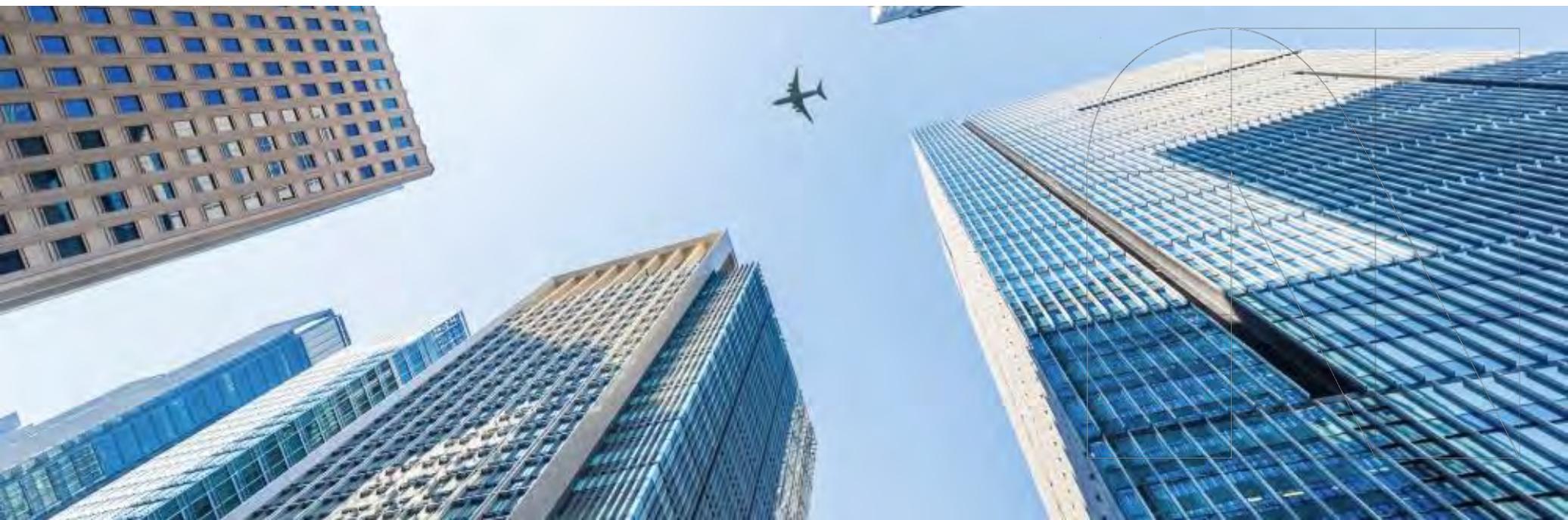


**令和6年度研究開発動向等調査委託事業
海外・異分野等動向調査
報告書**

2025年3月21日

株式会社NTTデータ経営研究所

© 2025 NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.



目次

I 調査目的

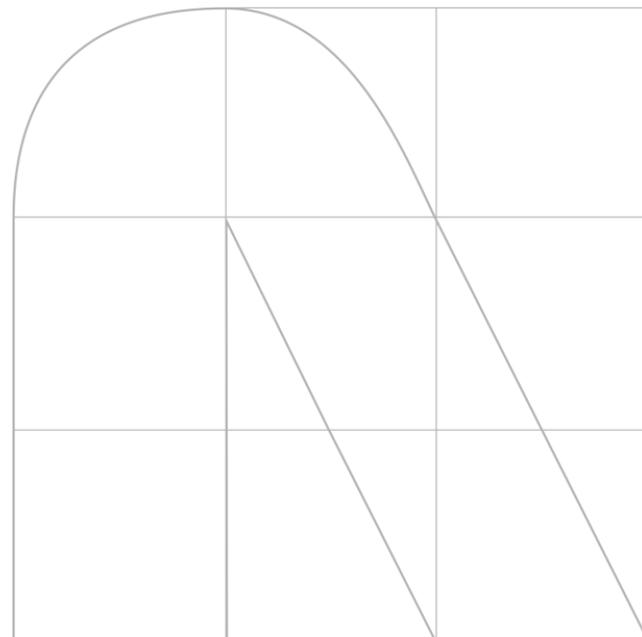
II 調査結果

1 「みどりの食料システム戦略」が掲げる14 のKPI 及び スマート農林水産業に関する研究開発動向等の調査

2 諸外国の研究拠点に関する詳細調査

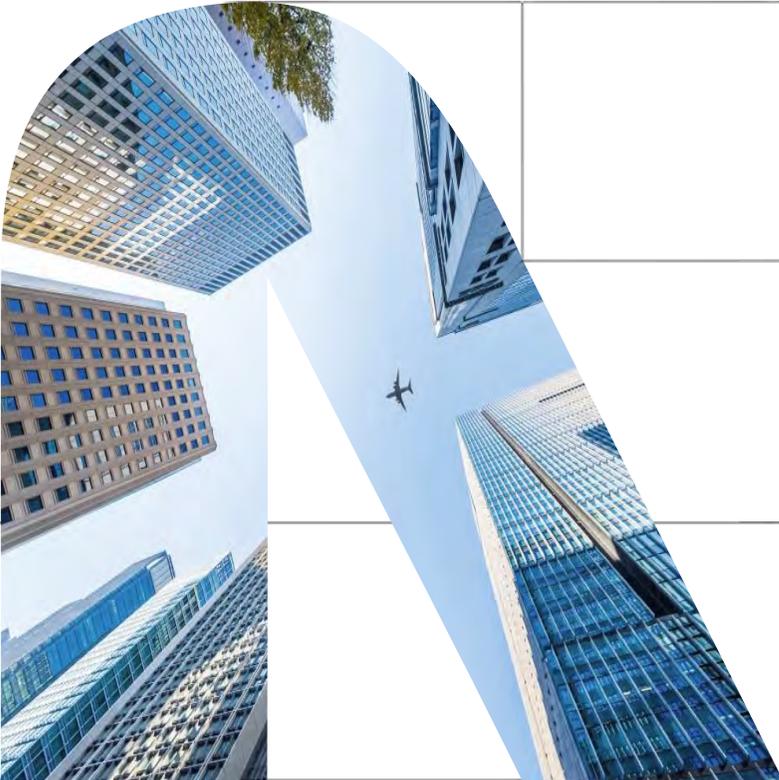
3 諸外国のスタートアップに関する詳細調査

4 技術戦略の分析



I

調査目的



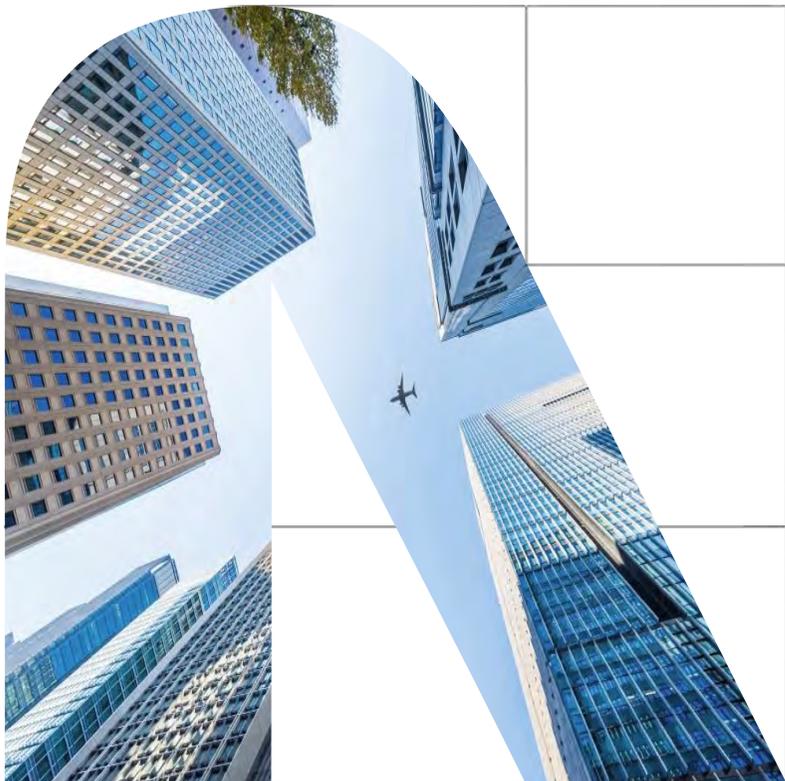
I 調査目的

農林水産研究イノベーション戦略や研究開発施策検討のための基礎調査

- 農林水産省農林水産技術会議事務局では、農林水産分野における世界トップレベルのイノベーション創出に向け、「農林水産研究イノベーション戦略」（毎年度策定）等の戦略を策定するとともに、これに基づき、生産現場等が直面する課題を速やかに解決するための研究開発、中長期的な戦略の下で実施する研究開発を推進。
- 本調査では、次期農林水産研究イノベーション戦略等の策定や研究開発施策の企画立案を行うための基礎的資料を得ることを目的とし、海外・異分野の技術・研究開発の動向、社会実装の促進のための関係制度・施策等の調査を実施。

