

【目的】

SIP3「豊かな食が提供される持続可能なフードチェーンの構築」において開発される革新技术（超多収ダイズ）を活用し、海外市場の創出等に取り組む民間企業を支援するため、発酵技術基盤を整備し、政府目標である2030年度の輸出額5兆円およびみどりの食料システム戦略の実現に貢献する。

【BRIDGE終了時の成果（社会実装）】

我が国が「強み」を持つ発酵技術を利用した新たなダイズ加工食品（例：ダイズ由来のチーズや乳酸菌飲料）の製造に挑戦する食品企業等を支援するため、農研機構がこれまで全国から収集した乳酸菌を対象とし、発酵特性や代謝物情報等のデータベース（約3,000株）を構築する。さらに、ゲノム情報（約1,000株）を取得すると共に、有用な加工特性等を有する乳酸菌を特定するAI解析手法を開発する。これにより、ダイズ加工食品の発酵に適した乳酸菌等を効率的に探索し、SIP3「豊かな食が提供される持続可能なフードチェーンの構築」を加速する。合わせて、当該AI解析手法によって探索した乳酸菌を活用し、新たなダイズ加工食品の製造技術を確立する。

【成果（KPI達成状況）／社会状況変化の対応など】

- 農研機構が保有する食品由来乳酸菌（約3,000株）の代謝物情報を含むデータベース及び解析基盤の整備と公開・外部提供の開始
 - ・ユーザー登録／アクセスコントロール機能を備えたwebシステムとして乳酸菌データベースを公開し、外部利用を開始（令和6年6月）。乳酸菌の発酵特性や代謝物情報等によるデータ拡充も実施。
- 新たなダイズ加工食品製造のためのAI解析手法の開発に資するゲノム情報の取得や有用菌株の選抜
 - ・乳酸菌600株以上のゲノム情報の解読、有用菌株を予測するAI解析手法の構築と予測精度の検証を実施。
- 食品企業等との連携を通じた2以上の新たなダイズ加工食品の製造技術の開発
 - ・①物性改良した豆乳発酵チーズの製造条件の検討と試作、②プラントベース発酵バターの製造レシピの開発を実施。この他に、開発食品の輸出拡大に向けて海外市場調査を実施し、事業戦略を提案。

【今後の社会実装/普及に向け必要な措置等】

乳酸発酵を用いた新規食品開発を加速し、SIP3により増産されるダイズの新規利用を促進。輸出促進を念頭に置き、データベースを活用してスタートアップ等、民間食品開発会社との連携を強化し、ダイズを原料にした新規食品開発を進める。また、農研機構発スタートアップでの乳酸菌株利用につなげる。

社会実装に向けた施策・取組等の全体俯瞰の中での成果（進捗の説明）

① 全体概要

<① 解決すべき社会課題>

- 今後の世界人口の増加や環境問題、コロナ禍における健康志向の高まりを背景として、近年、欧米ではダイズミートなどの植物性タンパク食品（Plant Based Food）の需要が年々拡大しており、味噌、醤油等我が国からのダイズ発酵食品の輸出も堅調に拡大。
- 農林水産省では、農林水産物・食品の輸出額を2025年までに2兆円、2030年までに5兆円という政府目標を掲げ、現在、官民を挙げた輸出拡大を推進。
- そこで、SIP3「豊かな食が提供される持続可能なフードチェーンの構築」において開発される革新技术（超多収ダイズ）を活用し、海外市場の創出等に取り組む民間企業を支援するため、我が国の「強み」である発酵についての技術基盤を整備し、政府目標である2030年度の輸出目標5兆円、統合イノベーション戦略、みどりの食料システム戦略の実現に貢献。

<② 取組施策の成果>

- 我が国が「強み」を持つ発酵技術を利用した新たなダイズ加工品の製造に挑戦する食品企業等を支援するため、農研機構がこれまでに全国から収集した乳酸菌株情報に発酵特性や代謝物情報等の追加情報を加えた乳酸菌データベース（食品由来の約3,000株）を構築し、令和6年6月に公開。本データベースは発酵食品製造に特化した独自性の高いものであり、既存の微生物データベースにはない有用性、利便性を有する（知財出願1件）。
- 発酵特性データを拡充するとともに、新たに十分量のゲノム情報（600株以上）を取得して乳酸菌の機能を予測するAI解析手法を開発した（公開予定）。
- 上記データベースを活用するスタートアップ等による新たなダイズ加工品の製造技術の開発を支援。選抜した新規乳酸菌を用いてダイズ加工食品の試作やレシピの開発に成功（知財出願1件）。
- 食品企業やスタートアップ等を集めたシンポジウムを開催（令和6年4月開催、859名参加登録）。本データベースの利用意向が多数寄せられ、共同研究の開始を現在9社と調整中（マッチングファンド対応）。

