

【産業競争力懇談会 2022年度 研究会 最終報告】

# 【フード・サステナビリティ実現に向けた well-being 代替タンパク質の開発と社会実装】

～略称:代替タンパク食の社会実装～

2023年2月9日

産業競争力懇談会 **COCN**

## 【エクゼクティブサマリ】

### <本プロジェクトの基本的な考え方>

現在の人口増加ペースが続くと、全世界の人口は 2050 年に 90 億人を突破すると予想される。新興国の食生活向上（肉食化）により、2050 年には 2005 年時の約 2 倍のタンパク質供給が必要となる。早ければ 2030 年頃には家畜等によるタンパク質の供給が追い付かなくなると言われている（タンパク質危機（Protein crisis））。また、家畜から排出される温室効果ガスは、世界の温室効果ガスの約 14%を占め、すべての乗り物から排出される温室効果ガスの総量に匹敵しており、カーボンニュートラル 2050 の観点からも対策が求められている。

日本マーケットでの代替タンパク質を想定した場合、新興国向けとは異なり、一人ひとりの多様な幸せ（well-being）の実現に向けて（1）消費者の満足感・ニーズ、（2）マーケットの創成・確立、（3）地球にやさしい食の探究・確立、（4）日本勝ち筋のシナリオ構築が求められることとなる。すなわち、上記のバリューチェーンにおける、ブランド認証から消費者が感じる「美味しさ」、そして栄養面での体内吸収に関する技術基盤の開発、国際社会に通じる品質基準の設計を、本 COCN 推進テーマとして提案する。

### <検討の視点と範囲>

代替タンパク質の国際ルール整備を主導できれば、日本企業の海外進出を後押しできる可能性が高まることが考えられ、当研究会では下図に示す代替タンパク質における食のバリューチェーンが抱える技術課題のうち、安全性、ブランド認証・国際標準、美味しさ、体内吸収などをキーワードにして活動する。



ワーキンググループ名称	想定する主なキーワード
(1)質テク WG	安全性(化学物質、微生物、アレルギー、分析評価手法)など
(2)消費テク WG	美味しさ、調理、食べ方、官能評価データベース、Food Informatics、消費、社会受容、メタバースなど
(3)効能テク WG	体内吸収、ウェルネス、健康、食べ方、社会受容など
(4)マーケット戦略 WG	消費者のニーズ、和食文化、ブランド・エコ認証、ESG 投資戦略、国際標準、安心など

(1) 主として、社会に安全・安心をもたらす規律を検討する活動

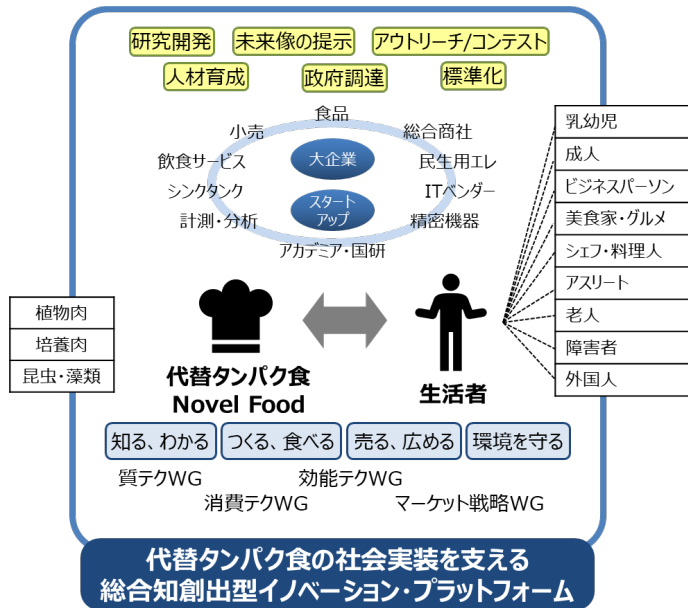
(2)(3)(4)主として、新しい食文化への創造チャレンジを検討する活動

＜産業競争力強化のための提言および施策＞

これまで約半年間を掛けて研究会参加メンバーのリクルート、体制整備と、今後の方向性についての議論を積み重ねてきた。大きな提言の方向性としては、消費者視点を踏まえた、新たな国産代替タンパク食の商業化・国際競争力強化を、文理や異業種が連携した総合知創出によって支援する、産学官研究開発プラットフォーム構築をゴールとして提案したい（仮称：代替タンパク食の社会実装を支える総合知創出型イノベーション・プラットフォーム）。

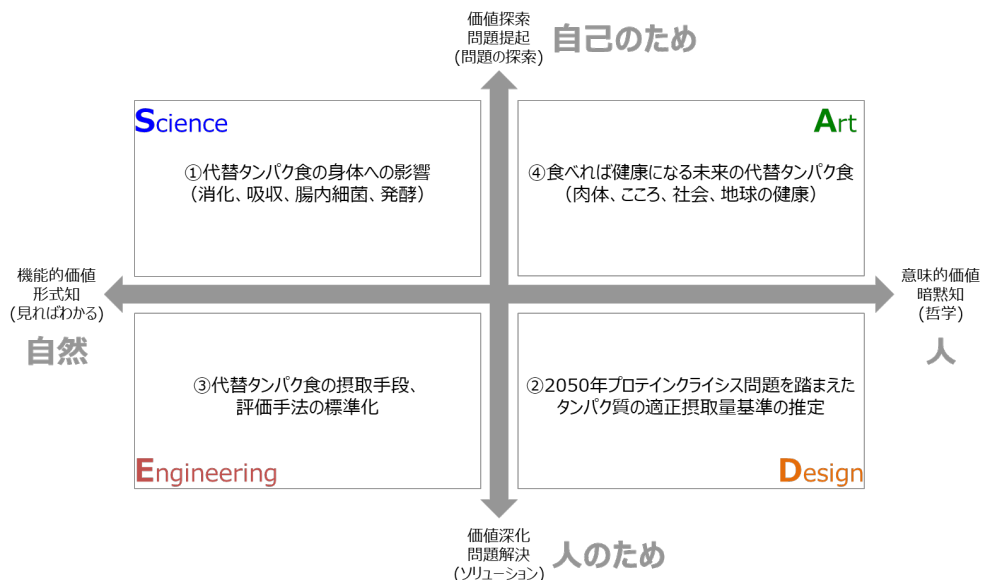
このプラットフォームは、食品メーカーの参画が重要であることは当然として、一方で、食品メーカーが抱える課題の多くが、一業界のみで

は解決しえないグローバルイシューと直結してきたことから、アカデミアや異業種とも連携しながら、また大企業とスタートアップが一体となって解決策を検討、それぞれの得意技をつなげる役割を担うこととなる。



＜次年度（推進テーマ昇格後）の最終報告に向けた検討上の課題と展開＞

今後、このイノベーション・プラットフォームに必要となる機能や具体的な研究開発課題などを各WGの懇談・熟義によって抽出し、次年度以降の産官学共創コンソーシアムプロジェクト発足につなげる。その際は、下図のようなSEDAモデルを用いて、様々な観点からのイノベーション課題を抽出する。例えば、「知る、わかる」、「つくる、食べる」、「売る、広める」、「環境を守る」という視点から、新たな代替タンパク食の商業化に必要な、周辺的、基盤的な課題を抽出する。また、この新たな代替タンパク食の社会受容を喚起するために、他の組織や団体とも連携して、ブランド・エコ認証制度、国際標準などを視野に入れて活動するとともに、新たな代替タンパク食のコンテストや社会へのアウトリーチを行うなど、消費者が安全と信頼を抱ける仕組みを検討・提案する。



## 【目次】

プロジェクトメンバー	…… 2
本文	
1. 緒言	…… 5
2. 活動状況について	
(1) 研究会（WG 含む）	…… 9
(2) COCN フォーラム（開催報告と写真の掲載）	……11
3. 検討の概要	……13
(1) 質テク WG	……13
(2) 消費テク WG	……15
(3) 効能テク WG	……17
(4) マーケット戦略 WG	……19
4. 提言の方向性	……21

### 別紙

- 資料1 産業競争力懇談会（COCN）2022年度推進テーマ活動企画書
- 資料2 フードテック官民協議会の関連ワーキングチームへのヒアリング
- 資料3 研究会開催概要
- 資料4 質テク WG において調査した分析事例詳細

### 【参考情報・参考資料】

- ・国際連合 World Population Prospects 2022,  
<https://population.un.org/wpp/Download/Standard/MostUsed/>  
(2022年9月26日参照)
- ・SOMPO 未来研レポート 代替タンパク質の拡大と代替タンパク質をめぐる議論
- ・World Economic Forum, “Meat: The Future Series. Alternative Proteins”, 2019

## 【プロジェクトメンバー】

代表	笠原博徳	早稲田大学 前副総長	
リーダー	朝日 透	早稲田大学 理工学術院 教授	マーケット戦略 WG 主査
COリーダー	岡崎直美	(株)島津製作所 執行役員 分析計測事業部 副事業部長	
メンバー	丸山浩平	早稲田大学 研究戦略センター 教授	
	砂子幸二	富士通 Japan(株) クロスインダストリービジネス本部 食・農・水産 DX プロジェクト	
	山崎克久	キヤノン(株) フロンティア事業推進本部 主席	
	古川靖之	キヤノン(株) R&D 本部 専任主任	
	野元知子	ソニーグループ(株) R&D センター 事業探索・技術戦略部門ドメイン・シナリオ策定グループ	
	藤田篤志	パナソニック(株) 暮らしアプライアンス社	
	木附誠一	(株)三菱総合研究所	
	大野次郎	ダイバースファーム(株) 北本ラボ 共同創業者 CEO	
	中村龍人	(株)堀場製作所 ビジネスインキュベーション本部 R&D プランニングセンター センター長	
	西川智子	(株)堀場製作所 営業本部 Direct Sales 首都圏	
	安田隆	バイオインダストリー協会 先端技術・開発部 部長 (Food Bio Plus 研究会 事務局)	
	原あい	(株)地球快適化インスティテュート (三菱ケミカルグループ(株))	
	河端恵子	(株)明治 執行役員 研究本部 研究戦略統括部長	
	中野真衣	カルビー(株) 研究開発本部 本部長	
	近藤和仁	カルビー(株) 開発戦略部開発物流課	
	葦苺晟矢	(株)エコロギー 代表取締役	
	太田恵理子	キリンホールディングス(株) ヘルスサイエンス事業部 シニア・フェロー	
	北野史朗	凸版印刷(株) 総合研究所 課長	
	兒玉賢洋	凸版印刷(株) 総合研究所	
	加藤あすか	凸版印刷(株) 総合研究所	
	杉本典史	(株)島津製作所 分析計測事業部産学官・PJ 推進 室 室長	
	桜井久雄	(株)島津製作所 分析計測事業部産学官・PJ 推進室	

齋藤洋臣	(株)島津製作所 分析計測事業部産学官・PJ推進室	
宇都宮真一	(株)島津製作所 技術推進部 技術戦略 G	
荒川清美	(株)島津製作所 分析計測事業部 Solutions COE センター長	質テク WG 主査
村上 岳	(株)島津製作所 分析計測事業部 Solutions COE	
山本 林太郎	(株)島津製作所 分析計測事業部 技術部副部長	
清水達也	東京女子医科大学 先端生命医科学研究所 所 長/教授	
竹内昌治	東京大学 大学院情報理工学系研究科 教授	
松崎典弥	大阪大学 大学院工学研究科 教授	
由良敬	お茶の水女子大学 基礎研究院自然科学系 教授	
鈴木文詞	東京農工大学 農学研究院 准教授	
天竺桂弘子	東京農工大学 農学研究院 教授	
都甲潔	九州大学 高等研究院 特別主幹教授/五感応用 デバイス研究開発センター 特任教授	
日下部裕子	農業・食品産業技術総合研究機構 食品研究部門 食品健康機能研究領域 グループ長補佐	
早川文代	農業・食品産業技術総合研究機構 食品研究部門 食品流通・安全研究領域 グループ長補佐	
國澤純	医薬基盤・健康・栄養研究所 ワクチン・アジュバント 研究センター/ヘルス・メディカル連携研究センター・セ ンター長	
竹山春子	早稲田大学 理工学術院 教授	
下川 哲	早稲田大学 政治経済学術院 准教授	
樋原伸彦	早稲田大学 商学学術院 教授	
宮地元彦	早稲田大学 スポーツ科学学術院 教授	効能テク WG 主査
河合隆史	早稲田大学 理工学術院 教授	消費テク WG 主査
須永努	早稲田大学 商学学術院 准教授	
中西卓也	早稲田大学 総合研究機構 上級研究員 (研究 院教授)	
谷口卓也	早稲田大学 データ科学センター 准教授	
中川鉄馬	早稲田大学 理工学術院 各務記念材料技術研究 所 主任研究員 (研究院講師)	
片岡孝介	早稲田大学 総合研究機構 次席研究員 (研究 院講師)	

