JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	“食の7レイヤー論”にもとづく代替食品の変容と多様化：サーキュラーエコノミーにおける役割と機能に関する一考察
Author(s)	米本, 友華; 妹尾, 堅一郎
Citation	年次学術大会講演要旨集, 38: 1028-1033
Issue Date	2023-10-28
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/19085
Rights	本著作物は研究・イノベーション学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Research Policy and Innovation Management.
Description	一般講演要旨

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

２Ｆ１５

“食の７レイヤー論”にもとづく代替食品の変容と多様化
～サーキュラーエコノミーにおける役割と機能に関する一考察～

○米本友華，妹尾堅一郎（産学連携推進機構）
tomoka-yonemoto@nposangaku.org

キーワード：代替食品、フードテック、食の７レイヤー論、食資源、サーキュラーエコノミー

1. はじめに

ある食品を模して作られた食品は“代替食品”と呼ばれる。日本で古来より食される、鴈肉の模倣品である「がんもどき」が一例だ。近年では、人口増加に伴う食資源不足、環境問題、動物福祉、嗜好の多様化等を背景に、新たなタンパク源として“肉”や“卵”などの“代替食品”も開発されている。それらの原料は植物性から菌体、動物細胞などまで多岐に及び、製造方法も様々だ。つまり、“代替食品”へのアプローチは多種多様である。

本論では、サーキュラーエコノミー（CE）における食資源の資源生産性向上に貢献し得る”代替食品”について“食の７レイヤー論”にもとづいて俯瞰的に整理するとともに、CE における意味等を考察する。

2. 代替食品とは

2.1. 代替食品の定義

“代替食品”には明確な定義が存在しない。類似した言葉として、コピー食品、イミテーション食品、フェイクフード、オルタナティブフードなどがあり、これらは、概ね「ある食物の代わりとして摂取される食物」を指した言葉として使われている。

「代わり」と一言でいっても、複数の選択可能な選択肢がある前提での代わりと、ある選択肢が選べない場合における代わりとでは、その意味が異なるだろう。英語における「alternative」が示すのは、後者の意味合いであろう。これを踏まえて本論では、「ある特定食品が選べない場合に、その代わりとして選ばざるをえない、その特定食品の外観、風味、食感などを模した食物」を総じて“代替食品”と呼ぶこととする。

2.2. 代替食品の歴史

代替食品は、人類の食にまつわる歴史に数多く登場する。

人類の食料獲得手段が狩猟から農耕へ移行すると、定住化が進み、都市が生まれて人口が増大した。増大する人口を統治するために信仰が生まれた。仏教もその一つである。その戒律には不殺生の教えがあったため、僧侶の食事に肉は使われず、それが精進料理として発展した。中国では湯葉でハムを作ったり、シイタケなどのキノコをアワビに見立てたりしている。日本でも、仏教が普及した頃から肉食を禁ずるようになり、鎌倉時代には精進料理が中国から伝わって、鴈肉の模倣である「がんもどき」やウナギの模倣である「精進ウナギ」など、日本独自の精進料理が開発された。

その後、産業革命が起きて鉄道や汽船が開発され、人やモノが早く遠くまで移動するようになると、モノ（土地や物資）を取り合う戦争が数多く勃発し、物資不足が随所で発生した。そのようななかで食の工業化が進み、食料の大量生産技術が次々と生まれた。例えば「マーガリン」は、戦争で不足したバターに代わるものとしてフランスで開発された。偶然の産物として発見された「人工甘味料（サッカリン）」は、第一次世界大戦で不足していた砂糖の代用品として広く普及した。

戦後になると、供給側の大量生産と、需要側の大量消費による線形経済が進展するなかで、様々な社会問題が発生した。例えば、戦後の日本は漁獲量が世界一になるほどの水産国だったが、他方、魚介類の乱獲による水産資源の枯渇が社会問題として懸念されるようになった。この状況で開発され、普及したのが、カニの風味をしたかまぼこ「カニカマ」であった。また、飲酒運転による死亡事故も社会問題化し、2002 年、2007 年に道路交通法が改正され、飲酒運転の罰則が強化された。当時は、ノンアルコールを謳いつつも、実際には微量のアルコールを含むノンアルコール飲料が多く存在したが、2009 年に麒麟麦酒（株）は、香料などを用いて本物のビールの風味を再現したアルコール 0.00%の「ビールテイスト飲料」を開発した。

