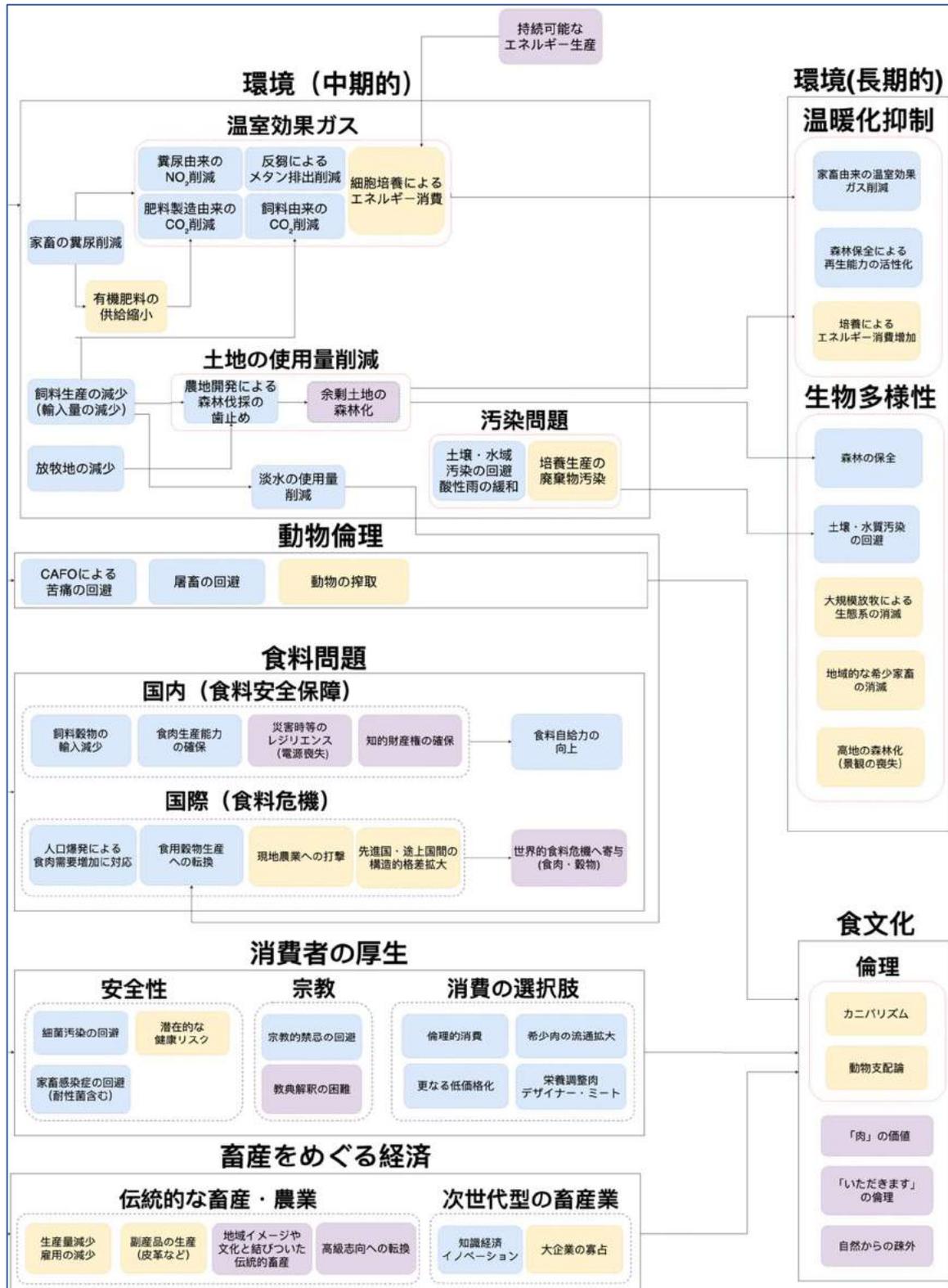


図 5.7 長期的フェーズ

## 分析

このフェーズは、培養肉の生産・消費の習慣が社会に定着した場合に、その後長い時間をかけて影響が顕在化してくる段階である。こうした長期的な影響として、文化の変容と環境への影響という2つが考えられる。

### 1. 文化の変容について

この点については、「犠牲者なきカニバリズム」の受容性や動物倫理に関する社会の認識の変化など、倫理に関するもののほか、肉の真正さや食料生産における自然からの疎外の問題、「いただきますの倫理」に関する認識など食文化に関するものが考えられる。こうした文化の変容については確実なことを言うのが極めて難しい。したがって、政策決定においてはこうした長期的な文化変容を視野に入れながら、国民にとってどのような社会が望ましいかを探る努力が求められる。

### 2. 環境への影響について

培養肉生産がもたらす環境への影響は、気候変動や生物多様性など項目によってタイムスケールは異なるものの、いずれも影響がどのようなものとなるかはそれぞれの前提条件によって異なる。以下では、各項目に重要な影響を与える前提条件を提示し、政策形成における考慮要素の明確化を試みる。

地球温暖化（地球全体での平均気温の上昇）に関して、培養肉生産の文脈においては以下の要素が重要である。

第一に、培養肉生産に必要なエネルギーをどのように調達・供給するかが最も重要である。ここでのエネルギーは直接的には電力であるが、ここで使用する電力は温室効果ガスの排出量が少なくかつ安定的な供給方法によって生産される必要がある。

第二に、従来型畜産がどの程度減少するかが重要である。培養肉生産によって温室効果ガスの排出を抑制する場合、従来型畜産による食肉生産量の減少（厳密には飼養する家畜頭数の減少）が不可欠である。もっとも、従来型畜産が減少すべきかについては前述したような検討を経て決定する必要がある。