事務局	寺澤有果菜	早稲田大学 理工学術院 各務記念材料技術研究所 次席研究員 (研究院講師)
	渡邊大輝	早稲田大学 スポーツ科学学術院 助教
	今井 寛	早稲田大学 グローバル科学知融合研究所 客員上級研究員・研究院客員教授
	一村信吾	早稲田大学 研究戦略センター 教授
	神谷卓郎	株式会社早稲田大学アカデミックソリューション
	安藤豊	株式会社早稲田大学アカデミックソリューション
	高石貴子	(株)島津製作所 分析計測事業部産学官・PJ 推進室

COCN 担当 実行委員	上田博	住友化学(株) 取締役・副社長執行役員
-----------------	-----	---------------------

	熊倉誠一郎	第一三共(株) 常勤顧問
	飯田香緒里	国立大学法人 東京医科歯科大学 教授・副理事

COCN 担当 企画小委員	佐藤桂樹	トヨタ自動車(株) R-フロンティア部 担当部長
------------------	------	--------------------------

	岩田一	(株)地球快適化インスティテュート 総務企画室 室長
COCN 事務 局長	山口雅彦	一般社団法人産業競争力懇談会 (COCN)

COCN 副事 務局長	五日市敦	(株)東芝 技術企画部 技術戦略室 共創企画担当・室長附
----------------	------	------------------------------

	武田安司	日本電気(株) 政策渉外部 シニアマネージャー
	土肥英幸	ENEOS 総研(株) 執行役員 エネルギー技術調査部長

COCN 企画 小委員	金枝上敦史	三菱電機(株) 産業政策渉外室 主席技師長
----------------	-------	-----------------------

	大久保進之介	富士通(株) 先端テクノロジー渉外部 部長
	菊地達朗	(株)日立製作所 エネルギーセクター 経営戦略本部 コミュニケーション・渉外部 ビジネスエキスパート
	中山慶祐	ENEOS(株) 中央技術研究所 技術戦略室・事業創出推進グループマネージャー

(2023年2月16日時点)

## 【本文】

### 1. 緒言

近年、世界人口の増加に比してタンパク質の需要が増大しており、その供給不足が懸念され始めている。

図1に1950年から現在までの世界人口の推移および2050年までの推移予測を示す。1950年に25億人程度であった世界人口は、2020年時点ではおよそ3倍増となり、2030年には85億人に到達、2050年には食料の需要量が供給量を超過する可能性があるとして予測されている。とりわけ、タンパク質に関しては、早ければ2030年頃には家畜等を原料とした従来タンパク質の供給が追い付かなくなるとの試算もされている。タンパク質危機（Protein crisis）が生じる恐れがあるとも考えられ、Protein crisisを解決する代替タンパク質として植物肉（主にダイズ）、培養肉、昆虫・藻類といった新たなタンパク源が注目されている。

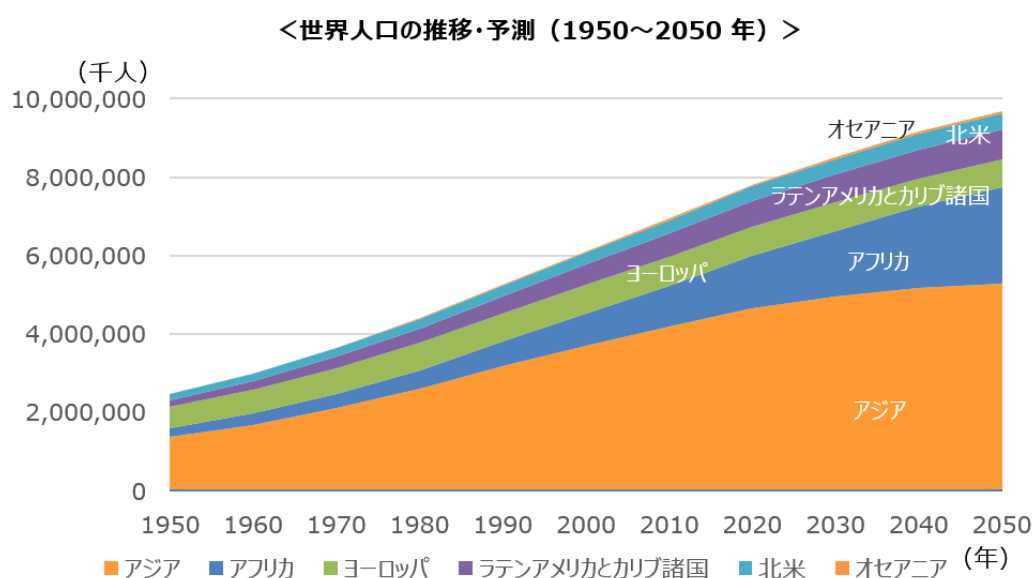


図1 世界人口の推移とその予測

出所：国際連合 World Population Prospects 2022 より作成

一方、家畜から排出される温室効果ガスは、世界の温室効果ガスの約14%を占め、すべての乗り物から排出される温室効果ガスの総量に匹敵しており、カーボンニュートラル2050の観点からも対策が求められている。図2に各タンパク質200Kcalあたりの生産工程での温室効果ガスの排出強度を示す。CO<sub>2</sub>の排出量が圧倒的に多い牛肉と比べて、豆類、昆虫は環境に与える負荷が小さいことがわかる。一方、培養肉は家畜からの排出はないものの、生産施設などでの電力消費が影響しており、藻類と共に更なる技術革新が求められる。

また、日本は従来タンパク源の主飼料であるトウモロコシの85%超や、飼料以外のその他穀物およびタンパク質等の食料についても海外からの輸入に頼っている状況である。戦争や災害といった有事の際に備える意味でも、植物肉、培養肉、昆虫・藻類などの安価な国内生産・流通システムの構築が期待される。



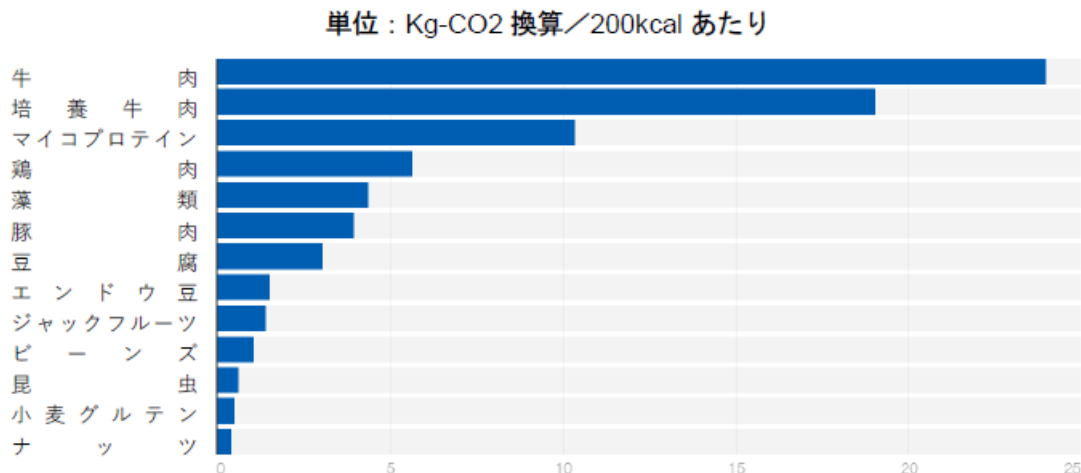


図 2 温室効果ガスの排出強度

出典: World Economic Forum, "Meat: The Future Series. Alternative Proteins", 2019.

### <本研究会が目指す産業競争力強化に向けたビジョンとミッション>

食のサステナビリティを考える上で注目すべきは、現在、代替タンパク質、すなわち植物肉、培養肉、昆虫・藻類などの新たな開発に取り組む日本企業（ベンチャー含む）が、大学等とのオープンイノベーション（産学連携）によって急速に生まれてきていることである。このような動きとして、内閣府によるムーンショット型研究開発制度の目標5「2050年までに、未利用の生物機能のフル活用により、地球規模でムリ・ムダのない持続的な食料供給産業を創出」においても、幾つかの研究開発プロジェクトが進行中である。このような代替タンパク質が社会で活用されるためには、実際に社会実装される場面を想定しつつ、国際社会からも受容が得られるようにするための技術基盤を、事前に整備することが不可欠である。この課題に取り組むに当たって「代替タンパク食の社会実装研究会」では、以下のようなビジョンとミッションを掲げて活動をスタートさせた。

#### (ビジョン)

新たに生まれてくる**代替タンパク食**に対して、「**安全・安心・信頼**」に基づいた「**社会受容性**」を高めるとともに、これまで継承されてきたわが国の食の伝統や文化を踏まえた**新しい食文化を創造**する。

#### (ミッション)

- デジタルトランスフォーメーションで進展する**最先端技術**や**新しい価値観に基づくシステム**（ビッグデータ解析、ブロックチェーン技術・web3、メタバースなど）を導入することにより、一人ひとりの多様な幸せを目指した well-being として、**肉体の健康のみならず、こころの健康、社会の健康、地球の健康の実現**を目指した研究開発の推進基盤を構築する。
- 食のバリューチェーンにおける**消費者に近い領域**に焦点を当て、代替タンパク食を供給できる産業を創出するため、代替タンパク食の品質基準などを定めた国際ルールの最新の情報や世界市場の動向を国内外の研究機関や国際機関と連携して把握し、**日本企業の海外進出を後押し**するとともに、わが国の**食の安全保障の構築**に貢献する。
- **日本食の伝統と文化**から学ぶ技巧や知恵と次代の柔軟な発想や大胆な行動力を活用し、代替タンパク食を、**かしこく、おいしく、スマートに食べる**多様な方法を考案する。また、これを社会実装するため、産学官が協働して、代替タンパク食育のアウトリーチ活動、代替タンパク食コンテスト、消費者参加型キャンペー

ンを通じた**社会への浸透**を促進する。

一方、2020年10月には農林水産省が主導して「フードテック官民協議会」が発足している。このフードテック官民協議会では、食・農林水産業の発展と食料安全保障の強化に資する資源循環型の食料供給システムの構築や高い食のQOLを実現する新興技術の国内の技術基盤の確保に向けて、協調領域の課題解決の促進や新市場の開拓を後押しする官民連携の取組を推進することを目的としており、代替タンパク質についても議論が進められている。当研究会では図3に示す代替タンパク質における食のバリューチェーンが抱える技術課題のうち、より消費者に近い領域、すなわち安全性、ブランド認証、調理、美味しさ、体内吸収などをキーワードにして活動する。



図3 食のバリューチェーンと技術課題一覧

我々は本活動を通じて、代替タンパク食の秩序だった社会実装を速やかに実現するために、代替タンパク食の開発と消費者受容を加速させる『新しい食文化への創造チャレンジを検討する活動』と、これを制御し『社会に安全・安心をもたらす規律(レギュレーション)を検討する活動』を実施する。これらの活動については、それぞれ以下の名称のワーキンググループを傘下に据え、それぞれで議論を進める(表1)。各ワーキンググループは、規律と創造チャレンジという二律相反的な検討活動を内包し、それでいてかつ不可分な関係にあるこれら命題を独自のアプローチによって解決し、各ワーキンググループの強固な連携をもって『代替タンパク食の社会実装』を実現可能とする布陣となっている。各ワーキンググループの活動の詳細については後述する。

表1 代替タンパク食の社会実装のためのワーキンググループ活動

ワーキンググループ名称	想定する主なキーワード
(1)質テク WG	安全性(化学物質、微生物、アレルギー、分析評価手法)など
(2)消費テク WG	美味しさ、調理、食べ方、官能評価データベース、Food Informatics、消費、社会受容、メタバースなど
(3)効能テク WG	体内吸収、ウェルネス、健康、食べ方、社会受容など
(4)マーケット戦略 WG	消費者のニーズ、和食文化、ブランド・エコ認証、ESG 投資戦略、国際標準、安心など

(1)主として、社会に安全・安心をもたらす規律を検討する活動

(2)(3)(4) 主として、新しい食文化への創造チャレンジを検討する活動

### (研究会メンバー構成)

研究会メンバー構成は表2の通りであり、体制はさらに構築中である。

なお、☆は中間報告以降の参加団体である。昨年10月から新たに11社、2大学等が参加した。

(企業メンバー15社のうち1/3に当たる5社は食品企業で構成されている)

表2 研究会メンバー構成

区分	企業名・メンバー
<b>食品大手</b>	☆キリンホールディングス(株) : 太田恵理子 ☆(株)明治 : 河端恵子 ☆カルビー(株) : 中野真衣、近藤和仁
<b>食品ベンチャー</b>	☆ダイバースファーム(株) : 大野次郎 ☆(株)エコロギー : 葦刈晟矢
<b>民生用エレクトロニクス</b>	ソニーグループ(株) : 野元知子 ☆パナソニック(株) : 藤田篤志
<b>ITベンダー</b>	富士通 Japan(株) : 砂子幸二
<b>精密機器</b>	キヤノン(株) : 山崎克久、古川靖之 ☆凸版印刷(株) : 北野史朗、兒玉賢洋、加藤あすか
<b>計測・分析</b>	(株)島津製作所 : 岡崎直美、杉本典史、荒川清美、櫻井久雄、 宇都宮真一、村上岳、齋藤洋臣、山本林太郎、高石貴子 ☆(株)堀場製作所 : 中村龍人、西川智子
<b>シンクタンク他</b>	☆(株)三菱総合研究所 : 木附誠一 ☆(株)地球快適化インスティテュート(三菱ケミカルグループ(株)) : 原あい ☆バイオインダストリー協会 : 安田隆
<b>大学・研究所</b>	早稲田大学 : 朝日透、丸山浩平、竹山春子、下川哲、樋原伸彦、宮地元彦、河合隆史、須永努、中西卓也、谷口卓也、中川鉄馬、片岡孝介、寺澤有果菜、渡邊大輝、今井寛、一村信吾、神谷卓郎、安藤豊 東京女子医科大学 : 清水達也 東京大学 : 竹内昌治 大阪大学 : 松崎典弥 お茶の水女子大学 : 由良敬 東京農工大学 : 鈴木丈詞、天竺桂弘子 ☆九州大学 : 都甲潔 農業・食品産業技術総合研究機構 : 日下部裕子、早川文代 ☆医薬基盤・健康・栄養研究所 : 國澤純