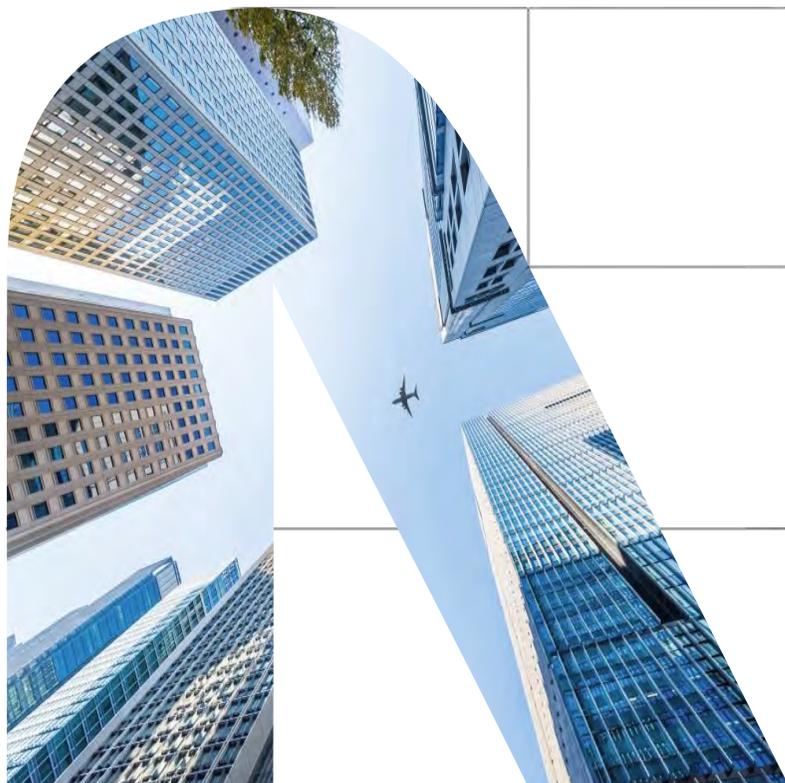
II

調査結果



1

「みどりの食料システム戦略」が掲げる14のKPI及びスマート農林水産業に関する研究開発動向等の調査

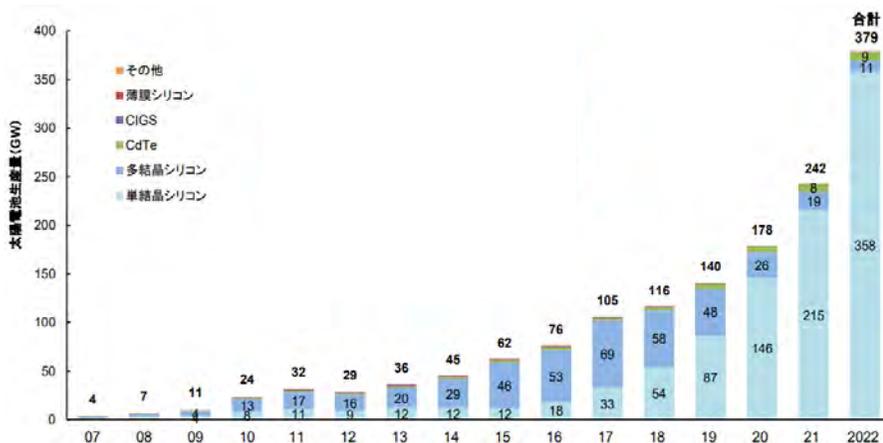


1 GHG削減 ① 再生可能エネルギー

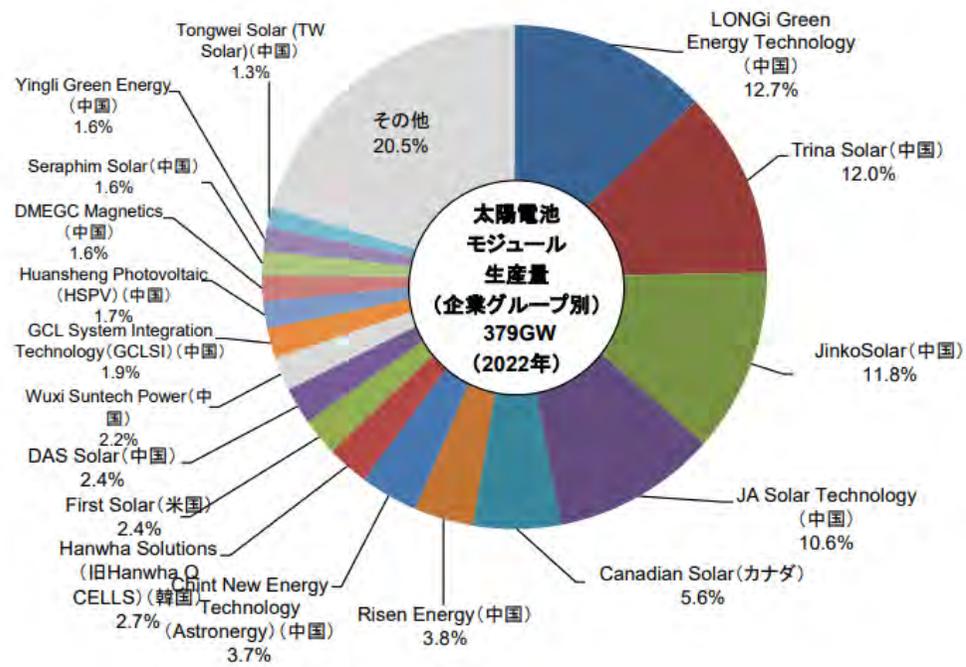
太陽電池の世界的な動向

- 太陽電池の世界生産量が増加する中で、中国のシェアが拡大。メーカー別に見ると生産量の上位10社が全体の7割を占め、そのうち7社が中国企業。

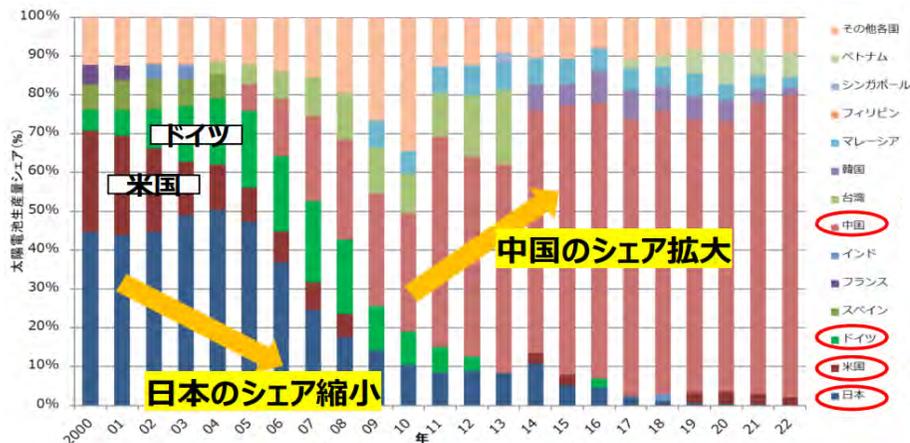
太陽電池の世界生産量推移



メーカー別太陽電池生産量



太陽電池の国際シェア推移



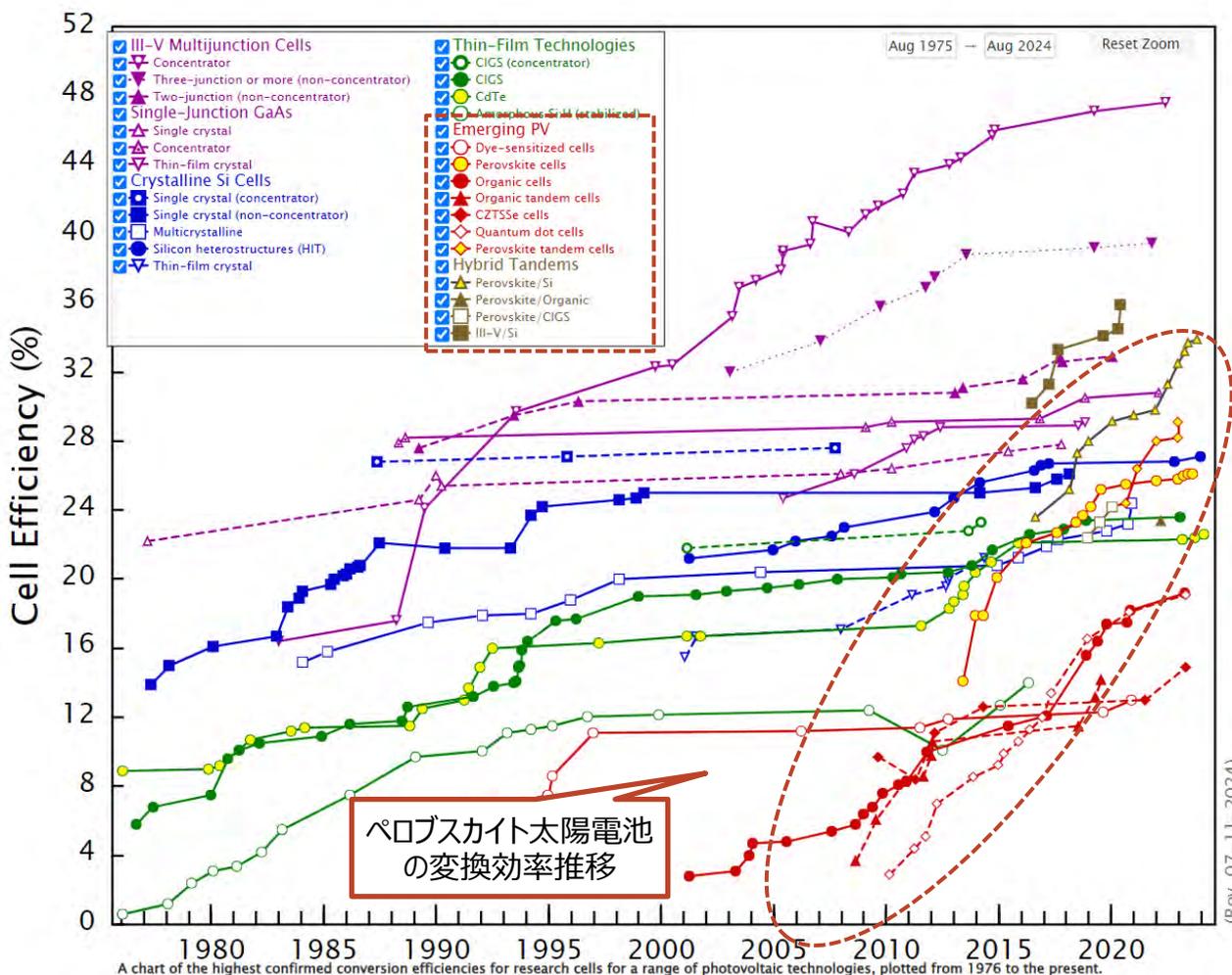
出典：NEDO 太陽光発電主力電源化推進技術開発／動向調査等
<https://www.nedo.go.jp/content/100974457.pdf>

ペロブスカイト太陽電池の世界的な動向①

- 各種太陽電池の最高変換効率ではペロブスカイト太陽電池の変換効率向上が顕著。ペロブスカイト太陽電池の特許出願件数では日本が上位を占めており、主原料であるヨウ素は日本が世界第2位の産出量（シェア30%）であることから、研究開発のポテンシャルが見込まれる。

各種太陽電池の最高変換効率の推移

出願人別出願順位



順位	出願人	件数
1	寧徳時代新能源科技（中国）	46
2	LONGI（中国）	27
3	積水化学工業（日本）	25
4	富士フィルム（日本）	24
5	メルク（ドイツ）	21
6	Huaneng CERI（中国）	19
7	天光材料科技（台湾）	17
8	パナソニック（日本）	15
9	LGエレクトロニクス（韓国）	13
10	カネカ（日本）	12

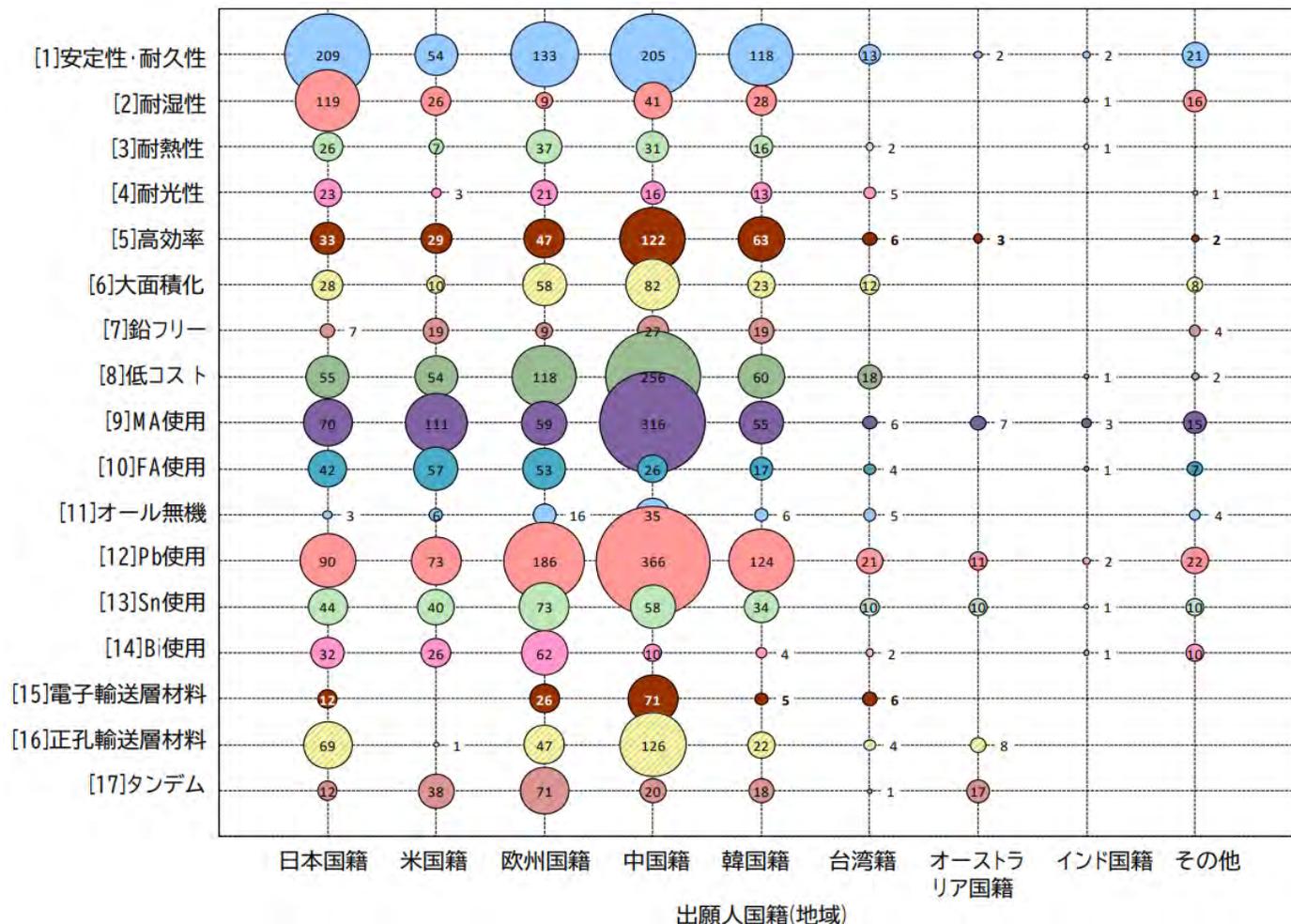
※検索条件は、キーワード：「perovskite」&「solar」、国：全世界
 検索日：2024年7月18日

出典：National Renewable Energy Laboratory “Interactive Best Research-Cell Efficiency Chart”
<https://www.nrel.gov/pv/interactive-cell-efficiency.html>
 EspacenetよりNTTデータ経営研究所作成
<https://worldwide.espacenet.com/patent/>

ペロブスカイト太陽電池の世界的な動向②

- ペロブスカイト太陽電池の技術別・地域別特許出願件数では、ペロブスカイト太陽電池のデメリット改善に向けた安定性・耐久性の向上や鉛使用に関する出願が多数。

技術区分別・地域別の特許出願件数



出典：特許庁 令和元年度大分野別出願動向調査「ペロブスカイト太陽電池」
https://www.jpo.go.jp/resources/report/gidou-houkoku/tokkyo/document/index/needs_2019_solarcell.pdf

太陽電池の主な開発メーカーの変換効率

- ペロブスカイト太陽電池は面積によって変換効率にばらつきが出るものの、シリコン太陽電池の変換効率に近い数値が実現。

ペロブスカイト太陽電池の特許出願数トップ10

事業者名	国	変換効率	種類
寧徳時代新能源科技	中国	—	—
LONGI	中国	33.9%	ペロブスカイト/シリコン・タンデム太陽電池
積水化学工業	日本	15%	フィルム型ペロブスカイト太陽電池(30cm角)
富士フィルム	日本	—	—
メルク	ドイツ	—	—
Huaneng CERI	中国	—	—
天光材料科技	台湾	—	—
パナソニック	日本	17.9%	ペロブスカイト太陽電池(804cm ²)
LGエレクトロニクス	韓国	—	—
カネカ	日本	19.8%	フィルム型ペロブスカイト太陽電池(0.1m ²)

太陽電池モジュール生産量トップ5

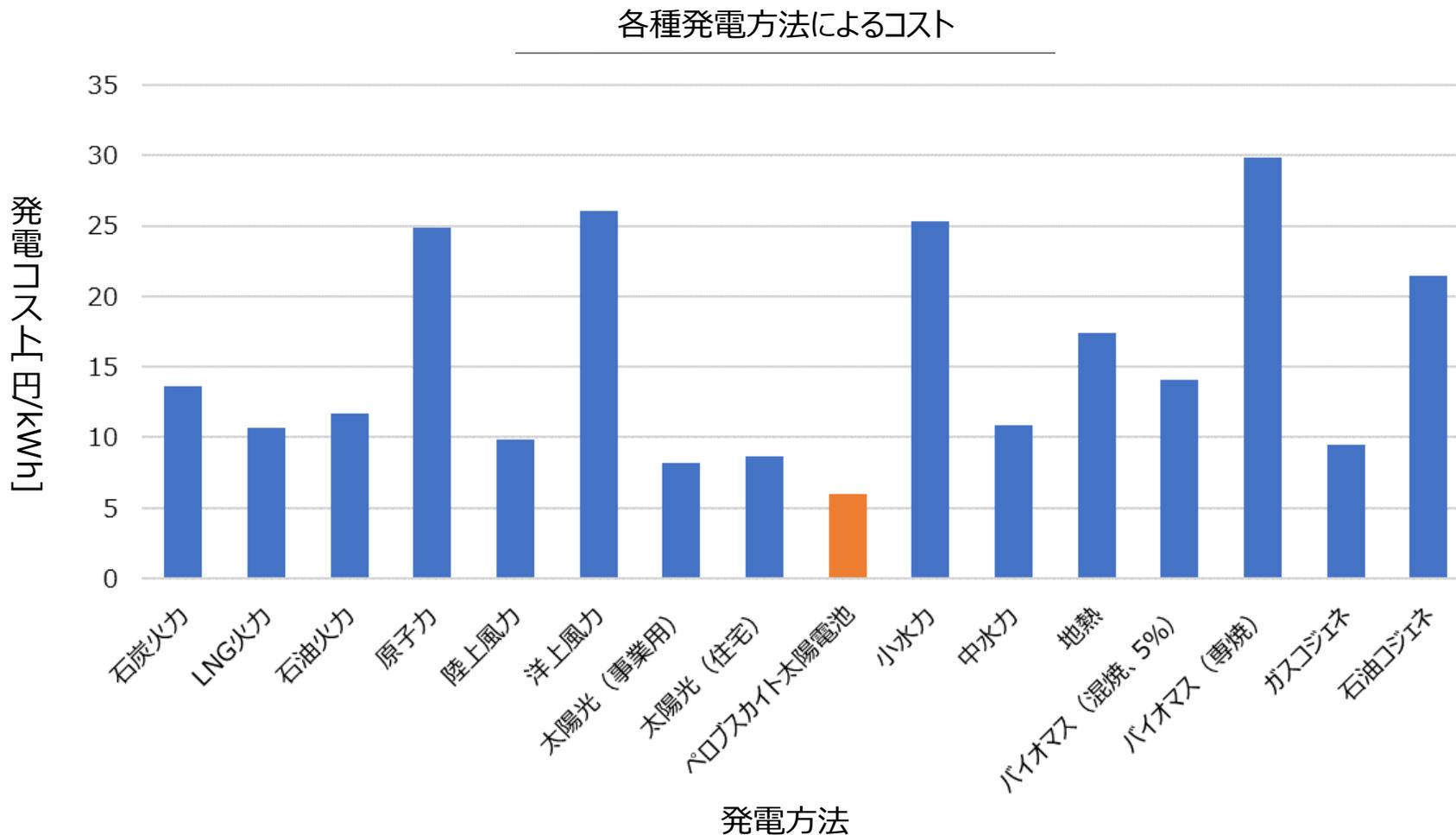
事業者名	国	変換効率	種類
LONGI	中国	27.1%	結晶シリコン太陽電池セル
Trina Solar	中国	25.0%	n型単結晶シリコン太陽電池セル
JinkoSolar	中国	26.4%	n型単結晶シリコン太陽電池セル
JA Solar Technology	中国	—	—
Canadian Solar	カナダ	21.0%	単結晶シリコン

その他日本企業

事業者名	国	変換効率	種類
エネコートテクノロジーズ	日本	16.9%	ペロブスカイト太陽電池(7.5cm角)
アイシン	日本	13.1%	ペロブスカイト太陽電池(30cm角)
東芝	日本	15.1%	ペロブスカイト太陽電池(703cm ²)

ペロブスカイト太陽電池のコスト

- ペロブスカイト太陽電池の量産体制が整い耐用年数20年となった場合、発電コストは6~7円/kWhとなり、他の発電方法と比較して安価で発電可能。



出典：資源エネルギー庁「発電コスト検証について」を参考にNTTデータ経営研究所作成
https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/mitoshi/cost_wg/2024/data/01_07.pdf

