

令和4年8月31日（水）

# ムーンショット型農林水産研究開発事業 成果報告会



## フードロス削減とQoL向上を同時に実現する 革新的な食ソリューションの開発

筑波大学 中嶋 光敏

### AIシェフマシン産業創生コンソーシアム

農業・食品産業技術総合研究機構、山形大学、慶應義塾大学、  
北海道大学、宮城大学、東京大学、東京海洋大学、  
東京電機大学、東京理科大学、信州大学、京都大学、大阪大学、  
九州大学、産業技術総合研究所、国立健康・栄養研究所

- ・困難な小麦調達（ウクライナの2022年の小麦の収穫量は前年の3300万トンから42%減少し、1920万トンに；イラク、小麦・ヒマワリ油の価格3～5倍に）
- ・食料不足への懸念（The Economist, May 2022），
- ・安全で豊かな食品へのニーズ、大豆肉など代替食品への期待  
人材不足の深刻化（AIの必要性）
- ・入手困難になる食材に対して、豊かな生活を継続するための、  
代替食材の探索と適した加工・調理方法の開発



注目されている食品技術：

代替タンパク質（大豆、昆虫粉、培養肉）製造技術、パーソナライズド食品製造技術、フードロス削減技術、3Dフードプリント技術

**本プロジェクト：**

**3Dフードプリント技術を用いた健康・嗜好を考慮した個々人に適したパーソナライズド食品製造**

**フードロス素材の利活用、長期保存が可能な粉粒体食材開発**

**フードロス削減と食のQoLの向上が可能**

・世界の食料の生産・加工・流通段階での  
**フードロス**（小売り・消費段階をのぞく）は、  
**生産量の14%**（FAO、2019）

・フードロス

穀類・豆類：8%

果物・野菜類：22%

肉類：12%

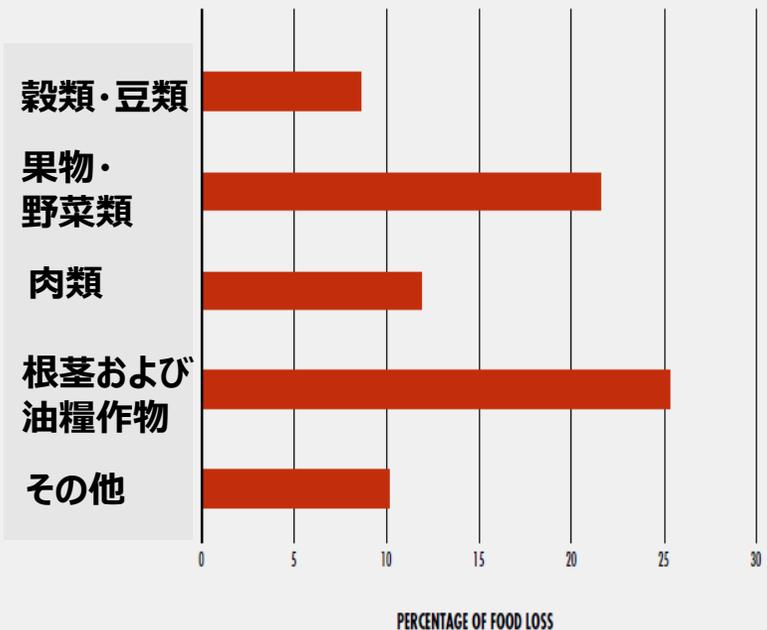
根茎および油糧作物 25%

・世界の食料生産量：40億トン(2015)

・**食べられるのに捨てられているフードロス：**  
**およそ5億トン**

生産 → 収穫 → 加工 → 流通 → 消費

## 収穫から流通までのフードロス（%）



NOTE: Percentage of food loss refers to the physical quantity lost for different commodities divided by the amount produced. An economic weight is used to aggregate percentages at regional or commodity group levels, so that higher-value commodities carry more weight in loss estimation than lower-value ones.

SOURCE: FAO, 2019<sup>12</sup>

フードチェーン上流で長期保存化し、全体でのでのロス・廃棄を抑制

# フードロス削減とQoL向上を同時に実現する革新的な食ソリューションの開発

MS目標の課題の抽出と課題解決の手段

生活習慣病問題（先進国）や、飢餓・栄養不足問題の解消（途上国）といった、食にまつわる課題解決なくして、2050年の持続的な食料確保は困難。

本プロジェクトでは、個々人の嗜好や体調等に合わせ、



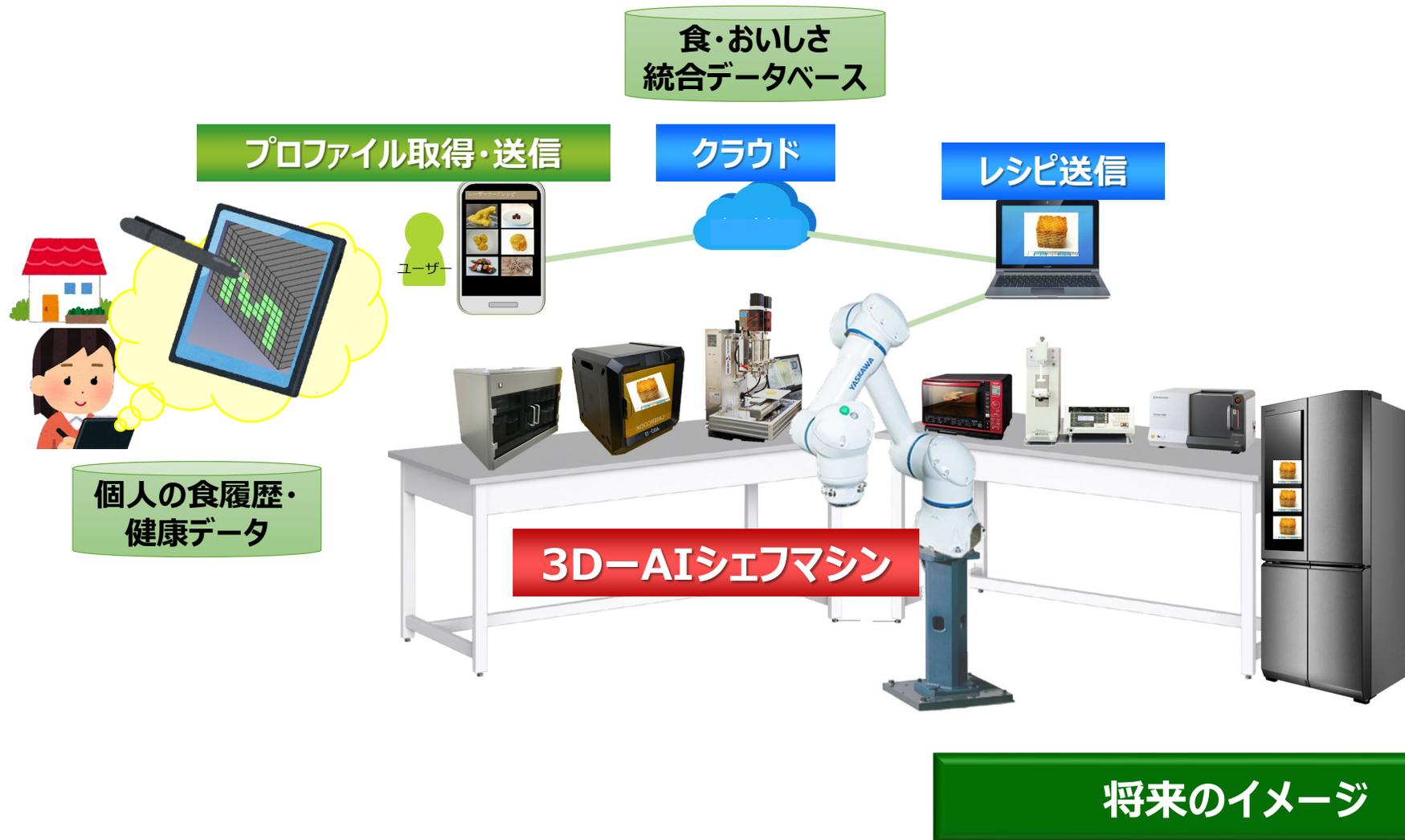
を両立させる「革新的な食ソリューション」を生み出すことにより、

〔 **3D-AIシェフマシン** と **食のデジタル化** 〕  
(3Dフードプリンタ、AI) (栄養バランス・健康機能, おいしさデータベース)