また近年では、新たなタンパク源として肉や卵などの代替食品も開発されている。タンパク質は三大

栄養素の一つであり、生命維持に欠かせない栄養素である。だが、世界的な人口爆発に加え、新興国の経済成長に伴うタンパク質摂取量の増加により、その需要が急増している。しかしながら、特に動物性タンパク質の生産システムは、その持続可能性が危ぶまれている。例えば、人類の重要なタンパク源である肉は主に家畜から得ているが、その飼料転換効率は非常に低い。農林水産省によると、1kg の肉（食用部位）を生産するのに必要な飼料は、鶏で 3kg、牛で 11kg とされる[1]。これは、人間も食べることができた食物を、飼料として投入しても、その殆どが糞尿や CO2 となって外部環境へ排出されてしまうことを意味する。また、家畜が排出する温室効果ガスも問題となっており、FAO の 2013 年の報告によると、世界の温室効果ガスの総排出量のうち、畜産業だけで 14%以上を占め、牛由来のものは畜産業の 65%を占める[2]。さらに、アニマルウェルフェア（動物福祉）の観点からも家畜の劣悪な飼育環境を問題視する声も高まっている。加えて、過密状態で飼育する家畜の感染症を予防するために、抗生物質などの薬物の大量投与が行われてきたが、これにより動物を宿主とする、薬物に耐性のある病原菌やウィルスの発生が助長され、人獣共通感染症として人間にも害が及ぶことが懸念されている。畜産業だけでなく、水産業においても同様に多くの状況が問題視されている。

さらに、仏教やイスラム教といった宗教上の理由から食に制限がある人々に加え、近年では、ベジタリアンやヴィーガンといったいわゆる菜食主義者や、食事から酒を排除する人など、健康面や環境面での配慮などを理由に自ら食に制限を掛ける生活者が増加している。このような食生活の多様化は今後も進むであろう。

このように、人口増加に伴う食資源不足、環境問題、動物福祉、嗜好の多様化、健康意識の高まり等を背景に、「代替タンパク質食品」が大きな注目を集めているのである。

2.3. 代替食品の意義

これまで我々は、代替食品は、制度と社会文化の間に発生した問題へ対処する手段として生まれ、活用されてきたことを整理・考察し、本学会などで報告してきた[3]。

例えば、がんもどきにおいては、仏教の普及という社会文化によって、肉食禁止という制度的制約が大きくなり、それまで肉食文化を持っていた人が食べるものに窮するという問題が生じた。この問題に対し、制度的制約を回避し、肉食の欲求を疑似的に満たせる調理技術として生まれたのががんもどきであったと理解できる。同様に、戦時中、徴発令という制度によって需要と供給のバランスが崩れ、物資不足という社会的状況が発生し、その問題への対処として生まれたのがマーガリンや人工甘味料であろう。カニカマやビールテイスト飲料は、戦後、魚介類の乱獲や飲酒運転という社会問題への対処として制定された漁業法や飲酒運転の罰則強化という制度を起点として、食に制約を受ける人々に向けて開発されたものである。

現在、従来型の大量生産・大量消費の線形経済において、食料生産に関する多様な問題群が加速的に増大している。例えば、人口爆発に対する食糧需給の対応が危ぶまれている。日本の人口は少子高齢化により減少し始めているが、世界全体では、1980 年代には 40 億人であったものが、現在は倍の 80 億人を突破し、2050 年には 100 億人となることが予測されている。他方、健康や嗜好の多様化、動物福祉などを巡る社会的要請も日々高まっている。

欧州を中心とした世界の経済界は、限界を迎えた線型経済から、経済成長と資源消費を切り離すサーキュラーエコノミー（資源循環経済：CE）への転換が急務だとして、具体的に動き始めている。この CE の本質は資源生産性であり、またそのビジネスの基本は「買い換え」経済から「使い続け」経済へのモデル転換である[4]。食品は「使い続け」に馴染みにくく、飼料・医薬品と共に例外領域と見なされているものの、食資源としては、その資源生産性を高めることが求められている[5]。