## 2. 活動状況について

### (1)研究会 (WG 含む)

本研究会発足に際し、初年度は次年度からの本格的な「COCN 推進テーマ」昇格のための基盤づくりとして、研究会 WG メンバー勧誘など体制の確立と研究会議論の開始（2022 年 8 月 11 日プレ・キックオフ会合からスタート）、研究会メンバーへのアンケート調査などによる政策提言に向けた戦略的検討などを進めた。今後も含めた 1 年半の活動結果および計画は以下の通りである。

表 3 計画表

	FY2022						FY2023														
	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
主要な日程	●プレ・キックオフ ●研究会キックオフ ●中間報告書提出	●第2回研究会 ●研究会キックオフ ●中間報告書提出	●第3回研究会 ●中間報告書提出	●第4回研究会 ●最終報告書提出	●第5回研究会 ●最終報告書提出	●第5回研究会	●第1回会合	●第2回会合	●第3回会合	●第4回会合	●第5回会合 ●中間報告書提出	●第6回会合	●第7回会合	●第8回会合 ●最終報告書提出							●全体会議
研究会	●実行委員会	●実行委員会 ●理事会				●実行委員会 ●理事会		●実行委員会		●実行委員会		●実行委員会 ●理事会		●実行委員会 ●理事会					●実行委員会 ●理事会		
外部			●COCNフォーラム				●全体会議														
フェーズ	推進テーマ昇格に向けた準備 (事務局による研究会推進)						推進テーマの全体調整 (事務局によるプロジェクト推進)														
	研究会WG体制の確立 (リクルート、説明、体制整備)						WGでの調査・議論 (目標、出口の設定)						推進テーマWGの活動実施								
概要	研究会事務局の 立上げ、実施 計画の策定 ●プレ・キック オフ実施 ●研究会メン バーの募集、説 明 ●キックオフ実 施 ●中間報告の作 成	研究会メンバーへの アンケート調査 ●中間報告書の 評価、改訂 ●理事会等への 報告 ●研究会メン バー(追加)の リクルート、説 明 ●COCNフォー ラムでの取り 組み紹介 ●研究会WG体 制の確立 ●WGごとの調 査、議論の開 始	●WGごとの成果の とりまとめ、最 終報告書の作 成 ●最終報告書の 評価、改訂 ●理事会への報 告 ●推進テーマ 昇格の承認	●推進テーマとし てのWG活動の 開始	●WG活動の推進 ●WGごとの成果 のとりまとめ、 中間報告書の 作成	●WG活動の推進 ●中間報告書の 評価、改訂 ●理事会等への 報告	●WGごとの成果 のとりまとめ、 最終報告書の 作成 ●最終報告書の 評価、改訂 ●理事会への報 告														

### (体制)

民間企業 15 社、大学・研究機関 9 機関、研究会メンバー計 57 名（2023 年 2 月 16 日時点）が 4 つの WG に分かれて、活動を展開中である。

表 4 ワーキンググループ構成

ワーキンググループ名称	ワーキングメンバー
質テク WG	主査 荒川清美 (株)島津製作所分析計測事業部 Solutions COE センター長
消費テク WG	主査 河合隆史 早稲田大学 理工学術院 教授
効能テク WG	主査 宮地元彦 早稲田大学 スポーツ科学学術院 教授
マーケット戦略 WG	主査 朝日透 早稲田大学 理工学術院 教授

また、類似する産学のコンソーシアムとして、農林水産省による「フードテック官民協議会」、バイオインダストリー協会「Food Bio Plus 研究会」とは、事前に関連ワーキングチームへのヒアリングをするなど、今後の情報共有、合同イベント、協働事業などを連携して展開している。（ヒアリング内容詳細は別紙資料 2 参照）

## (研究会)

以下の会合を主にオンラインで実施した。(研究会の開催内容は、別紙資料3参照)

- ・2022年8月11日 プレ・キックオフ会合
- ・2022年9月6日 キックオフ会合(第1回研究会)
- ・2022年10月21日 第2回研究会
- ・2022年11月18日 第3回研究会
- ・2022年11月24日 質テクWG&消費テクWGによる合同会合
- ・2022年12月20日 COCNフォーラム
- ・2022年12月23日 第1回マーケット戦略WG会合
- ・2023年1月13日 第4回研究会
- ・2023年1月23日 第2回マーケット戦略WG会合
- ・2023年3月10日 第5回研究会(予定)

## (アンケート調査)

研究会への参加メンバーは、様々な異業種・異分野を背景としていることから、それぞれの本研究会への期待なども含め、2022年9月14日～27日を目処にアンケート調査を行った。調査項目は、政策提言として取り上げるべき課題、参加を呼び掛けるべき民間企業や大学・研究機関、4つのWGに対する参加希望である。特に研究会として取り上げるべき課題としては、以下のような課題例が寄せられた。

表5 アンケート調査で集まった研究会として取り上げるべき課題の例

ワーキンググループ名称	取り上げるべき課題
質テクWG	・代替タンパク食の安全性の確認方法 ・代替タンパク食に対応した微生物、化学物質、アレルギー物質等の人体影響物質 ・人体影響物質の制御
消費テクWG	・フードインフォマティクスとタンパク食データベース ・代替タンパク食のマルチモーダル感覚マーケティング ・リアルより美味しい代替フード ・ユーザ体験としての美味しさの評価と表現手法の確立 ・メタバース上での介護者や代替タンパク食の食感高度化
効能テクWG	・健康に資する代替タンパク食(培養肉) ・代替タンパク食の完全栄養食化 ・高齢者フレイル予防と代替タンパク食 ・人のタンパク質必要量を減少させる方法 ・生体成分の変化測定
マーケット戦略WG	・代替タンパク食の生活者価値を起点とした日本勝ち筋のシナリオ構築

## (2)COCN フォーラム 2022（開催報告と写真の掲載）

今年度の第 14 回 COCN フォーラム 2022 は、本研究会が取り組むテーマをもとに、「サステナブルな食と well-being – 代替タンパク食の普及と産業界 – 」と題して、12 月 20 日に早稲田大学で参加者を制限して開催された（オンライン配信も実施）。

食のサステナビリティについては、昨今の食の安全保障、プロテイン・クライシス、食肉の GHG 削減など、食の社会課題への対策が求められる状況にあること。一方で、サステナブルな食の探求が、人々の生活を我慢させるものになっていわけではなく、むしろ、さらに人々の生活の well-being が向上するものであって欲しいわけである。そこに新たなイノベーションが求められ、若い世代の新たなチャレンジ、日本の産業界のあらゆる知を結集して、フード・サステナビリティ実現と人々の well-being 向上の両立を目指し、世界に日本の新しい食文化を送り届けていくことなどが課題とされた。

基調講演では「食による well-being の実現と産業創出」をテーマに、本研究会の事務局をつとめる株式会社島津製作所の上田輝久代表取締役会長が登壇。「食品業界におけるイノベーションは、今後、大企業とベンチャー、スタートアップが一体となって実現していく必要あり」と、COCN のような異業種の企業、アカデミア等が集まる研究会の存在意義は大きく、それぞれの特徴や得意技をもとにそれぞれの役割を担い、それぞれの役割から利益を得ながら、共通の目標を達成していくような「共創」が重要と語った。

また、パネルディスカッションでは、本研究会のメンバーが多く登壇し、ターゲットとする代替タンパク食について、社会受容のために必要なポイント、どのように社会への普及を進めていくべきか、日本ならではの代替タンパク食の勝ち筋など、議論が行われた。



基調講演の上田輝久氏



パネルディスカッションで議論する本研究会メンバー（左から朝日透氏、竹山春子氏、渡邊崇人氏、河端恵子氏、野元知子氏）

表6 第14回 COCN フォーラム 2022 概要

主催	一般社団法人産業競争力懇談会(COCN)
後援	学校法人 早稲田大学 一般社団法人 日本経済団体連合会 国立研究開発法人 科学技術振興機構 (JST) 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)
日時	2022年12月20日(火) 13時30分~17時(開場13時00分)
会場	早稲田大学リサーチイノベーションセンター 地下1階「コマツホール」からのVimeo配信
プログラム	
主催者挨拶	COCN 理事長 遠藤 信博 (日本電気株式会社 特別顧問)
来賓挨拶	国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 理事長 久間 和生
基調講演	株式会社 島津製作所 代表取締役 会長 上田 輝久 「食による well-being の実現と産業創出」
特別講演	国立大学法人 東京農工大学 学長 千葉 一裕 「食を未来に繋ぐ科学者の責任」
特別講演	自由民主党政務調査会長 特別補佐 中山 泰秀 「イスラエルの注目のディープテックスタートアップ」
パネルディスカッション	モデレータ：朝日 透 早稲田大学 理工学術院 教授 パネリスト： 竹山 春子 早稲田大学 理工学術院 教授 渡邊 崇人 (株)グリラス 代表取締役CEO兼CTO、徳島大学バイオイノベーション研究所 講師 河端 恵子 (株)明治 執行役員 研究本部 研究戦略統括部長 野元 知子 ソニーグループ(株) R&D センター事業探索・技術戦略部門ドメイン・シナリオ 策定グループ ビジネスデザイナー 五十嵐仁一 COCN 実行委員長、ENEOS 総研(株) 顧問
閉会挨拶	COCN 副理事長 山西 健一郎 (三菱電機株式会社 シニアアドバイザー)

### 3. 検討の概要

各 WG の①活動目標、②関係する国内外の動向、③今後の検討項目、④WG 活動は次の通り。

#### (1)質テク WG

##### ①活動目標

質テク WG は、各代替タンパク食の社会受容を喚起するために必須である、消費者の安全と安心を担保できる品質評価手法を検討・提案する事を目標として活動を実施した。代替タンパク食として期待されている植物肉、培養肉、昆虫・藻類などの代替タンパク食は製造手法の確立・社会実装といった観点で異なる段階にそれぞれが位置付けられている。特性ならびに人体に及ぼす影響も大きく異なっていた。本項目においては、この状況を踏まえ、代替タンパク食毎に特に注意すべきと思われるトピックスを以下のように報告する。

##### ②関係する国内外の動向、③今後の検討項目

###### 植物肉

従来タンパク食と同様、植物肉に関しても自然な食感を再現するための“つなぎ”となる結着剤、増粘剤等の添加物が利用されている。植物肉に関しては単純に材料を混ぜ込んだだけではまとまりにくく、動物肉の食感を再現するには、食品の粘りやとろみといった、まとまりの良さを発現させるためにこれら添加剤が必要とされている。また、植物肉は動物肉の色味に近づけるために着色料が用いられるケースがあり、動物肉を想起させるピンク色～茶色などに着色することが一般的である。食用色素の分析評価手法としては、紫外可視分光光度計による色価評価事例などが過去に報告されていた。

###### 培養肉・培養魚肉

##### 細胞培養液における藻類の活用および品質管理手法

細胞の培養には環境負荷や生産コストの低いサステナブルな培養液の開発が必要である。培養液は培養肉・培養魚類の生産工程において大量に必要であり、効率的な利用が求められている。近年、光エネルギーで増殖するクロレラ等の藻類を利用し、培養過程で発生する廃液を再利用する循環型の細胞培養システムが提案されている。藻類の安定生産を実施するには全有機体炭素測定(TOC)の活用が有効である。

##### 不死化細胞の安全性評価

培養肉は食経験の少ない新規開発食品の一つである。国内においては、食品衛生上の有害性やリスクを意識し、調査する活動も検討されている。Eat Just社(米国)の製品がシンガポールにおいて新規食品に対する枠組みで審査され、2020年にシンガポール食品庁にチキンナゲット等として販売を認められている。ここでは製造工程において、ウイルスやプリオンなど感染性因子が細胞株に入り込まない手法の確立などが評価されたと見られている。感染性因子の排除を容易に実証可能な分析手法を確立できれば、培養肉の安全性の担保ならびに認証取得の推進力となる可能性が高いと考えられる。動物組織から採取した細胞は分裂回数に上限があり大規模培養が難しいため、培養肉製造工程ではしばしば不死化プロセスが施された細胞株が使用される。がん細胞を食べるとがんになるわけではないが、慎重な安全性検証が必要である。2022年11月、米食品医薬品