第三に、培養肉生産への転換によって生じた余剰の土地をどのように使用するかも重要である。余剰の土地を再生可能エネルギーの生産や森林化に使用した場合には気候変動がより緩和される可能性がある一方で、集約的作物生産などを行った場合には負の影響の方が大きくなる恐れがあることは前述の通りである。余剰の土地の利用方法に関しては、利用可能となる土地がどこに、どの程度あり、どのような用途に利用可能かを評価して決定する必要がある。政府は余剰の土地の有効活用を促進するため、余剰の土地となりうる畜産用地について、このような調査・評価を事前に行っておく必要がある。

第四に、培養肉生産だけが問題解決の唯一の手段なのかという点について検討すること

が必要である。この点、従来型畜産における温室効果ガスの排出削減・緩和については、今後様々な解決策が開発・提案されることが考えられる。畜産の環境負荷軽減に取り組む際は、こうした緩和技術の動向についても注意する必要がある<sup>228</sup>。

生物多様性に関して、培養肉生産の文脈においては以下の要素が重要である。

第一に、畜産によって維持されている生態系が存在するかを評価することが必要である。これは特に地域レベルで問題となる。大規模な放牧はそれ自体が一つの生態系を形成している場合が多いほか、高地での放牧においては家畜が消滅することで牧草地が森林化するなど、景観などのダメージも懸念される。また、地域によっては、希少な動物種を家畜とした伝統的畜産も存在するほか、輪作のような循環型農業についての考慮も必要となる。問題となる地域によって畜産の形態は様々であることから、従来型畜産の減少については、地域レベルで評価することが必要である。

第二に、培養肉生産への転換によって生じた余剰の土地の利用が問題となる。この点は前述したものと同様であり、余剰の土地を植林などに利用することで生態系の保護が図られる一方、都市化などが進展した場合は負の影響が生じうる。畜産用地や飼料作物生産用地は土地の利用方法に制限がある場合があるため、どのような土地が利用可能になるかを細かく評価する必要がある。

## 提言

- ・政府は、畜産による環境負荷軽減のための施策として培養肉生産を利用する場合、(1)電力供給システム、(2)畜産用地・飼料生産用地の土地転換、(3)維持する従来型畜産の規模についても併せて計画を策定すべきである。この際、影響を受ける畜産地域がどのような形態・環境にあるかを地域別に細かく評価することが必要である。
- ・政府および関係企業は、どのような社会・食文化を形成すべきかについての国民の選択に資するよう、培養肉生産を含む細胞農業がどのような食文化をもたらすかについてのビジョン、シナリオを積極的に提案することが求められる。

---

<sup>228</sup> 例えば、藻類を利用することで家畜由来のメタンガス排出を抑制・軽減しようとする試みがある。伊藤里香 (2020) 『藻』で牛のメタンガスを減らす。世界が注目するスウェーデンの気候変動テック』  
<https://ideasforgood.jp/2020/06/25/greentech/>

## 結語

本稿は、英語圏および日本語の文献を対象として、主に学术界における議論・論点を網羅的に整理することに重きを置いている。もっとも、培養肉の社会的影響に関する日本語の文献やデータは十分に蓄積されておらず、本稿においても日本の文脈に即した整理・検討を十分に行うことができなかつた。そのため、環境や社会の受容など一部の項目は日本の状況に即してさらなる調査と検討を行う必要がある。また、それ以外の項目についても網羅性とバランスを重視して大まかな整理にとどめている。今後は、各分野の専門家により改めて詳細な評価と検討を行うことが必要である。

最後に、今後の情報収集に資するよう、日本の学术界における培養肉関連の研究プロジェクトを以下に挙げておく。数は少ないものの、いずれも進行中のプロジェクトであり、今後の研究成果発信が期待される。

培養肉技術の研究開発プロジェクトとして、以下のものがある。これらはいずれも JST（国立研究開発法人科学技術振興機構）の未来社会創造事業の一領域として採択された一連の研究プロジェクトである<sup>229</sup>。

- ・「3次元組織工学による次世代食肉生産技術の創出」  
竹内正二 教授（東京大学 大学院情報理工学系研究科）
- ・「筋サテライト細胞とオルガノイド培養法の融合による革新的食肉培養法の開発」  
赤澤智宏 教授（順天堂大学 大学院医学研究科）
- ・「藻類と動物細胞を用いた革新的培養食肉生産システムの創出」  
清水達也 教授（東京女子医科大学 先端生命医科学研究所）
- ・「組織工学技術を応用した世界一安全な食肉の自動生産技術の研究開発」  
松崎典弥 教授（大阪大学 大学院工学研究科）

また、培養肉に関する人文社会科学からの調査研究プロジェクトとして、社会技術研究開発センター（RISTEX）による調査研究がある<sup>230</sup>。これは JST との連携の下に行われ、ELSI（倫理的、法的、社会的課題：ethical, legal and social issues / implications）の観点からの調査を行うものとされている<sup>231</sup>。

---

<sup>229</sup> JST 「探索加速型「持続可能な社会の実現」領域」

<https://www.jst.go.jp/mirai/jp/program/sustainable/index.html>

<sup>230</sup> RISTEX 「食肉培養に関する取り組み」

[https://www.jst.go.jp/ristex/internal\\_research/elsi/culturedmeat/index.html](https://www.jst.go.jp/ristex/internal_research/elsi/culturedmeat/index.html)

<sup>231</sup> 三村恭子「培養肉の倫理的、法的、社会的課題（ELSI）とは？：信頼に基づくイノベーションをめざして」つくばサイエンスニュース（2019年10月）<http://www.tsukuba->