このような状況下、代替食品はどのような役割を担うのか。その議論を本論後半に行う。

3. 事例　～代替食品の今昔～

3.1. 人工甘味料（サッカリン）[6]

人工甘味料の一種であるサッカリンは、1878 年に、ジョンズ・ホプキンス大学の化学者コンスタンチン・ファールバーグとアイラ・レムセンが、コールタールの研究中に偶然発見した、甘味を持つ無色無臭の結晶状の物質である。ファールバーグがサッカリンと名づけ、数か国で製造法に関する特許を取得し商業化したところ、第一次世界大戦の砂糖不足と相まって広く普及した。

1960 年以降になると、アスパルテームなど他の人工甘味料も開発されるとともに、人工甘味料が体内で代謝されないため実質カロリーゼロであることが確認され、ダイエット目的や糖尿病患者の食事療法の一環として提供されるようになった。近年では、人工的な化合物である人工甘味料に関して発がん性

が懸念されている。他方、自然界に存在する物質である希少糖の研究が進展しており、カロリーゼロ以外にも脂肪の蓄積を抑えるなどの機能性が注目されている。

このように、人工甘味料は、戦時中のモノ（砂糖）不足への対処から生まれ、その後、問題自体の変容に伴い、健康問題への対処手段として活用されている。

3.2. ビールテイスト飲料[7]

ビールの製造では、麦芽とホップにより作った麦汁に、酵母を加えて発酵させることで、アルコールをつくり出す。対してビールテイスト飲料では、麦芽とホップを主原料にしながらも酵母は用いず、発酵工程を経ないため、アルコールを生成させない。しかし、発酵工程を経ないことで、麦汁のいやなにおいや甘みなどが生じ、ビール独特の味わいから乖離してしまう。これを麦汁製造や香味調合の技術で補うことで、ビールテイスト飲料は、ビールの風味とアルコール 0.00%を両立している。

当初、ビールテイスト飲料は、飲酒運転事故が社会問題化したことを受けて開発されたが、ドライバーのみならず、妊婦や下戸のようなアルコールを摂取できない人でも安心してビール風味の飲料を楽しめる価値を提供している。また、酒類であるビールは、アルコールの過剰摂取を招く危険性から、健康機能を宣伝することが制度上認められていないが、ノンアルコールであるビールテイスト飲料は清涼飲料水であるため、健康機能を訴求することが可能である。現在は、難消化デキストリンなどを添加したノンアルコールビールが、特定保健用食品や機能性食品として販売されおり、健康意識の高い人へ向けた価値も提供するようになっている。さらに、近年はアルコールによる健康障害を避けるために、体質的には飲酒可能だが、あえて飲酒をしないという人も増えており、そういった人に対しても価値を提供しているといえよう。

3.3. 代替タンパク質食品

代替タンパク質とは、食肉や魚など従来のタンパク質に代わる新たなタンパク質のことを指す。従来の動物性タンパク質に似せて人工的に作られたものや、それまでタンパク源として食べられてこなかったものをタンパク質摂取のために食料にしたものが存在する。

現在最も開発が盛んなのが代替肉であり、植物性代替肉と培養肉に大別される。

植物性代替肉は、大豆・エンドウ等の植物性原料を使用して作られた代替肉であり、植物性のタンパク質に脂質などを添加して、香料や添加剤で畜肉を模している。Impossible Foods 社（米国）は、血液に含まれる成分に類似した、大豆由来のヘムタンパクという成分を遺伝子組換え微生物に生産させて添加することで、本物の肉に近い外観、風味を再現している[8]。なお、このように特定成分を微生物宿主の発酵により生成する方法を精密発酵と呼ぶ。DAIZ（株）は、大豆の加工に独自の手法を用いることで遊離アミノ酸を増やし、風味と栄養価を向上させている[9]。