<③ 成果の社会実装>

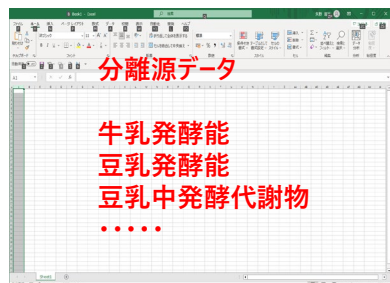
- 乳酸菌データベース及びAI解析手法の運用は、プログラム終了後、農研機構が継続する。
- 研究成果も踏まえ、海外展開等を指向するスタートアップや食品企業との共同研究を農研機構で推進し、新規ダイズ加工食品を開発し、国産ダイズの需要拡大・市場創出を後押しする。
- 乳酸菌データベースの公開・外部提供に関しては、ID付与とアクセス管理による知的財産管理を行う。

社会実装に向けた施策・取組等の全体俯瞰の中での成果（進捗の説明）

② 全体俯瞰図

背景・課題

農研機構が収集した
約3,000株の乳酸菌



- ・体系的に未整理（**非公開**）
- ・ゲノム情報が不足
- 「**開発目的に応じたデータ探索**」や「**遺伝情報に基づく発酵特性予測**」が**できない**

民間企業等

- ・各企業が独自に調査・研究、菌株の選抜などを実施
- スタートアップ等では取組が**限定的**（「**菌株提供**」と「**専門的な知識・技術**」の**両方が必要**）

BRIDGEでの取り組み



① 乳酸菌データベース

- ・農研機構が所有する情報の公開データベース開発



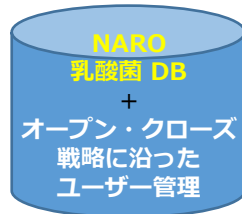
② AI解析

- ・データベースに追加するゲノム情報の取得（約3,000株の中から600株以上実施）
- ・ゲノム情報から乳酸菌の機能を予測

Web公開

③ 民間企業による 新商品開発、ビジネス モデルの実証

農研機構



登録ユーザー企業による
菌株検索、選抜、
共同研究又は菌株有償分譲

乳酸発酵による物性改変、
高付加価値化、保存性向上

新たなダイズ発酵食品（PBF）の開発

社会実装

Web公開システム

農研機構が
運用



① 乳酸菌データベース

- ・発酵食品製造等の目的（発酵特性や代謝産物等）に応じて
容易に乳酸菌を探索



② AI解析

- ・経験と時間を要する**実験が不要**
- ・新たに探索した菌株等の発酵特性を**低コスト・短時間**で予測

- ・新商品開発等に利用
- ・菌株の分譲

ユーザー登録
利用料

民間企業等

ダイズを利用した**新たな発酵食品の開発と輸出促進**



豆乳発酵食品の
試作例（p11）

SIP3「豊かな食が提供される持続可能なフードチェーンの構築」

革新技術（超多収ダイズ）

研究成果及び出口戦略、達成状況（取組全期間）

テーマ ① 乳酸菌の発酵特性データ等のWeb公開システムの開発

① 研究成果及び達成状況

- 農研機構が探索・収集した食品を分離源とする約3,000株の乳酸菌を体系的に整理し、発酵代謝産物、ゲノム情報、ガス生産性、揮発成分（香気成分）、耐塩性、免疫調節能、抗菌活性など、発酵食品製造に深く関与する特性情報を新たに搭載したwebデータベースを公開。
＜データベースの特徴＞
 - 発酵食品製造に特化した独自性の高いもので、菌株情報に加えて利用者に専門的な知識・技術を提供。
例：豆乳発酵…NMRメタボローム解析で取得した有機酸、アミノ酸、糖類などの成分情報の閲覧が可能。
 - 登録ユーザー（スタートアップ・食品企業等）は、代謝物濃度等の数値データや菌株リスト等の特性情報の検索が可能。
 - 一般ユーザーは属種名、分離源などの基本情報が閲覧可能。
 - データベース利用企業へのアンケート結果をもとに、データ表示形式、検索窓等の仕様を改善した。
- 食品関連企業15社以上からデータベース利用希望があり、順次個別面談を実施。内9社と秘密保持契約を締結して共同研究を協議中。