ペロブスカイト太陽電池の国内動向 官民協議会の設立

- 太陽電池の中でも日本発の技術として開発が進む「ペロブスカイト太陽電池」が海外でも研究開発が進められ、競争激化が見込まれるため、量産技術の確立等を官民関係者が総力を挙げて取り組むことを目的として官民協議会が立ち上がった。

政策の方向性（案）

- 次世代型太陽電池の早期の社会実装に向けては、**量産技術の確立、生産体制整備、需要の創出**に三位一体で取り組んでいく。
- ① 引き続き低コスト化に向けた**技術開発や大規模実証を支援**し、社会実装を加速。
- ② 2030年までの早期に**ギガワット級の量産体制を構築**し、国内外市場を獲得。
- ③ 次世代型太陽電池の**導入目標の策定**を通じて、**官民での需要を喚起**するとともに、予見性を持った生産体制整備を後押し。

官民協議会の概要

立ち上がり時期	2024年5月
目的	2050年カーボンニュートラルの実現のために、太陽電池の更なる活用を可能とする次世代技術の開発・実装、特にペロブスカイト太陽電池の開発が期待される。国内サプライチェーンを形成し産業基盤を確立する好機であり、海外を含めて今後、競争激化が見込まれる中、官民関係者が総力を挙げて取り組むことを目的とする。
主幹	経済産業省 資源エネルギー庁
協議会の構成	委員：学識経験者 協議会メンバー：37事業者（パナソニック、東芝等）、136自治体 (2024/5/29時点)

出典：経済産業省 第1回 次世代型太陽電池の導入拡大及び産業競争力強化に向けた官民協議会
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/perovskite_solar_cell/001.html

営農型太陽光発電の世界的な動向

- 営農型太陽光発電はエネルギー生産だけでなく、作物の保護や生産性向上、土壌や水の保護にも繋がるため海外でも注目。
- 畑地の上部に設置にするタイプに加え、ハウスの天井への設置や、垂直設置等も推進。

海外での営農型発電（Agrivoltaics）の事例

- 太陽光パネルにより温室に日陰を作ること蒸発が減り、水使用量を20～30%削減。



- 半透明なパネルにより太陽光の透過を調整し、熱・日焼け・夜間の霜等から作物を保護。



- 地上被覆率が調整可能であるため、季節や作物に合わせて日陰を調整。



※いずれの太陽光電池もシリコン型

- パネルが垂直に取り付けられているため牧草の成長阻害や防風、放牧酪農が可能。



出典：SolarPower Europe “Agrisolar Best Practice Guidelines Version 2”

https://api.solarpowereurope.org/uploads/1523_SPE_Agrisolar_report_06_hr_f1dd931253.pdf

ペロブスカイト太陽電池の開発：京都大学（日本）

・ 京都大学はNEDOのグリーンイノベーション基金事業において、軽量で柔軟、かつ発電効率の高いペロブスカイト太陽電池を開発。ビニールハウスでの活用等、農業分野での社会実装も想定。

- ・ Sn⁴⁺スカベンジャー法によりナノレベルの薄膜を実現。超薄型ガラスやフィルムを基材にした柔軟性を兼ね備えた軽量太陽電池が実現可能。
- ・ 重さは2.5 g/W以下。（従来の太陽電池は62.5 g/W）
- ・ 低温で塗布可能なため低コストで製造可能。2030年までに発電コスト14円/kWh以下の達成が目標。
- ・ 吸収する光の波長が異なるペロブスカイト半導体が4層重なった太陽電池の開発により、発電効率は27.9%を達成。膜厚の微修正により34.4%まで向上を見込んでおり、発電しながら走行する「ソーラカー」の実用化に繋がる35%が目標。
- ・ 屋内等の低照度（200ルクス）でも高い発電効率で、従来の太陽電池の2倍以上の出力を維持。（1000ルクス：93.9 μW/cm²、200ルクス：17.6 μW/cm²）

【社会実装状況】

- ・ これまでの研究成果をもとに、2018年に大学発ベンチャー（株式会社エネコートテクノロジーズ）を設立

【予算】

- ・ NEDO グリーンイノベーション基金事業
- ・ 2021年度～2025年度（第1フェーズ）
- ・ 約64億円

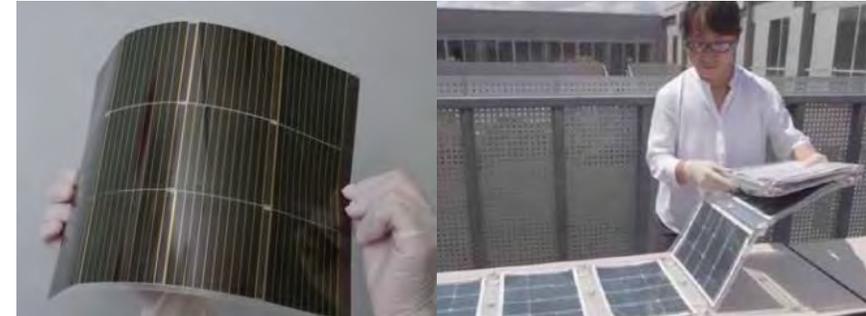
出典：京都大学 化学研究所・株式会社エネコートテクノロジーズ

「実用化に向けたペロブスカイト太陽電池の開発研究」 [sympo40_s5_doc3.pdf \(jpea.gr.jp\)](https://sympo40_s5_doc3.pdf(jpea.gr.jp))

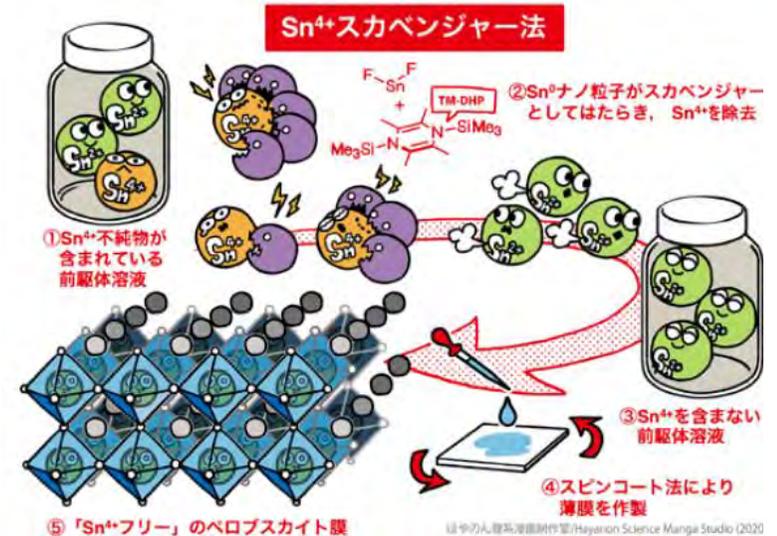
NEDO「次世代型太陽電池の開発」実施体制・事業戦略ビジョン

<https://green-innovation.nedo.go.jp/project/next-generation-solar-cells/scheme/>

フィルム型太陽電池



薄膜形成技術



波長選択型有機太陽電池の農業利用：大阪大学（日本）

- 大阪大学は、作物の光合成に必要な青・赤色光を透過し、光合成への寄与が少ない緑色光を発電に用いる緑色光波長選択型の有機薄膜太陽電池（OSC）を開発。
- シリコン太陽電池やペロブスカイト太陽電池と比較して安全性や収穫量等の向上を実現。

- 通常のOSCは、幅広い可視光領域の光を吸収可能な材料を用いるが、本研究では緑色光波長選択性を示す材料を組み合わせることで、緑色光波長選択の高性能化を実現。
- 約0.8kg/m²と軽量で、材料に鉛等有害な物質を含まないため廃棄が容易。光を透過するためビニールハウス等では全体を覆うことが可能。
- 青・赤色光を選択的に透過し光量が調整されたことにより、ジャガイモ119%、ほうれん草117%の単収増加。
- 発電容量は1kW/m²、発電効率は4~6%であり、将来的には近赤外線も吸収することで発電効率9%が目標。

実用性：縦40m、横5m、アーチの長さ2.5πのビニールハウスの天井（300m²）に設置する場合、日照時間を6時間と仮定して、発電効率を3%とすると、農業ハウス用ヒートポンプは16時間、農業ハウス用除湿器は30時間運転可能。

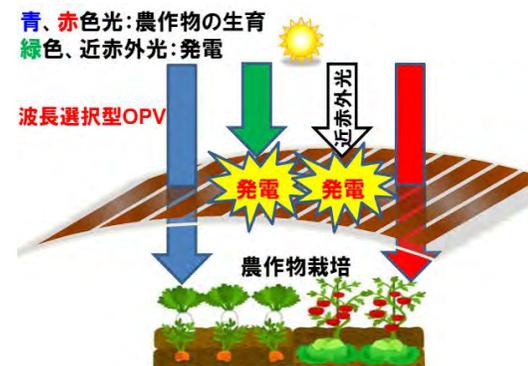
【社会実装状況】

- 実証段階：岡山県立真庭高等学校と連携し、同校の食農生産科が有する農業用ハウスにOSCを設置する実証プロジェクトを2024年12月より開始。

【予算】

- NEDO エネルギー・環境新技術先導研究プログラム
- 2021年4月～2023年3月

技術概要



農業用ハウスでの利用形態の比較



1 GHG削減 ① 再生可能エネルギー

養殖場と一体化した沖合浮体式洋上風力発電：Longyuan Power Group（中国）

- Longyuan Power Groupは、沖合浮体式風力発電と養殖を組み合わせた世界初の海洋再生可能エネルギーによる発電システムを開発。浮体式の基礎部分に養殖漁業用のネットケージを装備。

- 中国福建省莆田市にある南日島の国家海洋牧場実証区内の水深約35mのエリアに建設され、それぞれが4MWの洋上風力発電をサポートする3つの柱状の半海中浮体式プラットフォームを装備。軽量でフレキシブルな太陽電池モジュールを浮体基礎の上部に搭載。
- プラットフォーム中央の六角形のスペースは魚の養殖に利用可能。飼育水域は約10,000m³。稚魚が1匹あたり700～800gまで成長する1回の養殖サイクルは3～4ヶ月であり、水産物の収入は数千万円。
- 太陽電池と風力発電の両方のフル稼働時には1日9万6000kWhの発電能力があり、これは4万2500人が1日に消費する電力量に相当。
- 給餌や養殖魚の監視、水質管理等を遠隔で行うことで運用効率が向上。
- 浮体部分は、1辺約70mの三角形で高さは24m。喫水14m、総重量4,900トン。

- ✓ なお、中国科学院は2022年に海洋牧場3.0フレームワークという考えを発表し、センサーや水中カメラを活用したデータ活用型養殖システムと洋上風力発電を組み合わせ環境配慮型の海面養殖を提案しているため、このような取組がさらに推進されると予想。

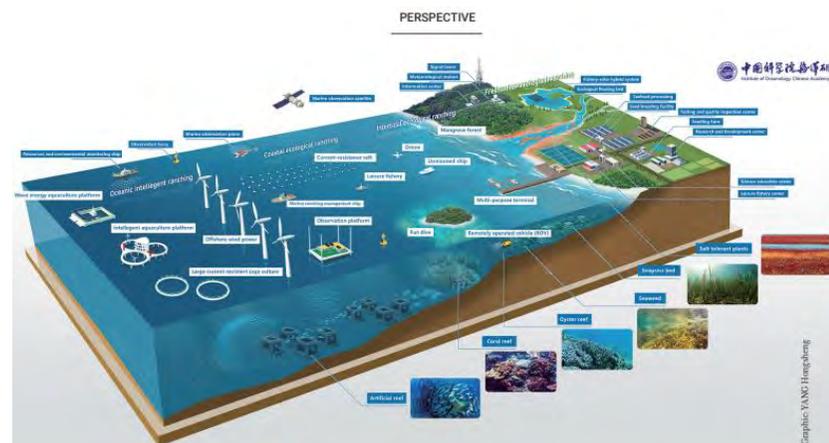
【社会実装状況】

- 2024年7月から稼働開始。

発電設備の全体像と基礎部分



海洋牧場3.0フレームワーク



出典：KYODO NEWS PRWIRE「Shanghai Electricの洋上タービンを搭載、海洋牧場と一体化した世界初の沖合浮体式風力発電プロジェクトが完成」

<https://kyodonewsprwire.jp/release/202311062331>

人民網日本語版「世界発の風力発電・漁業融合浮体式プラットフォームが稼働開始」 <http://j.people.com.cn/n3/2024/0711/c95952-20192346.html>

中国科学院 Marine Ranching: China's Blue Solution for Food Security <https://bcas.edpsciences.org/articles/bcas/pdf/2024/01/bcas2024016.pdf>

1 GHG削減 ① 再生可能エネルギー

微生物燃料電池と水耕栽培の組み合わせ：Mi-Hy（ベルギー）

- ベルギーのMi-HyはEUのHorizon Europeによる助成を受けて、微生物燃料電池と水耕栽培を組み合わせた世界初のシステムを開発中。

- 光合成に必要なLED用の電力は微生物燃料電池より発電し、廃水1mLあたり1mWを発電するように設定。光合成を最適化するためにLEDの波長を固定。
- 現在のところポンプやその他装置のエネルギー消費を相殺可能なほど効率よく発電する微生物燃料電池は未開発。
- 人工根圏が形成されると、微生物の窒素吸収が促進されるため、人工的な窒素源が不要。Mi-Hyはバイオフィルムの形で水耕栽培で人工根圏を形成。

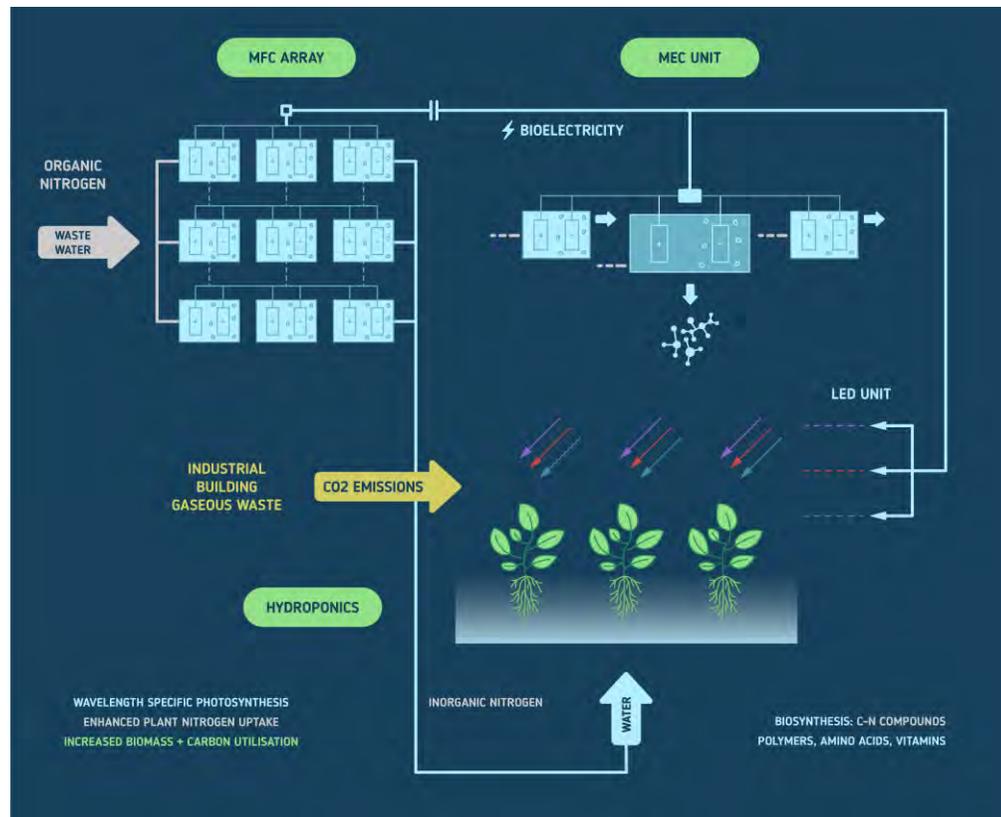
【社会実装状況】

- 研究段階

【予算】

- Horizon Europe
- 2,890,605ユーロ
- 2023年11月～2027年10月

水耕栽培システムのイメージ



出典：Mi-Hy, <https://www.mi-hy.eu/circularity/>
CORDIS, <https://cordis.europa.eu/project/id/101114746>