培養肉は、動物から採取した細胞を培養・増殖し、成型することで、動物を育てることなく生産したものである。培養肉は、オランダのマーストリヒト大学のマーク・ポスト教授らのチームが 2013 年にロンドンで開いた試食会で、「肉と変わらぬ食感」などと実食されて評判になった。その後、2020 年にシンガポール政府が、動物の細胞から人工培養でつくる「クリーンミート」（屠殺された動物のものではない食肉）の販売を承認し、同年、米国の Eat Just 社が培養肉のチキンナゲットを世界で初めて上市した。日本でも培養肉の開発は行われており、IntegriCulture（株）は、動物体内の臓器間相互作用を模した環境を擬似的に構築する CulNet System という培養装置により、培養肉などにおいて、大規模かつ安価に動物細胞を培養できる可能性を模索している[10]。また、日清食品ホールディングス（株）は東京大学と共同で、牛の筋細胞をベースにした培養ステーキ肉を開発しており、2022 年には日本で初めて食べることのできる培養肉の作製に成功している[11]。

代替乳は２タイプに大別できる。一つは豆乳やココナッツミルクといった植物性ミルクであり、もう一つは動物から抽出した乳腺細胞を培養し、その細胞に乳を分泌させることで得られる培養乳である。

その他に、植物性原料を使用した代替卵や、植物代替や細胞培養による代替魚も開発が進んでいる。

これらに加え、今までタンパク源とされていなかったものを食料として用いている例として、昆虫や藻類の活用や、空気からのタンパク質生成などがある。

このように、代替タンパク質食品は日々研究が進められており、今後の展開から目が離せない。

4. 考察１：食の７レイヤー論の観点からの考察

4.1. 食の７レイヤー論とは

共著者・妹尾は「食の７レイヤー論」を提案している[12]（図表 1）。本章では先ほどの事例について、代替元食品（代替食品の模倣対象の食品）と代替食品をそれぞれこのフレームワークに沿って整理する。

人工甘味料（サッカリン）の代替元食品である砂糖は、食成分としてショ糖を含む食素材であるサトウキビやテンサイを加工した食材である。その代替食品である人工甘味料は、ショ糖の数百倍の甘味を持つ食成分サッカリンを工業生産した食材である。

ビールは、麦芽・ホップ・水という食素材に酵母という食素材を加え、発酵して得られる食品だ。その代替食品であるビールテイスト飲料は、ビールで用いる食素材のうち酵母を除き、発酵の代わりに香料や食物繊維などの食成分を用いて香味調合を行うことで製造される食品である。

図表 1 食の７レイヤー

レイヤー	概要
食文化	ある国・地域に特有の「食全体」を取り巻く環境やあり様
食生活	日々の「食」のあり様全体
食卓	1回の食事、通常は1日3食という場合の1食に相当する
食品	食卓を構成する品、加工・調理した食材の集合体
食材	食品を構成する品、食素材を加工・調理した食素材の集合体
食素材	食材を構成する品、通常は農林水産資源そのものを指す
食成分	食素材から抽出可能な機能性物質等の成分