## 参考文献

- Abbasi, J. (2019). Soy Scaffoldings Poised to Make Cultured Meat More Affordable. *Jama*, *322*(10), 1.
- Alexander, P., Brown, C., Arneth, A., Dias, C., Finnigan, J., Moran, D., & Rounsevell, M. D. A. (2017). Could consumption of insects, cultured meat or imitation meat reduce global agricultural land use? *Global Food Security*, *15*(April), 22–32. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.04.001>
- Alvaro, C. (2019). Lab-Grown Meat and Veganism: A Virtue-Oriented Perspective. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, *32*(1), 127–141. <https://doi.org/10.1007/s10806-019-09759-2>
- Arshad, M. S., Javed, M., Sohaib, M., Saeed, F., Imran, A., & Amjad, Z. (2017). Tissue engineering approaches to develop cultured meat from cells: A mini review. *Cogent Food & Agriculture*, *3*(1), 1–12. <https://doi.org/10.1080/23311932.2017.1320814>
- Bekker, G. A., Fischer, A. R. H., Tobi, H., & van Trijp, H. C. M. (2017). Explicit and implicit attitude toward an emerging food technology: The case of cultured meat. *Appetite*, *108*, 245–254. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2016.10.002>
- Bekker, G. A., Tobi, H., & Fischer, A. R. H. (2017). Meet meat: An explorative study on meat and cultured meat as seen by Chinese, Ethiopians and Dutch. *Appetite*, *114*, 82–92. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2017.03.009>
- Benjaminson, M. A., Gilchrist, J. A., & Lorenz, M. (2002). In vitro edible muscle protein production system (MPPS): Stage 1, fish. *Acta Astronautica*, *51*(12), 879–889. [https://doi.org/10.1016/S0094-5765\(02\)00033-4](https://doi.org/10.1016/S0094-5765(02)00033-4)
- Bhat, Z. F., & Fayaz, H. (2011). Prospectus of cultured meat - Advancing meat alternatives. *Journal of Food Science and Technology*, *48*(2), 125–140. <https://doi.org/10.1007/s13197-010-0198-7>
- Bhat, Z. F., Kumar, S., & Bhat, H. F. (2017). In vitro meat: A future animal-free harvest. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *57*(4), 782–789. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.924899>
- Bhat, Z. F., Kumar, S., & Fayaz, H. (2015). In vitro meat production: Challenges and benefits over conventional meat production. *Journal of Integrative Agriculture*, *14*(2), 241–248. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60887-X](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60887-X)

---

[sci.com/?column01=%E5%9F%B9%E9%A4%8A%E8%82%89%E3%81%AE%E5%80%AB%E7%90%86%E7%9A%84%E3%80%81%E6%B3%95%E7%9A%84%E3%80%81%E7%A4%BE%E4%BC%9A%E7%9A%84%E8%AA%B2%E9%A1%8C%EF%BC%88%EF%BC%89%E3%81%A8%E3%81%AF%EF%BC%9F](http://sci.com/?column01=%E5%9F%B9%E9%A4%8A%E8%82%89%E3%81%AE%E5%80%AB%E7%90%86%E7%9A%84%E3%80%81%E6%B3%95%E7%9A%84%E3%80%81%E7%A4%BE%E4%BC%9A%E7%9A%84%E8%AA%B2%E9%A1%8C%EF%BC%88%EF%BC%89%E3%81%A8%E3%81%AF%EF%BC%9F)

- Birbrair, A., & Delbono, O. (2015). Pericytes are essential for skeletal muscle formation. *Stem Cell Reviews and Reports*, *11*(4), 547–548. <https://doi.org/10.1007/s12015-015-9588-6>
- Bonny, S. . P. . F. ., Gardner, G. . E. ., Pethick, D. . W. ., & Hocquette, J.-F. (2015). What is "artificial meat" and what does it mean for the future of the meat industry? *Journal of Integrative Agriculture*, *3119*(14), 255–263. Retrieved from [https://ac.els-cdn.com/S2095311914608881/1-s2.0-S2095311914608881-main.pdf?\\_tid=a6e3077c-17d2-11e8-bc0b-00000aab0f6c&acdnat=1519305595\\_b5522aa7542168d5ee5c5ef21e25b274](https://ac.els-cdn.com/S2095311914608881/1-s2.0-S2095311914608881-main.pdf?_tid=a6e3077c-17d2-11e8-bc0b-00000aab0f6c&acdnat=1519305595_b5522aa7542168d5ee5c5ef21e25b274)
- Bryant, C. J., & Barnett, J. C. (2019). What's in a name? Consumer perceptions of in vitro meat under different names. *Appetite*, *137*(August 2018), 104–113. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2019.02.021>
- Bryant, C., & Barnett, J. (2018). Consumer acceptance of cultured meat: A systematic review. *Meat Science*, *143*(November 2017), 8–17. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.008>
- Bryant, C., & Dillard, C. (2019). The impact of framing on acceptance of cultured meat. *Frontiers in Nutrition*, *6*(July), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00103>
- Bryant, C., Szejda, K., Parekh, N., Desphande, V., & Tse, B. (2019). A Survey of Consumer Perceptions of Plant-Based and Clean Meat in the USA, India, and China. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *3*(February). <https://doi.org/10.3389/fsufs.2019.00011>
- Buscemi, F. (2014). From killing cows to culturing meat. *British Food Journal*, *116*(6), 952–964. <https://doi.org/10.1108/BJFJ-11-2012-0288>
- Catts, O., & Zurr, I. (2008). The Art of the Semi-Living and Partial Life: Extra Ear 1/4 Scale. *Art in the Biotech Era*, (2003), 140–147. Retrieved from [http://www.eaf.asn.au/aitbe\\_bios.html](http://www.eaf.asn.au/aitbe_bios.html)
- Chauvet, D. J. (2018). Should cultured meat be refused in the name of animal dignity? *Ethical Theory and Moral Practice*, *21*(2), 387–411. <https://doi.org/10.1007/s10677-018-9888-4>
- Choudhury, D., Tseng, T. W., & Swartz, E. (2020). The Business of Cultured Meat. *Trends in Biotechnology*, *38*(6), 573–577. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2020.02.012>
- Chriki, S., & Hocquette, J. F. (2020). The Myth of Cultured Meat: A Review. *Frontiers in Nutrition*, *7*(February), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.00007>
- Cole, M., & Morgan, K. (2013). Engineering freedom? A critique of biotechnological routes to animal liberation. *Configurations*, *21*(2), 201–229. <https://doi.org/10.1353/con.2013.0015>
- Cui, K., & Shoemaker, S. P. (2018). Public perception of genetically-modified (GM) food: A Nationwide Chinese Consumer Study. *Npj Science of Food*, *2*(1), 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41538-018-0018-4>