1 GHG削減 ① 再生可能エネルギー

センサ駆動可能な微生物燃料電池：農研機構、旭化成エレクトロニクス（日本）

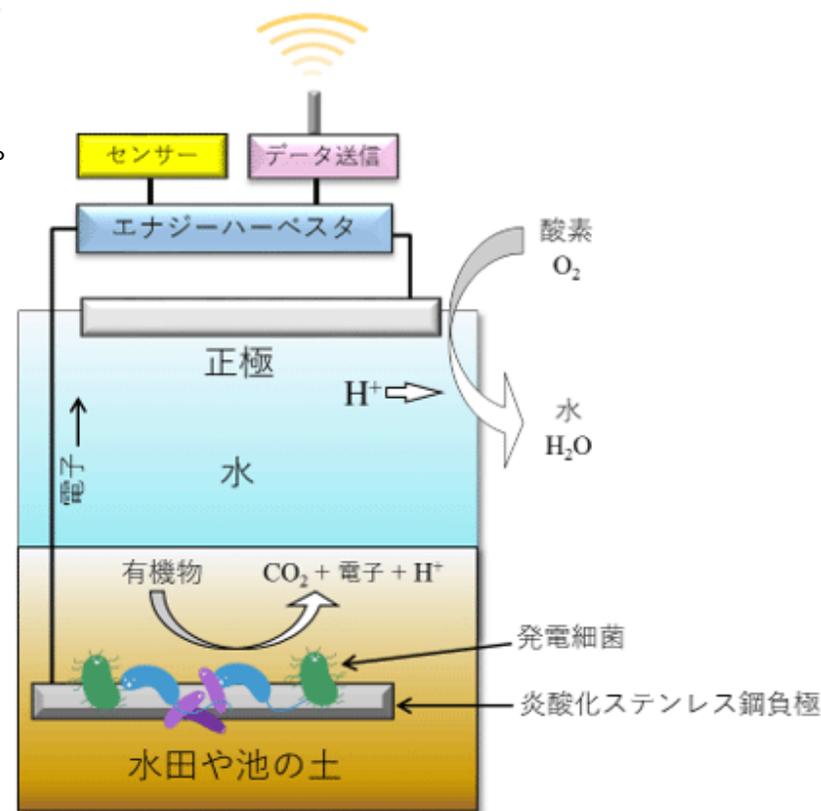
- 農研機構と旭化成エレクトロニクスは、微生物燃料電池と電力を効率的に回収するエネルギーハーベスティング技術を組み合わせることで、微生物による化学反応から生じる微量の電力でセンサを駆動できる微生物燃料電池システムを開発。

- 従来の微生物燃料電池は、高価な部材が必要であり、さらに材質が劣化しやすいこと等が実用化に向けて課題。
- 低出力で小型、低コストの微生物燃料電池からでも利用可能な電力を引き出せる高性能エネルギーハーベスタは、微生物燃料電池の実用化において重要。超低消費電力型エネルギーハーベスティング技術により従来では難しかった低出力の微生物燃料電池（2μW）からでもエネルギーを回収し、CO₂センサを駆動させることに初めて成功。
- ステンレス鋼の表面を炎で酸化した電極を使用することで、低コスト(従来と比較して1/10以下)かつ長期の使用に耐える微生物燃料電池を開発。

【社会実装状況】

- 2020年12月に微生物燃料電池「マイクロブパワー」として販売
- 価格：¥38,500（税込）
- 出力：DC1.0～1.8V
- 重量：約5kg（完成時）

微生物燃料電池システムの概要図



高効率な微生物燃料電池：栗田工業（日本）

- 栗田工業は、実用化に向けてスケールアップした微生物燃料電池を開発し、発電量0.55mW/mLという世界最高レベルの性能を達成。

実排水を対象とした発電実証試験

- 2022年1月、微生物燃料電池の構造の最適化を図り、日清紡ホールディングスと共同で微生物発電セルの実規模サイズへのスケールアップに成功。
(素材や構造に関する詳細は非公開。)
- 実規模サイズでは他に例のない、COD_{Cr}（排水中の汚濁物質質量を示す）除去速度20kg/m³/d、発電量0.2mW/mLという世界最高レベルの性能を達成。
- 2024年11月、実排水を対象とした実規模サイズセルによる発電実証試験を実施し、発生させた電力での電気機器の連続稼働を確認。発電量は最大で0.55mW/mLを達成。

【社会実装状況】

- 実証段階：今後は災害時等の一般向け電源としての活用を模索するとともに、工場排水処理用途でも実排水を対象とした長期実証試験等を通じ、技術開発を推進。



し尿を浄化して水洗用水として循環利用できる自己処理型水洗トイレにトイレ排水の一部を微生物燃料電池の実規模サイズセルに供給。発生させた電力により、それぞれ単三電池3本で動作するデジタル時計とLED電球計60個からなるイルミネーションの稼働を試験。



セルサイズ：1m × 45cm

木質バイオマスからのSAFと魚用飼料の同時生産技術：メイン大学（アメリカ）

・アメリカのメイン大学は、低品位木質バイオマスから魚の飼料成分とSAFを同時生産する技術を開発。

- ・メイン州では干ばつや製紙生産の減少等による、小径木や枝等の低品位木質バイオマス（LWB）の存在が課題。
- ・SAFの生産には、リグニンや糖生産時の副産物等の固体を、高温高压の水により熱分解する技術（水熱液化_※）を使用。
- ・魚用飼料の生産には、木材から抽出された糖分を利用して、独自の微生物発酵プロセスからタンパク質を合成。

【社会実装状況】

- ・実証段階

【予算】

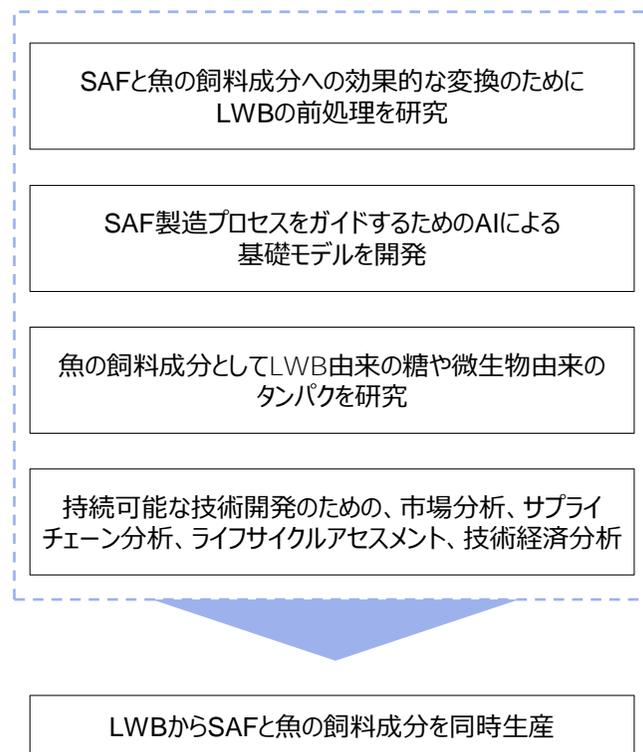
- ・米国農務省の農業・食品研究イニシアチブ（CFDA）による助成プログラム。
- ・メイン大学、マサチューセッツ大学ローウェル校、米国農務省農業研究局、Arbiom社が連携。
- ・1000万米ドル
- ・2024年3月～2029年2月

※水熱液化：水の臨界温度、臨界圧力よりも高い状態である超臨界状態において、リグニンやセルロース、ヘミセルロースなどの高分子を熱分解し、オイルを得る技術。

出典：USDA “SUSTAINABLE WOOD TO FUEL AND FISH FEED (SWF3) FOR STRENGTHENING THE US BIOECONOMY”

<https://portal.nifa.usda.gov/web/crisprojectpages/1031699-sustainable-wood-to-fuel-and-fish-feed-swf3-for-strengthening-the-us-bioeconomy.html>

研究開発の流れ



第二世代バイオエタノール生産実証事業：大興製紙（日本）

- 大興製紙とBiomaterial in Tokyoは、未利用バイオマス資源からSAFの原料となる第二世代バイオエタノールの生産技術を開発・実証。

- 建築廃材等から生成するクラフトパルプを原料として、糖を発酵してエタノールを生産する微生物から得られるセルロースやヘミセルロースを加水分解する酵素を用いたバイオエタノール生産技術を開発・実証。
- 本事業では大量生産や価格低下を目的として、自社で酵素の製造技術を開発予定。
- 2027年までに年間2万klのバイオエタノール生産が目標。
- 製造原価は、2028年度時点で海外の市場価格を参考にし、2030年度時点で2028年度比減を目指す。

【社会実装状況】

- 実証段階

【予算】

- NEDO バイオものづくり革命推進事業
- 事業規模195億円（NEDOによる支援規模96億円）
- 2023年度～2027年度

事業概要



※第二世代バイオエタノールは、食料資源を原料とする第一世代バイオエタノールに対し、木質バイオマス等の非可食資源を原料としたバイオエタノールを指す。SAFとして使用するには、CORSIA（Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation）適格燃料として認証を取得する必要がある。

出典：NEDO Webサイト, <https://www.nedo.go.jp/content/100977300.pdf>
 レンゴー株式会社HP, https://www.rengo.co.jp/news/2024/24_news_014.html

BECCSを活用したFT合成によるSAF製造：三菱重工業（日本）

- 三菱重工と東洋エンジニアリングは、ガス化FT合成※プロセスの事業性（競争力）を確保し、日本国内での航空燃料の需要を担うためにBECCS※を活用したビジネスモデルの実現可能性を検証。

- 国内調達では原料不足から大規模化できず、CO₂削減効果は十分でないが、海外で事業を行った場合、SAF供給量は1地点あたり5～10万kl/年。HEFA法と比較して2.5倍以上のCO₂削減効果があるが、HEFA法よりは高価となる見込み。
- 農業残渣の活用を想定し、有望な原料でSAF製造の原料評価及び前処理技術の検証を実施中。
- 農業残渣の活用により、木質バイオマスと比較して低価格になること、原料の安定供給、高いCO₂削減効果が期待。

【社会実装状況】

- 実証段階
- 【予算】
- 記載なし

※FT合成とは、廃木材、林地残材、農業残渣、紙ごみ等をガス化した後、ガス分子の結合により灯油と同じ構造の液体燃料にする方法。

※BECCSとは、CO₂回収・貯留技術（CCS）とバイオマスエネルギー（BE）を結び付けた技術を指す造語。エネルギー利用の為にバイオマスを燃焼した場合はカーボンニュートラルとみなされるが、このバイオマス燃焼時のCO₂を回収・貯留することで、CO₂排出量は純減となる。

提供サービスイメージ



農業残渣の種類・特色

種類	主産物	特色
EFB	パーム オイル	EFB（パームヤシ空果房）はパームオイルの生産プロセス上やむなく排出されるため、LCA（ライフサイクルアセスメント）及び土地利用変化に伴うCO ₂ 排出量はゼロと評価。1年を通じて供給され、数百t/日程度確保可能。
もみ殻	米	もみ殻は米の生産プロセス上やむなく排出されるため、LCA及び土地利用変化に伴うCO ₂ 排出量はゼロと評価。季節によって生産量が異なり、数～数十t/日程度確保可能。他原料と混焼する使い方が最適。
ミスカンサス	—	主産物に該当する為、原料生産に関わるLCA評価が必要だが、土地利用変化に伴うCO ₂ 排出量がマイナスであることから、他原料と比較してLCAが低い特徴を有する。荒地で栽培可能であり、SAF製造計画に併せて必要量を栽培。

CH₄の除去技術：王立工科大学（スウェーデン）等

• スウェーデンの王立工科大学等は、畜舎に設置して空気中のメタン(CH₄)を分離又は変換する技術を検証。

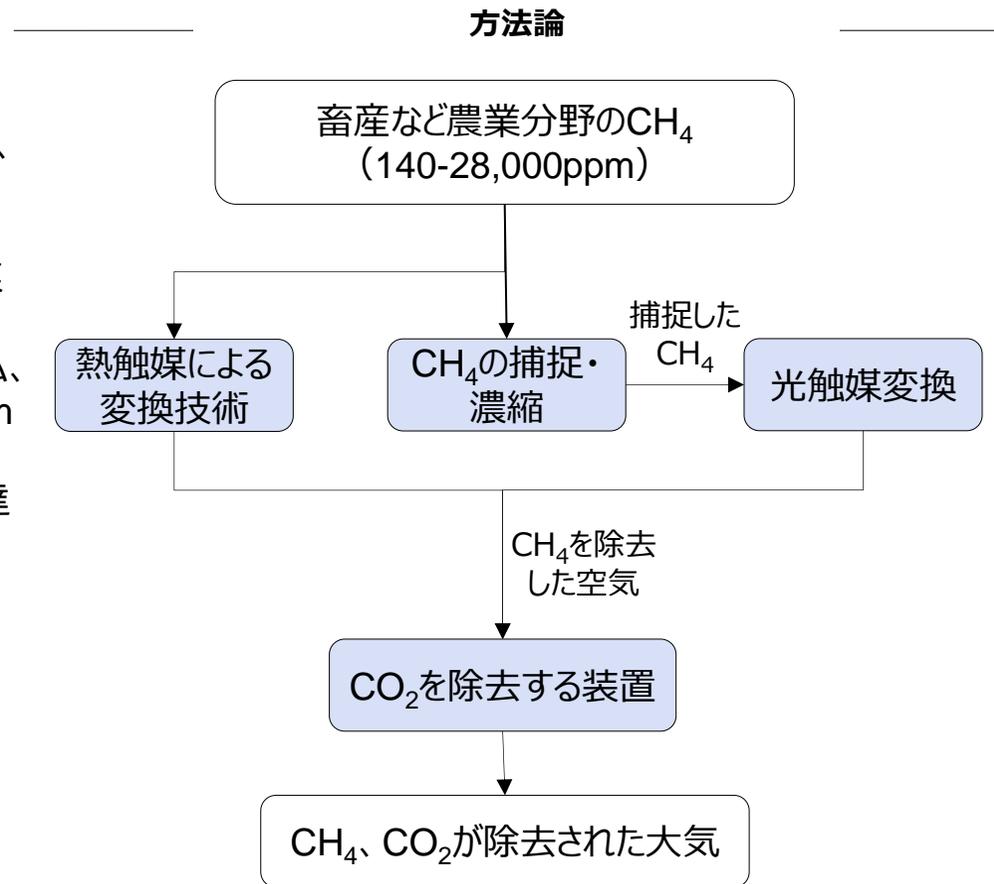
- CH₄は大気中の濃度が低いいため除去が困難。また、EUのCH₄排出量の約50%を農業部門が占める。
- 開発中のCH₄の除去技術は①熱触媒により低温燃焼する技術と、②捕捉して光触媒変換する技術の2つ。
- (技術①) 通常、CH₄の燃焼が可能となる最低濃度は50,000ppmであるが、低濃度CH₄ (10-10,000ppm) の熱触媒による低温燃焼の技術を検証。
触媒としては、遷移金属系酸化触媒（コバルト、マンガン、バリウム、ニッケル等）を使用。酸化コバルト（Co₃O₄）触媒は濃度10ppmのCH₄に対し、380℃で90%の変換率を達成。また、マンガンを添加した触媒（Co₃O₄-MnxOy）により330℃で90%の変換率を達成。
- (技術②) 空気中のCH₄を効率的に分離、変換するフィルターを開発するために、NIST/ARPA-E Database of Novel and Emerging Adsorbent Materialsの8,000以上の吸着剤のデータを基に素材をスクリーニング。また、酸化チタンや酸化銅/酸化亜鉛ベースの光触媒システムの活用を検討。