2050年までに、食料消費におけるムダを無くし、健康・環境に配慮した合理的な食料消費の定着を目指す。

➡ フードロス削減と食によるQoL向上の両立

# 3D-AIシェフマシン研究開発システムのイメージ



# 2050年のイメージ

業務用

コンビニ・  
レストラン等



24

人手軽減

業務用  
シェフマシン

- ・乾燥
- ・粉粒体化
- ・長期保存

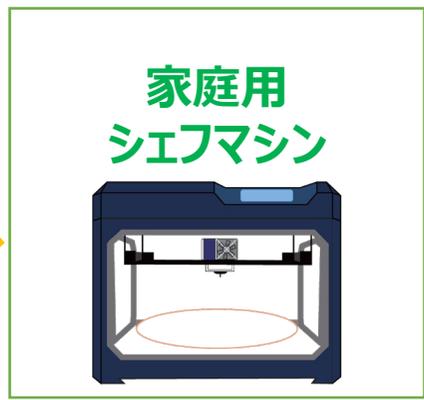


食・おいしさ  
統合データベース

個人の食履歴・  
健康データ

家庭用

・フードカートリッジを  
購入・保管



家庭用  
シェフマシン

AIと対話により決定  
パーソナライズド食品  
の製造

↑  
近隣からの  
農産物

練り物類、スイーツ  
類等のオンデマンド  
製造  
→廃棄の削減

フードロス削減



自分の健康状態や好みの  
食感・味・香りをもつ料理  
が目の前に