② 出口戦略・研究成果の波及

- 乳酸菌データベースを通じた企業支援活動を継続し、利用マニュアル、SOP等を整備してデータベース問合せページを充実させるとともに、研究実需を把握するため個別面談を実施して、新規ダイズ加工品の製造に取り組む食品企業や大学発スタートアップ等を支援する。
- SIP 3 成果によって増産されるダイズの需要・用途を拡大するため、データベース情報を基に選抜した乳酸菌株の知財化、実施許諾などにより、新たな販路としての海外市場の開拓を後押しする。
- 乳酸菌データベースの公開・外部提供に関しては、ID付与とアクセス管理による知的財産管理を行う。
- 農研機構が主導して構築した乳酸菌株の製造・販売（共同購入）の仕組みを活用して、技術移転・普及を進める。

③ 目標達成状況等の特記事項

- データベース情報を利用した乳酸菌の選抜手法を知財出願（特願2024-210695「乳酸菌の選抜方法」2024年12月3日）。
- テーマ③フードテック企業との連携で活用。

テーマ ① 乳酸菌の発酵特性データ等のWeb公開システムの開発

分離源は農業・食品分野に特化し、保有株数および特性データ数が世界トップクラス

項目	NARO乳酸菌	A (ドイツ)	B (米国)	C (日本)	D (日本)
保有乳酸菌 の株数	約6,000 世界トップクラス	約550	約500	約2,000	約750

農研機構保有の乳酸菌情報を集約し、一元的に管理・運用可能なデータベースを構築
乳酸菌株の検索・選択が可能な利便性に優れた農研機構外利用者用のWebシステムを公開

✓ データベースの構成

食品由来3,000菌株 の基本情報

各菌株の特性データ

保管場所

分離源

分離年月

分離条件

最近縁種

菌種同定法

論文・知財化

+

セットで
提供

発酵能

発酵代謝産物

ゲノム情報

ガス生産性

耐塩性

低温発酵性

糖資化性

亜硝酸Na耐性

免疫調節能

抗菌活性

登録データ総数 ≥20万点

発酵食品製造に特化した独自性の高いものであり、既存の微生物データベースにはない有用性、利便性を有する。Webシステムは令和6年6月に公開。

✓ 食品開発への利用

乳酸菌資源に乏しい新興企業等が菌株の基礎データと特性データを容易に閲覧・検索し、目的特性をもつ乳酸菌を選抜し利用



新たな大豆タンパク質食品・食素材の開発

乳酸菌株の各種特性を横断検索し、目的の株を探索可能



- ・複数の特性データの横断検索
- ・将来的な外部データベースとの連携やAPI開発に対応
- ・ユーザーアクセス管理による詳細情報の開示、知財管理

検索例

<https://lacticbacteria.nfri.naro.go.jp>

①【希望する乳酸菌株の特性】で1次検索

1. 植物性食品に由来 → **分離源：穀類/野菜類**
2. 植物原料の発酵に使用 → **豆乳：凝固性有り**
3. 付加価値の向上 → **代謝物：GABA/オルニチン**

菌種名 菌株番号 分離源

豆乳発酵性 色調変化:

豆乳発酵代謝物

②【検索結果】

213菌株がヒット

株数が多い場合は、追加絞り込みが可能

56件

菌株情報 菌株同定 ゲノム情報 ガス生産性 ストレス耐性 糖質化性 牛乳発酵性 豆乳発酵性 代謝物変換 抗菌活性 腸管粘膜付着性 IL-12誘導能

50件表示

菌株番号	利用状況	菌種名	分離源 - 分離源名	IL-12誘導能
300429				
300430				
300221				
300219				
101 300007		<i>Lactiplantibacillus pentosus</i>	食品-たくあん漬	0.5521624982727649
154 300325		<i>Lentilactobacillus buchneri</i>	食品-すんき	0.49371286444659385
189 300395		<i>Lentilactobacillus parabuchneri</i>	食品-すんき	0.4899820367555617