【社会実装状況】

• 実証段階（TRL 3-4）

【予算】

• Horizon 2,996,941ユーロ（2022年10月～2026年9月）



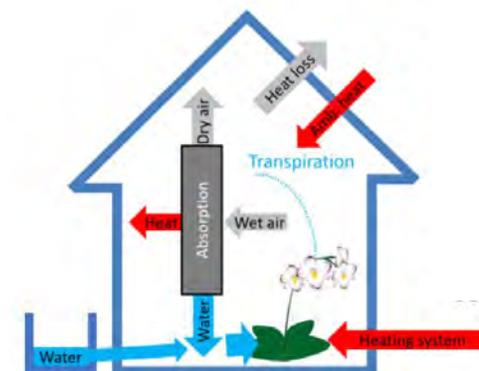
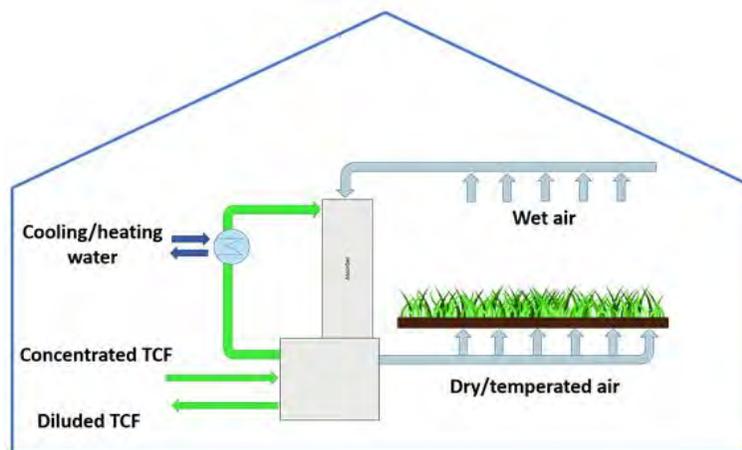
出典：REPAIR, <https://repair-eu.com/>より作成
 ①<https://repair-eu.com/2024/11/18/mitigation-of-methane-from-low-concentration-sources-using-transition-metal-based-oxidation-catalysts/>
 ②<https://repair-eu.com/2024/09/04/screening-materials-for-removal-of-methane-ch4/>

温室農業における熱化学流体の応用：チューリッヒ大学（スイス）

- スイスのチューリッヒ大学は、温室農業のエネルギー効率改善を目的として、高濃度の塩化マグネシウム水溶液（熱化学キャリア溶液：TCFとよばれる）の吸湿により発熱する特性を利用し、加熱、湿度制御をする技術を研究。

TCFを利用した温室のエネルギー循環

- 温室内の植物の蒸散によって生成された湿った空気をTCFが吸湿し、熱を放出することにより加温。
- 温室内の空気を循環させ、TCFにより湿度を調節できるため換気の必要がなくなり、室温の低下を防止。
- 吸湿したTCFを再生するため、温室の外で熱を与えて水を蒸発させる必要があるが、この過程で必要なエネルギーは太陽熱や残留熱等の低温熱。



【社会実装状況】

- 研究段階

【予算】

- HORIZON2020
- 4,651,865ユーロ
- 2020年9月～2024年5月



1 GHG削減 ② その他

ダイレクト・オーシャン・キャプチャ：キャプチュラ（米国）

- 米国カリフォルニア工科大学発のスタートアップであるキャプチュラ（2021年設立）は、大気よりも海水でCO₂濃度が高いことに着目し、独自の膜により海水からCO₂を回収する事業を実施。
- 現状ではダイレクト・オーシャン・キャプチャ（DOC）のコストは高いが、海洋酸性化の影響のある海面養殖とのシナジーに期待する声もある。
- 海水の1%をバイポーラ膜電気透析装置（アニオン交換膜とカチオン交換膜を張り合わせた構造。水を2層の間で電離し、生じたH⁺とOH⁻を各電極に引き寄せる。）を用いて塩酸と水酸化ナトリウムに分離。
- 生成した塩酸を海水に加えてpHを約8.1から4に変化させ、海水中の溶存無機炭素を溶存CO₂に変換しガス抽出システムにより分離。海水は水酸化ナトリウムを加えて中和後に放流。
- ロサンゼルス港の海洋研究施設AltaSeaに設置されたパイロットプラントでは100トン/年の回収であるが、2024年設立のハワイオーシャンサイエンス&テクノロジーパークに設立するプラントでは1000トン/年の回収を予定。
- バイポーラ膜電気透析装置の膜は現在市販のものを使用しているが、キャプチュラ独自の膜を開発することでシステム効率を7～10倍向上予定。
- 電気透析とガス抽出システム、膜の改良によって回収効率を高め、100～200ドル/トンを実現する予定。

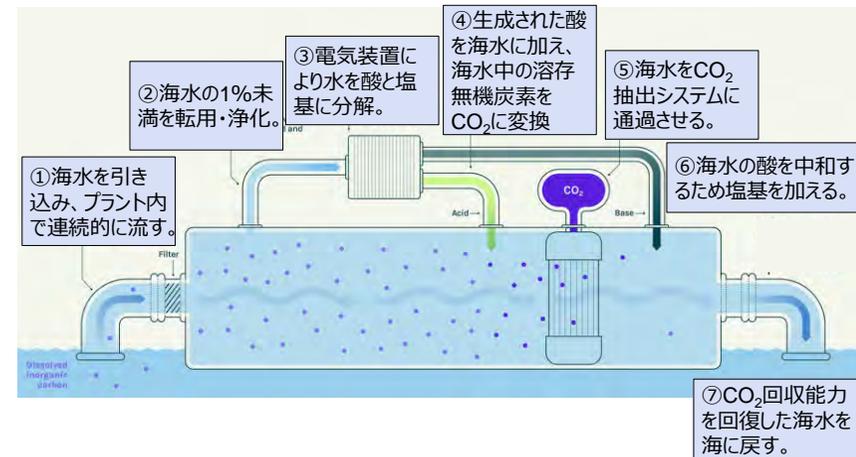
【社会実装状況】

- 実証段階（TRL 6）
社会実装に向けて、コスト削減、大規模展開技術の実証やCO₂除去量を正確に測定するシステムを検証。

（資金調達）

- シリーズA 3350万ドル（2024年1月時点）
- フューチャー・プラネット・キャピタル、エクイノール・ベンチャーズ、日立ベンチャーズ等が出資

キャプチュラのDOCシステム



CO₂回収100トン/年規模の施設



回収したCO₂は地中貯留又は燃料生産やコンクリート製造での利用を想定。

農業生態系における炭素循環定量化：ミネソタ大学（アメリカ）

・ミネソタ大学とイリノイ大学が、農業生態系の炭素循環に関する正確かつ高解像度の予測モデルを開発。

- 従来使用されてきたプロセスベースモデル（PBモデル）であるecosys[※]やデータ駆動型機械学習（MLモデル）では難しかった農業生態系における炭素循環の定量化について、PBモデルの合成データ（作物収量、植物の光合成による炭素固定量、土壌炭素の変動率、気候データ、土壌特性など）を活用しながら機械学習の計算効率と予測精度を向上させる知識主導型機械学習（KGML）フレームワークを開発。
- 炭素フラックス[※]の定量化に関する精度0.94-0.96を達成。従来のPBモデルの値は0.67-0.89および0.59-0.88。土壌有機炭素の変動値の推定精度は実測値に近似。
- アメリカのコーンベルトを実証先として使用した結果、開発したKGMLは炭素循環の定量化が従来のPBモデルと比較して1万倍以上高速。
- 農業生態系の炭素循環を正確かつ費用対効果の高い方法で定量化するMMRV[※]の開発に寄与。

【社会実装状況】

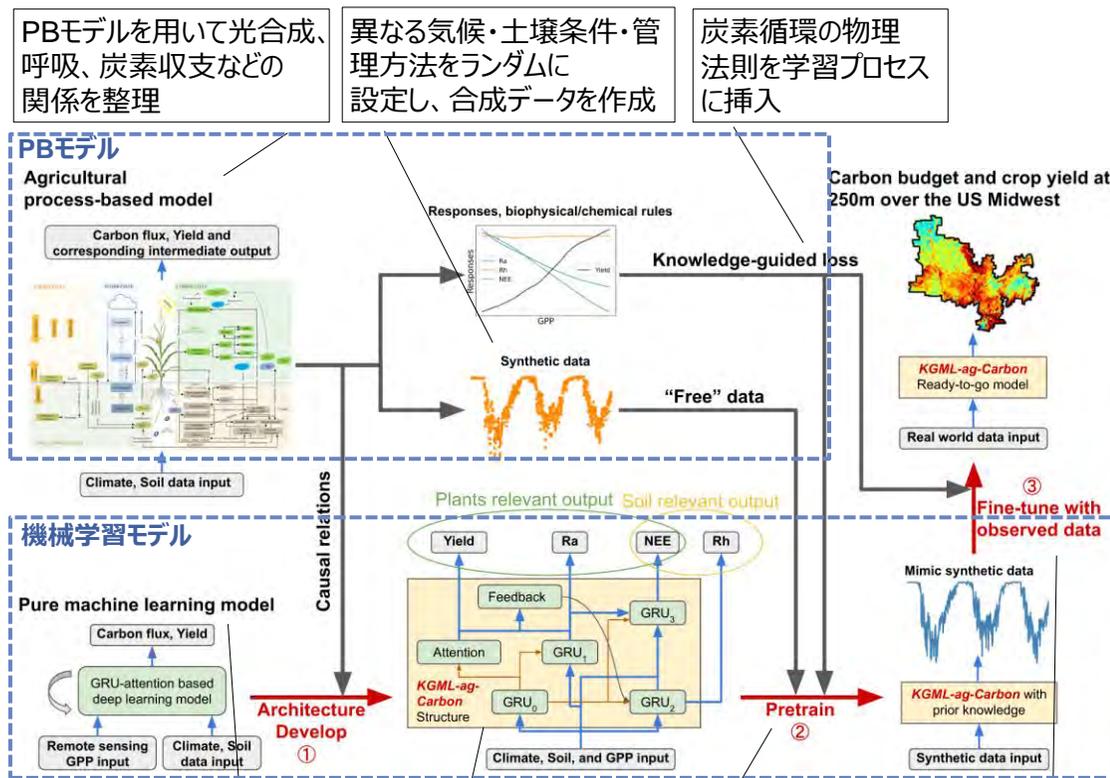
・実証段階

※ecosys：土壌管理のための炭素および窒素の動態のモデリング。詳細は、Grant, R. A Review of the Canadian Ecosystem Model—ecosys. in Modeling Carbon and Nitrogen Dynamics for Soil Management (CRC Press, 2001)。

※炭素フラックス：炭素プール間の炭素の移動。

※MMRV：農業でのGHG排出量の信頼性のある測定、監視、報告、検証。

KGML開発の流れ



機械学習モデルを構築し、時系列データを適切に処理できるように設計

KGMLモデルを4つの主要サブモジュールで構成し、炭素フラックスの各プロセスを個別に学習

PBモデルを使って大量の合成データ（シミュレーションデータ）を作成しKGMLモデルを事前学習

より現実的な炭素フラックスを予測できるようにするため、実測データを用いてKGMLモデルの精度を向上

Yield：作物収量 Ra：独立栄養呼吸 NEE：ネット生態系炭素交換 Rh：従属栄養呼吸

出典：Nature Communications Published:08 January 2024

バイオガスから医農薬原料やポリマーの合成：神戸大学（日本）

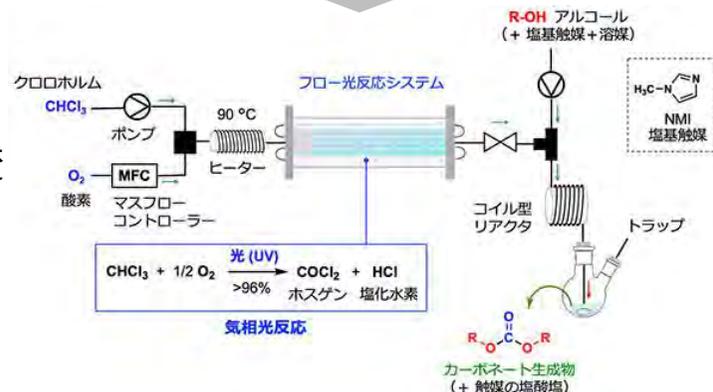
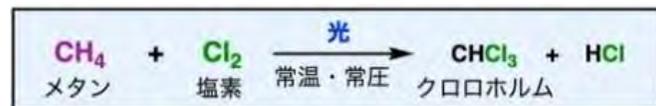
・神戸大学、神戸市、光オンデマンドケミカルが下水、家畜の糞尿、食品廃棄物等から発生するバイオガスを使って、医農薬原料やポリマーの合成に成功。

- ・ホスゲンは、医農薬やポリマーの原料として世界で大量に生産・消費されている物質。一酸化炭素と塩素の熱反応により得られる化合物で、水分と接触すると塩酸と二酸化炭素に加水分解。
- ・神戸大では2010年に世界で初めて光オン・デマンドホスゲン化反応の開発に成功し、2024年までに37件の国内及び国際特許を取得。2024年に光オンデマンドケミカル(株)を創業。
- ・メタン又はバイオガス（約60%のメタンと約40%の二酸化炭素を含む）と塩素を反応させて得たクロロホルムに対して酸素を加え、紫外線を照射することで、96%を超える変換率でホスゲンの合成に成功。ホスゲンと反応させる基質と触媒が速やかに添加され、発生したホスゲンを取り出すことなく、即座に反応が進行して生成物を合成。
- ・ホスゲン生成後の反応基質等を変えることにより、クロロギ酸エステル、カルボン酸塩化物、カーボネート、尿素誘導体、イソシアネート、エステル、芳香族アルデヒド、ニトリル化合物等の有用化学品の合成に成功し、計17種類の化合物の合成を達成（34～99%収率）。

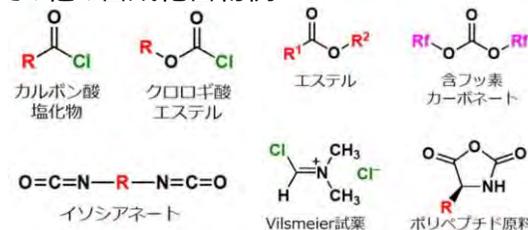
【社会実装状況】

- ・実証段階
- ・特許出願PCT/JP2024/36434（特願2023-176533のPCT出願）（資金調達）
- ・R6 NEDO NEP躍進（上限3,000万円）
- ・R6 KOBEゼロカーボン支援補助金（上限500万円）