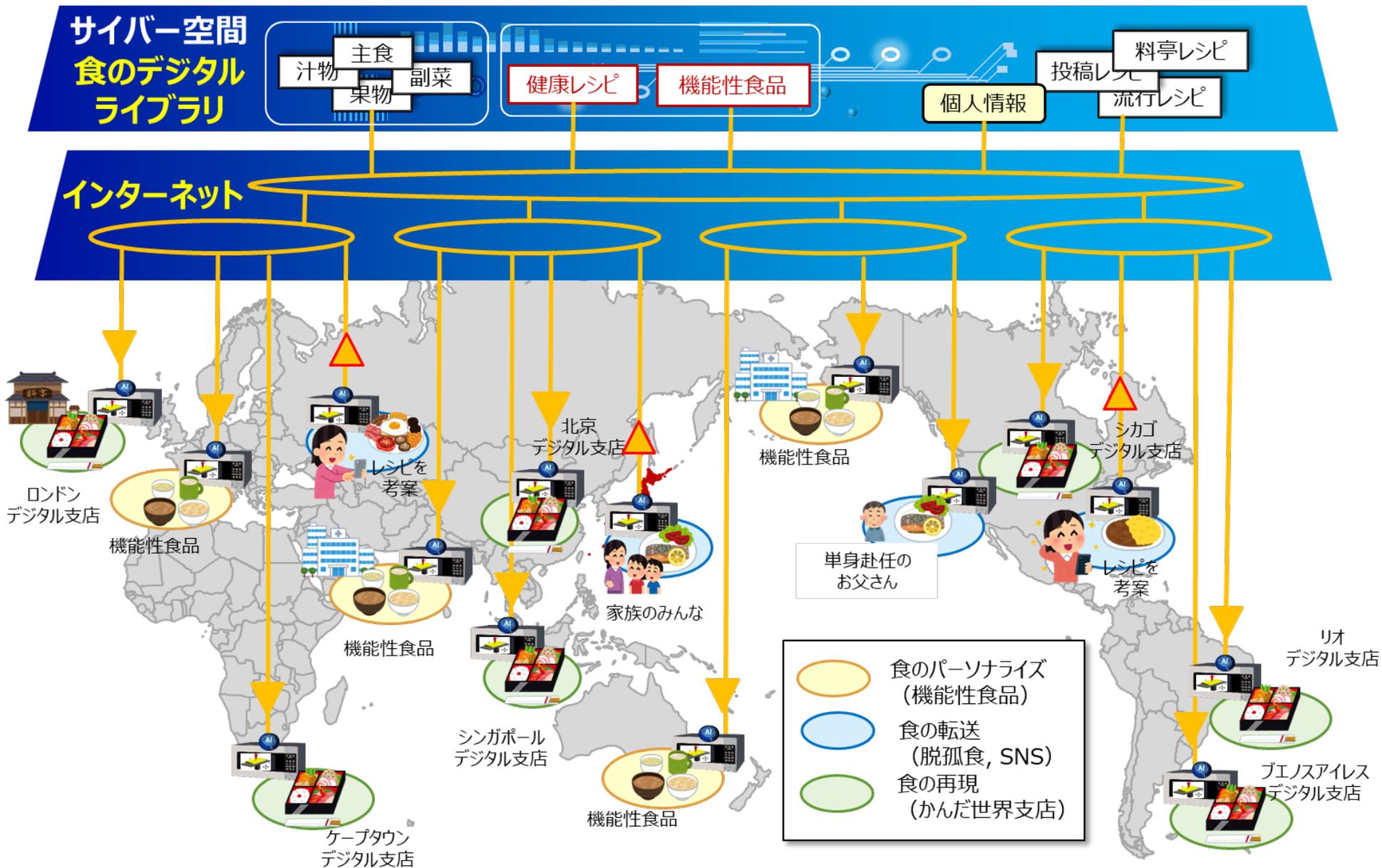
健康管理・  
食のQoL向上

調理時間  
の節約

家庭内のフードロス削減



# 世界へ広がる食のソリューション・プラットフォーム

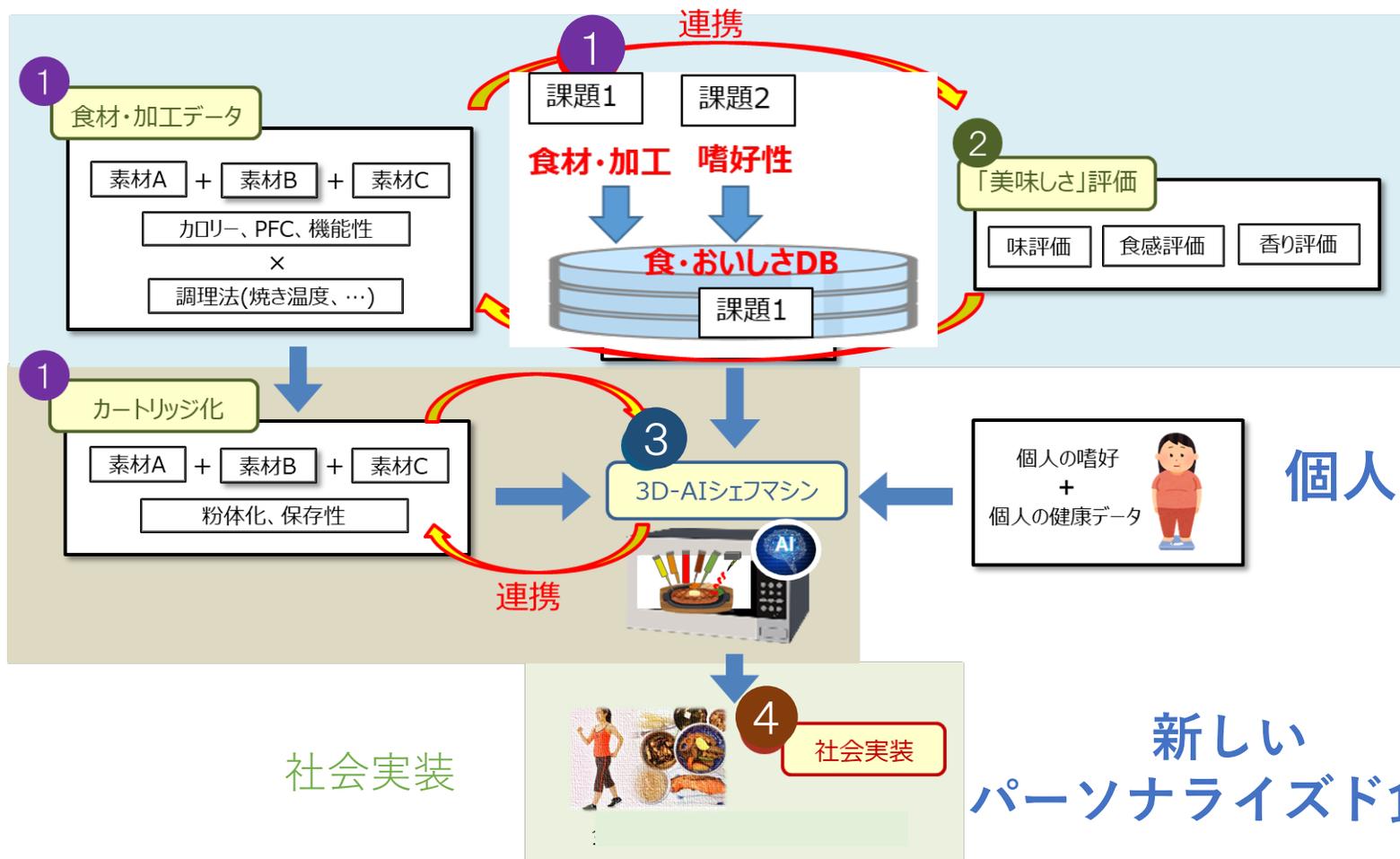


# 開発の全体構想

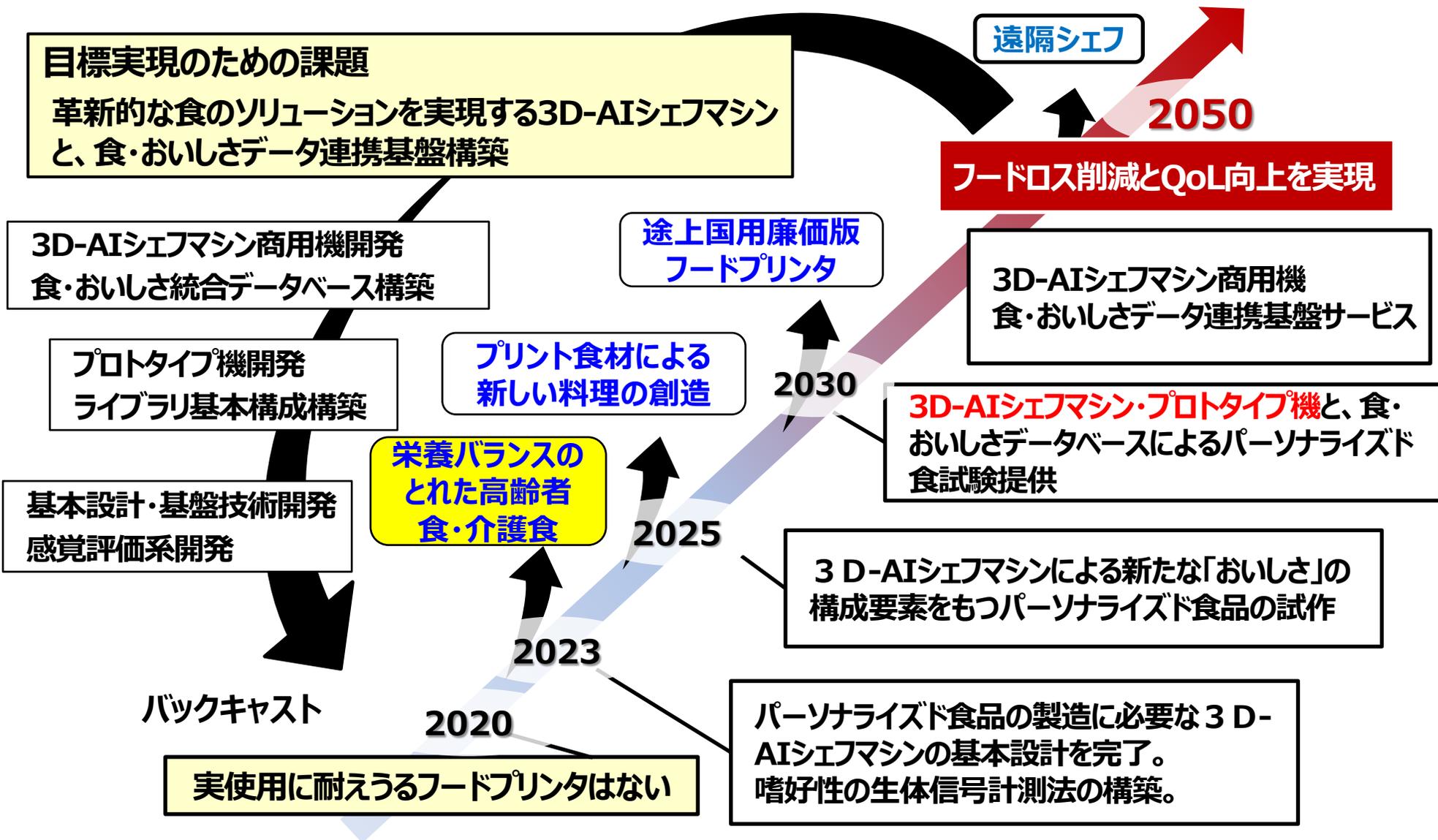
- 様々な**食材・加工データ**から、「健康」と「おいしさ」を両立させる**最適な食材等の組み合わせをAIで統合解析**するソフトウェア（SW）開発（課題1、2）
- 食材の**カートリッジ化**や**3Dフードプリンタの改良**等を行う**ハードウェア（HW）開発**（課題1、3）
- 3D-AIシェフマシンの**ビジネスモデルの創出**や規格化・標準化等の**社会実装**（課題4）  
といった機能的な分担を図りながら、相互に連携して研究開発を遂行する。

ソフトウェア  
(SW)

ハードウェア  
(HW)