③ゲノム情報：有
→ 56株に絞り込み

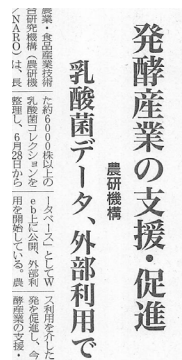
④一覧表示による候補菌株の
比較・選定

⑤他の特性及びGABA/オルニチン
の生産量でランク付けも可
(昇順・降順で表示)

テーマ ① 乳酸菌の発酵特性データ等のWeb公開システムの開発

✓ アウトリーチ活動

プレスリリース



記者レクの様子（左）（R6/10/2）
日本食糧新聞1面への掲載（右）（R6/10/7）

他に日経バイオテック、経団連タイムス等、Web記事15件

国際シンポジウム

参加者数 859名



農研機構主催「食と健康の国際シンポジウム」
で乳酸菌データベースを紹介（R6/4/16）

✓ 乳酸菌データベースの運用状況と今後の活用方針

- 食品関連企業**15社以上**からデータベース利用希望があり、内**9社と秘密保持契約**を締結済み（令和7年4月時点）。
- データベース利用企業を拡大するため、菌株提供及び共同研究による社会実装を進める。
- 農研機構発スタートアップ「**農研ワンヘルス**」による乳酸菌の提供と、ペットやアスリートにむけた食品開発にも活用する予定。

研究成果及び出口戦略、達成状況（取組全期間）

テーマ ② 新たなダイズ加工食品製造のためのAI解析手法の開発

① 研究成果及び達成状況

- 機能予測に必要な十分量の乳酸菌ゲノム情報（600株以上）を取得し、遺伝子機能等のアノテーション情報を付与。
- 約200株の乳酸菌のゲノム情報を用いて、ゲノム情報と乳酸菌ごとの特性データとの比較解析から、乳酸菌の機能を予測するAI解析手法（寄与遺伝子セットを推定するためのAIアルゴリズム）を開発。
- 各遺伝子の有無から菌株毎の変動が大きい免疫調節能（動物培養細胞を用いたサイトカインIL-12生産誘導能）を予測する機械学習モデルを構築し、予測精度を検証。結果、上位10%株の予測精度は約85%であり、未解析菌株の選抜絞り込みに利用できることを明らかにした。

② 出口戦略・研究成果の波及

- AI解析手法は農研機構が運用し、共同研究先企業が利用する。予測モデルについては、論文等で公表予定。
- 構築した予測モデルは免疫調節能以外の特性予測にも適用可能。食品関連企業の保有株、新規探索株等の未解析株の発酵特性等を低コスト・短時間で予測し、新規ダイズ加工品開発に取り組むスタートアップや食品製造業を支援する。

③ 目標達成状況等の特記事項

・特になし

テーマ ② 新たなダイズ加工食品製造のためのAI解析手法の開発

- ・ 乳酸菌を利用する上での菌株特性の実験的検証には多くの時間を要する。
- ・ このため、乳酸発酵に関する多くの蓄積データを利用して菌株選抜を効率的に行う手法の開発が求められている。
- ・ そこで、ゲノム情報から乳酸菌の特性を推定する**モデルを構築し、予測精度を検証**。

予測精度の検証例

農研機構 乳酸菌
193株のデータを入力

グループ化した各遺伝子の距離行列から
寄与遺伝子を推定するモデルを構築

遺伝子の有無をもとに
免疫調節能を予測

ゲノム情報
免疫調節能データ

各乳酸菌のゲノム情報比較
遺伝子のグループ化と距離行列（模式図）

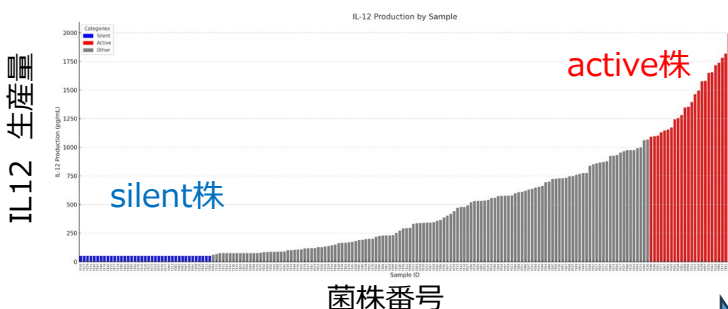
	遺伝子1, 遺伝子2, ...	IL10, IL12
細菌A	○ -	○ ○
細菌B	○ ○	○ -
細菌C	- -	- -
...		