光オン・デマンドホスゲン化反応を利用した 医薬品原薬、農薬原料等の流れ



その他の合成化合物例



【用途】医薬品原薬・中間体、農薬原料、香料、接着剤、粘着剤、グリースなど

出典：光オンデマンドケミカル株式会社、神戸大学より作成

<https://www.kobe-u.ac.jp/ja/news/article/20241016-66152/>
https://www.kobe-u.ac.jp/ja/news/article/2022_11_16_01/

2 環境保全 ① 化学肥料削減 (資材)

二重機能バイオ炭：オーバーン大学 (米国)

• 米国のオーバーン大学は、農地から余剰リンを回収し、緩効性リン肥料として機能する二重機能バイオ炭の開発を目的とし、現在研究中。

- バイオ炭は一般的に、作物の生育や土壌環境を改善するためにリン吸着・再放出が最適化するように設計されていない。
- オーバーン大学では、バイオ炭のリン吸着性を向上させるため、バイオ炭表面や内部細孔構造への官能基導入や金属（マグネシウムや鉄等）添加を行い、その影響を検証。
- 特にマグネシウムを添加したバイオ炭（右図Mg/BC群）は、通常のバイオ炭に比べて窒素吸着が約20倍、リン吸着が約5倍増加。
- リン放出特性の評価を行うことにより、緩効性リン肥料としての機能を担保。

【社会実装状況】

- 研究段階

【予算】

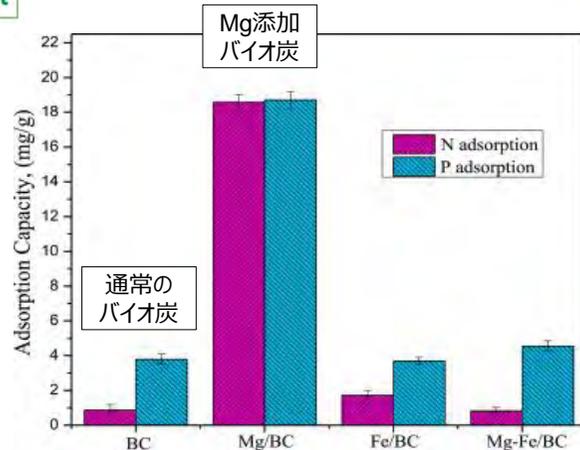
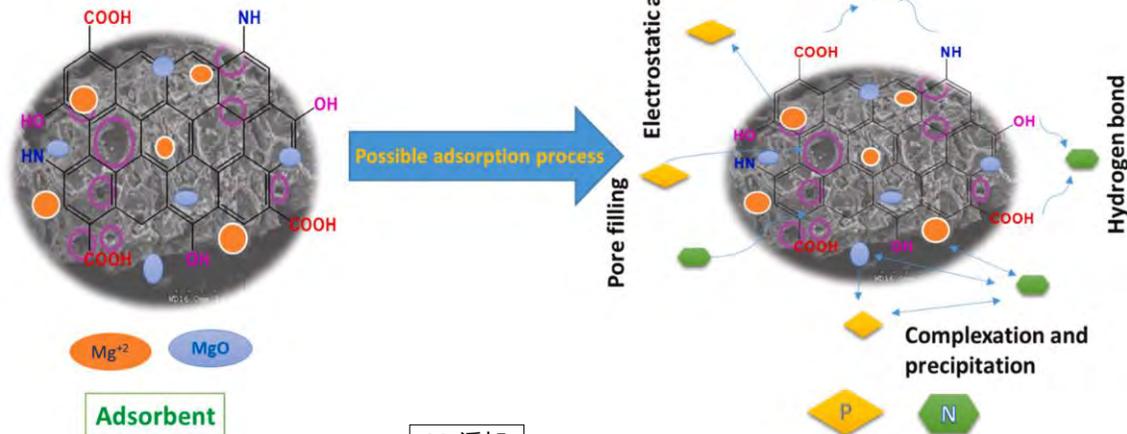
- AFRI競争的助成金
- 999,586ドル
- 2023年6月～2027年1月

出典：

<https://portal.nifa.usda.gov/web/crisprojectpages/1029695.html>

マグネシウム添加バイオ炭のリン・窒素吸着

松の樹皮由来のバイオ炭を使用。水中でMgCl₂ととも攪拌。105°C乾燥、500°Cで焼成。水洗いして乾燥。



出典：<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.142130>

遺伝子改変微生物資材 : Pivot Bio (米国)

• 米国のスタートアップ企業Pivot Bio社は、ゲノム編集により窒素固定能力を増強した微生物肥料を開発。トウモロコシ用の生物学的窒素固定 (BNF) の商用化資材として注目。

- 微生物資材は、窒素固定細菌 *Kosakonia sacchari* 及び *Klebsiella variicola* で構成され、トウモロコシ、コムギ、ソルガム等に対応。
- 通常、窒素固定細菌は、*nifL* 遺伝子により土壌窒素が高濃度な条件下では窒素固定活性が低下。ゲノム編集により *nifL* 遺伝子を働かなくすることで、高濃度窒素条件下でも窒素固定を促進。
- 255件の圃場試験の結果、トウモロコシの化学肥料 (約23-45kg/ha) を微生物資材PROVEN®40に置き換えることで植物体内の窒素量が7%増加。
- 2022年のノースカロライナ州立大学の報告では、通常に比べて約45kg/ha少ない窒素施肥 (約22%減) で、トウモロコシの収量が最大約879kg/ha増加 (約7%)。

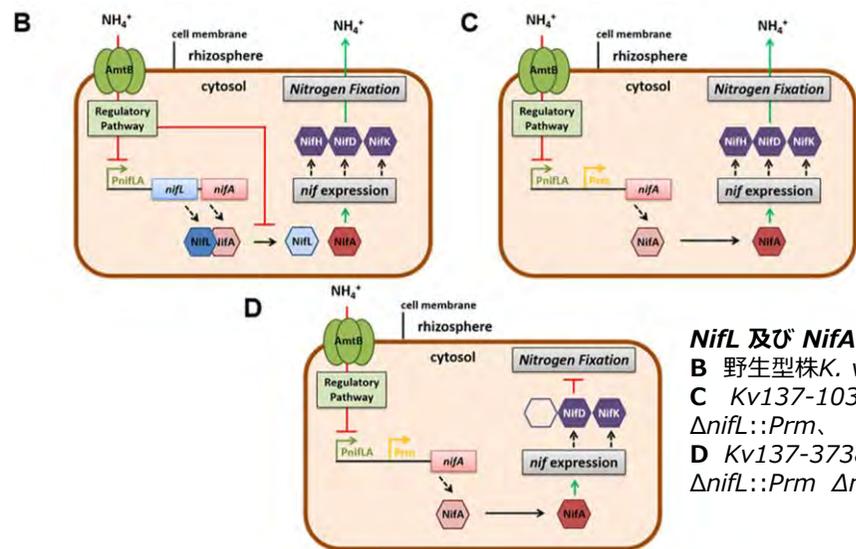
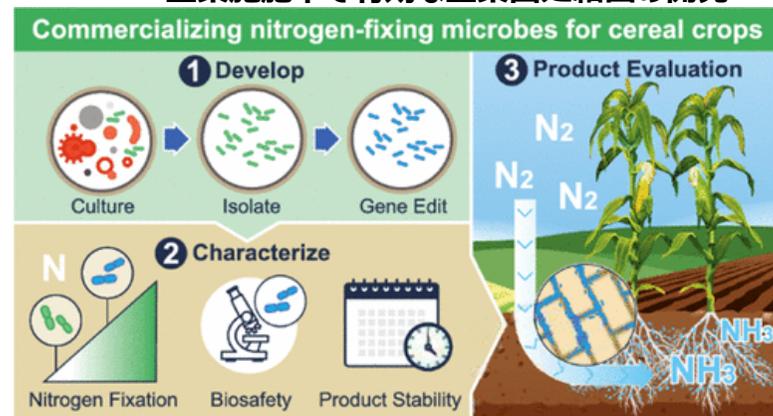
【社会実装状況】

- 2023年、米国の約500万haの農家で利用され、売上は1億ドル以上

【予算】

- 2021年にDCVCとシンガポールのテマセク・ホールディングスが主導するシリーズDで4億3000万ドルを調達
- 累計資金調達 : 6億ドル

窒素施肥下で有効な窒素固定細菌の開発



***NifL* 及び *NifA* 制御**
B 野生型株 *K. variicola* 137
C *Kv137-1036*;
 $\Delta nifL::Prm$
D *Kv137-3738*;
 $\Delta nifL::Prm \Delta nifH$

出典 : ACS Synth. Biol. 2021, 10, 12, 3264-3277
<https://doi.org/10.1021/acssynbio.1c00049>

生物的硝化抑制作物の開発や機構解明：国際農研（日本）

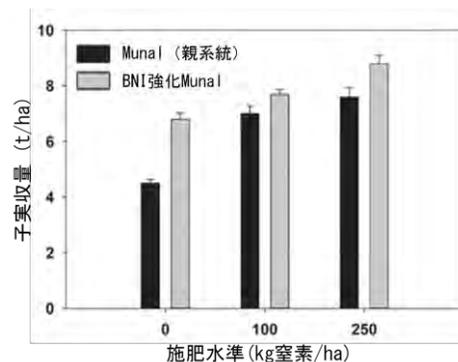
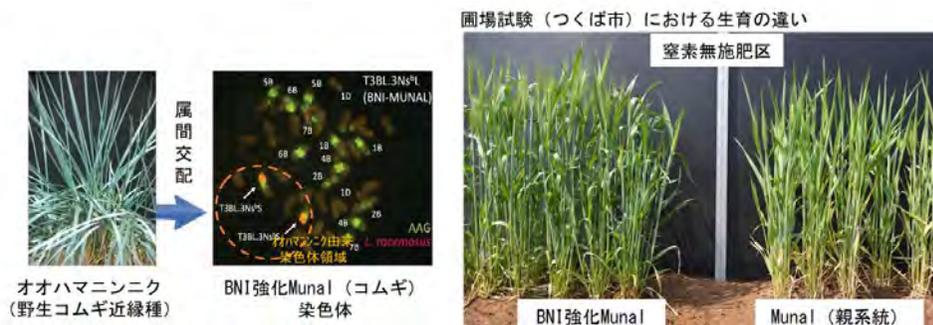
- 国際農研は国際トウモロコシ・コムギ改良センター（CIMMYT）等と共同で、窒素施肥6割減でも生産性を維持する生物的硝化抑制（BNI）強化コムギを開発。
- また、国際農研は農研機構と共同で、トウモロコシの根から産生される親水性BNI物質「MBOA（6-メトキシ-2-ベンゾキサゾリノン）」の同定に成功。

- 農地における窒素肥料の50%以上は、硝化菌がアンモニア態窒素を酸化し、硝酸態窒素に変換することにより流出。硝化、脱窒により温室効果の高い N_2O が発生することも課題。
- 国際農研では、高いBNI能を持つ野生コムギ近縁種であるオオハマニンククの属間交配により、多収品種にBNI能を付与した世界初のBNI強化コムギを2021年に開発。
- また、トウモロコシにおいては根から生産されるBNI物質を数種類同定し、特に親水性のMBOAが硝化菌の硝化反応と増殖を強く抑制すること等を検証。

【社会実装状況】

- 研究開発・実証段階（BNI強化コムギはインド、ネパールで実証中）

BNI強化コムギ



出典：国際農研プレスリリース

<https://www.jircas.go.jp/ja/release/2021/press202107>

<https://www.jircas.go.jp/ja/release/2023/press202305>

eSoil : リンショーピング大学 (スウェーデン)

- Horizon2020 HyPhOEコンソーシアムメンバーであるリンショーピング大学は、植物根に低電力の電気刺激を与えて成長を促進する電気伝導性栽培基質eSoilを開発中。

- eSoilは有機ELディスプレイ等に使われているPEDOTと呼ばれる導電性ポリマーに有機物を混合したもので、主な構成成分はセルロース。
- eSoil中のオオムギの苗に15日間にわたり0.5Vの電圧をかけた結果、対照と比べて最大50%早く成長。
- 電気刺激が成長を促進するメカニズムは不明。

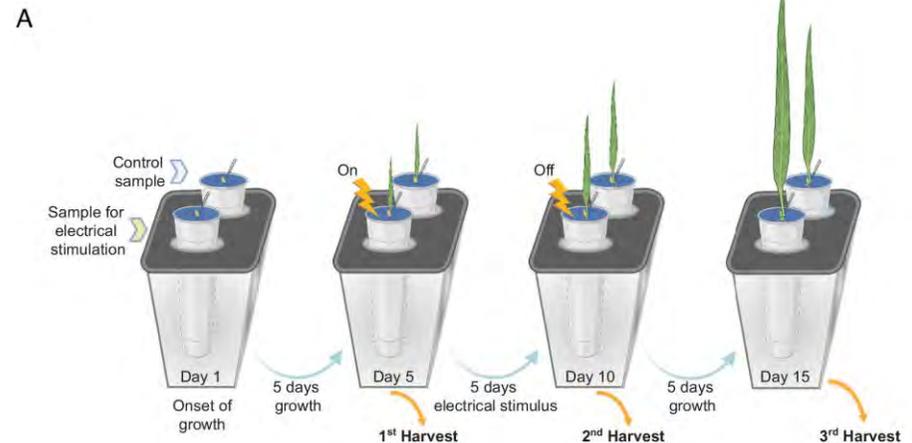
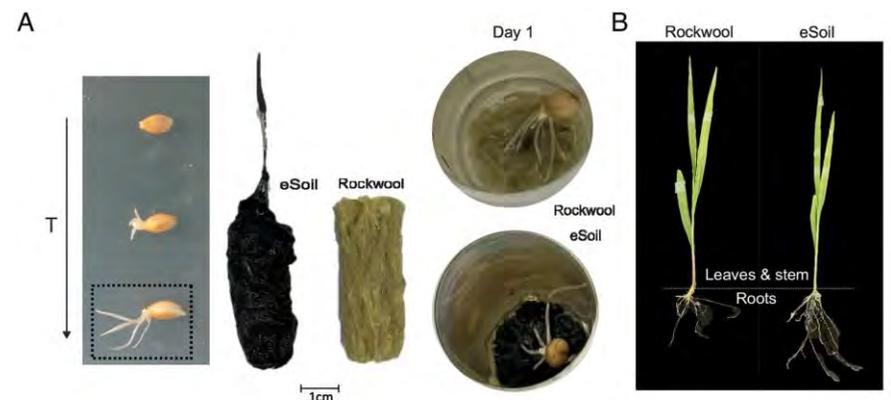
【社会実装状況】

- 研究段階

【予算】

- Horizon 2020
- 3,311,110ユーロ
- 2018年9月～2021年10月

eSoilによる生育試験



出典：
<https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2304135120>

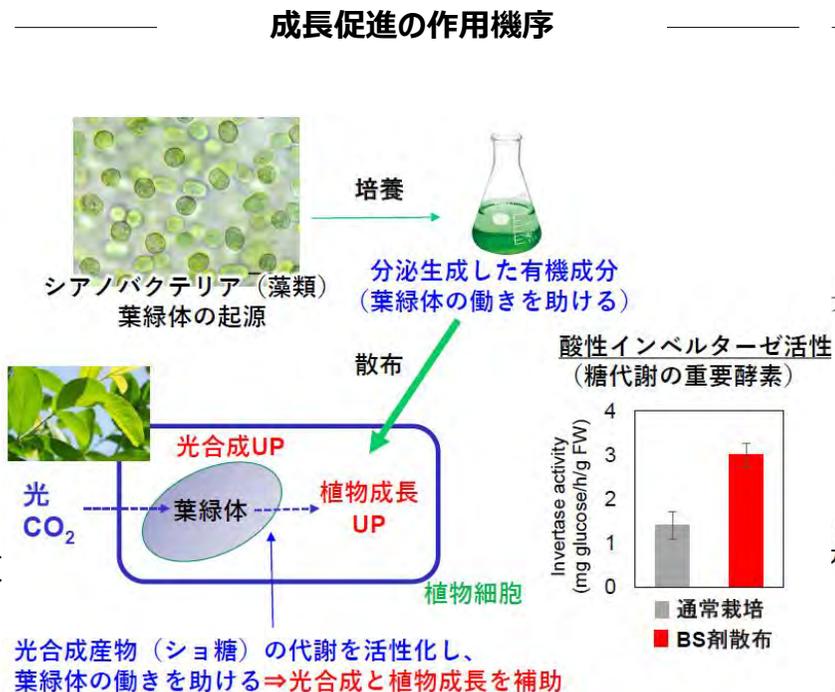
シアノバクテリア由来バイオスティミュラント：パナソニック環境エンジニアリング（日本）