出所：NPO 法人産学連携推進機構『農水省補助事業 医食農連携グランドデザイン策定調査報告書(平成 25 年度)』

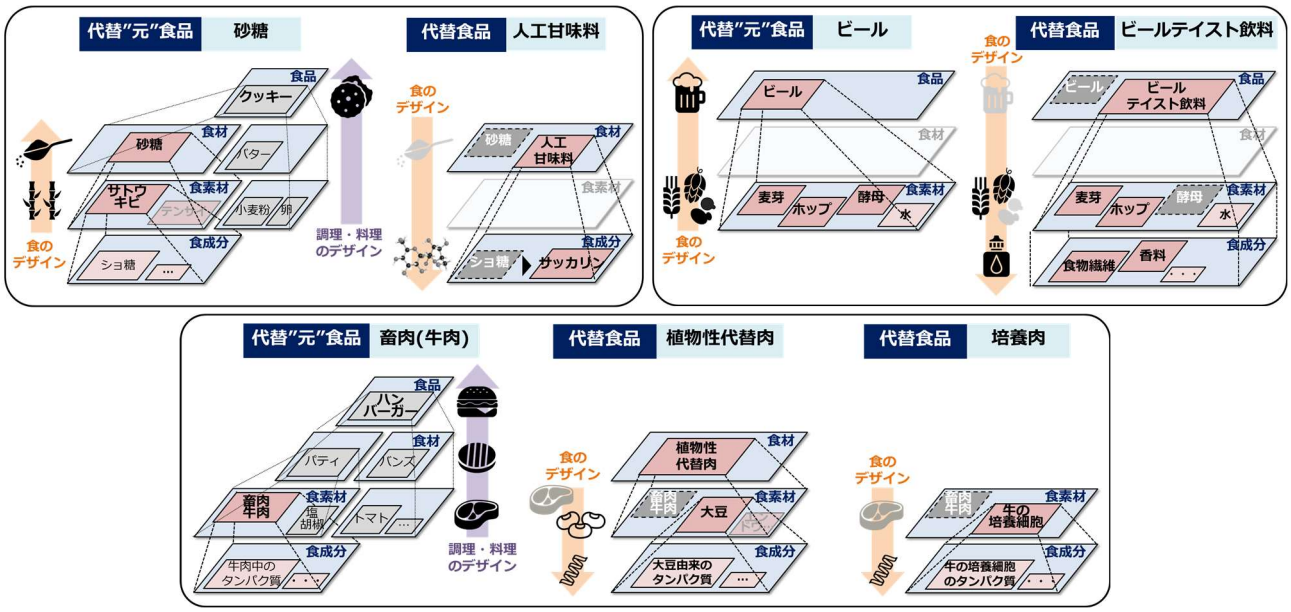
代替タンパク質食品の代替肉（牛肉）の代替元食品である畜肉の牛肉は、食素材である。その代替となる植物性代替肉は、食成分として植物由来タンパク質を含む大豆やエンドウ豆といった食素材を加工した食材だ。他方、培養肉は、食成分として牛細胞のタンパク質を含む、牛の培養細胞から成る食素材と捉えることができる。

4.2. 食のデザイン

4.2.1. 食のデザインのパターン分類

前節で整理した代替元食品および代替食品がどのようにデザインされているかを考察する（図表 2）。

図表 2 食のデザインのパターン



人工甘味料の代替元食品である砂糖は、サトウキビやテンサイを加工して作られ、食素材レイヤーから食材レイヤーへ向かってデザインされていると見ることができる。同様に、ビールテイスト飲料の代替元食品であるビールは麦芽・ホップ・水・酵母から得られる食品であり、そのデザインは、食素材レイヤーから食品レイヤーへ向かっている。いずれも、下位レイヤーから上位レイヤーへ向かってのデザインと捉えられる。

他方、代替食品について見てみると、人工甘味料は砂糖という食材を想定しつつ、その甘味成分に相当するものとしてサッカリンを見いだし、それを工業生産した食材として製造されていると言える。ビールテイスト飲料は、ビールという食品を念頭においたうえで、アルコールを発生しないために食素材

から酵母を除き、それを補うために食物繊維や香料といった食成分を採用して作られた食品であろう。代替肉で言えば、植物性代替肉は、食素材である畜肉の牛肉を模す対象としたうえで、牛肉が有する食成分であるタンパク質に相当するものとして大豆などの植物性タンパク質を用い、加工して、食材として完成する。培養肉は、同じく畜肉の牛肉という食素材を想定のうえ、タンパク質を培養細胞に求め、牛の培養細胞から成る培養肉がデザインされていると見ることができる。いずれにおいても、上位レイヤーにある代替元食品を想定したうえで、それよりも下位のレイヤーを構成していると考えられる。

これらのことから、食品（食材・食素材を含む）のデザインは、代替元食品においては下位レイヤーから上位レイヤーへ向かい（Upward）、代替食品においては上位レイヤーから下位レイヤーに向かう（Downward）ということが見受けられる。

加えて、食材や食素材を食品へと調理・料理する場合を考えてみる。例えば砂糖を使ってクッキーを作るとすると、食材である砂糖やバター、食素材の小麦粉と卵を混ぜ、焼いて完成する。牛肉を用いてハンバーガーを作るには、まず、食素材である牛肉に塩コショウを混ぜ、成形して焼くことで、パティという食材を作る。これと、トマトやレタスといった食素材を重ねて、バンズという食材で挟むことで、ハンバーガーという食品が完成する。つまり、調理・料理においては、食材・食素材を起点とした下位レイヤーから上位レイヤーに向かう（Upward）デザインがなされていると言える。

