

厚生労働科学研究費補助金（食品の安全確保推進研究事業）
「新たなバイオテクノロジーを用いて得られた食品の安全性確保と
リスクコミュニケーションのための研究」
分担研究報告書（令和3年度）

リスクコミュニケーションに関する研究

研究分担者 小泉 望 大阪府立大学 教授

研究要旨：

従来の遺伝子組換え作物・添加物そして最近、実用化の始まったゲノム編集食品に続き合成生物学やフードテックと呼ばれる新たなバイオテクノロジーを用いて得られた食品が特に海外で登場している。これらの食品を本研究では「新たなコンセプトで作られた食品」と呼び、その近い将来の国内での実用化を念頭に効果的なリスクコミュニケーション手法を開発することを目指した。今年度はまず各方面からの情報収集が必要であると考え、新たなコンセプトで作られた食品に関する具体例、規制、社会受容に関する国内外の事例調査、多様なステークホルダーの受け止め方の調査、代替タンパク質に対する5,000人規模の意識調査をおこなった。具体例としては、植物ベース代替肉および培養肉、組換えタンパク質を混合することで製造する代替乳、合成生物学により作られる食品添加物などの研究開発、実用化が主に海外で進んでいることが明らかとなった。規制、社会受容に関する調査についても欧米が進んでいる。多様なステークホルダーの意見からは、リスクコミュニケーションにおいては、新しいコンセプトの説明、安全性に加え栄養面の観点からの議論、表示・ネーミングの検討などが重要であり、実用化を見越してホライゾンスキャニングの観点からのリスクコミュニケーション手法、規制の整備が求められるという意見が出た。昆虫食、植物ベース代替肉、培養肉、代替乳、微細藻類の5種類の代替タンパク質に関する意識調査では、昆虫食に対する忌避感がもっとも強く植物ベース代替肉に対する受容度が最も高い傾向にあった。この結果は2022年度により詳細に分析する。

A. 研究目的

新たなバイオテクノロジーによって作られる食品としては、現在は除草剤耐性や害虫抵抗性を持つ遺伝子組換え農作物に由来する食品（遺伝子組換え食品）が主流であり、1996年に実用化が始まり既に25年以上利用されている。また遺伝子組換え微生物由来の添加物（ビタミンや精製酵素など）も2001年から使用されている。遺伝子組換え技術を用いた食品と添加物を比較すると前者ではリスクコミュニケーションが困難な状況が続いている。諸外国でも同様で、単なる科学的な説明に加えてELSI（倫理的・法的・社会的課題）が関与しコミュニケーションを複雑にしている。一方、添加物については今のところ、そうした混乱は見ら

れない。

2021年秋に我が国においてゲノム編集技術応用食品（ゲノム編集食品）の実用化が始まった。具体的にはGABA高蓄積トマト、可食部増量マダイ、高成長トラフグである。ゲノム編集食品に関するリスクコミュニケーションはその実用化の数年前から複数の機関により始まっている。行政、国の研究機関、大学、NPOなどである。開発者により設立されたベンチャー企業もコミュニケーション活動に積極的に関与している。遺伝子組換え食品では市場に導入されてからコミュニケーション始まったのに対してゲノム編集食品では実用化の前に対応がとられたこともあり、現状では比較的冷静なリスクコミュニケーションが行われている。

既存の遺伝子組換え食品、ゲノム編集食品に続き新しいバイオテクノロジーを用いた食品が登場しつつある。その製造法や性質、用途が多岐に渡るため一般的な呼称は定着していないが「合成生物学 (Synthetic biology: Synbio)」あるいは「フードテック」と言った用語が使われることが多い。しかし、Synbio、フードテックの概念はかなり漠然としており、分類のされ方も様々である。両方の要素を持つ食品も少なくないがイコールではない。遺伝子組換え技術あるいはゲノム編集食品技術が使われることもあるが、一概に遺伝子組換え食品と同列に扱うのは適当でない場合が多い。Synbio とフードテックの両方の概念を併せ持ち遺伝子組換え技術をつかった食品の例として、米国の Perfect Day 社が開発した乳製品(実際に乳製品と呼べるかどうかは議論の余地がある)が挙げられる。同社では、牛乳の主要なタンパク質を遺伝子組換え技術により微生物で生産し、そのタンパク質を混合することで牛乳(代替乳:これも定着した用語ではない)あるいはアイスクリームを模した食品を製造することに成功している。こうした食品はすでに米国では実用化されており、動物に由来しないのでビーガンの人にも受け入れられている。