遺伝子1, 遺伝子2, ... IL10, IL12

寄与遺伝子セット
を推定

165株のデータで
予測精度を検証

検証結果



乳酸菌DBの拡張機能として利用

- ・ 菌株を**silent/active**に分割（カテゴライズ）
- ・ 予測に用いた特徴量（遺伝子の有無）、計64,807個
- ・ 学習データでモデルを構築し、テストデータで予測精度を検証
- ・ **免疫調節能上位10%の予測精度は約85%**

- ✓ 健康機能性を有する乳酸菌株の選抜を効率化
- ✓ AI解析手法は他の発酵特性の予測にも適用可能

研究開発段階における新株の探索等を効率化・低コスト化し、国内企業の国際競争力の強化を図る。

研究成果及び出口戦略、達成状況（取組全期間）

テーマ ③ フードテック企業との連携

① 研究成果及び達成状況

- 新たなダイズ加工食品の製造技術を開発するため、乳酸菌データベース情報を使って、**風味や機能性**に關与するエタノール、アセトイン、有機酸等の**代謝物生産に特徴のある乳酸菌 4 株を選抜**。**豆乳発酵チーズを試作し、テクスチャー（硬さ）の調節が可能な加工工程を確立した。**
- スタートアップ企業と農研機構が連携し**、豆乳発酵過程で脂質分解酵素を加えることでコクのある発酵産物を取得。これを利用した**プラントベース発酵バター**の**油脂混合条件等を検討しレシピを開発した。**
- ダイズ発酵食品の消費拡大および輸出促進のため、**輸出ターゲット国における固有課題の洗い出し**、市場調査を実施。植物性タンパク質（プラントベースフード）市場の地域特性、需要分析、技術的考慮事項から考察した結果、豆乳チーズ・豆乳バター等の**輸出拡大に向けた事業戦略案として、外食チャネルを通じて東南アジアに新規参入するビジネスモデルが適していると考えられた。**

② 出口戦略・研究成果の波及

- 農研機構は、研究成果で得られた豆乳発酵チーズやプラントベース発酵バターの知見を民間企業等へ提供し、成果の社会実装を促す。**
- 公開した**乳酸菌データベース利用者との個別面談**を実施し、農研機構は**新規参入企業等の食品開発に技術的サポート**を行う。
- 代謝物生産に特徴のある乳酸菌株については、**取得した知財を活用し**、農研機構側から積極的に**データベース利用企業等にアプローチして技術移転**する。
- 植物性タンパク質の需要が急拡大していることから、**海外輸出に向けた市場調査結果を食品企業と共有し**、豆乳発酵チーズや豆乳乳酸菌飲料等の新規食品開発を推進することにより、輸出額のさらなる拡大やスタートアップによる現地ビジネスの展開につなげる。
- 農研機構発スタートアップでのNARO乳酸菌株の利用を見込む（<https://naro-oh.jp/>）。
- 海外市場調査の結果については、輸出に関わる物流事業者等に情報提供するため、論文等で公開する。

③ 目標達成状況等の特記事項

- 糖代謝に特異な形質をもつ乳酸菌株の利用法を**知財出願**（特願2024-210712「新規な乳酸菌株及びその利用」2024年12月3日）。

テーマ ③ フードテック企業との連携

✓ NARO乳酸菌の選定

乳酸菌株	代謝特徴
A	凝固性大、乳酸量最大クラス、グルコース、酢酸蓄積あり
B	凝固性大、乳酸量中レベル、特有の代謝能（知財化）
C	凝固性小、エタノール高蓄積
D	凝固性大、アセトイン高蓄積、旨味ペプチド