以上より、代替元食品および代替食品を食の７レイヤーに沿って整理することで、食に関するデザインには、レイヤー間の方向性にパターンがあるということが明らかになった。

4.2.2. 近年の代替食品におけるデザインの往復運動

代替食品のなかでも、近年盛んに開発が行われている植物性代替肉について、より詳細に考察する。

植物性代替肉の歴史は古く、その起源は精進料理とも言われる。その後、大豆やエンドウ豆などを粉砕し、タンパク質を精製・分離・成形することで畜肉の食感を再現した製品が生まれた。さらに近年では、Impossible Foods 社の事例のようにヘムタンパク質という特定の食成分を選択的に混ぜ込むことで畜肉の「血なまぐささ」を模したり、DAIZ（株）の事例のように、植物の加工方法の工夫により食味を飛躍的に向上させたりといった、再現度の高い製品が登場している。

こうした近年の植物性代替肉における再現度向上のためのデザインは、単にタンパク質源を植物由来のものへ置き換えただけでは不足する風味や食感を、他の食成分の添加や、製法改良により植物中の食成分を変化させることで補完し、食材である代替肉の味覚を向上させる動きであると言える。つまり、植物性代替肉という食材のデザインは、前述のとおり、一旦は上位レイヤーから下位レイヤーに向かって生じるが、その再現度向上においては、下位レイヤーから上位レイヤーに向かってデザインが動くのであり、食のデザインの往復運動が起きていると捉えられる。この往復運動は、遺伝子工学の発展により、食を成分レベルで精緻にデザインできるようになってきた近年において、特に活発に起きている現象と言えるだろう。

4.3. 代替タンパク質食品における代替アプローチの違い

代替タンパク質食品に注目し、その代替のアプローチの違いについて考察する。

代替肉のなかでも植物性代替肉は、畜肉のタンパク質を植物由来のタンパク質で代替しており、代替元食品におけるタンパク質源と代替食品におけるタンパク質源は異なっている（異源代替）。昆虫由来のタンパク質や藻類由来のタンパク質で代替した代替タンパク質食品においても、同様のことが言える。

他方、培養肉や培養乳は、代替元の食素材である畜肉や乳牛から細胞を取り出し、それを培養した細胞中のタンパク質によって代替しており、代替元食品におけるタンパク質源と代替食品におけるタンパク質源は同じである。これを「同源代替」と呼ぶことにしよう。

さらに、精密発酵により生成した特定成分の添加や、製法改良やゲノム編集・遺伝子組み換えによる食材の改変などにより、タンパク質源を代替するだけでは不足する要素を選択的に補うというアプローチも試みられている。これを「補完的代替」と呼ぶことにしよう。

以上、代替タンパク質食品における代替のアプローチには、異源代替・同源代替という異なる二つのアプローチと、それを補う補完的代替との組み合わせが存在することが分かった。

異源代替による代替食品は、別の食物を「模倣」した食品である。他方、同源代替よるそれは、同じ食物を源としており、ある種の「複製」をした食品である。遺伝子工学をはじめとするフードテックの台頭により、今後も変容・多様化していくことが想定される代替食品について、その特徴をより明確に区別するため、異源代替による代替食品を「模倣代替食品」、同源代替による代替食品を「複製代替食品」と呼称することを提案したい。

5. 考察 2：代替タンパク質食品の CE における意味

エレン・マッカーサー財団（英国）は CE の三原則として、廃棄物と汚染を生み出さないこと、製品や素材を（高い価値を保ったまま）循環させること、自然を再生させること、を掲げている[13]。自然の再生においては、有限な資源ストックを管理し、再生可能な資源フローの中で収支を合わせることにより、自然資本を保存・増加させることが求められる。食品をこの原則に照らすと、使用する食資源（原材料となる食素材）は、再生速度が速いものの方が望ましい。

そこで、代替タンパク質食品について、その原材料となる食素材の再生速度を代替元食品と比較してみる。例えば牛肉の代替肉は、代替元食品である畜肉牛肉の飼育期間が約 2.5 年であるのに対し、植物性代替肉においては、大豆の場合で約 4 カ月、エンドウ豆で約 8 カ月である。さらに、培養肉については出来上がるまでの期間は 1-3 週間と非常に短い。近年開発が盛んなマグロの代替魚について言えば、成魚になるまでの期間は天然マグロで 5-8 年、養殖で 2-3 年、完全養殖で 4-5 年であるのに対し、植物性代替魚においては、大豆は前述のとおり約 4 カ月、蒟蒻を使用する場合は 2-3 年である。