局 FDA は米国のアップサイド・フーズの培養肉の安全性に問題がないと結論付け、食用としての安全性認可を下した。不死化細胞安全性論争の解決策として、アップサイド・フーズは遺伝子工学を利用し、テロメアの調整を実施したと公表している。テロメアは培養細胞に含まれる遺伝子染色体の末端にある保護キャップであり、染色体の末端が損傷しないよう作用するものである。テロメアが損傷し、短縮していくとやがて細胞は死に至る。この仕組みを利用し不死化論争を攻略したというものである。テロメア長を測定する方法には、サザンブロット法や Q-FISH (quantitative fluorescence in situ hybridization) 法等が知られている。しかし、サザンブロット法は 106 個以上の多くの細胞が必要であるにもかかわらず正確性に欠く手法であるために僅かなテロメアの長さを測定することは難しい。また、Q-FISH 法は、正確性・再現性共に高い方法ではあるが、多くの手間と時間がかかるため汎用性に欠ける手法である。Flow FISH 法は、テロメア配列と相補的な配列をもつ PNA (peptide nucleic acid) プローブと細胞を反応させた後に、フローサイトメトリーを用い蛍光を検出することで定量的にテロメア長を測定する方法であり、簡便でかつ正確性が高い測定法として提唱されている。

## **昆虫**

### **アレルギー物質の安全性評価**

欧州ANSESは2015年2月、昆虫の栄養、養殖、加工、環境影響、ハザードおよび規制などをレビューし、昆虫類の内分泌物質（毒物、非栄養物質など）、リスクの管理を保証できる飼育・製造条件の検討、アレルギーに関する研究、健康リスク管理を保証するための飼育条件の枠組みの定義化などが必要だと報告している。昆虫の利用による生物学的、化学的ハザードとしての可能性は、昆虫の種類、与えられた餌（物質）、生活環境、加工方法などが関係すると述べており、これら安全性を立証するための分析手法の確立、品質管理手法の標準化が必要とされる事態となっている。

## **代替タンパク食共通**

### **食品・産地偽装**

生体中の代謝物は、食品の味や香り、色などに広く関わることから、代謝物を網羅的に解析するメタボロミクス手法を呈味成分の解析や品質の向上に応用する動きが進んでいる。ガスクロマトグラフィ質量分析計 (GC-MS) を活用すると、産地と価格帯の異なる牛肉中の代謝物を多変量解析によって美味しさ等に寄与する成分を同定できる。メタボロミクス手法を用いると、その商品の美味しさや価値を裏付ける成分分析を実施することができ、産地などの同定も実施できる可能性がある。

## **微生物の安全性評価**

過去、米国において、乳児が生後、消化管ムコール菌症に罹患。この乳児は生後1日目からサプリメント ABC DPhils パウダーを与えられており、その製品に消化管ムコール菌症を起こす *Rhizopus Oryza*\* が存在していたことが確認され、米国FDAが当該製品の自主回収を発表した。この記事は、未熟児に対してもサプリメントが与えられる可能性があること、サプリメントには従来からの有害な化学物質や重金属混入の問題だけでなくカビや病原菌などによる汚染の可能性もあることを認識させるものだった。

カビ毒の分析評価手法としては、液体クロマトグラフ質量分析計 (LC-MS) を利用した事例が普及している。すでに主たるカビ毒の質量分析パターンはデータベース化が完了しており、数十成分を一斉に高速で分析可能

な手法が確立されている。

\*Rhizopus Oryzaは発酵カビの一種であり、現在14種に分類されている。発酵食品や生分解性プラスチックの原料である乳酸を生成する種も存在する。

質テクWGにおいて調査した分析事例詳細については別紙資料4参照

## **(2)消費テクWG**

### **①活動目標**

消費テクWGは、各代替タンパク食の社会受容を喚起するために、美味しさと官能評価、各種分析機器評価との関連について明らかにし、「五感で食を感じる科学」を確立する事を目的とした活動を実施した。また、消費者受容を促すための感覚マーケティングの視点、特に複数の感覚のクロスモーダル対応についても産学連携での取組みについて議論を深める。さらに、消費者が代替タンパク食によっていかに楽しめるか、という視点での探索を進めた。

### **②関係する国内外の動向、③今後の検討項目**

#### **美味しさとは**

美味しさの指標やそのメカニズムは、現在明らかになっていない。その理由は、美味しさが、五感情報(データ量は多量)や食品を口にする人の体調や先入観、地域(国)性、文化によって複雑に影響し合い発現する特性であり、定量化が難しい事にある。美味しさの定量評価を行うにはこれら大量の情報を取得し、整理し、活用手段を考えなければならない。本活動では、美味しさを定量評価する手段として、官能試験と機械学習を用いた情報処理技術における課題を整理した。

#### **官能評価**

官能評価とは、人の五感（視覚、聴覚、嗅覚、味覚、触覚）に頼って物の特性や人の感覚そのものを測定する方法をいい、具体的には大勢の人（パネル）に一定の条件で与えられた試料を見る、嗅ぐ、味わうなどを設問にして言葉や数字（尺度）で答えてもらい、その結果から統計的に美味しさを解析する手法である。

産業界においては、製品毎の食感の品質管理を行うために、マイスターと呼称される食感の評価を専門とする少数の人材にその評価を委ねる企業も少なくなく、品質管理をより確かなものにするために、食感のマスターデータを数値化したいという希望は根強いものとなっている。人の官能が曖昧なものであるがゆえに、この試みには多くの困難が生じており、現在においても人による官能評価に代わる食感評価法は確立されていない。

#### **代替タンパク食の社会受容へのアプローチ**

代替タンパク食の社会受容を促進するための、先進的なメディアテクノロジーを用いたエンハンスの方向性として、以下の2点が考えられる。

1. 代替タンパク食を、従来の食品「そっくり」にエンハンスするもの
2. 代替タンパク食「ならでは」の新たな美味しさをエンハンスするもの

いずれも人間の認知や感性などの諸特性に基づいて、五感を通じた体験をエンハンスする手法を検討する。ここで、エンハンスする手法として、現時点で大きくクロスモーダルとマルチセンサリーを想定している。前者は、かき氷のシロップが、同じ味なのに色が異なることで、違う味に感じられるなどの現象として、広く体験されるものである。後者は、ポテトチップスをかみ砕く際の音を変調すると、新鮮に感じるといった事例が知られている。

図4に、従来の食品に「寄せて」エンハンスを適用したイメージを示した。ヘッドセットを装着した男性が、クロスモーダルやマルチセンサリーの手法によって、代替タンパク食から「既存食品の美味しさ」を体験している。ただし、「おいしい」という体験は、多面的かつ個人差も大きいので、官能評価と機械学習を組み合わせるなどして、個々に最適化していく必要があるだろう。



図4 複合現実感やメタバース技術を用いたエンハンスイメージ

加えて、友人などと食事を共にする「ソーシャルダイニング」も美味しさとの関わりが知られており、メタバース的なテクノロジーを援用することで、時空間を超えた会食も可能となるかもしれない。

一方、代替タンパク食「ならでは」の新たな美味しさをエンハンスするアプローチにおいては、味覚や調理に加えて、演出やマーケティングといった多分野のコラボレーションを通して、未知の食品への期待感の醸成をはじめとした、ポジティブ体験の設計・評価に取り組んでいく必要がある。

### **フードインフォマティクスとタンパク食データベース**

フードインフォマティクス(FI)とは、フード(食品)とインフォマティクス(情報科学)を合わせた造語である。美味しさの定量化・予測、レシピ分析・画像認知技術をはじめ、IoT や AI を適用して食料生産を最適化する技術、食品サプライチェーンなど、生産～消費までの多岐にわたって活用可能な技術概念である。本研究会で議論を進める代替タンパク質に関しては、食品分野への新規企業の多数の参画が見込まれており、FI を活用して新規食品開発を加速させ、美味しさに優れた代替タンパク食を速やかに社会実装するためには代替タンパク質にフォーカスした人の官能評価および機器分析評価に関するタンパク食データベースの構築が課題である。

#### **④WG1およびWG2の活動**

2022年11月24日(木) 9:30-11:00@オンライン (WG1、WG2合同研究会)

参加者(敬称略)：朝日・丸山・今井・中西・須永・河合、宮地(早大)、杉本・櫻井・宇都宮・荒川・山本・村上・高石(島津)、藤田(パナソニック)、清水(東京女子医科) 安田(JBA)、日下部(農研機構)、野元(ソニー)、キヤノン(古川)、阪本他

<概要>

株式会社島津製作所 村上と早稲田大学 河合教授から、質テクWGおよび消費テクWGへそれぞれ話題提供を目的とした発表を実施し、その後質疑応答を行った。

**(3) 効能テクWG**

**① 活動目標**

効能テクWGは、各代替タンパク食の体内吸収、人の健康や well-being に焦点を当てた調査活動を実施し、各代替タンパク食の効能に関するテクノロジーを提案する。多方面からの研究開発が必要となるが、特に3つに絞り活動を進めたい。①代替タンパク食の身体への影響、②2050年プロテイン・クライシス問題を踏まえたタンパク質の適正摂取量の推定、③代替タンパク食の摂取手段、評価手法の標準化である。SEDAモデルに当てはめて考えるならば、アート思考から④食べれば健康になる未来の代替タンパク食を探索することに加え、図5のような多面的な視点から議論を進めていく。

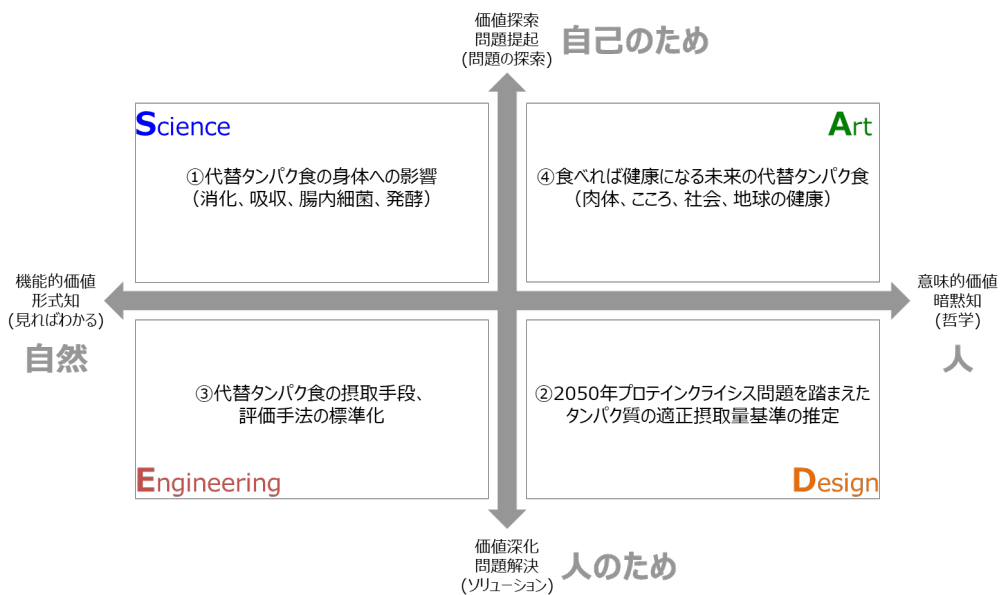


図5 SEDAモデル案

**② 関係する国内外の動向**

**日本人のタンパク質の摂取状況について**

タンパク質は、20種類のL-アミノ酸がペプチド結合してできた化合物である。タンパク質が不足すると組織・器官を作り替えることができず、まず筋肉中のタンパク質が分解され筋力が衰えるとともに、免疫機能など生命維持に重要な身体機能の低下を引き起こし、体調を崩す可能性が増す。超高齢化社会の日本では、介護を要しない年齢に相当する「健康寿命」を延ばすために、身体ならびに脳の認知機能が低下するフレイルの予

防対策が特に重要である。フレイルは、エネルギーやたんぱく質の摂取が不足する高齢者で発症しやすい。「日本人の食事摂取基準(2020年版)」では、体重1kgあたり1日1.3g~1.5gのタンパク質摂取が適切とされている。一方で、現在日本人は1.2g/体重kg/日しか取れていない状況にあり、0.1g~0.3g/体重kg/日の不足分を補うことが望ましい。一方で、タンパク質の摂取量は体重が重い人ほどその絶対量が多く、過食はより多くのタンパク質摂取に繋がる。すなわち肥満の人の割合が多い国や地域では、より多くのタンパク質を消費してしまっている。2050年プロテイン・クライシス問題を踏まえると、過食を抑制し肥満を減らすことは、無駄なタンパク質消費を減らし、クライシスを回避するために有効である。

タンパク質の優良性を示す指標が用いられてきている。アミノ酸スコアはヒトが自前では作れない9種類の必須アミノ酸がどれくらい含まれているかを示し、タンパク質消化吸収補正アミノ酸スコア(PDCAAS)、消化性必須アミノ酸スコア(DIAAS)、正味タンパク質利用率(NPU)などがある。同量のタンパク質を摂取する場合、必須アミノ酸がバランスよく含まれる「良質なタンパク質」で構成される食品を摂取することが望ましい。今後代替タンパク質を含む食品を開発していくにあたり、量はもとより質にも着目する必要がある。