- Datar, I., & Betti, M. (2010). Possibilities for an in vitro meat production system. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11(1), 13–22. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2009.10.007>
- Deckers, J. (2005). Are scientists right and non-scientists wrong? Reflections on discussions of GM. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 18(5), 451–478. <https://doi.org/10.1007/s10806-005-0902-1>
- Dilworth, T., & McGregor, A. (2014). Moral Steaks? Ethical Discourses of In Vitro Meat in Academia and Australia. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 28(1), 85–107. <https://doi.org/10.1007/s10806-014-9522-y>
- Doreau, M., Corson, M. S., & Wiedemann, S. G. (2012). Water use by livestock: A global perspective for a regional issue? *Animal Frontiers*, 2(2), 9–16. <https://doi.org/10.2527/af.2012-0036>
- Driessen, C., & Korthals, M. (2012). Pig towers and in vitro meat: Disclosing moral worlds by design. *Social Studies of Science*, 42(6), 797–820. <https://doi.org/10.1177/0306312712457110>
- Dupont, J., & Fiebelkorn, F. (2020). Attitude and acceptance of young people towards the consumption of insects and cultured meat in Germany. *Food Quality and Preference*, 103983. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.103983>
- Edelman, P. (2005). In vitro-cultured meat production. *Tissue Engineering*, 502206, 368.
- Enrione, J., Blaker, J. J., Brown, D. I., Weinstein-Oppenheimer, C. R., Pepczynska, M., Olguín, Y., ... Acevedo, C. A. (2017). Edible scaffolds based on non-mammalian biopolymers for myoblast growth. *Materials*, 10(12), 1–15. <https://doi.org/10.3390/ma10121404>
- Fernandes, A. M., de Souza Teixeira, O., Palma Revillion, J. P., & de Souza, Â. R. L. (2020). Conceptual evolution and scientific approaches about synthetic meat. *Journal of Food Science and Technology*, 57(6), 1991–1999. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04155-0>
- Fox, J. L. (2009). Test tube meat on the menu? *Nature Biotechnology*, 27(10), 873. <https://doi.org/10.1038/nbt1009-873>
- Galusky, W. (2014). Technology as Responsibility: Failure, Food Animals, and Lab-grown Meat. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 27(6), 931–948. <https://doi.org/10.1007/s10806-014-9508-9>
- Gaydhane, M. K., Mahanta, U., Sharma, C. S., Khandelwal, M., & Ramakrishna, S. (2018). Cultured meat: state of the art and future. *Biomanufacturing Reviews*, 3(1). <https://doi.org/10.1007/s40898-018-0005-1>
- Goodwin, J. N., & Shoulders, C. W. (2013). The future of meat: A qualitative analysis of cultured meat media coverage. *Meat Science*, 95(3), 445–450. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.05.027>

- Hamdan, M. N., Post, M. J., Ramli, M. A., & Mustafa, A. R. (2018). Cultured Meat in Islamic Perspective. *Journal of Religion and Health*, 57(6), 2193–2206. <https://doi.org/10.1007/s10943-017-0403-3>
- Hartmann, C., & Siegrist, M. (2017). Consumer perception and behaviour regarding sustainable protein consumption: A systematic review. *Trends in Food Science and Technology*, 61, 11–25. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.12.006>
- Hocquette, A., Lambert, C., Siquin, C., Peterolff, L., Wagner, Z., Bonny, S. P. F., ... Hocquette, J. F. (2015). Educated consumers don't believe artificial meat is the solution to the problems with the meat industry. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(2), 273–284. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60886-8](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60886-8)
- Hocquette, J. F. (2016). Is in vitro meat the solution for the future? *Meat Science*, 120, 167–176. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.04.036>
- Hocquette, J. F. (2015). Is it possible to save the environment and satisfy consumers with artificial meat? *Journal of Integrative Agriculture*, 14(2), 206–207. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60961-8](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60961-8)
- Hoek, A. C., Luning, P. A., Weijzen, P., Engels, W., Kok, F. J., & de Graaf, C. (2011). Replacement of meat by meat substitutes. A survey on person- and product-related factors in consumer acceptance. *Appetite*, 56(3), 662–673. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2011.02.001>
- Hoekstra, A. Y., & Mekonnen, M. M. (2012). The water footprint of humanity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(9), 3232–3237. <https://doi.org/10.1073/pnas.1109936109>
- Hopkins, P. D. (2015). Cultured meat in western media: The disproportionate coverage of vegetarian reactions, demographic realities, and implications for cultured meat marketing. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(2), 264–272. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60883-2](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60883-2)
- Hopkins, P. D., & Dacey, A. (2008). Vegetarian meat: Could technology save animals and satisfy meat eaters? *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 21(6), 579–596. <https://doi.org/10.1007/s10806-008-9110-0>
- Huang, S. H. (2012). The authenticity of fake meats. *ISLE Interdisciplinary Studies in Literature and Environment*, 19(4), 719–731. <https://doi.org/10.1093/isle/iss108>
- Jenkins, T. L., & Little, D. (2019). Synthetic scaffolds for musculoskeletal tissue engineering: cellular responses to fiber parameters. *Npj Regenerative Medicine*, 4(1), 1–14. <https://doi.org/10.1038/s41536-019-0076-5>
- Jiang, C., Meng, C., & Schapaugh, A. (2019). Comparative analysis of genetically modified crops: Part 1. Conditional difference testing with a given genetic background. *PLoS ONE*, 14(1), 1–17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210747>
- Jönsson, E. (2016). Benevolent technotopias and hitherto unimaginable meats: Tracing the promises of in vitro meat. *Social Studies of Science*, 46(5), 725–748. <https://doi.org/10.1177/0306312716658561>