この乳製品に限らず「ポスト新たなバイオテクノロジーによって作られた食品」とでもいうべき食品を本研究では「新たなコンセプトで作られた食品」と呼ぶ(世間一般に認知された用語ではないことに注意)。しかし、前述のように「新たなコンセプトで作られた食品」は本研究で扱おうとする食品は幅広いことから明確な定義づけは容易ではない。また海外では Novel food、Innovative food といった呼ばれ方をすることもある。今後の日本での呼称については検討の余地があろう。

新たなコンセプトで作られた食品の特徴として、全てでは無いが「アニマルフリー」、「生物資源の保護」などのいわゆる遺伝子組換え作物の特徴である効率性とは違うコンセプトが挙げられる。

さらにアニマルフリーは環境負荷の低減、動物愛護などの異なる観点からとらえられる。環境負荷の低減は家畜の飼育による温室効果ガス排出量、水使用量、エネルギー使用量の軽減を意味する。例えば牛のげっぷが温室効果ガスのかなりの部分を占める。生物資源の保護の例としては微生物でのバニリン(バニラの香気成分)生産などがあげられる。この場合、バニリンの合成に関わる複数の酵素の遺伝子が導入されており新たな代謝系が構築されたといえる。こうした方法は、合成生物学、Synbio と呼ばれるが狭義な合成生物学の厳密な定義には当てはまらない。

また、世界人口の増加と生活レベルの向上に伴う肉食の増加によるタンパク質クライシスが懸念されている。そのため代替肉の研究開発も盛んである。代替肉は大きくは主に大豆を原料としたダイズミート(エンドウなどが使われる場合もある)に代表される植物ベース代替肉(人工肉)と細胞培養で牛などの細胞を培養し、それを成型する培養肉に大別される。植物ベース代替肉は特にバーガーなどを中心にすでに国内外で実用化されている。米国では Impossible foods と Beyond meat が有名である。前者は遺伝子組換え技術を使いダイズのレグヘモグロビンを酵母で生産し、添加物として使用している。レグヘモグロビンの添加により、動物肉(主に牛肉)が含む血液の風味が加えられているとされる。国外(主に米国)ではすでに実用化されているが、国内では遺伝子組換え技術を用いていることから安全性審査が求められ実用化のハードルは高いと考えられる。

以上、例を挙げてきたような新たなコンセプトで作られた食品が主として国外で次々と開発され実用化されているが、その国内における認知度は低いと考えられる。近い将来こうした食品が国内でも流通する可能性は十分予想され、ホライズン・スキニングの考え方に基づき新たなコンセプトで作られた食品の安全性について効果的なリスクコミュニケーション手法を開発することは円滑な

厚生労働行政に資すると考えられる。

まず各方面からの情報収集が必要であると考え、2021年度は①新たなコンセプトで作られた食品の国内外の事例調査、②新たなコンセプトで作られた食品に対する多様なステークホルダーの受け止め方の調査、③代替タンパク質に対する5,000人規模の意識調査をおこなった。

B. 研究方法

① 新たなコンセプトで作られた食品の国内外の事例調査については、植物ベース代替肉（DAIZ など）および培養肉（主としてインテグリカルチャー）に関するオンラインセミナーに参加し、情報収集を行った。加えて、データベース（新聞記事、企業情報、論文等）を用いて、近年話題となった食品の情報、開発中の食品の技術情報等を収集した。無料で使用できるデータベース、大阪府立大学図書館で閲覧可能なデータベースの検索を行うとともに、三菱ケミカルリサーチにJSTPlusのデータ分析を依頼した。特許情報についてはQuestel Cyber Patent社のOrbitデータベースを利用した調査を三菱ケミカルリサーチに依頼した。これらのオンライン調査により国内外の新しいコンセプトで作られる食品の具体例について、その開発される社会的背景などを調べるとともに国内外の規制、社会受容の状況についても検討した。