### **代替タンパク質の健康への影響についての調査状況**

これまでの疫学研究の結果から、タンパク質の由来の違いにより健康への影響が異なることが明らかになっている。牛肉や豚肉といった4つ足動物の肉、いわゆる赤身肉は、重要なタンパク源である一方、循環器疾患やがんによる死亡率を高める食品である。一方で、鶏肉、魚、豆類などは非感染性疾患による死亡率を減らす食品である。代替タンパク質を健康の観点から考えるにあたり、先述のタンパク質の量や質だけでなく、将来の疾患発症、要介護、死亡のリスクを減らす効果が期待できる代替タンパク質食品を開発していく必要がある。

### **環境に配慮した食生活と栄養摂取の状況について**

近年では、食肉の温暖化排出ガス(GHG)削減への対策が求められつつある。GHGの排出量は、タンパク源となる食品により大きく異なる。牛肉生産に伴うGHG排出量は100gあたり70kgCO<sub>2</sub>-eqで、他の食品と比較して2倍以上である。一方、豆類、卵、魚、鶏肉などのGHG排出量は牛肉の10分の1以下である。代替タンパク質食品の開発にあたっては、その生産に伴うGHG排出が100gあたり5kgCO<sub>2</sub>-eq未満となることが理想的である。一方で、日本成人の食事において、GHG排出量が少ない食事は、多い食事と比べて、タンパク質、食物繊維、ビタミン、カリウム、カルシウム、マグネシウム、鉄、亜鉛など、多くの栄養素の食事摂取基準量を満たせないことが示されている。本研究会では、タンパク質だけでなくそのほかの栄養素も考慮した代替タンパク質食品の開発に加え、総合的な食生活の変化やフードシステムの改善なども検討する。

### **栄養素の摂取量が推定できる計測機器について**

カゴメがドイツの企業と共同開発した「ベジチェック(R)」は、皮膚のカロテノイド量を光学的に測定することで、推定野菜摂取量を測定可能とした。LEDを搭載したセンサーに手のひらを載せ、数十秒で測定が完了するなど、利用者がその場で結果を見ることが出来る。同様に、タンパク質摂取量もしくは体内のタンパク質量について、簡便に推定できる計測機器が求められている。生体電気インピーダンス法はタンパク質の貯蔵庫である骨格筋量を部位別に正確かつ非侵襲的に測定することができ、タンパク質摂取の過不足の評価に用いることができる。

### ③今後の検討項目

代替タンパク食の効能テクノロジーについて引き続き調査・検討する。

1. 代替タンパク食毎の栄養成分などの調査
2. 代替タンパク食毎のヒトの体内吸収などに関する調査

以上のような調査結果を踏まえ、代替タンパク食の人の健康に及ぼす影響に関する議論を実施し、政府への提言としてまとめる予定である。

## (4)マーケット戦略 WG

### ①活動目標

マーケット戦略 WG は、各代替タンパク食の社会受容を喚起するためにブランド・エコ認証制度、国際標準を視野に入れた、消費者が安全と信頼を抱ける仕組みを検討・提案する。

当研究会で取り扱う、昆虫食、培養肉および植物由来のタンパク質は、新規食品(Novel food)に区分される食品群として製品化される。Tirilらは Novel food の受容に影響する要因として、恐怖、嫌悪感、好奇心、官能特性、健康・栄養、環境負荷といった要素を上げており、これらは対象となる食品によっても状況が異なる。恐怖という負の感情に対しては、最低限、消費者の安全と安心を担保できる品質評価手法の確立が必須であり、この項については質テク WG で検討する。嫌悪感に対しては消費者が安全と安心を感じられ、さらに Novel food を食することが食糧飢餓など SDGs の解消や環境負荷低減、社会貢献に寄与することを自覚できる認証制度の確立が社会受容を喚起・定着させるためには必須であると考える。

代替タンパク食の品質基準などを定めた国際ルールの整備などの検討については、先行するフードテック官民協議会の活動に協力して、制度設計等の取組みを加速させる。日本企業の海外進出を後押しし、日本ならではの代替タンパク食として、日本食文化も継承しつつ、多様な消費者が楽しめるものが供給される産業を創造する。well-being（一人ひとりの多様な幸せ）を満たした上で社会受容、肉体の健康のみならず、こころの健康、社会の健康、地球の健康を目指し、新しい価値観と最先端の技術をうまく折り合いをつける事も近い将来、社会に求められる要素である。これらの実現を目指しつつ、代替タンパク食の生活者価値を起点とした日本の勝ち筋のシナリオを構築する。

### ②関係する国内外の動向

#### 国内の食品の安全管理に関する認証制度の調査状況

##### JFS 規格

JFS(Japan food safety)規格は 2016 年に一般財団法人食品安全マネジメント協会が開発・運営を開始した認証規格である。JFS 規格では食品を取り扱う事業者に対する要求事項が定められており、この要求事項に沿った安全管理がなされているかどうか第三者機関が審査（監査）を行うことで、食品を取り扱う事業者において、安全な食品を製造し、そして消費者へ届けるためのマネジメントシステムが構



図 6 JFS を構成する 3 要素

築・運用されていることを確かめることが可能である。事業者の規模に関係なく取り組みやすく、誰もが国際標準の食品安全マネジメントを目指せる仕組みとなっており、事業者の安全管理レベルの向上に役立つほか、フードチェーン全体における食の安全のつながりを確かなものにするという役割を担っている。JFS 規格は食品安全マネジメント（FSM）、ハザード制御（HACCP）、適正製造規範（GMP）の3要素で構成された食品安全マネジメント認証・適合証明を実施できる仕組みである。これらの3つの要素は独立して機能するのではなく、それぞれが相互的に影響を及ぼしている。

### ③今後の検討項目

代替食品の社会実装に必要な食品の安全性を担保する認証や標準化制度、規制といった国内外の取り組みについて、関係する府省やフードテック官民協議会等と連携し、情報交換・意見交換をしつつ対応を検討していく。また、代替食品を広く社会へ実装していくための前提として、そもそも消費者が新しい食文化の中でどのような食生活を指向していくのか、をまずは押さえる。海外に対する競争力を持つため、企業や大学等の多様なメンバーの参加を得て、日本の和食の文化を加味した新しい代替食品を生み出す等、世界をリードできる代替タンパク食のコンセプトをまとめ提言を行っていく予定である。

### ④WG活動

2022年12月23日（金）9:00-10:30@オンライン

参加者(敬称略)：朝日・丸山・今井・中西・片岡・須永・安藤(早大)、松崎(阪大)、古川・加来(キャン)、野元(ソニー)、杉本・櫻井・宇都宮・村上・高石(島津)、藤田(パナソニック)、木附(三菱総研) 他

<概要>

産業技術総合研究所イノベーション人材部の大場光太郎審議役より「未来をデザインし社会実装ができる人材育成」というテーマで、同研究所デザインスクールの活動を中心に講演頂き、その後質疑応答を行った。主なコメントは以下のようである。

- ・研究者や技術者が自分達ができる技術を提供する、ということではなく、ニーズオリエンティッドでまず考えることが大切。常に、どんなニーズがあるのか、問い続けることが重要である。
- ・自分が開発する技術に対して、HowではなくWhyの視点を常に持つ。また、相手のWillも聞いていく。
- ・20～30年後の食文化を考える際は、地域性も踏まえる必要がある。
- ・短期間で30年後の将来像を考えることは簡単ではない。
- ・未来の食文化を探っていくためには、バックキャスト型のワークショップを継続的に行うことが有効である。一人で考えていくことは難しい。
- ・海外と比べると、日本の社会は基準が明確でないところがある。結果として、新しい技術を導入する際の責任があいまいになる傾向があるのではないか。

第2回は2023年1月23日に、一般社団法人Tokyo Food Institute の沢代表を招いて「TOKYO FOOD INSTITUTEが目指す食の未来」というテーマで講演会を開催し、意見交換を実施した。

今後もこのような議論を重ねながら、消費者のニーズを十分踏まえた代替タンパク食とその社会実装、さらには新しい食文化に関する検討を進め、国際競争力のある代替タンパク食を提供するシステムを構築していく。

#### 4. 提言の方向性

COCN 推進テーマに昇格するための準備として、約半年間を掛けて研究会参加メンバーのリクルート、体制整備と、今後の方向性についての議論を積み重ねてきた。大きな提言の方向性としては、消費者視点を踏まえた、新たな国産代替タンパク食の商業化・国際競争力強化を、文理や異業種が連携した総合知創出によって支援する、産学官研究開発プラットフォーム構築をゴールとして提案したい（仮称：代替タンパク食の社会実装を支える総合知創出型イノベーション・プラットフォーム 図7参照）。

このプラットフォームは、食品メーカーの参画が重要であることは当然として、一方で、食品メーカーが抱える課題の多くが、一業界のみでは解決しえないグローバルイシューと直結してきたことから、アカデミアや異業種とも連携しながら、また大企業とスタートアップが一体となって解決策を検討、それぞれの得意技をつなげる役割を担うこととなる。

今後、このイノベーション・プラットフォームに必要となる機能や具体的な研究開発課題などを各WGの懇談・熟議によって抽出し、次年度以降の産官学共創コンソーシアムプロジェクト発足につなげる。その際は、図8（図5の再掲）のようなSEDAモデルを用いて、様々な観点からのイノベーション課題を抽出する。例えば、「知る、わかる」、「つくる、食べる」、「売る、広める」、「環境を守る」という視点から、新たな代替タンパク食の商業化に必要な、周辺的、基盤的な課題を抽出する。また、この新たな代替タンパク食の社会受容を喚起するために、他の組織や団体とも連携して、ブランド・エコ認証制度、国際標準などを視野に入れて活動するとともに、

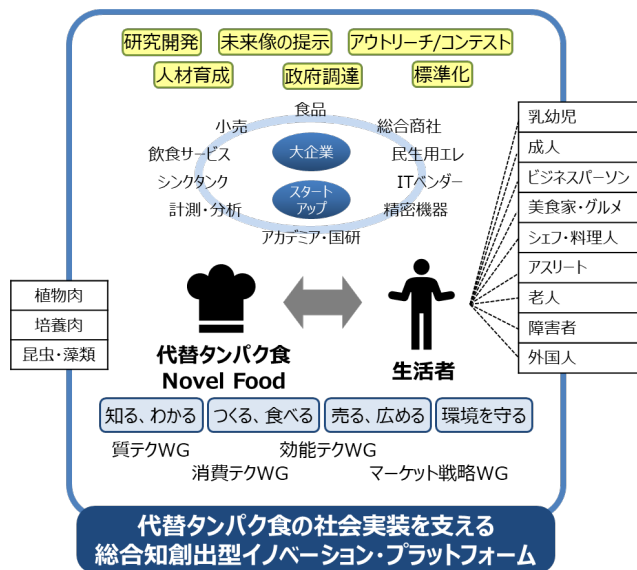


図7 仮称：代替タンパク食の社会実装を支える総合知創出型イノベーション・プラットフォーム

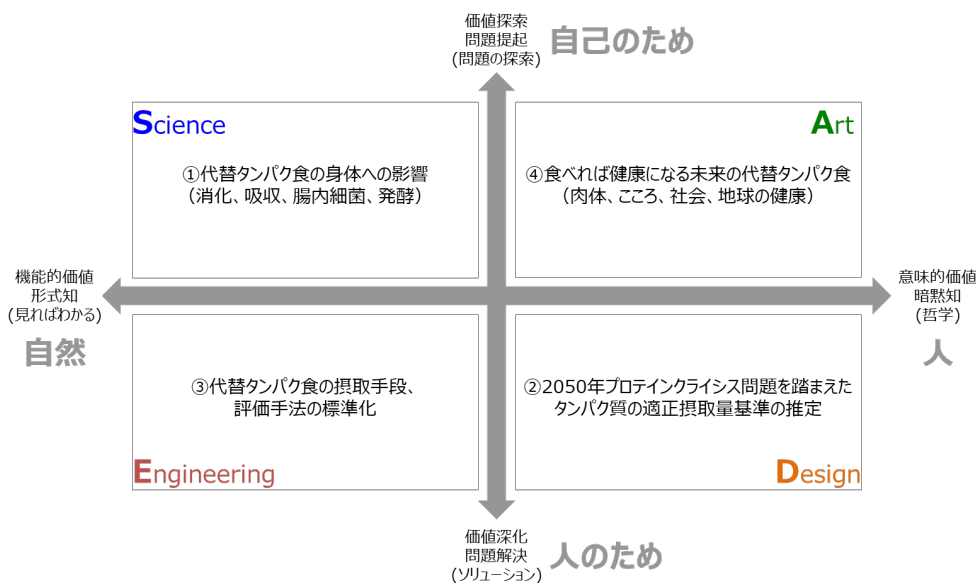


図8 SEDA モデル案



新たな代替タンパク食のコンテストや社会へのアウトリーチを行うなど、消費者が安全と信頼を抱ける仕組みを検討・提案する。

当研究会で取り扱う、昆虫食、培養肉および植物由来のタンパク質は、新規食品(Novel food)に区分される食品群として製品化される。Tirilらは Novel food の受容に影響する要因として、恐怖、嫌悪感、好奇心、官能特性、健康・栄養、環境負荷といった要素を上げており、これらは対象となる食品によっても状況が異なる。恐怖という負の感情に対しては、最低限、消費者の安全と安心を担保できる品質評価手法の確立が必須であり、この項については質テク WG で検討する。嫌悪感に対しては消費者が安全と安心を感じられ、さらに Novel food を食することが食糧飢餓など SDGs の解消や環境負荷低減、社会貢献に寄与することを自覚できる認証制度の確立が社会受容を喚起・定着させるためには必須であると考えられる。