- Jönsson, E. (2017). On Resurrected Nuggets and Sphincter Windows: Cultured Meat, Art, and the Discursive Subsumption of Nature. *Society and Natural Resources*, 30(7), 844–859. <https://doi.org/10.1080/08941920.2017.1304599>
- Kadim, I. T., Mahgoub, O., Baqir, S., Faye, B., & Purchas, R. (2015). Cultured meat from muscle stem cells: A review of challenges and prospects. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(2), 222–233. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60881-9](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60881-9)
- Kettenmann, A. S., & Lamb, B. (2020). New Regulatory Frameworks for Cell-Cultured Meat . *Natural Resources & Environment*, (February 2018), 2018–2020.
- Kevin Schneider. (2018). Concentrating on healthy feeding operations: the national school lunch programe, “Cultured meat,” and the path to a sustainable food future. *Journal of Land Use & Environment*, 29(1), 145–184.
- Kolkmann, A. M., Post, M. J., Rutjens, M. A. M., van Essen, A. L. M., & Moutsatsou, P. (2020). Serum-free media for the growth of primary bovine myoblasts. *Cytotechnology*, 72(1), 111–120. <https://doi.org/10.1007/s10616-019-00361-y>
- Laestadius, L. I. (2015). Public Perceptions of the Ethics of In-vitro Meat: Determining an Appropriate Course of Action. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 28(5), 991–1009. <https://doi.org/10.1007/s10806-015-9573-8>
- Laestadius, L. I., & Caldwell, M. A. (2015). Is the future of meat palatable? Perceptions of in vitro meat as evidenced by online news comments. *Public Health Nutrition*, 18(13), 2457–2467. <https://doi.org/10.1017/S1368980015000622>
- Lee, A. (2018). An ecofeminist perspective on new food technologies. *Canadian Food Studies / La Revue Canadienne Des Études Sur l'alimentation*, 5(1), 63. <https://doi.org/10.15353/cfs-rcea.v5i1.226>
- Leroy, F., & Praet, I. (2017). Animal Killing and Postdomestic Meat Production. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 30(1), 67–86. <https://doi.org/10.1007/s10806-017-9654-y>
- Loveday, S. M. (2019). Food Proteins: Technological, Nutritional, and Sustainability Attributes of Traditional and Emerging Proteins. *Annual Review of Food Science and Technology*, 10(1), 311–339. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-032818-121128>
- Lucht, J. M. (2015). Public acceptance of plant biotechnology and GM crops. *Viruses*, 7(8), 4254–4281. <https://doi.org/10.3390/v7082819>
- Lynch, J., & Pierrehumbert, R. (2019). Climate Impacts of Cultured Meat and Beef Cattle. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2019.00005>
- Mancini, M. C., & Antonioli, F. (2019). Exploring consumers’ attitude towards cultured meat in Italy. *Meat Science*, 150(October 2018), 101–110. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.12.014>

- Mancini, M. C., & Antonioli, F. (2020). To what extent are consumers' perception and acceptance of alternative meat production systems affected by information? The case of cultured meat. *Animals*, *10*(4). <https://doi.org/10.3390/ani10040656>
- Mariotti, F., & Gardner, C. D. (2019). Dietary protein and amino acids in vegetarian diets—A review. *Nutrients*, *11*(11), 1–19. <https://doi.org/10.3390/nu11112661>
- Mattick, C. S., & Allenby, B. R. (2012). Cultured meat: The systemic implications of an emerging technology. *IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology*. <https://doi.org/10.1109/ISSST.2012.6228020>
- Mattick, C. S., & Allenby, B. R. (2013). The future of meat. *Issues in Science and Technology*, *30*(1), 64–71.
- Mattick, C. S., Landis, A. E., & Allenby, B. R. (2015). A case for systemic environmental analysis of cultured meat. *Journal of Integrative Agriculture*, *14*(2), 249–254. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60885-6](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60885-6)
- Mattick, C. S., Landis, A. E., Allenby, B. R., & Genovese, N. J. (2015). Anticipatory Life Cycle Analysis of In Vitro Biomass Cultivation for Cultured Meat Production in the United States. *Environmental Science and Technology*, *49*(19), 11941–11949. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b01614>
- McHugh, S. (2010). Real artificial: Tissue-cultured meat, genetically modified farm animals, and fictions. *Configurations*, *18*(1–2), 181–197. <https://doi.org/10.1353/con.2010.0006>
- Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2012). A Global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products. *Ecosystems*, *15*(3), 401–415. <https://doi.org/10.1007/s10021-011-9517-8>
- Metcalf, J. (2013). Meet Shmeat: Food system ethics, biotechnology and re-worlding technoscience. *Parallax*, *19*(1), 74–87. <https://doi.org/10.1080/13534645.2013.743294>
- Milburn, J. (2016). Chewing Over In Vitro Meat: Animal Ethics, Cannibalism and Social Progress. *Res Publica*, *22*(3), 249–265. <https://doi.org/10.1007/s11158-016-9331-4>
- Milburn, J. (2018). Death-Free Dairy? The Ethics of Clean Milk. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, *31*(2), 261–279. <https://doi.org/10.1007/s10806-018-9723-x>
- Miller, J. (2012). In vitro meat: Power, authenticity and vegetarianism. *Journal for Critical Animal Studies*, *10*(4), 41–63.
- Moritz, M. S. M., Verbruggen, S. E. L., & Post, M. J. (2015). Alternatives for large-scale production of cultured beef: A review. *Journal of Integrative Agriculture*, *14*(2), 208–216.
- Mottet, A., de Haan, C., Falcucci, A., Tempio, G., Opio, C., & Gerber, P. (2017). Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food