# 研究開発のマイルストーン



食品ロス・ゼロに向けて3Dフードプリンタの研究開発から事業化までを一気通貫で実施

余剰食材の入手

粉末インク  
の開発



(株)グリーンエース  
粉末野菜の提供  
未利用野菜の粉末化



コオロギ粉末

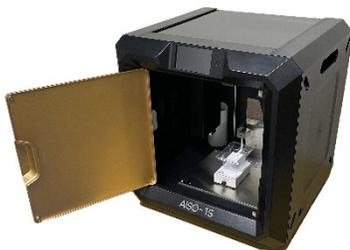


地元食材の利用

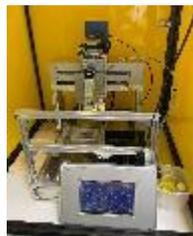
余剰食材の加工

世界初の3Dフードプリンタの開発

未利用粉末からプリント食品の印刷



パスタブ式



パウダー式



パリパリ感のある  
食品の印刷



パリパリ感のある  
食品の印刷



昆虫粉末から  
高たんぱく質食品の印刷



見た目の良い、おいしく、  
健康的な食の提供

社会実装

コンテンツの開発

セブン&アイ・ホールディングス協賛ピッチコンテスト  
「Future Service Design」参加し優勝



2050年「未来のコンビニ」



田園風景の中のコンビニ。そのセンターにある3Dプリンターに人々が集う。  
近所の農家が余剰作物を提供。不足素材はドローンが配送。



食品サンプルではありません 研究室、  
3Dプリンターで作る食べられる「すしネタ」



[4K]うちのパパ、出張先は宇宙です

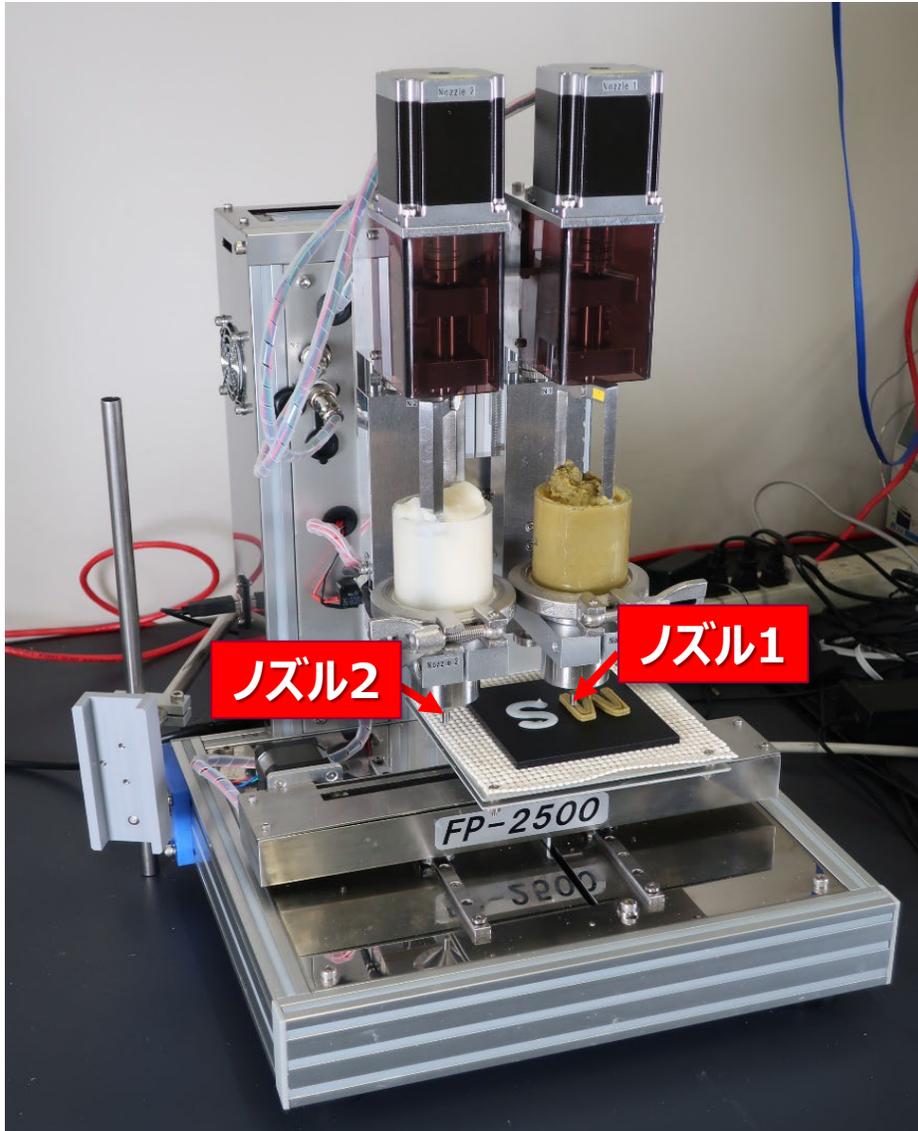


メディアでの食品ロス・ゼロ活動の認知



フードプリンタの取組の掲載  
朝日新聞GLOBE+  
2022/04/19

# スクリー式を用いたプリント食品製造



## ペースト状食材の組成

### 【ノズル1】

- キャベツ粉ペースト（ナタピューレ添加）