② 多様なステークホルダーの受け止め方の調査としては2回のワークショップをオンラインにて実施した。1度目の参加者は、社会心理学、科学技術社会論、分子生物学の研究者、NPO（バイオ系）職員、生協職員、消費者団体職員（生協とは異なる）、主婦である。2度目の参加者は科学技術社会論（1度目とは異なる）、栄養科学、分子生物学の研究者、主婦である。ワークショップの冒頭で新しいコンセプトで作られた食品について概説した上で、そうした食品が日本に導入される際に起こると考えられる問題について議論した。

③ 5つの代替タンパク質（昆虫食、培養肉、大豆ミート、代替乳、微細藻類）に関する一般的なイメージや受容、その期待などを比較するために、オンラインにて質問紙調査を実施した。調査は代替タンパク質のそれぞれの短い説明文を事前に読んだ上で、全部で17問の質問項目に選択肢を選んで回答してもらった。調査は調査会社（楽天インサイト）に委託し、代替タンパク質の消費者を想定し、日本全国の20歳から65歳の男女5,000人の登録モニターを対象として実施した。

C. 研究結果および考察

① 新たなコンセプトで作られた食品の事例調査 <代替肉>

国際的な代替タンパク質、中でも代替肉のブームはもともと肉食の多い欧米（西洋）を中心に起こったとされる。肉を食せないことは西洋人にとって、肉食文化でなかった日本人よりも深刻な問題である。世界人口の増加によるタンパク質クライシスのため肉が食べられなくなることに備えるために開発が行われている。A.研究目的で記載したようにImpossible foodsとBeyond meatによる代表的な植物ベース代替肉がすでに実用化されている。

日本国内でも複数の植物ベース代替肉が大手の食品メーカー等により食品化されている。多くが大豆ミートと呼ばれ大豆を原料としている。大豆臭さが商品化の1つのネックとなっており、そのもととなる成分の軽減を目指した大豆の育種も行われている。ベンチャー企業DAIZは発芽大豆を原料として「ミラクルミート」を開発し、2022年1月に日清食品との共同開発を発表している。この発表では「新たな食の創造」と「環境問題の解決」が謳われている。ミラクルミートは全国展開しているハンバーガーチェーン「フレッシュネスバーガー」のパテにも採用されている。こうした代替肉の表示については今後の検討課題である。国内の培養肉の研究開発を担うベンチャー企業と

してインテグリカルチャーが挙げられる。単なる細胞の寄せ集め（塊）に留まらず筋繊維を培養装置内で再現することを目指している。植物ベース代替肉が既に流通しているが培養肉はコスト面からも実用化に至っていない。

<代替乳>

A.研究目的でも代替乳については触れたが、牛乳の構成要素（主としてタンパク質）を微生物で生産し混合することで代替乳・人工乳を作ることが出来る。この製品には従来のプロセスと比較して多くの利点がある。まず、微生物はバイオリアクター内で成長することができ、抗生物質やホルモン剤の添加の問題を回避し、牛の飼育による土地の占有や環境負荷の問題解決につながる。また細胞培養の期間は乳牛の飼育期間よりもはるかに短くて済み、需要に応じて供給量を調節することも容易い。さらに、必要に応じてその組成を変えることが容易である。ラクトフェリン、カゼインの比率を変えることで、健全な発育を促すために、よりヒトの母乳に近い組成に近づけることが可能である。さらに、乳糖や主要な乳アレルギーである β -ラクトグロブリンなどの成分を容易に除去することができる。こうした多くの利点があるが日本では遺伝子組換え技術を利用していることから、その規制の仕組みが整っていないと考えられ、実用化には至っていない。