- debate. *Global Food Security*, 14(January), 1–8.  
<https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.01.001>
- Mouat, M. (2018). Cultured meat and cowless milk: on making markets for animal-free food. *Journal of Cultural Economy*, 11(4), 315–329.  
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Mouat, M. J., Prince, R., & Roche, M. M. (2019). Making Value Out of Ethics: The Emerging Economic Geography of Lab-grown Meat and Other Animal-free Food Products. *Economic Geography*, 95(2), 136–158.  
<https://doi.org/10.1080/00130095.2018.1508994>
- O’Riordan, K., Fotopoulou, A., & Stephens, N. (2017). The first bite: Imaginaries, promotional publics and the laboratory grown burger. *Public Understanding of Science*, 26(2), 148–163. <https://doi.org/10.1177/0963662516639001>
- Orzechowski, A. (2015). Artificial meat? Feasible approach based on the experience from cell culture studies. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(2), 217–221.  
[https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60882-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60882-0)
- Petetin, L. (2014). Frankenburgers, risks and approval. *European Journal of Risk Regulation*, 5(2), 168–186. <https://doi.org/10.1017/S1867299X00003585>
- Pigliucci, M. (2010). Genotype-phenotype mapping and the end of the “genes as blueprint” metaphor. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, Vol. 365, pp. 557–566. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0241>
- Pluhar, E. B. (2010). Meat and Morality: Alternatives to Factory Farming. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 23(5), 455–468.  
<https://doi.org/10.1007/s10806-009-9226-x>
- Poirier, & Russell. (2019). Does In Vitro Meat Constitute Animal Liberation? *Journal of Animal Ethics*, 9(2), 199. <https://doi.org/10.5406/janimaethics.9.2.0199>
- Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food’s environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392), 987–992.  
<https://doi.org/10.1126/science.aag0216>
- Post, M. J. (2014). Cultured beef: Medical technology to produce food. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(6), 1039–1041.  
<https://doi.org/10.1002/jsfa.6474>
- Post, M. J. (2012). Cultured meat from stem cells: Challenges and prospects. *Meat Science*, 92(3), 297–301. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.04.008>
- Randich, A. M., Kysela, D. T., Morlot, C., & Brun, Y. V. (2019). Origin of a Core Bacterial Gene via Co-option and Detoxification of a Phage Lysin. *Current Biology*, 29(10), 1634-1646.e6. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.04.032>
- Rebello, A. S., Moore, B. W., & Sochacki, D. (2019). *Leaf Jerky™: A Sustainable Meat Product for a Better Future*. (April). Retrieved from  
<https://digitalcommons.wpi.edu/mqp-all/6824>

- Reed, A. Y. (2014). From sacrifice to the slaughterhouse: Ancient and modern approaches to meat, animals, and civilization. *Method and Theory in the Study of Religion*, 26(2), 111–158. <https://doi.org/10.1163/15700682-12341269>
- Rorheim, A., Mannino, A., Baumann, T., & Caviola, L. (2016). Cultured Meat: An Ethical Alternative To Industrial Animal Farming. Policy paper by Sentience Politics. *Policy Paper by Sentience*, 1, 1–14. Retrieved from <https://sentience-politics.org/files/cultured-meat-revision.pdf>
- Ross, R. (1971). The smooth muscle cell: II. Growth of smooth muscle in culture and formation of elastic fibers. *Journal of Cell Biology*, 50(1), 172–186. <https://doi.org/10.1083/jcb.50.1.172>
- Rothgerber, H. (2014). Efforts to overcome vegetarian-induced dissonance among meat eaters. *Appetite*, 79, 32–41. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2014.04.003>
- Rubio, N. R., Fish, K. D., Trimmer, B. A., & Kaplan, D. L. (2019). Possibilities for Engineered Insect Tissue as a Food Source. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3(April), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2019.00024>
- Schaefer, G. O., & Savulescu, J. (2014). The ethics of producing in vitro meat. *Journal of Applied Philosophy*, 31(2), 188–202. <https://doi.org/10.1111/japp.12056>
- Schneider, Z. (2013). In Vitro Meat: Space Travel, Cannibalism, and Federal Regulation. *Houston Law Review*, 50(1), 991–1024. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Seman, Dennis & Quickert, S & Borger, A & Meyer, J. (2008). Inhibition of *Listeria monocytogenes* Growth in Cured Ready-to-Eat Meat Products by Use of Sodium Benzoate and Sodium Diacetate. *Journal of food protection*. 71. 1386-92. 10.4315/0362-028X-71.7.1386.
- Scollan, N. D., Greenwood, P. L., Newbold, C. J., Ruiz, D. R. Y., Shingfield, K. J., Wallace, R. J., & Hocquette, J. F. (2011). Future research priorities for animal production in a changing world. *Animal Production Science*, 51(1), 1–5. <https://doi.org/10.1071/AN10051>
- Sexton, A. E., Garnett, T., & Lorimer, J. (2019). Framing the future of food: The contested promises of alternative proteins. *Environment and Planning E: Nature and Space*, 2(1), 47–72. <https://doi.org/10.1177/2514848619827009>
- Shaw, E., & Mac Con Iomaire, M. (2019). A comparative analysis of the attitudes of rural and urban consumers towards cultured meat. *British Food Journal*, 121(8), 1782–1800. <https://doi.org/10.1108/BFJ-07-2018-0433>
- Shi, Y., Inoue, H., Wu, J. C., & Yamanaka, S. (2017). Induced pluripotent stem cell technology: A decade of progress. *Nature Reviews Drug Discovery*, 16(2), 115–130. <https://doi.org/10.1038/nrd.2016.245>