- パナソニック環境エンジニアリングは、シアノバクテリアの分泌成分からなる成長刺激剤「Novitek（ノビテク）」を開発し、現在効果を実証中。

- 植物の成長と光合成を補助する有機成分をシアノバクテリアで合成。シアノバクテリアが生み出した成分や剥がれた外膜の膜脂質だけを抽出する装置を開発。
- 通常シアノバクテリアは産生した成分を細胞外に分泌しないが、遺伝子組換えによって外膜が自動的に剥がれるようにすることで、有機成分を効率良く抽出。
- ホウレンソウ、トマト、コマツナ、ナス、エダマメ等の圃場試験の結果、品目によって異なるが、10~50%の収量増。

【社会実装状況】

- 実証段階



出典：パナソニック環境エンジニアリング社提供資料

圃場試験（一部抜粋）

実証場所	品目	収穫増	施用方法
研究フェーズ	実験室	ホウレンソウ +54%	
		レタス +22%	
		イチゴ +47%	
		トウモロコシ (2020) +21%	
	農業試験場 (大阪)	ミニトマト (2020) +39%	第一花房着果まで4回葉面散布
		ミニトマト (2021) +34%	
実証フェーズ		ダイズ (2021) +10%	開花まで4回葉面散布
	農地 (2021)	ホウレンソウ (福岡) +40%	葉面散布 2回
		トマト (滋賀) +44%	葉面散布5回
		コマツナ (滋賀) +23%	葉面散布2回
	農地 (2022)	ナス (京都) +20%	葉面散布4回
		ミニトマト (福島) +15%	葉面散布5回
	エダマメ (兵庫) +26%	葉面散布2回	

CO₂固定能強化作物：Crop4Clima（EU）

- イスラエルのEvogeneが主導するコンソーシアムCrop4Climaは、遺伝子組換えにより光呼吸から生じるCO₂の捕捉を実現。CO₂を60%多く吸収できるセイヨウアブラナ品種を開発し、収量等について検証中。

- 先行研究のHorizon2020 FutureAgriculture プロジェクト（2016年1月～2021年3月、助成金4,871,410ユーロ）において、光呼吸によって放出されたCO₂を再捕捉し、カルビン-ベンソン回路に取り込む代謝経路であるTaCo経路（TartronylCoA経路）を開発し特許化。

- 本プロジェクトでは、新たなTaCo経路を有するセイヨウアブラナ品種を遺伝子組換えにより開発し、圃場及び温室における収量と干ばつ耐性を検証中。

【社会実装状況】

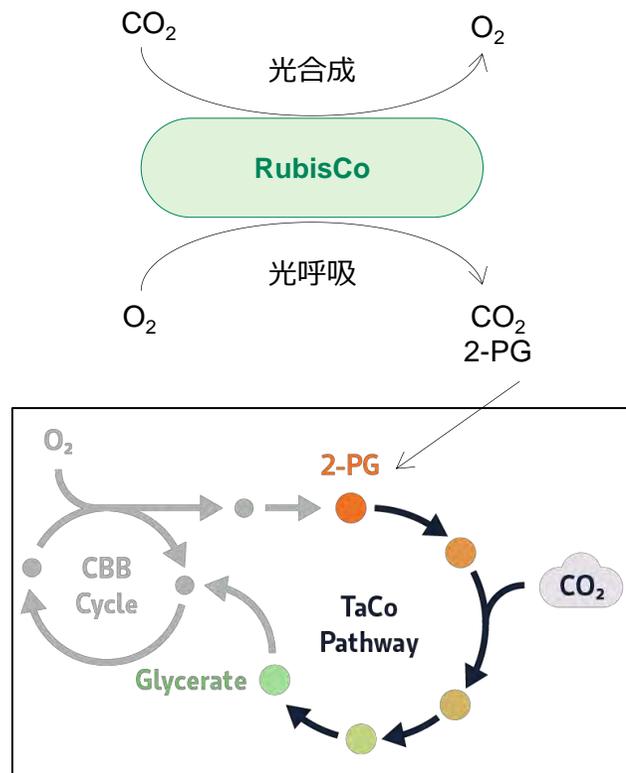
- 実証段階

【予算】

- Horizon
- 2,475,562ユーロ
- 2023年5月～2025年12月

TaCo経路

- TaCo経路では、3つの酵素を使用して、光合成を阻害する光呼吸副産物2-PG（2-ホスホグリコール酸）を、カルビン-ベンソン回路に供給できる代謝物に変換。



出典：<https://crop4clima.eu/>を基にNTTデータ経営研究所作成

窒素固定遺伝子の導入：マドリード工科大 (スペイン)

• スペインのマドリード工科大は、植物自体に窒素固定能を付与することを目的として、窒素固定細菌のニトロゲナーゼ構成遺伝子をミトコンドリアへ導入。

- 窒素固定酵素であるニトロゲナーゼは、Fe-タンパク質 (NifH) とMoFe-タンパク質 (NifD2NifK2 ; 異なるアイソフォームが存在) から構成され、酸素により失活。また、ニトロゲナーゼ酵素の機能には、金属補因子や電子伝達系等の複数遺伝子や、その他アクセサリタンパク質が不可欠であり、一連の多数の遺伝子を導入する必要があるため、作物にこれらの遺伝子を直接導入し、発現させることは困難。
- マドリード工科大では、イネを用いた研究においてミトコンドリアを標的として遺伝子組換えを行い、Fe-タンパク質を発現。低酸素環境であるミトコンドリアで発現させることで、ニトロゲナーゼ活性の失活を防止。
- 作物レベルでは、窒素固定活性の変化が確認されなかったが、葉から単離したFe-タンパク質が電子伝達とニトロゲナーゼ補因子合成において部分的な活性を示したことを確認。
- 今後は、ニトロゲナーゼの機能発現を目指し、安定的なFe-タンパク質蓄積や、細胞内の電子伝達系に連携させるための研究を予定。

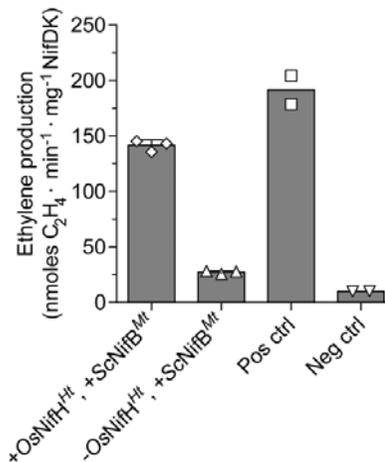
【社会実装状況】

- 研究段階

イネにおけるFe-タンパク質の発現、活性評価



Fe-タンパク質 (NifH) の発現を示すバンドが遺伝子組換え系統 (202) で検出される。



遺伝子組換え系統は正常に成長。

遺伝子組換え系統 (+OsNifH^{Ht}) においてニトロゲナーゼ補因子活性の増加を確認。

アポミクシス育種 : Asexual Embryo (EU)

• オランダのラドバウド大学が主導するコンソーシアムAsexual Embryoは、アポミクシス（無性胚発生により母株と同一遺伝子型の種子を形成）を用いたレタスとトマトの効率的な育種技術を研究。

- アポミクシスの人為的誘導は、F1作物のクローン種子を介して雑種強勢の個体の安定的な継代に寄与。
- Asexual Embryoプロジェクトの目標は、アポミクシスのメカニズム解明と、トマトとレタスにおける人為的アポミクシス・システムの開発。
- クローン配偶子生産を可能にするMiMe (Mitosis instead of Meiosis : 減数分裂の有糸分裂への置換) は、シロイヌナズナとイネでは確立していたが、トマトとレタスでは未確立だったことが研究背景。
- 右図のドイツ マックス・プランク植物育種研究所の先行研究では、MiMeをトマトに応用。SISPO11-1、SIREC8、SITAMの3つの遺伝子をゲノム編集でノックアウトすることで、クローン配偶子を生産。F1と同じ遺伝子型を持つ4倍体のF2を作出。

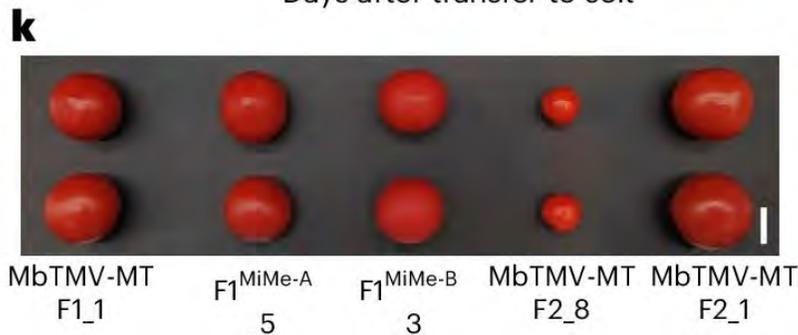
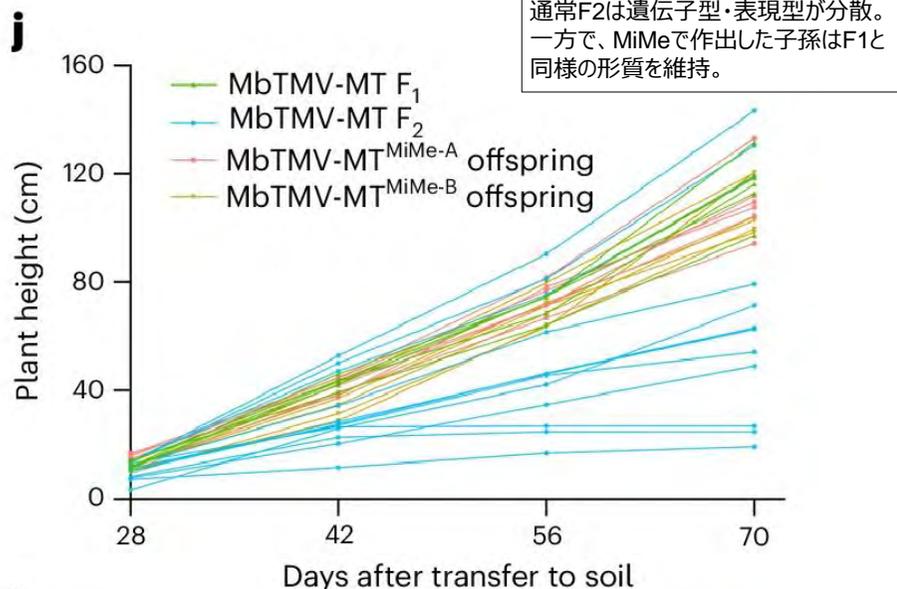
【社会実装状況】

- 研究段階

【予算】

- Horizon
- 1,500,000ユーロ
- 2023年5月~2028年4月

トマトにおけるMiMeシステムの確立



出典 : <https://doi.org/10.1038/s41588-024-01750-6>

植物RIイメージング：量子科学技術研究開発機構（日本）

- 量子科学技術研究開発機構が主導する植物RIイメージングコンソーシアムは、ラジオアイソトープ（RI）によって植物内部の栄養成分をリアルタイムで可視化するシステムを構築することにより、栄養素の輸送メカニズムを検証。

- 植物内での元素の輸送や蓄積の動態解析は難しく、元素動態や分配のメカニズムの多くが未解明。
- RIを用いたライブイメージングは生きたままの植物で解析可能。
- 放射性同位体の半減期が短いうえ、非侵襲的な手法のため同一個体で繰り返し実験可能。
- ¹¹C標識した二酸化炭素や糖を用いて、植物体内の動態を解析。
- RIイメージングで得た「栄養の流れ」の知見は、作物栽培におけるCO₂や肥料投入等のコスト最適化に寄与。

【社会実装状況】

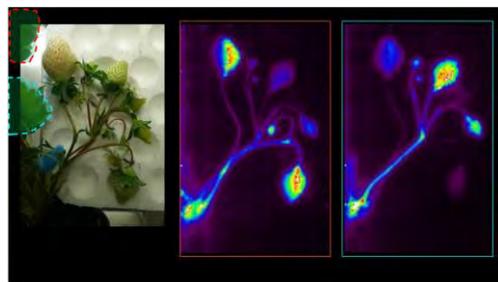
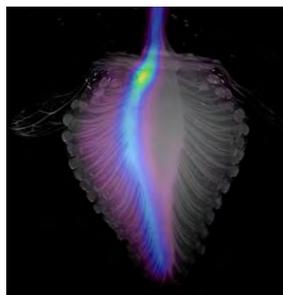
- 研究段階

【予算】

- F-REI第4分野公募研究「農作物の生産性向上や持続可能な作物生産に資するRIイメージング技術の開発及び導き出される生産方法の実証」
- 2023年度予算規模：2億円程度
- 2023年度～2029年度

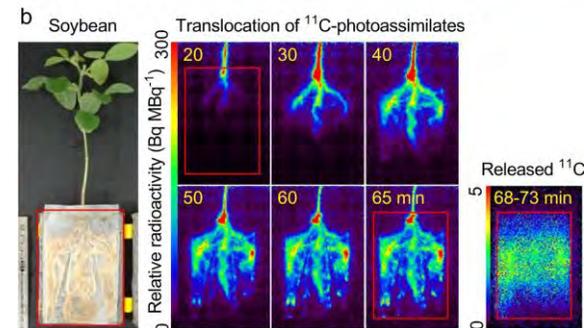
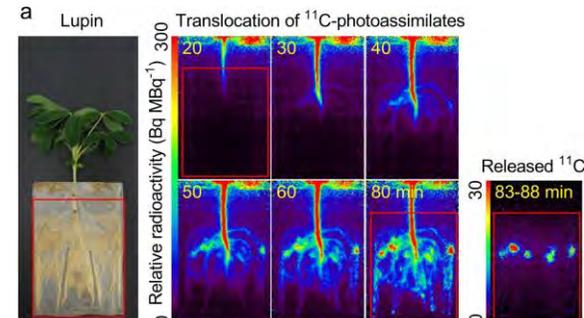
イチゴ果実内部に運ばれる糖

- RIで標識した二酸化炭素をイチゴの葉に与え、光合成でできた糖分が果実に運ばれる様子をPET-CTで撮像（上図）。
- 特定の葉に標識二酸化炭素を与えると、決まった果実のみに標識二酸化炭素に由来する糖分が運ばれる様子を確認（下図）。



根圏土壌における根分泌物の分布

- 標識二酸化炭素を植物に与え、根圏土壌における炭素化合物の動態を観察。養分獲得能力が高いルピナスは、同じマメ科植物のダイズに比べて根圏への分泌特性が異なることを画像で確認。