<食品添加物>

リモネン、サビネン、バニリンなどの香料は、遺伝子組換え技術により経済的かつ持続的に供給することができる。リモネンとサビネンは、テルペン前駆体であるゲラニルニリン酸（GPP）から合成されるモノテルペノイドに属する。しかしGPPは、細胞の成長に不可欠なイソプレノイド化合物の生合成にも深く関わる。そこで、リモネンとサビネンの合成能を強化するために、代替前駆体としてネリルニリン酸（NPP）を導入し、NPPからリモネンとサビネンを合成するように代謝経路が設計された。

バニリンを生産するように設計された遺伝子組換え大腸菌もある。バニリンは、細胞にとって有害であるため、人工的な転写調節因子を用いてバニリンの生産性を向上させた。現在天然のバニリンはシェアの1%に満たず合成バニリンが大半である。こうしたSynbioバニリンは既に販売されているが、市場へ定着するかどうかは現状では判断が難しい。

上記以外でも、遺伝子組換えを用いて生産された香料は、食品製造プロセスに直接応用できる可能性を持っている。例えば、ホップがビールに寄与する主要な香気成分であるリナロールとゲラニオールを生合成経路を有する遺伝子組換えビール酵母が構築されている。この酵母細胞をビール製造に用いたところ伝統的なホップを使用したビールよりもより強くホップの風味が感じられたとされる。

ビタミンなどの機能性物質、色素などの主として植物由来の二次代謝産物を、その生合成系の複数の遺伝子を導入することにより微生物で生産する試みも多くなされている。具体的には、テルペノイド、カロテノイド、メナキノン-7、アスタキサンチンなどである。微生物に限らず植物を宿主として高生産させる例もある。こうした物質は成分としては化合物としては元の生物由来のものと同じだが、その利用に関しては規制をクリアする必要がある。すでに多くの遺伝子組換え添加物が国内で認可され利用されていることから、これらの化合物の利用に関して大きな議論は無いと推測される。

Omega-3 脂肪酸の生産に取り組んでいる例もある。オメガ3系の α リノレン酸とオメガ6系のリノール酸は、ヒトが生成できない必須脂肪酸である。エイコサペンタエン酸（EPA）やドコサヘキサエン酸（DHA）のような長鎖のPUFAは、人間の体内で合成できるが、必要量には足りないため食事で補う必要がある。魚油、魚介類は、オメガ脂肪酸の供給源として利用されているが、資源枯渇

等から解決が望まれている。植物、特に種子作物は、微量の PUFA の良質な供給源であるが、EPA や DHA 合成に必要なデサチュラーゼやエロンガーゼを欠くためこれら長鎖脂肪酸を合成できない。BASF の DHA 含有量を高めた GM キャノーラは、全 12 遺伝子からなる遺伝子カセットが導入されている。DHA 量は魚油に匹敵しており、環境・消費者・持続可能性の全てにおいて利点を持つ遺伝子組換え作物となった。藻類においては、さらに高いレベルでの蓄積が確認されている。

乳中に 3 番目に多く含まれる固形成分である 2'-フコシルラクトースとラクト-N-ネオテトラオースは母乳中に 3 番目に多く含まれる固形成分であるが、大腸菌で生産されたオリゴ糖が最近、米国食品医薬品局 (FDA) と欧州食品安全機関 (EFSA) により、乳児用粉ミルクの添加物及び新規食品添加物として承認された。

<規制について>

EU において合成生物学に特化した規制は存在しない。合成生物学の技術や手法は、従来の遺伝子工学における技術・手法の発展的なものと捉えられている。したがって、合成生物学を応用して得られた生産物については、遺伝子組換え生物を取り扱う指令及び規則の対象となる。欧州食品安全機関 (EFSA) は GM 微生物・植物に関する既存のガイドラインが、SynBio 由来の微生物・植物のリスク評価に概ね適用できるとしている。ただし、特定の領域におけるガイドラインの開発や、SynBio の発展に伴うガイドラインの更新が必要であることも指摘している。