- Siegrist, M., Sütterlin, B., & Hartmann, C. (2018). Perceived naturalness and evoked disgust influence acceptance of cultured meat. *Meat Science*, 139(August 2017), 213–219. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.02.007>
- Slade, P. (2018). If you build it, will they eat it? Consumer preferences for plant-based and cultured meat burgers. *Appetite*, 125, 428–437. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2018.02.030>
- Specht, L. (2019). An analysis of culture medium costs and production volumes for cell-based meat. *The Good Food Institute*. Retrieved from <https://www.gfi.org/files/sci-tech/clean-meat-production-volume-and-medium-cost.pdf>
- Stanton, M. M., Tzatzalos, E., Donne, M., Kolundzic, N., Helgason, I., & Ilic, D. (2019). Prospects for the Use of Induced Pluripotent Stem Cells in Animal Conservation and Environmental Protection. *Stem Cells Translational Medicine*, 8(1), 7–13. <https://doi.org/10.1002/sctm.18-0047>
- Stephens, N. (2010). In Vitro Meat: Zombies on the Menu? *SCRIPTed*, 7(2), 394–401. <https://doi.org/10.2966/scrip.070210.394>
- Stephens, N. (2013). Growing meat in laboratories: The promise, ontology, and ethical boundary-work of using muscle cells to make food. *Configurations*, 21(2), 159–181. <https://doi.org/10.1353/con.2013.0013>
- Stephens, N., Di Silvio, L., Dunsford, I., Ellis, M., Glencross, A., & Sexton, A. (2018). Bringing cultured meat to market: Technical, socio-political, and regulatory challenges in cellular agriculture. *Trends in Food Science and Technology*, 78(June 2017), 155–166. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.04.010>
- Stephens, N., King, E., & Lyall, C. (2018). Blood, meat, and upscaling tissue engineering: Promises, anticipated markets, and performativity in the biomedical and agri-food sectors. *BioSocieties*, 13(2), 368–388. <https://doi.org/10.1057/s41292-017-0072-1>
- Stephens, N., & Ruivenkamp, M. (2016). Promise and Ontological Ambiguity in the In vitro Meat Imagescape: From Laboratory Myotubes to the Cultured Burger. *Science as Culture*, 25(3), 327–355. <https://doi.org/10.1080/09505431.2016.1171836>
- STOA. (2019). *Scientific Foresight : What if? What if we didn't need cows for our beef?* (July). Retrieved from [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2019/634446/EPRS\\_ATAG\(2019\)634446\\_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2019/634446/EPRS_ATAG(2019)634446_EN.pdf)
- Sun, Z. chang, Yu, Q. li, & Han, L. (2015). The environmental prospects of cultured meat in China. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(2), 234–240. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60891-1](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60891-1)
- Tiberius, V., Borning, J., & Seeler, S. (2019). Setting the table for meat consumers: an international Delphi study on in vitro meat. *Science of Food*, 3(1), 1–6. <https://doi.org/10.1038/s41538-019-0041-0>

- Tucker, C. A. (2014). The significance of sensory appeal for reduced meat consumption. *Appetite*, *81*, 168–179. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2014.06.022>
- Tuomisto, H. L. (2019). The eco-friendly burger: Could cultured meat improve the environmental sustainability of meat products? *EMBO Reports*, *20*(1), 1–6. <https://doi.org/10.15252/embr.201847395>
- Tuomisto, H. L., & Teixeira De Mattos, M. J. (2011). Environmental impacts of cultured meat production. *Environmental Science and Technology*, *45*(14), 6117–6123. <https://doi.org/10.1021/es200130u>
- Tuomisto, H. L., Ellis, M. J., & Haastруп, P. (2014). Environmental impacts of cultured meat production: alternative production scenarios. *Proceedings of the 9th International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector, 1404A*(2006), 1360–1366.
- van der Weele, C. N. (2013). Meat and the benefits of ambivalence. *The Ethics of Consumption: The Citizen, the Market and the Law*, 290–295. [https://doi.org/10.3920/978-90-8686-784-4\\_47](https://doi.org/10.3920/978-90-8686-784-4_47)
- van der Weele, C., & Driessen, C. (2019). How Normal Meat Becomes Stranger as Cultured Meat Becomes More Normal; Ambivalence and Ambiguity Below the Surface of Behavior. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *3*(August), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2019.00069>
- van der Weele, C., & Driessen, C. (2013). Emerging profiles for cultured meat: ethics through and as design. *Animals*, *3*(3), 647–662. <https://doi.org/10.3390/ani3030647>
- van der Weele, C., Feindt, P., Jan van der Goot, A., van Mierlo, B., & van Boekel, M. (2019). Meat alternatives: an integrative comparison. *Trends in Food Science and Technology*, *88*(November 2018), 505–512. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.04.018>
- van der Weele, C., & Tramper, J. (2014). Cultured meat: Every village its own factory? *Trends in Biotechnology*, *32*(6), 294–296. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2014.04.009>
- Verbeke, W., Marcu, A., Rutsaert, P., Gaspar, R., Seibt, B., Fletcher, D., & Barnett, J. (2015). “Would you eat cultured meat?”: Consumers’ reactions and attitude formation in Belgium, Portugal and the United Kingdom. *Meat Science*, *102*, 49–58. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.11.013>
- Verbeke, W., Sans, P., & Van Loo, E. J. (2015). Challenges and prospects for consumer acceptance of cultured meat. *Journal of Integrative Agriculture*, *14*(2), 285–294. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60884-4](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60884-4)
- Verbruggen, S., Luining, D., van Essen, A., & Post, M. J. (2018). Bovine myoblast cell production in a microcarriers-based system. *Cytotechnology*, *70*(2), 503–512. <https://doi.org/10.1007/s10616-017-0101-8>