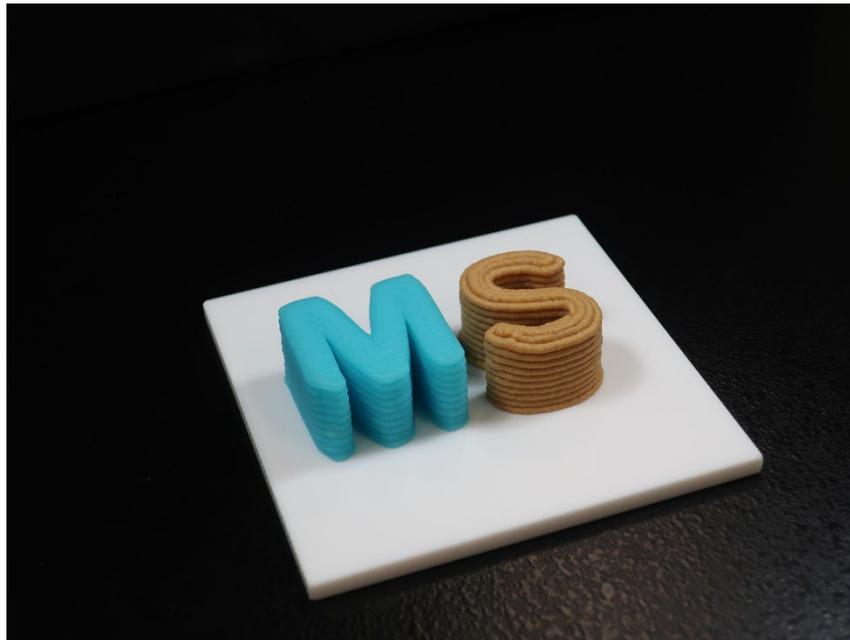
### 【ノズル2】

- マッシュポテト

- 各ノズルの内径：2 mm
- ステージ移動速度：20 mm/s

# 3Dプリント食品の高精度造形（スクリーン式）

## 文字の3D立体造形 (MoonShotのMとS)



**M** : 青色色素で着色したマッシュポテト  
**S** : きな粉ペースト

複数のペースト状食材を用いた  
文字の3D立体造形

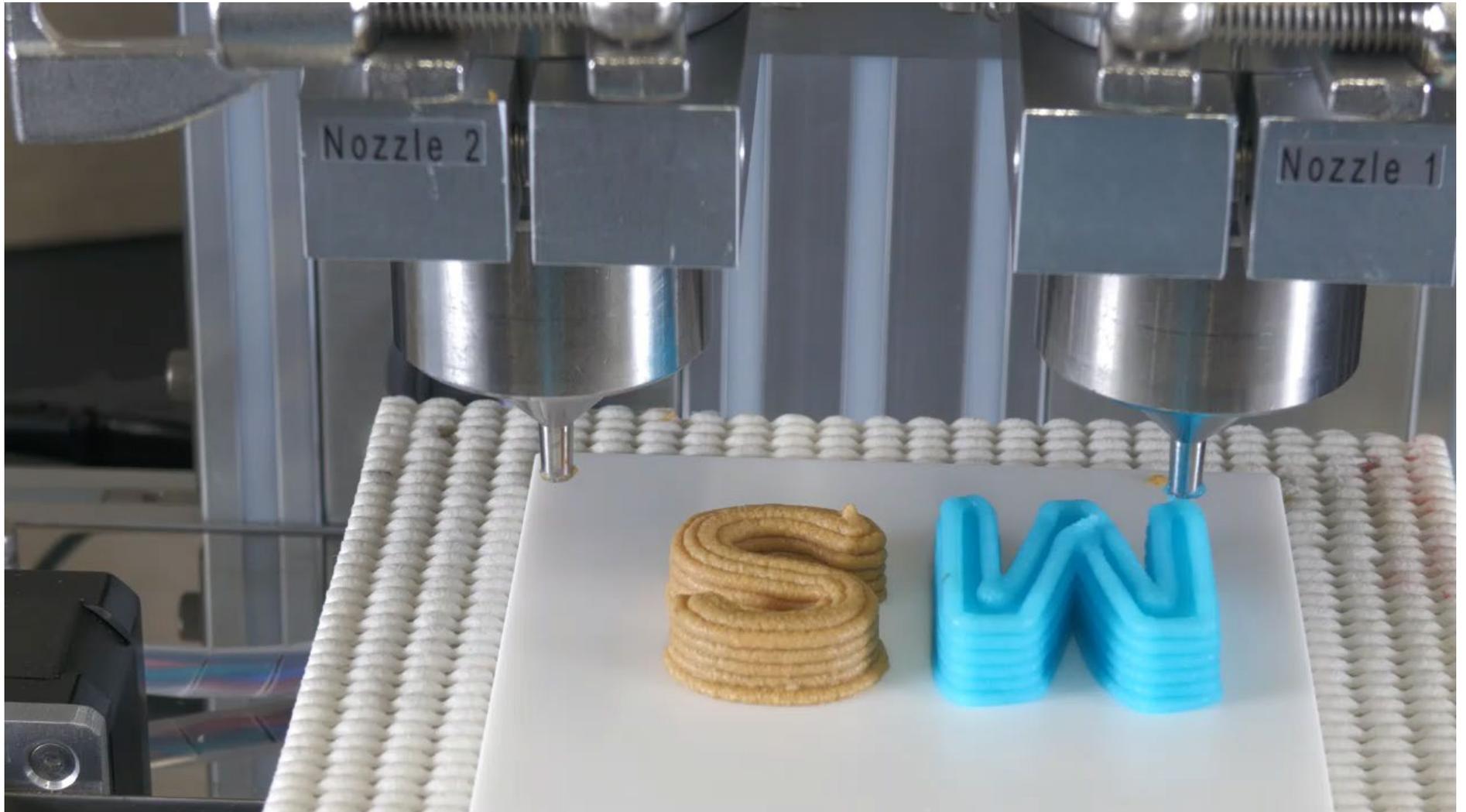
## 複数の数字の埋め込み (2022年の2022)



白色 : マッシュポテト  
 紅色 : 紅麴で着色したジャガイモ粉ペースト

□ 複数の数字を3Dプリント食品に内包  
 □ スライスする位置によって異なる数字が出現

# 3Dプリントの様子



# ワクワクする創造 3Dプリント料理の開発

ウニの貝 (レーザー調理型)



魚のすり身の多色刷り (スクリーン式)



人工 大トロ (スクリーン式)



アンモナイトのお吸い物  
(レーザー調理型)

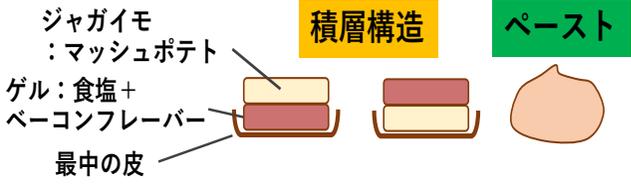


3Dプリント食品を活用した新しい料理の創造へ

# 研究項目 2: 3Dプリント食品のための風味・食感の新規評価法開発 農研機構・小堀PI

## 研究開発目標

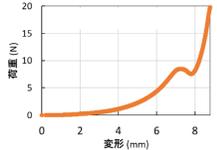
- ✓ 嗜好に関わる筋電位等の生体信号計測法を構築し、層構造のおいしさをパターン化
- ✓ 摂食中の食感・香り・生理応答等のおいしさに関わる特徴をパターン化
- ✓ おいさと構造の関係把握と新しいプリント食品製造へのフィードバック