米国では遺伝子組換え生物に対しては、プロダクトベースで、最終製品に関わる既存の規制枠組を適用して規制されている。遺伝子組換え技術を用いた研究開発のための指標として、国立衛生研究所 (NIH) のガイドラインがある。合成生物学の進展に伴い、このガイドラインにおいて「合成 DNA」を用いた研究を対象とするよう定義が改訂された。ただし、これらのガイドラインは、民間企業が

実施する研究開発には適用されない。合成生物学を利用して得られた最終産物が食品 (食品添加物: 意図的に食品に加えられる成分を含む) である場合は、製品は、連邦食品・医薬品・化粧品法に基づいて食品医薬品局 (FDA) による監督下に置かれる。最終産物が、食品添加物に該当する場合は、食品添加物として FDA の承認を受けるか、GRAS (Generally Recognized As Safe) 認定を取得する必要がある。また、サプリメントの原料として用いる成分については、新規ダイエタリー成分として安全性評価を受ける枠組がある。培養肉については、家畜と家禽の細胞株由来の細胞培養技術を使った食品の規制に関して、FDA と農務省食品安全検査局 (USDA-APHIS) が協力して監督することとしている。

日本において、合成生物学に特化した規制は存在しない。「培養肉」については、新開発食品のひとつとして、規制枠組の検討が行われている段階である。新しいコンセプトで作られた食品は、そのコンセプトが新しいものであってもその殆どが従来の食品衛生法の範囲で規制できると考えられる。しかし、例えば Impossible foods の代替肉に含まれる組換えレグヘモグロビンや Perfect day が生産する組換えカゼインなどの組換え精製タンパク質の扱いは必ずしも明確でない (検討中かもしれない)。また、これらの食品の表示についての議論は現状では行われていないように考えられるが、市場への導入にはその検討が不可欠である。

<社会受容について>

欧米では合成生物学全般に関する意識調査が行われており、その応用の可能性について、製品のどのような「特徴」や「特性」が社会的な嗜好や優先順位に合致するのか? 合成生物学の特定の技術の受容に関して、人々の判断には何が影響するのか。「オープンソース化」や「生命が創造されている」という認識などが人々の判断に影響を与えるのか? 合成生物学の開発に関わる主要なステークホルダー (科学者、産業界、政策立案者など) は、

社会の優先事項や期待に沿って、開発や商業化のプロセスをどのように「微調整」し、どのような情報や知識を交換する必要があるのか？といった疑問が呈されている。こうした情報は効果的なリスクコミュニケーションや規制の仕組みを確立するための基礎となる可能性がある。

代替タンパク質については豆類由来、藻類由来及び昆虫由来代替タンパク質、並びに植物由来代替肉及び培養肉という5つに焦点を当て91件の論文に基づき、これらの社会的受容の要因を解析し、以下の結論を導き出している。受容率については昆虫の代替タンパク質が最も低く、次いで培養肉が続いている。一方、受容が高いのは豆類代替タンパク質と植物由来代替肉であった。

日本でも主として代替タンパク質に関する複数の調査が行われている。(独)農畜産業振興機構は植物由来の食肉代替食品の動向について、各国の消費者へのアンケートを行い、2021年6月に報告書「各国における食肉代替食品の消費動向」を発表している。公益財団法人日本食肉消費総合センターは令和2年10月に首都圏及び京阪神圏に居住する20歳以上の食肉を自身で購入し、食した人1,800人を対象にインターネットにより「食肉に関する意識調査」を実施し、「代替肉(植物肉)」について回答を得ている。国内の民間調査会社によっても植物由来代替肉のアンケートが行われている。「MyVoice」は2020年12月に約10,000名を対象にアンケートを実施している。また、(株)ぐるなびが、20~60代のぐるなび会員1,000名を対象に、2021年1月に「代替肉」に関して調査を行っている。