このように、代替タンパク質食品の方が、その代替元食品よりも、再生速度が速い食素材を原材料とする傾向が見受けられる。つまり、代替タンパク質食品は、今後入手困難となるだろう代替元食品の食資源を単純に置き換えるだけでなく、再生速度の観点でも CE に資するのではないだろうか。

さらに言えば、代替タンパク質食品がより大きく CE に貢献するためには、タンパク質源として地球上で生産される食資源を、従来の品目から、代替タンパク質食品が原材料とするような再生速度の速い品目へシフトさせる必要があると言えるだろう。

6. むすび

本論では、代替食品について、「食の 7 レイヤー論」にもとづいて俯瞰的に整理するとともに、特に、近年注目されている代替タンパク質食品に関して、CE における意味等を考察した。

代替食品を、その代替元食品とともにレイヤーに沿って整理することで、食に関するデザインにはパターンがあるということを明らかにした。さらに、近年の代替食品に特徴的な「食のデザインの往復運動」を発見した。加えて、代替タンパク質食品における代替アプローチに「同源代替」と「異源代替」の二種類があることを見出した。また、従来からの異源代替と新規な同源代替について、それらの特徴の違いから、前者を「模倣代替」、後者を「複製代替」と呼ぶことを提案した。

代替タンパク質食品は､使用する食資源の再生速度の速さゆえに CE に貢献する可能性を秘めている。その可能性を最大化するには、地球上で生産される食資源を、従来の品目から変容させる必要があると考える。ただし、対象となる食資源品目を増やすために天然林を伐採するなどの環境破壊を起こしてはならない。つまり、生態系全体が再生産可能な状態を志向する必要がある。こうしたネイチャーポジティブの観点からの代替食品の考察を、今後さらに検討していきたい。

参考文献（Web サイトついては最終アクセス日:2023 年 9 月 20 日）

[1] 農林水産省ウェブサイト「知ってる？日本の食料事情 2022」
(https://www.maff.go.jp/j/zyukyu/zikyu_ritu/attach/pdf/panful-12.pdf)

[2] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Forestry Paper 171 (2013)

[3] 光永均、妹尾堅一郎、伊澤久美、宮本聡治「“代替食品の再考～価値形成の観点からの一考察」研究イノベーション学会 (2020)

[4] 妹尾堅一郎「「買い替え」から「使い続け」へー工業の思考転換待ったなし」『日刊工業新聞　オピニオン講壇』2022 年 10 月 3 日、日刊工業新聞社

[5] 妹尾堅一郎「「リユース」ではなく当面は「リセール」～サーキュラーエコノミーにおける食品を考える①～」『時局』新潮流のビジネス航海術 No.69、2023 年 1 月、時局社

[6] ワイリー・サイエンスカフェウェブサイト「波乱万丈・世界初の人工甘味料サッカリンの物語 (Chemistry Views)」(https://www.wiley.co.jp/blog/pse/p_33172/)

[7] キリンビール株式会社ニュースリリース「キリンフリーを新発売」2009 年 1 月 9 日
(https://www.kirinholdings.com/jp/newsroom/release/2009/0109e_01.html)

[8] Impossible Foods ウェブサイト「HEME + THE SCIENCE BEHIND IMPOSSIBLETM (https://impossiblefoods.com/heme)

[9] 株式会社 DAIZ ウェブサイト「コア技術」(https://www.daiz.inc/tech/)

[10] IntegriCulture 株式会社ウェブサイト「Technology」(https://integriculture.com/technology/)

[11] 日清食品ホールディングス株式会社ニュースリリース「日本初!「食べられる培養肉」の作製に成功」2022 年 3 月 31 日 (https://www.nissin.com/jp/news/10516)

[12] 特定非営利活動法人 産学連携推進機構『農水省補助事業 医食農連携グランドデザイン策定調査報告書(平成 25 年度)』、2014 年

[13] ELLEN MACARTHUR FOUNDATION ウェブサイト「What is a circular economy?」(https://ellenmacarthurfoundation.org/)