- ・機器計測
- ・ヒト計測
- ✓ 食感①
- ✓ 食感②
- ✓ 香り③
- ✓ 香り④
- ✓ 味⑤
- ✓ 味⑥

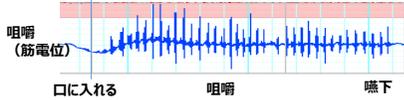
### おいしいと感じる食品のデータを分類

#### 食感① 機器計測



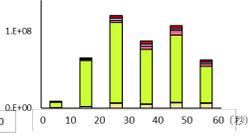
#### 食感② 筋電位

咀嚼回数、時間、総活動量



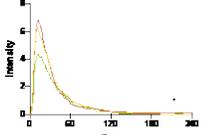
#### 香り③ 機器計測

香り成分の変化



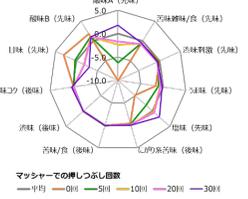
#### 香り・味④⑥ 官能検査

香り、味の時間変化



#### 味⑤ 機器測定

味分析の時間変化



### パターンに含まれるデータ

作りたい食品の種類、  
素材・調味料等の情報

食感・味・香りの  
パターンの選択

構造との紐づけにより、3D  
プリント食品の食品構造を  
設計



食品の味・食感・香りの  
特徴を数値化

データの蓄積

パターン化

摂食に伴う味・食感・香りの経時的変化を  
生体計測と官能評価で計測する



# 食品の味・食感・香りの 特徴を数値化

# データの蓄積

# パターン化

咀嚼ロボットにより人の咀嚼条件（歯型、回転角度、咀嚼力、速度、回数）に合わせた計測が可能 → データの蓄積の効率化・高速化



大福 咀嚼前



1回咀嚼



10回咀嚼



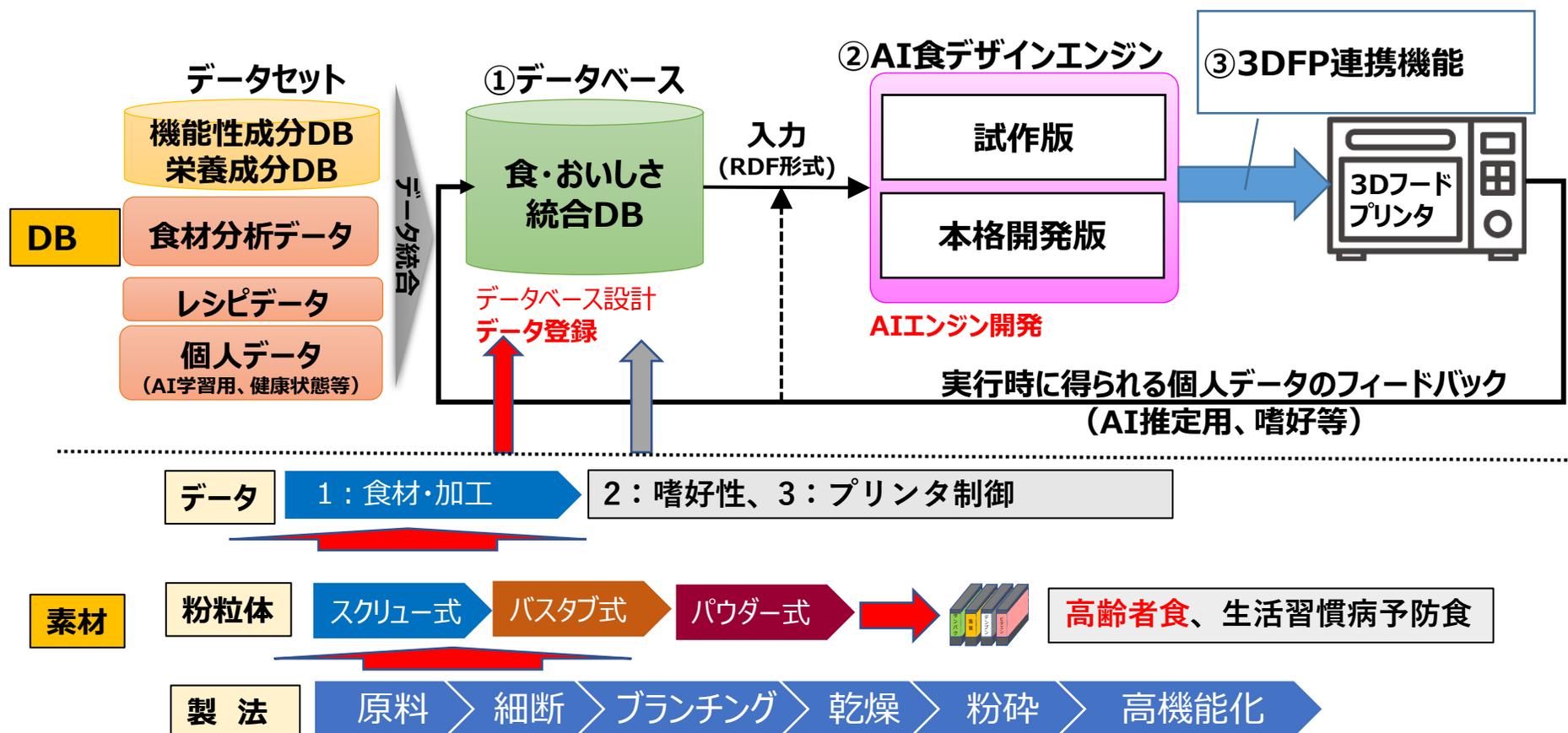
食塊形成過程の可視化ができる  
咀嚼ロボット

# 研究項目 1:

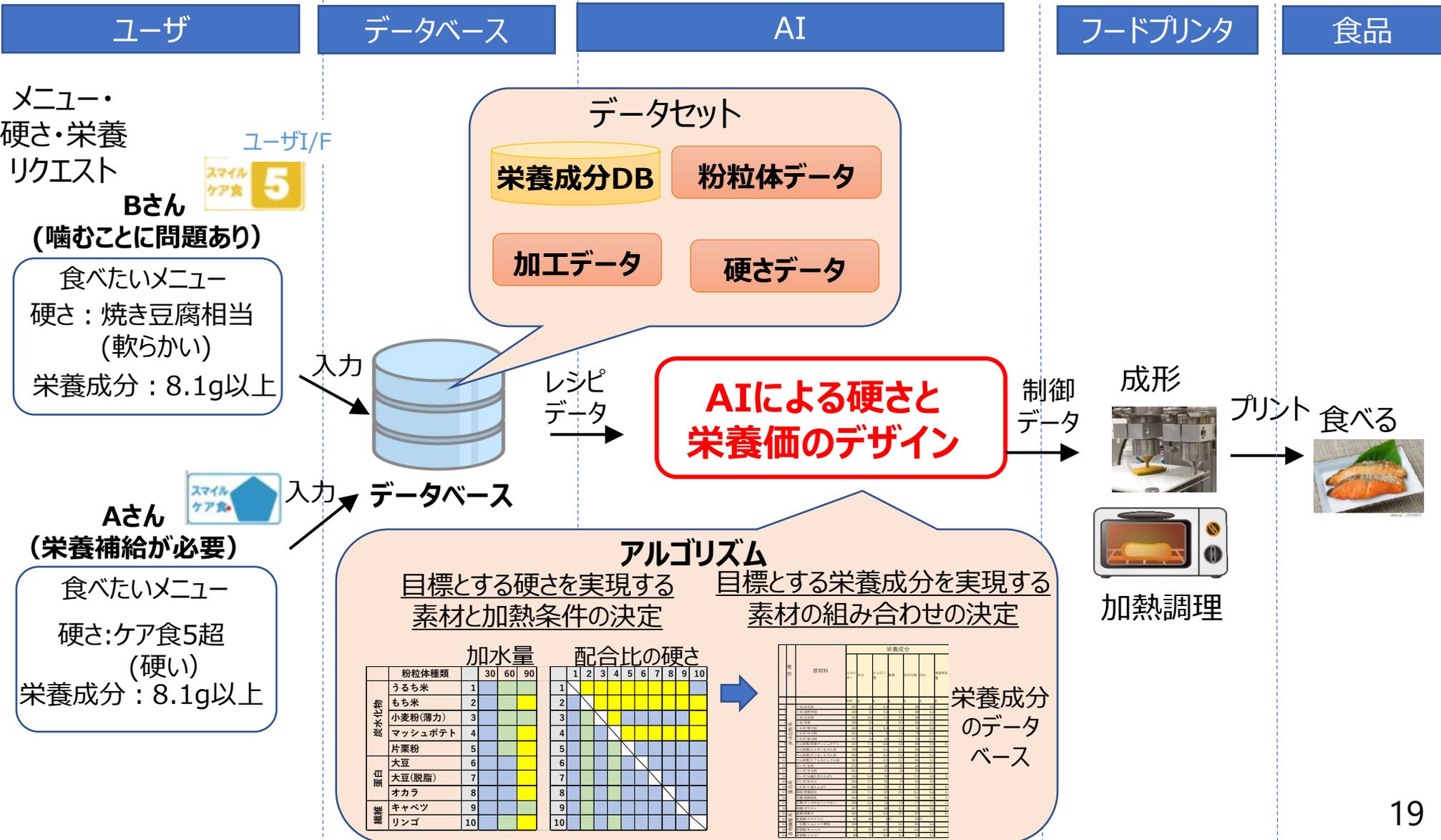
## デジタル食材の調製と特性解析

農研機構 岡留PI

- ▶ 余剰・規格外を含めた農林水産物の常温長期保存技術の開発。
- ▶ 3Dフードプリンターに対応した食材粉粒体の開発。
- ▶ パーソナライズド3D食品をデザインするためのデータ連携システムの構築。