② 新たなコンセプトで作られた食品に対する多様なステークホルダーの受け止め方

ステークホルダーに対して、A.研究目的で述べた植物ベース代替肉(特にバーガー)、代替乳製品(アイスクリーム)、Synbioによるバニリン生産を新たなコンセプトで作られた食品として紹介し

た。殆どのステークホルダーは植物ベース代替肉にはある程度馴染みがあるものの代替乳製品や合成生物学によるバニリンに関しては初めて耳にしてイメージ出来ない印象であった。

議論の内容を主に「栄養面」、「ネーミング・表示」、「消費者への説明・リスクコミュニケーション」とそれらを踏まえた「意識調査のあり方」に分類した。意識調査のあり方は③の意識調査への参考資料とした。以下に、それぞれのカテゴリーの意見の要約を記載する。

<栄養面>

- ・ 植物由来という動物由来よりも健康に良いイメージがあるかもしれないが、タンパク質、カルシウム、鉄分などが不足する健康被害は無いのか。タンパク質のアミノ酸組成も異なるのでは無いか。
- ・ 日本人は西洋人と比べ豆腐、納豆などの大豆製品をすでにかかなりの量摂取している。これ以上、食べると大豆イソフラボンの過剰摂取にならないか。
- ・ 疫学調査の結果、ビーガンやベジタリアンは特定のミネラルが不足することが明確。そうした観点から植物ベース代替肉の栄養価に関するネガティブな意見があまり聞かれないのは疑問。

<ネーミング・表示>

- ・ 「代替肉」、「代替〇〇」ではなく、タンパク源としての新しい食品という位置づけで良いのではないか。代替とすると、元の食品と同じ性質が求められる。日本では昔から大豆を食べているから代替と言わなくても良いのではないか。無理に既存の食品を模倣するのではなく「全く新しいおいしいタンパク源」で良いのではないか。しかし、その場合、どのようなネーミングが適切なのかという問題もある。
- ・ 「肉」には定義がある。肉の公正競争規約などで、動物の肉・畜肉でないと「肉」と言えないというルールがある。大豆ミートという言い方が消費者の誤解を招かないようにしなければなら

い。

- ・ 食品偽装が問題化した歴史もあるので、表示ルールが難しい。新しい技術がある一方で抵抗勢力もあるのが事実。食品の真正性がないとごまかしたものになる。代替ならそれがわかるようにするようにする必要がある。
- ・ 欧州はミルクが神聖なものなので、ミルクでないものをミルクと言ってはいけないというルールがある。わざわざ「〇〇ミルクは乳製品ではありません」といった打消しの表示が求められる。
- ・ 海外では裁判になっている例もある。「ベジバーガー」という言葉をめぐって、食肉団体が「肉不使用食品に、バーガー、ステーキという表現は不適切であると主張。一方で、食肉としての意識調査ではなく持続可能な食品としての意識調査を行うと、そのようなネーミングは認められるべきだ」という意見も出てきている。
- ・ 表示・ネーミングは重要。消費者が感じる感覚とは別に「ルール」というものがあるから表示の問題は単純ではない。消費者団体の理解や世相の変化も踏まえながら表示ルールを作っていくべき。

<消費者への説明・リスクコミュニケーション>

- ・ 世界の環境を考えると、22世紀を生きていくために、必ずしも自分が食べたいからという事ではなく考え方そのものを育てる教育も必要ではないか。自分が食べたいからとか既存の食を守るという観点からだけではなく、SDGs等を考えたうえで食を選ぶという考え方を入れていく教育ツール(コミュニケーション)にもなり得る話題だと思う。リスクリテラシーの教材としてこの話題を使うのも面白いのではないか。例えば、「あなたが今日豆腐ハンバーグを食べることだって一つのSDGsかもしれない」という言い方もできる。
- ・ 一般的に消費者は新しい技術のものは不安に思う傾向がある。新しい科学でいろいろな食品が出て、添加物などが知らないうちに出回ってしま