代替タンパク食の品質基準などを定めた国際ルールの整備などを検討し、日本企業の海外進出を後押しし、日本ならではの代替タンパク食として、日本食文化も継承しつつ、多様な消費者が楽しめるものが供給される産業を創造する事が急務である。well-being（一人ひとりの多様な幸せ）を満たした上でこれら社会受容、肉体的健康のみならず、こころの健康、社会の健康、地球の健康を目指し、新しい価値観と最先端の技術をうまく折り合いをつける事も近い将来、社会に求められる要素である。

上記の技術開発のほか、それらの技術をもとにした国際標準化の基準づくりが必要である。特に視覚の面で、日本の社会受容と、グローバルな社会受容では差があると考えられるため（例えばコオロギなど昆虫食の容姿）、ELSIの観点から社会学、文化人類学、地理学などの研究者を巻き込む必要がある。また、これらサステナブルな食を専門として取り扱うことができる人材についても、その育成が求められる。

### 資料 1

## 産業競争力懇談会（COCN）2022年度推進テーマ活動企画書

### 1. 推進テーマ候補のタイトル

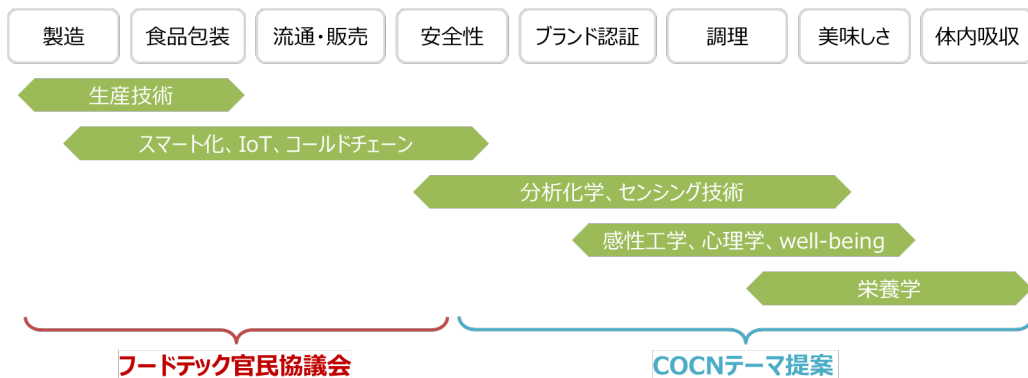
「フード・サステナビリティ実現に向けた well-being 代替タンパク質の開発と社会実装」

### 2. 提案の背景・理由（産業競争力強化上の効果）

現在の人口増加ペースが続くと、全世界の人口は 2050 年に 90 億人を突破すると予想される。新興国の食生活向上（肉食化）により、2050 年には 2005 年時の約 2 倍のタンパク質供給が必要となる。早ければ 2030 年頃には家畜等によるタンパク質の供給が追い付かなくなると言われている（タンパク質危機（Protein crisis））。また、家畜から排出される温室効果ガスは、世界の温室効果ガスの約 14%を占め、すべての乗り物から排出される温室効果ガスの総量に匹敵しており、カーボンニュートラル 2050 の観点からも対策が求められている。

食のサステナビリティを考える上で、現在、代替タンパク質、すなわち①植物肉（主にダイズ）、②培養肉、③昆虫・藻類などの新たな開発に取り組む日本企業（ベンチャー含む）が、大学等とのオープンイノベーション（産学連携）によって急速に生まれてきている。この動きは、内閣府によるムーンショット型研究開発制度の目標 5「2050 年までに、未利用の生物機能のフル活用により、地球規模でムリ・ムダのない持続的な食料供給産業を創出」でも、幾つか研究開発プロジェクトが進行中である。

このように日本の代替タンパク質開発が世界に先んじる一方で、代替タンパク質の品質評価手法などを定めた国際ルールは未整備なままである。もしルール整備を主導できれば、日本企業の海外進出を後押しできる可能性が高まることが考えられる。これらの代替タンパク質による食のバリューチェーンに対し、下図のような技術課題が想定されており、特に最近、農水省が主導して「フードテック官民協議会」が立ち上がり、代替タンパク質を含むフードテック関連の技術基盤の強化に取り組みが進みつつある（2020 年 10 月～）。



### 3. 実現すべき目標とベンチマーク

日本マーケットでの代替タンパク質を想定した場合、新興国向けとは異なり、一人ひとりの多様な幸せ（well-being）の実現に向けて（1）消費者の満足感、リピート、（2）マーケットの創成・確立、（3）地球にやさしい食の探究・確立、（4）安全性や品質の評価が求められることとなる。すなわち、上記のバリューチェーンにおける、ブランド認証から消費者が感じる「美味しさ」、そして栄養面での体内吸収に関する技術基盤の開発、国際社会に通じる品質基準の設計を、本 COCN 推進テーマとして提案する

代替タンパク質が料理された食について、五感を通して美味しいと感じる科学的な技術基盤を探索、整備する。具体的には、物理化学、感性工学、分析化学、五感センサー、AI・ビッグデータ解析、VR・AR、栄養学などの自然科学の知と、心理学、社会学、歴史学、文化人類学、地理学などの人文・社会科学の知を融合した、総合知の創出を目標とする。



#### 4. 検討内容と構築すべきエコシステムの要素（技術・システム、制度・規制、人材育成、社会の受容等）

上記の技術開発のほか、それらの技術をもとにした国際標準化の基準づくりが必要である。特に視覚の面で、日本の社会受容と、グローバルな社会受容では差があると考えられるため（例えばコオロギなど昆虫食の容姿）、ELSIの観点から社会学、文化人類学、地理学などの研究者を巻き込む必要がある。また、これらサステナブルな食を専門として取り扱うことができる人材についても、その育成が求められる。

#### 5. 想定される課題、解決案、官民の分担（政府提言を想定しないものは民間のみ）

国際標準化の推進と食の安全保障の確立のためには、学の実用知を活用した官民の協力が必須である。本COCONでは政府提言も行う。

#### 6. 目標実現までのロードマップ

想定される産官学の専門家を集め、本COCONテーマグループを形成した上で、重要なステークホルダーの参画も得てプロジェクトをスタートさせる。約1.5年間で、進めるべき課題を層別・整理し、政府提言書としてまとめる。

#### 7. プロジェクトの出口、（可能であれば）その後の推進主体案

実際の技術基盤開発を実施するには、国プロなどの研究開発費による推進が望ましい。

#### 8. プロジェクトの推進体制と想定する主なメンバー

早稲田大学、島津製作所、お茶の水女子大学、東京農工大学、東京女子医科大学、大阪大学、東京大学、食品会社（ベンチャー含む）※など。（※印はCOCON会員企業以外を期間中に交渉予定）

#### 9. その他

これまでのCOCON課題として、アグリイノベーション（植物工場）、食品のバリューチェーン改革、農林水産業と工業の連携などのテーマが推進されてきているが、代替タンパク質に関するものはない。Coリーダー：岡崎直美（島津製作所分析計測事業部・副事業部長（執行役員））、丸山浩平（早稲田大学研究戦略センター・教授）

## 資料 2

### フードテック官民協議会の関連ワーキングチームへのヒアリング

フードテック官民協議会の取組みについて、関連するワーキングチーム（WT）の主要メンバーにヒアリングを行った。ヒアリングを行った WT は、Plant Based Food(PBF)普及推進 WT、細胞農業 WT、スマート育種産業化 WT、昆虫ビジネス研究開発 WT の 4 つ。今後すべての WT との具体的な情報交換、意見交換を行っていくことで合意した。以下それぞれのヒアリング概要を記載する。

#### ① Plant Based Food(PBF)普及推進 WT

2022 年 8 月 17 日（水）10:00-11:15@オンライン

面会者：大村淳氏、佐藤元信氏（㈱パソナ）、葛西裕之氏（伊藤忠商事㈱）、本研究会側：岡崎氏、杉本氏、櫻井氏（島津製作所）、丸山氏（早稲田大学）

<概要>

大村氏から PBF 普及推進 WT、および一般社団法人 Plant Based Lifestyle Lab（P-Lab）について説明を受ける。この WT は 2021 年 3 月に 15 社が集まって立上げ、一社 P-Lab も 2021 年 10 月に設立。会員は食品メーカーが主で、P-Lab の事務局を㈱パソナが担当。WT は個人も参加可で、ウェビナーを 4 回実施済みとのこと。日本人は、魚、肉とともに大豆（たとえばガンモドキや豆乳など）も食しており、これらをあえて PBF と呼ぶのか、PBF を何故食べるのか、PBF ってなんだっけ、というレベルの普及促進を行っている。動物・魚・他の代替タンパク質も否定せず、PBF はタンパク質の選択肢の一つであって、排他的でないことが大事との立場をとっているとのこと。

本研究会の構想、特に食のバリューチェーンについては、業界として分断していることがイノベーションを阻害していること、well-being の視点 について、Z 世代は、「サステナビリティ」「ジェンダー」「ライフワークバランス」を同じフォーカスで使うことから、良い視点を掲げていること、新しい食を文化とするのは、食品会社ではなく生活者がトレンドを発信する時代に変化していることなどの意見が出された。

このほか、伊藤忠商事による「フューチャー・プロテイン・ファーム」の立ち上げ（ミッションは「100 億人の食と緑の惑星の未来をこの手で運ぶ。あなたと創る。」）と、パソナが事務局を担当する「ワールドシェフ王サミット 2022」（11 月 11~13 日@淡路島）について、情報提供があった。

#### ② 細胞農業 WT

2022 年 8 月 17 日（水）13:00-14:00@オンライン

面会者：井形彬氏（東京大学先端科学技術研究センター）、吉富愛望アビガイル氏（多摩大学ルール形成戦略研究所）、本研究会側：岡崎氏、杉本氏、櫻井氏（島津製作所）、丸山氏（早稲田大学）

<概要>

細胞農業 WT として 8~9 月に国への提言書を提出予定。その後 WT は解散し、新法人を立ち上げる予定（9 月予定）とのこと。提言の中身として、品質管理基準は論点だけを 7 点（流通の要件、生産設備の要件、安全性の要件等）を含めており、新法人では品質管理基準の詳細、品質管理ガイドライン、安全性、環

境アセスメント、環境負荷表示などについて進めていく予定とのこと。また動物倫理的にどのような評価基準が良いかもこれから検討予定とのこと。この WT には、本研究会メンバーでもある、竹内氏（東大）、松崎氏（阪大）、清水氏（東京女子医大）も参加しており、研究者を取り合うのではなく、活動に差異を出すための情報交換は必要との話しがあった。例えば、栄養学や消費者受容のサーチや、美味しさ、消費者の受容喚起について心理学的なアプローチの検討は進めていないとのこと。また、細胞農業に関して、産業機械、計測機器のメンバーもいるが、全体を網羅していないとのこと。

### ③ 昆虫ビジネス研究開発 WT

2022年8月17日（水）9:00-10:00／11:15-12:10@オンライン

面会者：藤谷泰裕氏（大阪府立環境農林水産総合研究所）、本研究会側：岡崎氏、杉本氏、櫻井氏（島津製作所）、丸山氏（早稲田大学）

<概要>

藤谷氏から昆虫ビジネス研究開発 WT、および昆虫ビジネス研究開発プラットフォームについての説明を受ける。日本では古くから昆虫食文化があったことから、昆虫食に関するレギュレーションがないため、農水省は規制の対象にはしていないとのこと。ただし、最終形態の食品では厚労省食品安全法、飼料では農水省飼料安全法で規制、ネガティブリスト制であるため、新たな昆虫食はなかなか広がらないとのこと。一方、EU では昆虫を家畜として位置付け、ポジティブリスト制のレギュレーションをもとに、ミールワーム、コオロギなどが順次広域販売 OK となっている。昆虫食の現状課題は、昆虫生産コストの低減、安全性・機能性など製品の品質保証（生食や異物混入などのリスク）、社会受容性（消費者の半分は昆虫食に否定的）の3点。昆虫食の場合、美味しさよりも安全性が大事とされていること、100円ショップなど安価で販売されるコオロギチップスは、原料表示のみで含有率等の表示をしていない（規制がない）ため、怪しいことなどの話しがあった。また、機能性を打ち出すことも必要だが、その裏付けとなる科学的データがなく、分析・計測からの支援として、本研究会の協力を期待したいとのこと。