# データベースを用いた高齢者食品のデザイン(イメージ)



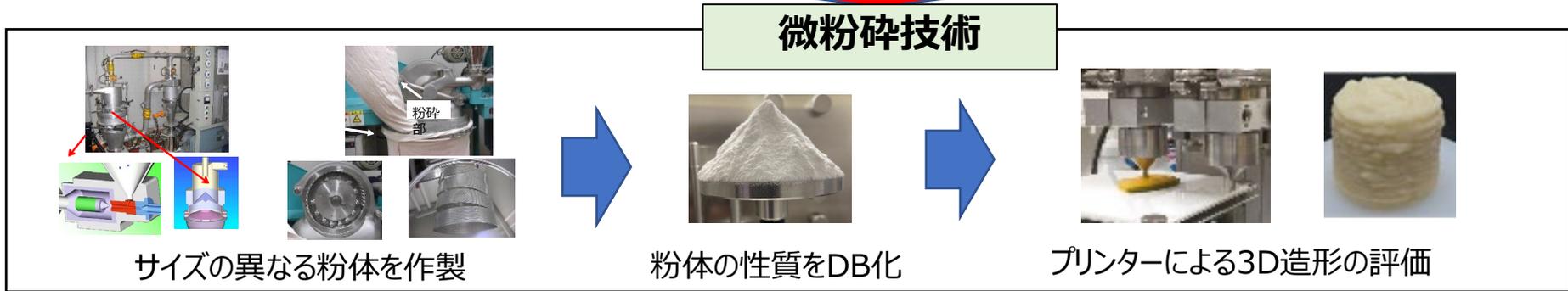
# 粉碎技術による3Dフードプリント用食材粉粒体の開発

➤ 汎用化のために、粉粒体のサイズとプリント特性の関係の解明。

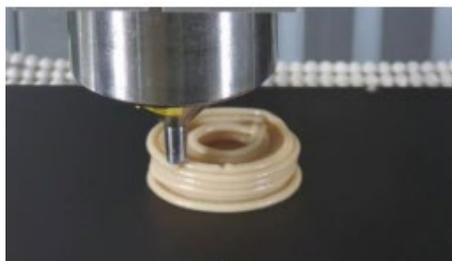
粉粒体  
製造工程



3D食品の試作・評価



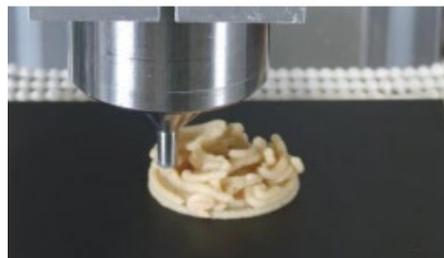
細かい粉



成形が安定

蛋白系：脱脂大豆粉

粗い粉



成形が不安定

細かい ← 粒度 → 粗い

		平均粒径 ( μm )		
		15	60	100
水分 (%)	78	○	○	○
	75	○	○	○
	70	○	×	×

炭水化物系：ジャガイモ粉

微粉末は3D成形の向上に有効

# 高水分系3D食品製造に有用な新素材「ナタピューレ」を開発

- 高水分系3Dプリント食品を安定的に製造する技術の開発が必要。
- ナタデココの高い保水性や耐熱性に着目し、ナタピューレの開発に取り組む。

粉粒体製造工程

原料

細断

ブランチング

乾燥

粉碎

高機能化

3D食品の試作・評価

機能改変

ナタデココに水溶性多糖を混合した「ナタピューレ」を開発。粉碎が容易となり、結着性、保形性、分散性が向上。



水溶性多糖混合



粉碎



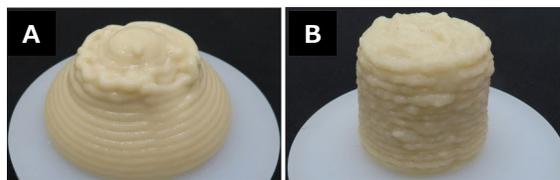
ナタピューレ

結着性



水のみ      ナタピューレ添加  
大豆粉

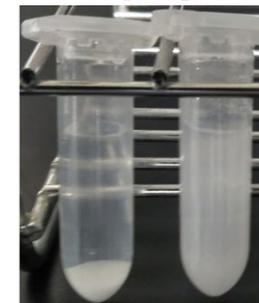
保形性



3Dフードプリンターによる造形物

A : ジャガイモ粉ペースト+水  
B : ジャガイモ粉ペースト+ナタピューレ

分散性



水のみ      ナタピューレ添加  
片栗粉

ナタピューレは高水分系3D食品の安定生産に有効

現状の豊かな食環境を未来へとつなぐ

- 急激に迫りつつある食材リスクを踏まえ、食材の代替 (Food Swapping)へとテーマを先鋭化
- 特定食材が無くても、世界中の料理人が知恵と技術を集約させ、現状のレシピの多様性を維持するために、多様な代替食材の探索や提案等を行うことで、様々な食材から豊かな食生活を実現可能なプラットフォームである『グローバルキッチンラボ』を構築し社会実装していく



# 食テクスチャーデータベースの設計開発

- 様々な利用シーンや複数の利用者への試験的提供・評価とそれに基づく改善
- レシピデータの拡充



食料DB21ソースDB0531

人=食材 プロファイル入力

ID 385 食材名・料理 エリンギのすし フリガ えりんぎのすし 日付

食料番号 原材料 えりんぎ 食材\_料理 料理 食品成分表記 さのこ類

フレーバー ナッツの香り イメージする 秋 味 酸味 ↑上書き不可

色 白 白 調理方法 煮る

特定料理1 ビーガン・ベジタリアン対 特定料理2 宗教的禁忌

代替の可能性ある食材/料理 食われる可能性低い食材 もどき料理名

代替情報 貝類 鮭もどきの寿司

エリンギをスライスして強めの昆布出汁で煮ることで風味が磯の風味になります。

textureは熟成表記が多すぎるので言葉を変えました。 ↓テクスチャー入力には必ず写真を見る

食感イメージ\_ クイズ感覚で入力 コリコリ ぷちぷち もちもち むにゅむにゅ ぼろぼろ

きゅっ

入力しても10%. 大抵イメージわかる?



食料DB21ソースDB0531

人=食材 プロファイル入力

どき (小麦グルテン) フリガ ぎゅうにくもどき (こむぎ) 日付 2022/05/27

麦グルテン 食材\_料理 料理 食品成分表記 穀類

ヤム イメージする 無季 味 甘味 ↑上書き不可

調理方法 焼く(フライパンで炒め

肉 特定料理2 宗教的禁忌

類似食材 もどき料理名

牛肉もどき

豚肉と比べると硬さが違いますが、焼き肉のタレに、柔らかさを調ってくれます

をえました。 ↓テクスチャー入力には必ず写真を見る

こしがある こんがり むにゅむにゅ 噛みこたえが

入力しても10%. 大抵イメージわかる?



食料DB21ソースDB0531

人=食材 プロファイル入力

フリガ ごはん 日付

食材\_料理 料理 食品成分表記 穀類/こめ/【水稲め

イメージする 無季 味 甘味 ↑上書き不可

調理方法 とぐ(米)、煮る

特定料理2 宗教的禁忌

もどき料理名

↓テクスチャー入力には必ず写真を見る

ふっくら ぼろぼろ ぼろっ ぼろり ぶっくら

クイズ感覚で入力 ばらばら やわらかい 柔らかい べちゃべちゃ ばきつく

入力しても10%. 大抵イメージわかる?