- Weinrich, R., Strack, M., & Neugebauer, F. (2020). Consumer acceptance of cultured meat in Germany. *Meat Science*, *162*(July 2019), 107924. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107924>
- Welin, S., Gold, J., & Berlin, J. (2012). In vitro meat: what are the moral issues? In D. Kaplan (Ed.), *The Philosophy of Food* (1st ed., pp. 292–304). <https://doi.org/10.4324/9781003003960-4>
- Wild, F., Czerny, M., Janssen, A. M., Kole, A. P. W., Zunabovic, M., & Domig, K. J. (2014). The evolution of a plant-based alternative to meat: From niche markets to widely accepted meat alternatives. *Agro Food Industry Hi-Tech*, *25*(1), 45–49.
- Wilks, M., & Phillips, C. J. C. (2017). Attitudes to in vitro meat: A survey of potential consumers in the United States. *PLoS ONE*, *12*(2), 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171904>
- Wilks, M., Phillips, C. J. C., Fielding, K., & Hornsey, M. J. (2019). Testing potential psychological predictors of attitudes towards cultured meat. *Appetite*, *136*(June 2018), 137–145. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2019.01.027>
- Woll, S., & Böhm, I. (2018). In-vitro meat: A solution for problems of meat production and consumption? *Ernährungs Umschau*, *65*(1), 12–21. <https://doi.org/10.4455/eu.2018.003>
- Young, J. F., Therkildsen, M., Ekstrand, B., Che, B. N., Larsen, M. K., Oksbjerg, N., & Stagsted, J. (2013). Novel aspects of health promoting compounds in meat. *Meat Science*, *95*(4), 904–911. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.04.036>
- Zhang, G., Zhao, X., Li, X., Du, G., Zhou, J., & Chen, J. (2020). Challenges and possibilities for bio-manufacturing cultured meat. *Trends in Food Science and Technology*, *97*(January), 443–450. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.01.026>
- Zwart, H. (2015). Tainted Food and the Icarus Complex: Psychoanalysing Consumer Discontent from Oyster Middens to Oryx and Crake. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, *28*(2), 255–275. <https://doi.org/10.1007/s10806-015-9530-6>
- Zhang, G., Zhao, X., Li, X., Du, G., Zhou, J., & Chen, J. (2020). Challenges and possibilities for bio-manufacturing cultured meat. *Trends in Food Science and Technology*, *97*(January), 443–450. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.01.026>
- Michael C.Appleby・Barry O.Hughes(編著)『動物への配慮の科学：アニマルウェルフェアをめざして』. 佐藤衆介・森裕司(監修). 加隈良枝 他訳録書房. 2009.
- P・シャピロ.『クリーンミート：培養肉が世界を変える』. 鈴木素子(訳). 日経 BP. 2020.
- 新治義久, & 佐野啓介. (2020). 食品産業の将来を担うフードテックの可能性と発展に向けた方向性. NRI パブリックマネジメントレビュー, *198*, 12-21, [https://www.nri.com/-/media/Corporate/jp/Files/PDF/knowledge/publication/region/2020/01/3\\_vol198.pdf?la=ja-JP&hash=A23D7C7F465A01639855331875B52B624B7D853D](https://www.nri.com/-/media/Corporate/jp/Files/PDF/knowledge/publication/region/2020/01/3_vol198.pdf?la=ja-JP&hash=A23D7C7F465A01639855331875B52B624B7D853D)
- 石川伸一.『「食べること」の進化史：培養肉・昆虫食・3D フードプリンタ』. 光文社. 2019

- 伊勢田哲治. 『動物からの倫理学入門』. 名古屋大学出版会. 2008.
- 枝廣淳子. 『アニマルウェルフェアとは何か』. 岩波書店. 2018.
- 梶川千賀子. 『食品法入門 食の安全とその法体系』. 農林統計出版. 2018.
- 川島啓, & 五十嵐美香. (2019). 代替肉と培養肉に関する調査研究. 日経研月報, 496, 68-75,  
[https://www.jeri.or.jp/membership/pdf/research/research\\_1910\\_01.pdf](https://www.jeri.or.jp/membership/pdf/research/research_1910_01.pdf)
- 川島公一. (2019). 培養肉の研究開発動向と国内市場可能性. フードケミカル, 35(9), 25-28
- 川野茉莉子. (2018). フードテックが生み出すバイオエコノミーの新潮流.  
[https://cs2.toray.co.jp/news/tbr/newsrrs01.nsf/0/B243E39A40C311304925831A003E16CC/\\$FILE/ind\\_g024.pdf](https://cs2.toray.co.jp/news/tbr/newsrrs01.nsf/0/B243E39A40C311304925831A003E16CC/$FILE/ind_g024.pdf)
- 小城勝相, 一色賢司(編著). 『食安全性学』. 放送大学教育振興会. 2014.
- 篠賀大祐. 『日本人はいつから「いただきます」するようになったのか』 [Kindle 版].  
発行者 amazon.com. 2013.
- 食品安全ハンドブック編集委員会(編). 『食品安全ハンドブック』. 丸善出版. 2010
- 城山英明(編). 『科学技術ガバナンス』. 東信堂. 2007.
- 谷口武俊. 『リスク意思決定論』. 大阪大学出版会. 2008.
- ロナルド・L・サンドラー. 『食物倫理(フード・エシックス)入門: 食べることの倫理学』.  
馬渕浩二(訳). ナカニシヤ出版. 2019.