乳酸菌データベースの発酵代謝物情報を利用して、有望株を選抜

最も有望なB株を知財出願（R6）

エタノール、アセトインは風味に影響、酢酸等の有機酸は健康機能（腸内細菌叢の維持）に注目

✓ 豆乳発酵チーズの開発



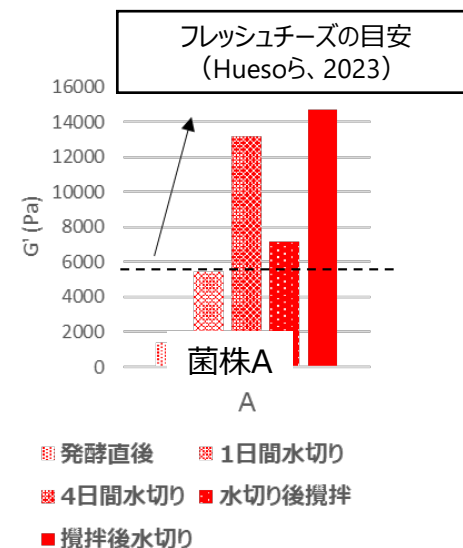
豆乳発酵チーズの試作品

- ✓ 添加物を用いずに**発酵による物性調節が可能**
- ✓ 段階的な工程により、**テクスチャー（硬さ）調整が可能**（フレッシュチーズ、熟成チーズ、・・・）

- 乳酸菌株ごとの代謝物生産情報を利用した**発酵の精密設計が可能**
- 風味、物性だけでなく、有機酸、旨味ペプチドなどの付与が可能



乳酸菌株の多様性を生かした発酵食品



試作したフレッシュチーズ様の豆乳発酵食品

テーマ ③ フードテック企業との連携

✓ 北米、欧州、東南アジアの各市場の特徴



- 植物性代替食品の**市場規模は大きい**
- ベンチャー等の競合が多く、**競争が激しい**
- 健康を意識して消費されるが**畜産品の味の再現**が重要
- あくまでも「**代替品**」としての位置づけ



- 植物性代替食品の**市場規模は大きい**
- 環境保護・動物愛護の**倫理的**要求を満たす**原材料**の使用
- **食品添加物への規制**・クリーンラベル指向への対応
- **市場支配力を持つ企業**の存在（ダノン社・ユニリーバ社）

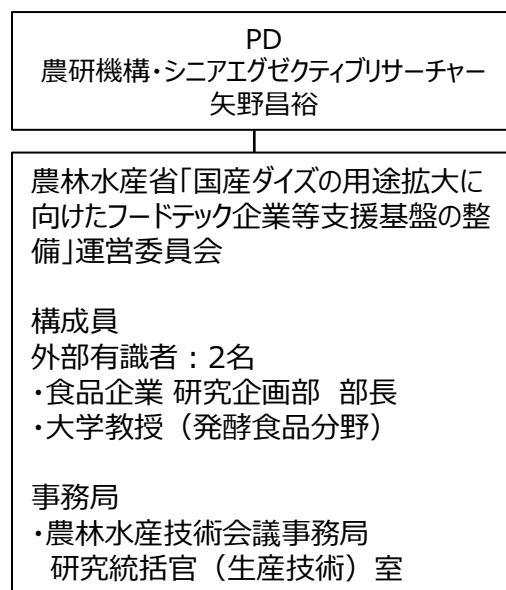


- 植物性代替食品の**市場は未発達**だが予想される**成長スピードは最も高い**
- 畜産品の消費が少なく、「代替品」の需要は低い、**新カテゴリ食品の開拓者**として先行可能
- 伝統的**大豆食文化があり親和性高い**
- **外食比率が高く、和食人気が高い**

✓ 輸出拡大に向けた事業戦略

- **東南アジア**は他地域と比べて経済成長のスピードが速く、今後の市場拡大が見込まれる。**各国別の詳細な市場調査結果をスコア化し、特にインドネシア・マレーシア、シンガポールが有望と結論。**
- 製品を小売チャネル向けに輸出するだけでなく、**外食チャネルを活用した輸出拡大の可能性あり。**
- 外食チャネルを通じたPOC（概念実証）として、現地レストラン・物販店舗等の飲食店ネットワークと連携したメニューの開発・提供及び期間限定出店による店舗開発事業に展開し、結果が良好であれば常設出展を検討する。

◆ マネジメント体制



◆ 対象施策実施体制