う事に対する不安を抱く人たちに対して、その不安解消をすることが目的ならば、このような背景(新しいバイオ食品が食糧の安定供給を支え得ること等)を説明しておくことも、リスクミではないか。

- ・ 「そもそも食べ物についてどう考えるか、ゼロリスクはない」という共通理解なしには議論が出来ない。あまり知られていないだけで既に添加物など遺伝子組換え食品は私たちが食べていることをどう伝えるかという観点も必要。
- ・ 培養肉の認知度が低い中で、リスクミとしては、まずは培養肉について知ってもらうこと、次に実際手に取って見てもらえるかということの二つの段階がある。リスク認知が効いてくるのが前者。後者については、環境負荷軽減、おいしい、新しい食品、などの理由で手に取る人がいる。それぞれの人に応じたコミュニケーションが求められる。
- ・ 論点を分けるという点に関していえば、一つの食品に限らなくても、自然にゆだねていて不作で入手困難な時に、新しい科学技術の力で安定的に供給できるということも、科学的なものを否定する人たちへの説明になり得るのではないか。
- ・ 日本にも入ってくる可能背が高い。何かで規制しないと法律違反になってしまうが、国の準備が追い付いていないのではないか。

<意識調査のあり方>

- ・ 新たなコンセプトで作られた食品には、いろいろな要素が含まれているため、実施者が定義を明確にする必要がある。その上で、社会的受容に対してどのような意識調査を行うかを絞り込む必要がある。どのような食品を例として取り上げるのが良いかについては、イメージしやすいものがよい。例えば大豆ミートはどうか。
- ・ 大豆ミートについて、身近で関心が持てたので、早速購入して食べてみた。自分は、比較的新しい技術に対して不安を感じにくいタイプのような気がするが、大規模アンケートで、他の人は

どのように感じるものなのかが気になる。

- ・ 栄養に関する要因などをもう少し明らかにしてからアンケートを進めるべきかもしれない。どういう形で社会に広めていくべきなのか、課題は単純ではないと、皆の意見を聞いて感じて。今後、考えてみたい。
- ・ 賛成の為、反対の為、ではなく、現状の実態調査と食べたいかどうかの意識調査により、ある程度モデルを示すことはできる。しかしその結果をもとに、必ずしも推進を目指すべきではない。
- ・ 合成生物学の場合、遺伝子組換えの使い方が今までの遺伝子組換え作物とは違うものともいえる。科学を説明するにしても区別が必要。論点を絞らなければ、拡散してしまうので、何かに特化したほうが良い。
- ・ 科学的あるいは社会的背景の両極端だけではなく、その間に様々な論点がある。食品安全のリスクを狭義に捉えて、食品の安全性についてのみ議論をすれば、環境負荷などの論点は出てこないはず。ケノム編集や遺伝子組換え食品についても食品安全以外にも議論が展開されている。新しいコンセプトのバイオ食品に関しても、消費者の関心事になるであろうポイントを挙げて、それぞれの重みを調べるのが重要では無いか。

③ 代替タンパク質に対する意識調査

②での議論を踏まえ意識調査の設計を試みたが、結果的にはむしろ①の欧米での代替タンパク質に関する包括的な調査研究との比較を念頭に代替タンパク質に特化することとした。5,000人の一般モニターの多くは本研究で扱う食品に馴染みが無いと考えられることや開発される社会背景が一律で無く、説明・比較が難しいこともテーマを絞った要因である。具体的には「昆虫食、培養肉、大豆ミート、代替乳、微細藻類」の比較を行った。

ウェブ上で行った 17 問からなるアンケートの前に 5 種類の代替タンパク質について以下の説明を行った。

食糧危機、環境問題、健康や倫理的な観点などから、従来の肉や魚などの動物由来肉に代わる食材として国内外で「代替タンパク質」の研究開発が進んでいます。以下の5つが「代替タンパク質」の実例です。説明を読んでその後のアンケートに答えて下さい。