### ④ スマート育種産業化 WT

2022年8月16日（火）10:15-11:10@オンライン

面会者：原誠氏、佐藤陽介氏（㈱クニエ）、有馬暁澄氏（Beyond next ventures㈱）、本研究会側：杉本氏、櫻井氏（島津製作所）、丸山氏（早稲田大学）

<概要>

佐藤氏からスマート育種産業化 WT についての説明を受ける。本 WT は、ゲノム編集技術応用食品の開発や上市に向けて、様々な課題解決、産業化推進をするため、組織横断的な協調領域の課題とその解決策を議論。会員数84名（ベンチャー14名、化学・食品16名、研究（大学・国研）20名他）で、産業化の課題として、「社会受容」、「届出制度（法規制）」が挙げられるが、『ゲノム編集食品の届出・法規制』に絞り、農水省への提言を主な活動として行っているとのこと。背景として、日本のゲノム編集食品としてはトマト、魚の2件しか受理されていないこと、今後、ジャガイモ等の受理が進み経験値が得られると、別の届け出もスムーズになると期待していることなどがある。

## 資料3

### 研究会開催概要

#### 1) プレ・キックオフ会合

2022年8月11日 13:00~16:30@早稲田大学先端生命医科学センターTwins (ハイブリッド)

参加 (敬称略) : 朝日(リーダー : 早大)、岡崎(Co リーダー : 島津)、丸山(Co リーダー : 早大)、杉本、櫻井、齋藤(島津)、河合、中西、谷口(早大)、清水(東京女子医大)、松崎(阪大)、由良、今井(お茶大)、天竺桂(東京農工大)

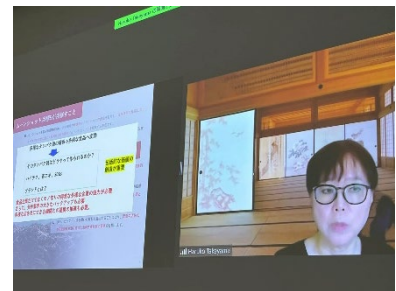
オンライン : 荒川、宇都宮、村上(島津)、竹山、一村、宮地、中川、片岡、寺澤(早大)、竹内(東大)、神谷(早稲田アカデミックソリューション)、岡本、森、平田(早大朝日研学生)

#### <会合の概要>

COCN 代替タンパク研究会のコアメンバーによる初めてのミーティング。コアメンバーの各自紹介と、大まかな研究会の進め方についての合意を目指した会合である。朝日リーダーから研究会の趣旨を説明した後、①参加者活動紹介、②研究会体制、③WG の分け方、メンバー、④将来を見据えたアウトプット、研究会名称について、議論が行われた。

参加者による活動紹介では、清水氏、竹内氏、松崎氏、由良氏、天竺桂氏、竹山氏、宮地氏、中西氏、片岡氏、谷口氏、岡崎氏、杉本氏から現在の活動が紹介された。(例えば、島津製作所岡崎氏、杉本氏からの「島津・代替肉の評価アプリケーション集」<https://www.an.shimadzu.co.jp/pdf/c10g-0165.pdf> など。)

研究会体制、特に WG の分け方に関しては、質テク WG、消費テク WG、効能テク WG、マーケット戦略 WG の4WG という事務局提案に対して、様々な意見が寄せられた。また、フードテック官民協議会や JBA/Food Bio Plus 研究会等の団体について、本 COCN 研究会との棲み分けをしつつ、情報交換レベルでつながっておくべきことが確認された。



## 2) キックオフ会合 (第 1 回研究会)

2022 年 9 月 6 日 15:00~16:00@オンライン

参加 (敬称略) : 朝日(リーダー: 早大)、岡崎(Co リーダー: 島津)、丸山(Co リーダー: 早大)、砂子(富士通)、山崎、古川(キヤノン)、野元(ソニー)、杉本、荒川、櫻井、宇都宮、村上、齋藤、高石(島津)、日下部、早川(農研機構) 清水(東京女子医大)、竹内(東大)、由良(お茶大)、鈴木、天竺桂(東京農工大)、竹山、下川、中西、今井、一村、SHANGA、神谷(早大)、佐藤、岩田、富永、熊倉、飯田、山口(COCN)、  
オブザーバー: 坂元、安田、矢田(JBA)

### <会合の概要>

8 月 5 日~31 日の COCN 会員企業の研究会参画募集を踏まえ、新たに 4 機関(富士通 Japan 株式会社、キヤノン株式会社、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構、ソニーグループ株式会社)の参加を交えた最初のキックオフ会合となった。朝日リーダーによる本研究会の活動企画やワーキンググループ活動の説明の後、質テク WG の活動事例として荒川氏(島津製作所)からの説明があった。また、バイオインダストリー協会 Food Bio Plus 研究会について、オブザーバー参加の安田氏(バイオインダストリー協会、以下 JBA)から概要説明があった。さらに、今後の研究会の進め方として、メンバーからのアンケート調査を実施し、本研究会で取り組みたいテーマや参加したいワーキンググループ、COCN 非会員企業も含めた研究会へ参加してもらいたい機関など、意見収集していく旨の説明があった。最後の意見交換では、新規参画者を含めた研究会メンバーから、研究会への意気込みなどの発言があった。また、COCN 実行委員と本研究会担当委員などから、研究会への期待などの発言があった。



### 3) 第2回研究会

2022年10月21日 13:00~14:30@オンライン

参加（敬称略）：朝日(リーダー：早大)、岡崎(Co リーダー：島津)、丸山(Co リーダー：早大)、砂子(富士通)、山崎、古川(キヤノン)、杉本、櫻井、宇都宮、山本、村上、高石(島津)、早川(農研機構)、清水(東京女子医大)、松崎(阪大)、中西、片岡、今井、岡本、神谷(早大)、佐藤、岩田、熊倉(COCN)、  
オブザーバー：安田(JBA)

#### <会合の概要>

9月初旬に提出し、COCN 実行委員会、理事会で評価を受けた中間報告書について、研究会メンバーへの報告があった。特に理事会からは、本研究会をエンカレッジするコメントが多かったものの、食品関係の企業の参加を促すこと、科学的なデータにもとづく検証が必要であるため、食品以外の企業の参加者も集めることなどの指摘について紹介された。また研究会メンバーを対象としたアンケート調査結果の報告もあり、今後のWGごとの取り組みについての意見交換がなされた。最後に担当実行委員、担当企画小委員から、国としての規制に関する整備の検討、海外の代替タンパクの動向調査、「おいしい」など感性を数値化するような取り組みなどの期待が述べられた。





#### 4) 第3回研究会

2022年11月18日 14:30~16:00@オンライン

参加(敬称略)：朝日(リーダー：早大)、岡崎(Coリーダー：島津)、丸山(Coリーダー：早大)、砂子(富士通)、山崎、古川(キヤノン)、野元(ソニー)、藤田(Panasonic)、木附(三菱総研)、杉本、荒川、宇都宮、村上、高石(島津)、竹内(東大)、天竺桂(東京農工大)、下川、渡邊、須永、中西、片岡、今井、SHANGA、森、安藤(早大)、上田、佐藤、岩田、熊倉、五日市(COCCN)、オブザーバー：坂元、安田(JBA)

#### <会合の概要>

第3回研究会は、代替タンパク食と食文化、社会受容について、研究会メンバーの議論を深める機会とした。まず、三菱総研の木附誠一氏からの話題提供では、「新たな食文化と価値創造への提言」の講演をもとに、研究会メンバーからの意見交換が進められた。特に日本の消費者が、海外に比べて新しい食材に対して敏感に反応することへの対応策や、グローバル市場で勝っていくための日本ならではの代替タンパク食というものをどう考えていくべきかなど、質疑応答があった。

またパネルディスカッションでは、質的WG主査で食品分析ソリューション開発の荒川氏(島津)、行動経済学の視点から食料政策を研究している下川氏(早大)、栄養学・健康科学の視点から、栄養疫学や身体活動、フレイル、腸内細菌などを研究している渡邊氏(早大)の3人が登壇し、朝日リーダーとの意見交換が展開された。特に下川氏からは、新しい食への社会受容の違いは、地域差が大きいこと、海外における対応の研究事例などが紹介された。また渡邊氏からは、体重1kgあたり1日1.5gのタンパク質摂取が適切とされているところ、日本人は統計上1.2gしか取れていない現状があることが紹介され、0.3gの不足分を補うための、社会的な基盤構築が大きな課題であることが紹介された。

最後にCOCCNの担当実行委員、担当企画小委員から、食はアートの、サイエンス的、エンジニアリング的な側面があることについて、本研究会ではどの側面からの提言方向性を考えるのか、もう少し議論すべきとの指摘が述べられた。



## 資料 4

### 質テク WG において調査した分析事例詳細

#### 【紫外可視分光光度計による色価評価事例】

天然系の着色料食品添加物の成分規格等では、色を出す成分が原料の採取場所、季節・時期によって変動することがあり、合成系の着色料のように主体となる成分の含有量を定量することが困難な場合がある。このため、色の強さの指標である“色価”を測定するために、紫外可視分光光度計によって色価を取得する分析手法が普及している。食用色素3点（青色1号，黄色4号，赤色2号）の紫外・可視分光光度計(UV)を用いた色価測定の結果を示す。吸光度スペクトルにおいては、各添加剤に特徴的なスペクトルが現出しており、このスペクトルから所定の式より求めた色価を評価することで添加剤の含有量を評価することが可能である。

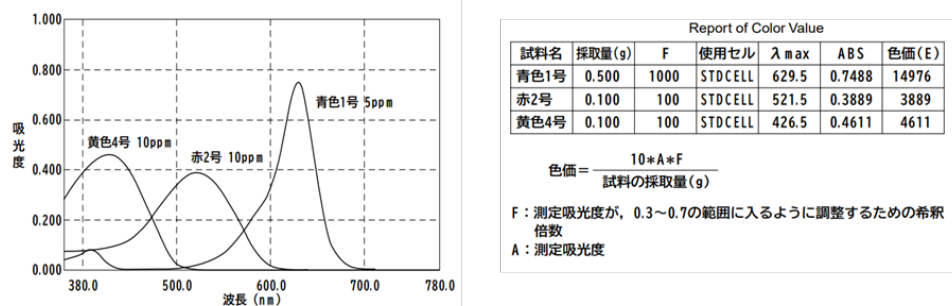
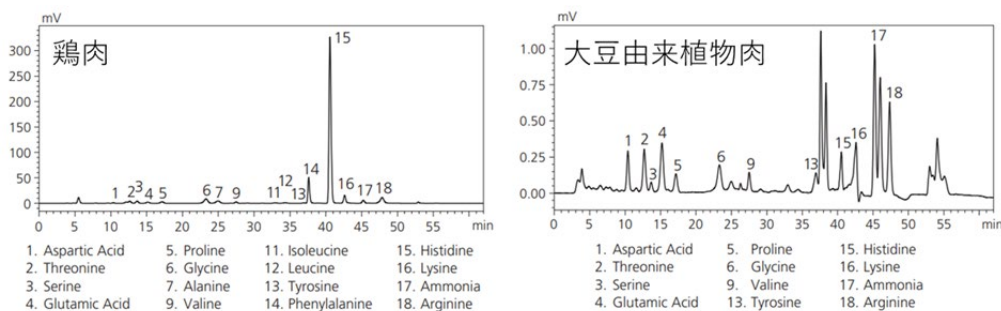


Fig. 1 合成着色料の評価

#### 【液体クロマトグラフ(LC)を活用したアミノ酸の種類・成分比率を同定する分析手法】

植物肉と動物肉の成分差にも注意を払う必要がある。豊富な必須アミノ酸を有している動物肉とは対照的に、植物肉は必須アミノ酸の含有量が少なく、その成分比は大きくことなることが知られている。動物肉の全くの代替食として植物肉を置き換えることは難しく、これらを相補的にバランス良く摂取する事は、人が健康を保つために重要であると考えられるため、アミノ酸をはじめ、植物肉に含まれる成分を動物肉と比較評価するための分析技術が強く求められている。アミノ酸の種類・成分比率を同定する分析手法としては、液体クロマトグラフ(LC)による分析システムが普及している。大豆由来の植物肉と鶏肉のアミノ酸を一斉分析法によって各々評価し、比較した事例を以下に示す。クロマトグラムより、両者に含まれているアミノ酸の種類、成分比が異なる事が明らかである。



(a)鶏肉のクロマトグラム (b)大豆由来植物肉のクロマトグラム

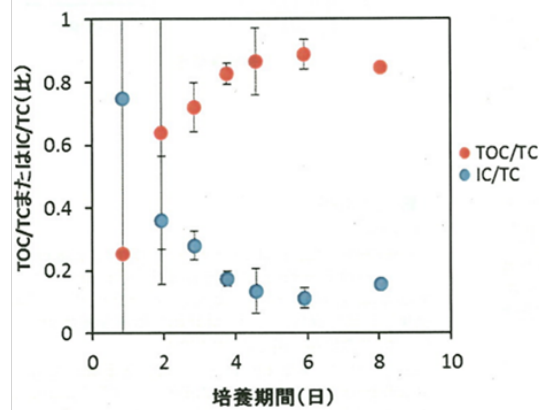
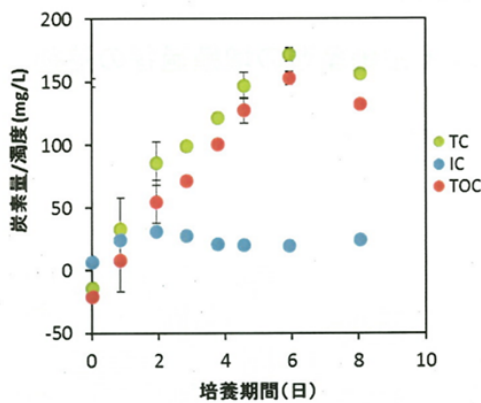
Fig.2 鶏肉と植物肉の成分差異