# 研究項目 4 食テクスチャーデータベースの構築と社会実装

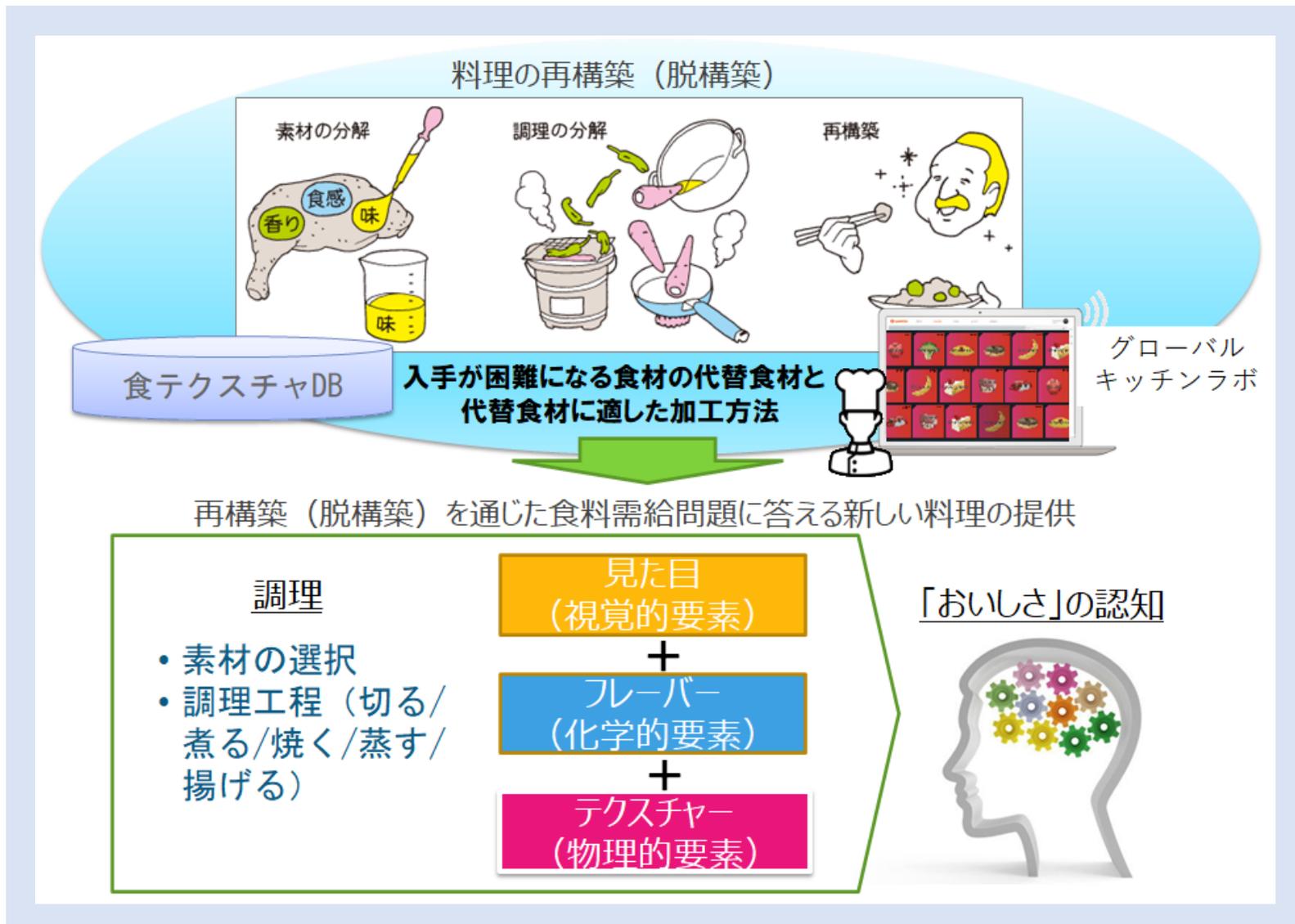
## 今後の食材リスクに対応した料理の再構築

食材制約の深刻化

失われる食材

フード  
ダイバーシティ

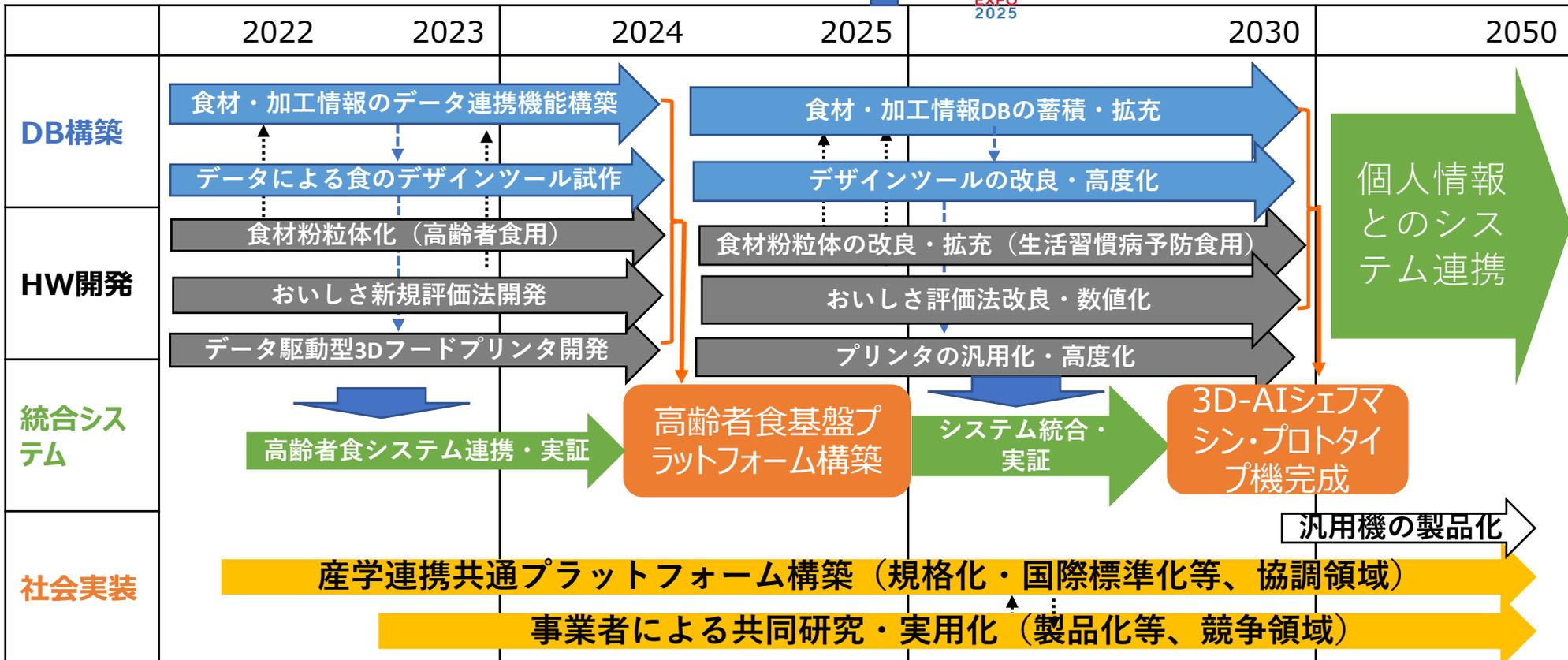
利活用可能な  
食材



# 研究開発のスケジュール

民間による関連する研究開発投資を加速化する観点から、**高齢者向けの食品が製造可能であることを概念実証**する。

その後、ソフト・ハード面における機能強化を図り、**2025年度には大阪・関西万博において高齢者の嗜好等に応じたデータ駆動型パーソナライズド食品のデザイン・製造実証**を行う。



食・おいしさ統合  
データベース

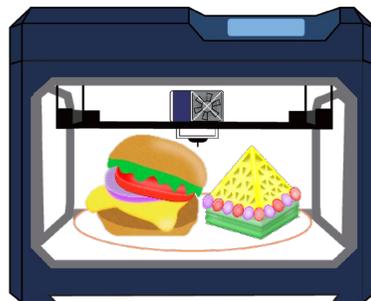
個々人の健康・  
嗜好に応じた  
食品の提供

多種のプリント食材  
の開発

長期保存

食のデザイン  
デジタルレシピの充実

データ駆動型  
AIシェフマシン



先進国

パーソナライズド食品

健康増進・満足感

途上国

栄養価の高い食品

栄養不足改善



フードロス削減 と 食のQOL向上 に貢献

ご清聴ありがとうございました。

コンソーシアムホームページ URL  
<https://www.ai-chef-printing.jp/>