○ 昆虫食

昆虫は世界中特定の重要なタンパク質源として、古くから食されてきました。日本では蜂の子などが例として挙げられます。最近では、コオロギやその粉末などが国内外で食品として使われています。

○ 植物由来代替肉（大豆ミート）

大豆等を中心としたタンパク質に富む植物原料がハンバーガーなどに使われています。米国を中心に牛肉などの動物由来肉の味や食感により近づける工夫されています。日本でも大豆ミートとして様々な商品が販売されています。

○ 培養肉

牛などの動物の細胞を培養して肉の形に成形した食材です。動物個体を飼育することはありませんが、動物の細胞を食することになります。現在は 研究開発は行われていますが、コスト面から実用化にまでは至っていません。

○ 代替乳製品

牛乳の主要なタンパク質を遺伝子組換え技術を用いて微生物で生産し、混合することで牛乳に近い食品、その加工品を再現します。米国では、すでにアイスクリームの原料などに使われています。

○ 微細藻類（クロレラなど）

クロレラ、ユーグレナ、スピルリナなどのタンパク質に富む微細藻類を乾燥・粉末化したものが主に健康食品として国内外で流通しています。現在、食品に適した微細藻類の探索、利用が進んでいます。

結果の詳細な解析は 2022 年度に実施するが、一例として図 1 に「以下の食材をご自身が食べることに、あなたの意見に近いものはどれですか。」という設問に対する回答結果を示す。ある程度予想していたが、昆虫食に対する忌避感が高く、植物ベース代替肉（大豆ミート）に対する受容度は高い。

また、食品としての嗜好（美味しそう、健康に良さそう）に関しては 5 つの食品で大きな差が見られたが、環境に良い、持続可能などという要因については食品間で余り差は見られず、高い関心が示唆された。

D. 結論

概ね当初の研究計画通りに新しいコンセプトで作られた食品（Novel Food、新しいバイオ食品）の具体例の洗い出し、こうした食品に対する異なるステークホルダーの意見聴取、そしてそれらをもとに 5,000 人規模の意識調査を実施した。

明らかとなったことは海外では新しいコンセプトによる食品の開発が日本よりもかなり進んでおり、社会受容に関する調査研究例も多い。日本でも最近、昆虫食、大豆ミートに関心が高まっているが必ずしもその背景にある環境問題等に関する情報が提供されているとは言えない。既存の酪農家への配慮などの要因も考えられる。

新しいコンセプトで作られた食品の概念をどこまで広げるかは、規制や社会受容を考える上で検討する必要がある。多様なステークホルダーから意見を聞くことは今後のリスクコミュニケーションを考える上で非常に有益であり、2022 年度は議論の深堀を行う。5,000 人の意識調査の詳細な解析も 2022 年度の早い時期に実施する。この調査は代替肉に特化したものであったが、より多様な食品に対する意識についても必ずしも大規模調査に拘らず実施する。

E. 研究発表・業績

1. 論文発表

- 1) 小泉望、四方雅人 (2022) ゲノム編集食品の取り扱いに関するルール 化学と生物 60, 150-153
- 2) Masato Nakamura, Mamoru Nozaki, Yuji Iwata, Nozomu Koizumi, Yasushi Sato (2022) THESEUS1 is involved in tunicamycin-induced root growth inhibition, ectopic lignin deposition, and cell wall damage-induced unfolded protein response. Plant Biotechnology, (印刷中) DOI: 10.5511/plantbiotechnology.21.1224a
- 3) Rikako Hirata, Tomoya Makabe, Kei-ichiro Mishiba, Nozomu Koizumi, Samir M. Hamdan, Yuji Iwata (2022) Unpaired nucleotides on the stem of microRNA precursor are important for precise cleavage by Dicer-Like1 in Arabidopsis. Genes to Cells (印刷中) doi: 10.1111/gtc.12927
- 4) 小泉望 (2021) 遺伝子組換え食品とゲノム編集食品 食の安全安心通信 41、1

2. 学会発表

無し

F. 健康危険情報

該当なし

G. 知的財産権の出願・登録状況

該当なし