### 【藻類の安定生産を実現する全有機体炭素測定 TOC による分析評価】

微細藻類が含まれた 2 種の培養液を全有機体炭素測定(TOC)で分析し、8 日間にわたって藻類の増殖過程を追跡した事例を以下に示す。Table 1 に分析条件、Fig.3 に培養液中に含まれる全炭素(TC)、有機体炭素(TOC)および無機体炭素(IC)の経時変化を示している。これらの結果は培養過程における微細藻細胞がどのタイミングで増減するかを示しており、細胞培養液における藻類の効率的な培養条件の確立に活用可能である。

Table 1 藻類の培養モニタリング条件

＜測定条件＞	
分析計	: 島津全有機体炭素計TOC-LCPH
触媒	: 標準触媒
測定項目	: TOC(=TC-ICによるTOC)
検量線	: 1000mgC/L フタル酸水素カリウム水溶液による 1点検量線
試料1	: 微細藻細胞を含む懸濁態培養液
試料2	: 遠心沈降により微細藻細胞を取り除いた培養液
採水方法	: 試料Aはマグネティックスターラにより攪拌しながら採水



(a)微細藻細胞の TC、IC、TOC 量の変化

(b) 微細藻細胞の TC に対する TOC と IC の割合の変化

Fig.3 藻類の培養モニタリング

### 【示差熱走査型熱量分析計(DSC)による魚肉の鮮度評価】

海洋性培養魚肉の生産については、動物肉と比較して、温度・pH、酸素等気体の管理基準が厳しくないと言われており、大量生産をおこなうにあたりコスト優位性があると言われている。しかしながら動物性の細胞肉と比較すると、細胞魚肉はこれまでウイルス、毒性、養殖魚用のワクチン開発などの限られた用途でしか細胞株が活用されておらず、4,000 を超える細胞株が登録されている American Type Culture Collection(ATCC)においては魚の細胞株データは少なく、研究開発が遅れている。また、魚肉は多価不飽和脂肪酸が豊富に含ま

れており、これが酸化分解することで腐敗臭が発生するために鮮度がすぐ落ちる事から長期保存が難しいとされている。本研究会においては、培養魚肉の研究開発の今後の進展を期待しつつ、その開発後の課題となりうる鮮度の分析評価法について調査を実施した。魚肉の鮮度については、示差熱走査型熱量分析計(DSC)による評価が有効である。鮮度の高い魚肉においては 40℃付近に発熱ピークが現出するが、鮮度の落ちた魚肉においてはこのピークが消失する事が知られている。40℃付近で発生する発熱ピークは魚肉中に残っているアデノシン三リン酸(ATP)によって引き起こされるミオシンとアクチンの収縮に対応すると言われており、残存 ATP 量は貯蔵期間によって変化する事が知られている。示差熱走査型熱量分析計(DSC)を利用すれば細胞魚肉等の鮮度評価を実施できる可能性がある。

鯉の刺身の鮮度を示差熱走査型熱量分析計(DSC)で評価した事例を以下に示す。鮮度の高い魚肉では 42.8℃に発熱ピークが、56.3℃と 75.8℃に吸熱ピークが検出されている。24 時間経過後の魚肉では 42.3℃、55.1℃、73.1℃に吸熱ピークが見られ、発熱ピークが消失している。42℃の吸熱はミオシンの変性によるピーク、73℃付近のピークはアクチンの変性によるピークと考えられる。また 40℃付近で発生する発熱ピークは魚肉中に残っているアデノシン三リン酸(ATP)によって引き起こされるミオシンとアクチンの収縮に対応すると言われており、残存 ATP 量は貯蔵期間によって変化する事が知られている。熱分析を利用すれば細胞魚肉等の鮮度評価を実施できる可能性がある。

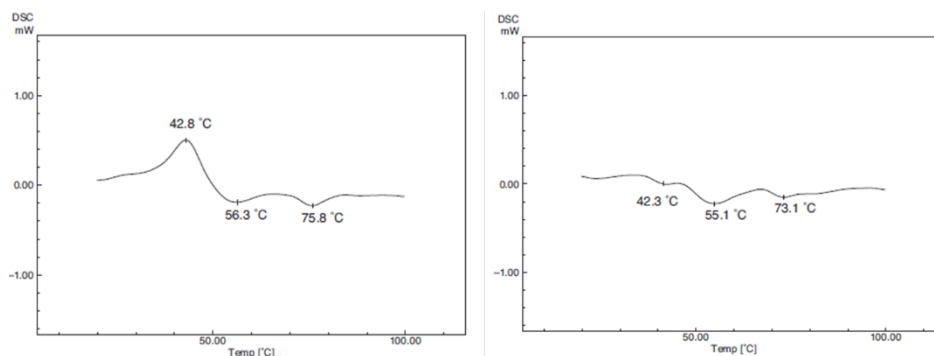


Fig.4 魚肉の DSC 曲線

#### 【定性 PCR 法によるアレルギー物質の安全性評価】

以下に定性 PCR 法による食品中に含有されたアレルゲン物質検出法(かに、落花生、そば、小麦、えび)の一例を示す。定性 PCR 法は分析感度が非常に高く、含有されるアレルゲンの検出判定が可能である。

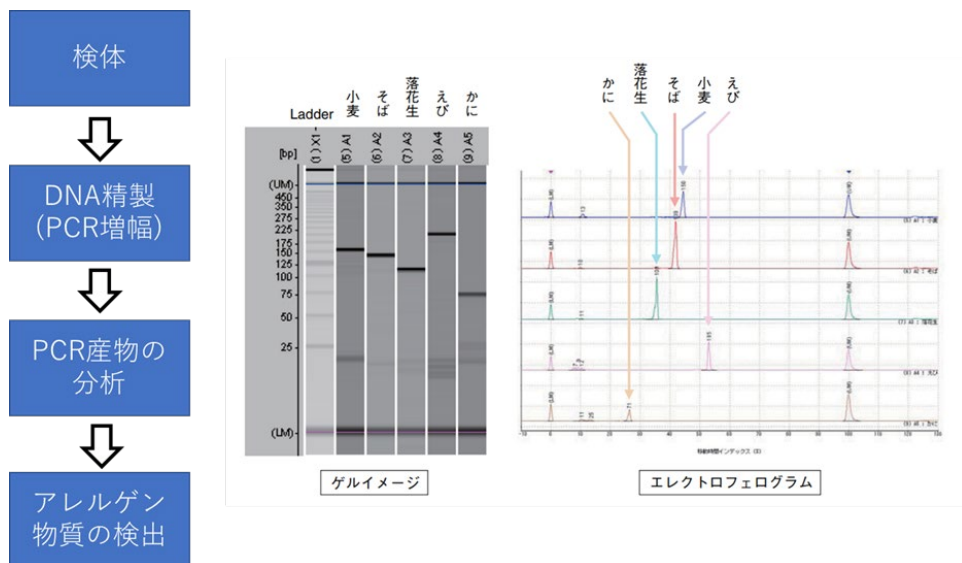


Fig.5 アレルゲン物質の検出結果

**【GC-MS およびメタボロミクス手法を活用した食品の美味しさおよび産地の評価】**

Fig.6 は、GC-MS で分析した成分を主成分分析によりスコアプロットした結果を示している。5 牛肉は種類毎に異なる位置にカテゴリ化され、主成分分析によるスコアリングプロットは牛肉に含まれる成分が最大の分散となるように表示されるという特性上、価格帯と成分の直接的な結びつきを考察するための結果データを得る事はできないが、牛肉に含まれる特定の成分が牛肉の価格帯に大きく寄与している事が伺える。Fig. 7 はこれら同一データに対して PLS(部分的最小二乗)回帰分析を実施した結果である。PLS 回帰分析は主成分分析で認識できない、目的変数(ここでは牛肉の価格帯)とこれらに関与する成分の共分散が最大となるような結果を得る事ができる。5 種の牛肉の価格帯は 5-Aminovaleric acid-3TMS をはじめとした赤に着色された 8 種の成分に正の相関を示し、Butyl alcohol-2TMS をはじめとした青に着色された 7 つの成分に負の相関を示している。メタボロミクス手法を用いると、その商品の美味しさや価値を裏付ける成分分析を実施することができ、産地などの同定も実施できる可能性がある。

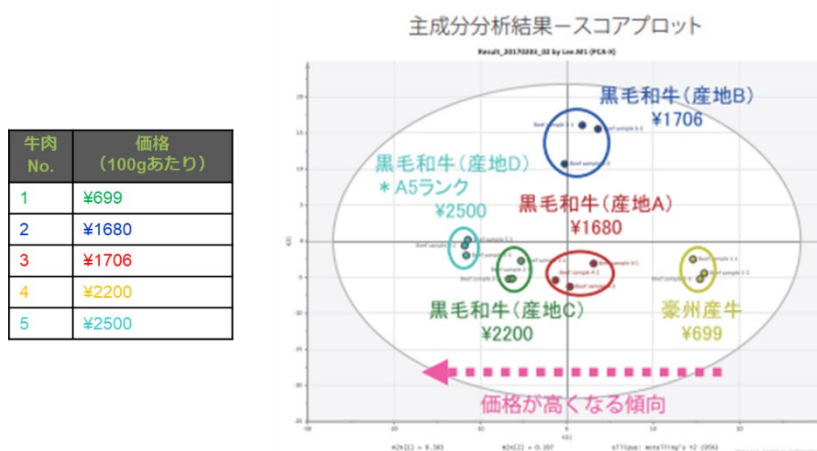


Fig.6 牛肉成分の主成分分析結果

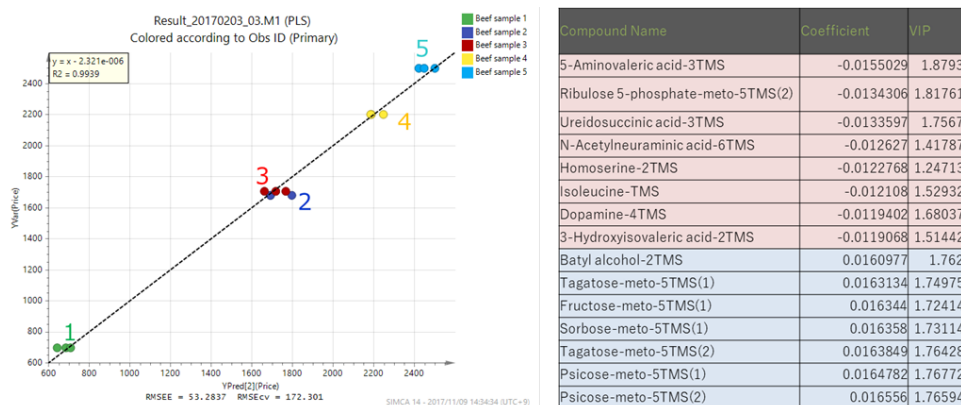


Fig.7 PLS 回帰分析および各牛肉と成分の関連性

**【液体クロマトグラフ質量分析計 LC-MS を利用したカビ毒の分析評価】**

カビ毒の分析評価手法としては、液体クロマトグラフ質量分析計 LC-MS を利用した事例が普及している。すでに主たるカビ毒の質量分析パターンはデータベース化が完了しており、数十成分を一斉に高速で分析可能な手法が確立されている。

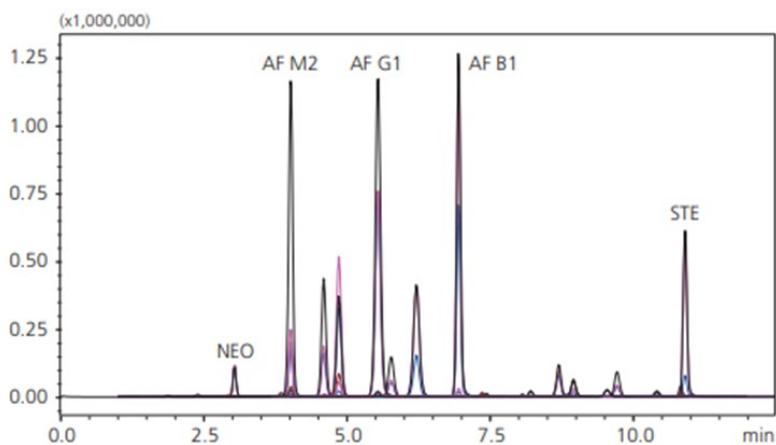


Fig.8 カビ毒の一斉分析

参考 <https://www.shimadzu.co.jp/>(2022年12月27日参照)

一般社団法人 産業競争力懇談会（COCN）

〒100-0011 東京都千代田区内幸町 2-2-1

日本プレスセンタービル 6階

Tel : 03-5510-6931 Fax : 03-5510-6932

E-mail : jimukyoku@cocn.jp

URL : <http://www.cocn.jp/>

事務局長 山口雅彦