出典：QST提供資料

<https://www.qst.go.jp/site/photograph/>

<https://doi.org/10.1038/s41598-020-65668-9>

植物ウイルスベースの農薬送達システム：カリフォルニア大学（米国）

• 米国カリフォルニア大学は、植物ウイルスから作ったナノ粒子を使用し、土壌深くに農薬を送り込む農薬ナノキャリアを開発。

- 農薬送達に利用される合成ナノ粒子は、土壌中の移動性が高い一方、残留粒子がヒトや環境に及ぼす影響が課題。
- 合成ナノ粒子に代わる新規の農薬送達システムの素材として、植物ウイルスであるタバコマイルドグリーンモザイクウイルス（TMGMV）を利用。
- 一般的な球状ナノ粒子よりも小型で細長い形状のTMGMVの活用により、土壌中の拡散、組織浸透が向上する可能性。
- TMGMV由来のナノ材料を開発し、ナノキャリアのサイズ、形状、表面の物理化学的な性質が土壌中での流動性や植物体内での動態、搭載した農薬の有効性にどのように影響するかを研究。
- 他の植物ウイルスベースのナノ粒子との比較してもTMGMVの土壌中の流動性は高いことが示唆される。

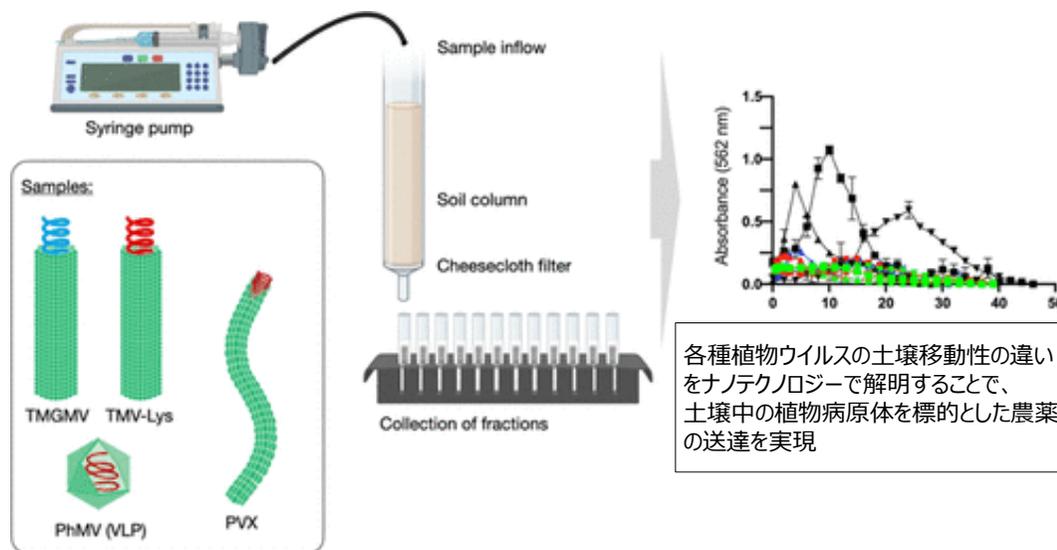
【社会実装状況】

- 研究段階

【予算】

- AFRI競争的助成金
- 490,000ドル
- 2020年6月～2025年5月

植物ウイルスナノ粒子の土壌移動性



出典：<https://doi.org/10.1021/acsagscitech.3c00074>

葉圏マイクロバイオームによる疾病予防：ペンシルベニア州立大学（米国）

- 米国ペンシルベニア州立大学は、病状の軽いトマトの葉から集めた微生物群を活用することにより、細菌性斑点の病害抑制の可能性を研究。

- トマトの葉や莖に自然に生息する微生物群を操作することで、生産性を低下させる病気を抑制できることを確認。
- 圃場のトマトの葉から集めた微生物を、実験施設のトマトへ移植し、細菌性斑点病原体 *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* を接種。病状の比較的軽いトマトから微生物を抽出し、別のトマトへ移植。このような病状を指標とした微生物の選抜を繰り返し実施。
- その結果、継代を繰り返して5回目以降に病状が弱まり始め、9回目には病原体はほぼ半分に減少。
- 微生物群を熱処理により排除すると、細菌性斑点病の症状が悪化し、微生物群が病害抑制に寄与していることを確認。

【社会実装状況】

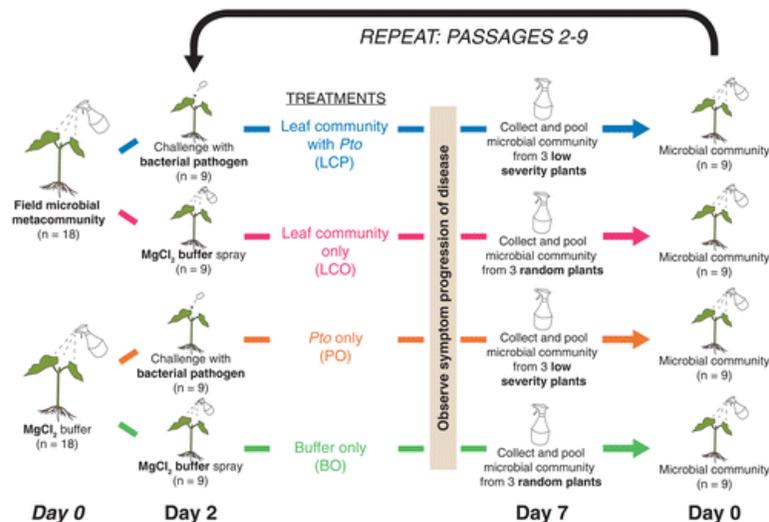
- 研究段階

【予算】

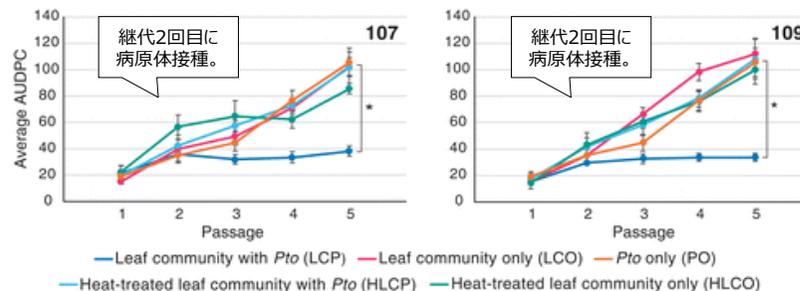
- AFRI競争的助成金
- 850,000ドル
- 2023年5月～2027年4月

継代微生物群によるトマト斑点病の抑制

- 病状の軽いものを選抜して微生物群を採取し、継代。



- 継代した微生物群を熱処理で排除すると病状が悪化。
(縦軸：疾患進行曲線下面積（疾病強度） 横軸：継代数)



出典：https://doi.org/10.1094/PBIOMES-05-22-0030-FI

エリシターペプチドによる病害抵抗性の亢進：アーカンソー大学（米国）

• 米国アーカンソー大学は、ダイズの土壌伝染性病害防除を目的として、植物が持つ防御応答のシグナル伝達分子であるエリシターペプチドの活用について研究。

- 植物エリシターペプチド（PEP）と呼ばれるシグナル伝達分子は、線虫やその他の根感染性病原体から植物を保護する防御経路を活性化。様々な植物種に見られ、複数の土壌伝染性病害に有効。
- 先行研究（右図）では、ダイズPEPsの線虫に対する有効性を確認。

• アーカンソー大学では、ダイズのPEPs蓄積を増加させるための3つのアプローチを検証。

1. ダイズが持つPEPの前駆体ペプチド(GmPROPEP3)の遺伝子を導入されたPEPsを多く産生できるダイズの作出。
2. 代表的なPEPであるGmPEP3の遺伝子を導入して作出したPEPsを分泌する枯草菌(*Bacillus subtilis*)の活用。
3. GmPEP3ペプチド溶液へのダイズ種子の浸漬。
(発芽初期からの防御機構の活性化の効果を検証)

【社会実装状況】

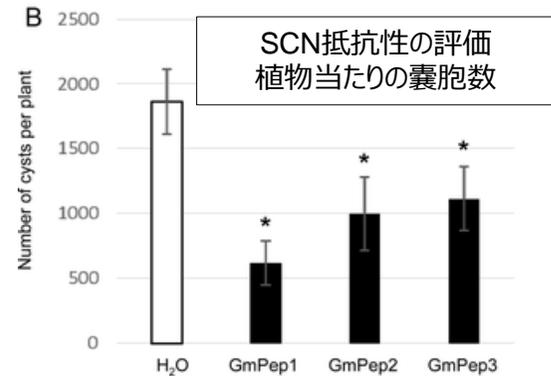
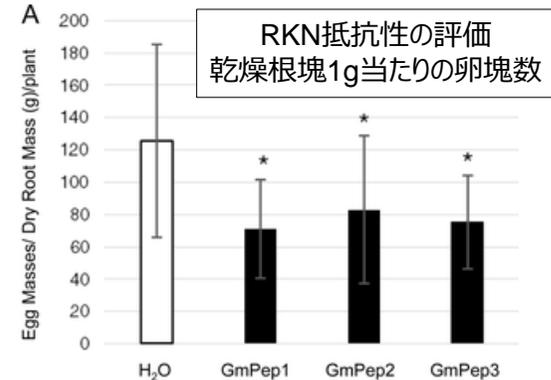
• 研究段階

【予算】

• AFRI競争的助成金 499,936ドル
(2021年1月~2024年12月)

（先行研究）ダイズのPEP種子処理による線虫に対する防御

- PEPsまたは水で処理された種子から育てたダイズに、ネコブセンチュウ（RKN）又はダイズシストセンチュウ（SCN）の卵を接種。
- RKNは接種8週間後、SCNは接種4週間後に感染レベルを測定。
→PEPs処置が線虫への防御活性を有することを確認。



出典：http://dx.doi.org/10.1111/mpp.12570

構造ベース創薬による新規硝化抑制剤の開発：アグロデザイン・スタジオ（日本）

- 日本のアグロデザイン・スタジオは、農研機構と共同で、タンパク質立体構造情報を活用した新規硝化抑制剤を開発。

- 硝化抑制剤は、肥料中の窒素成分を硝酸態にする硝酸菌の働きを抑制し、作物が利用しやすいアンモニア態のまま長く存在させる目的で施用されているが、既存剤は環境への悪影響や抑制メカニズムが不明であること等が課題。
- 既存剤と異なる作用点としてHAO（ヒドロキシルアミンデヒドロゲナーゼ）を標的とし、既存剤の硝化阻害活性を基準に候補化合物98種類を取得。実験では既存剤に比べて最大4万倍の硝化阻害活性を確認。
- 硝化菌の酵素の立体構造を予測し、化合物を設計、合成、評価することで、培養困難な微生物にも有効な硝化抑制剤を開発中。

【社会実装状況】

- 研究段階

【予算】

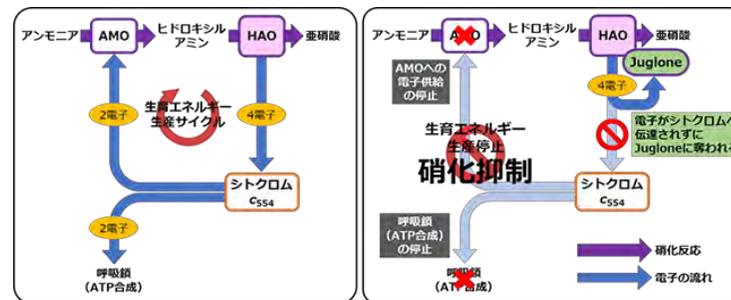
- 累計資金調達額：3億6900万円

開発している硝化抑制剤の効果の比較

既存薬との比較				
	1960 DCD	1976 ニトラピリン	1998 DMPP	2020年代 開発中
欠点	残留問題 (NZで使用禁止)	寒冷地 のみ	効果が 短い	
殺菌効果 比較	1	200倍	50倍	4万倍
1 ha 散布量	50kg	0.5kg	3kg	(推定値) 0.001kg

出典：<https://mugenlabo-magazine.kddi.com/list/2024-5/>

Jugloneによる硝化抑制のメカニズム



硝化菌の生育エネルギー生産系

Jugloneは硝化を抑制し
エネルギー生産系を止める

出典：農研機構プレスリリース

https://www.naro.go.jp/publicity_report/press/laboratory/naac/160755.html

再生可能エネルギーを用いた窒素肥料合成：CONFETI（EU）

• スペインのバルセロナ自治大学が主導するCONFETIコンソーシアムは、CO₂とN₂から電気化学的に尿素へ変換する技術及び太陽光を用いた光触媒により硝酸をアンモニアにリサイクルする技術を研究。

- 微生物燃料電池とソーラーパネルを活用し、再生可能エネルギー由来の電力を供給。
- 尿素製造の実証システムは以下の組合せ。
 1. N₂、NO₃⁻、CO₂を捕捉する固体電解質
 2. N₂、CO₂を尿素に変換する光触媒・電極触媒技術
 3. 根圏微生物からエネルギーを生成して電気化学反応を行う微生物燃料電池
 4. 太陽光による光触媒技術を用いて硝酸塩(NO₃⁻)をアンモニアに還元する光化学リアクター

【社会実装状況】

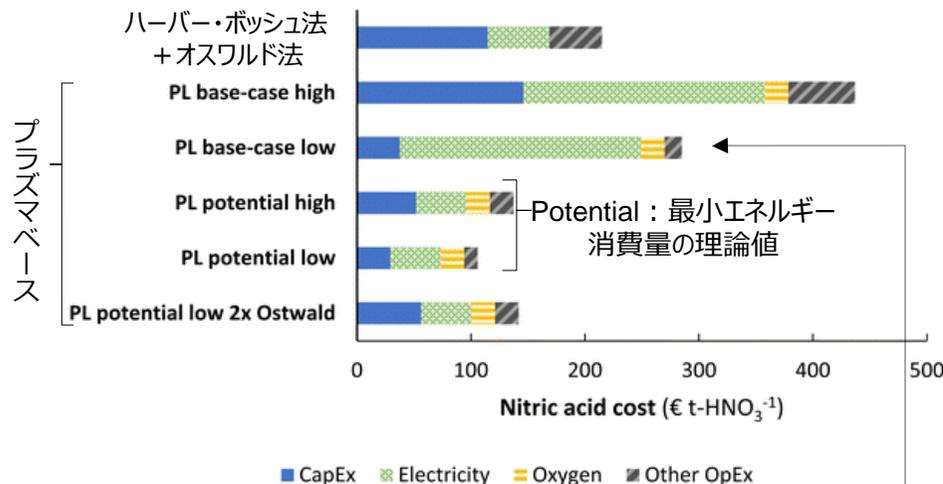
- 研究段階

【予算】

- Horizon
- 3,992,975ユーロ
- 2023年11月～2026年10月

※CONFETIコンソーシアムメンバーのベルギー アントワープ大学は、Horizon2020のSCOPEプロジェクト（2019年4月～2026年3月、助成金9,979,269ユーロ）に参画。プロジェクトではN₂固定における化石燃料由来の熱エネルギーの代替としてプラズマ、電気、光触媒を比較検証

プラズマベースのNO_x生産コスト分析
(SCOPEプロジェクト)



High：現行のマイクロ波／DBDプラズマ発生装置の推定コスト
Low：大規模装置の推定コスト

- オランダ・VitalFluid社の窒素固定モジュール（消費電力15kW、硝酸塩の生成量：1.3 kg/時間）は、エネルギー消費量は2.58 MJ/molNで、PL base-case（2.4 MJ/molN）と同程度と推計。
- 消費電力15kWであることから、大規模装置としてPL base-case low程度の生産コストとなる予想。

出典：<https://doi.org/10.1039/D3EE90066E>、農林水産省「研究開発動向等調査委託事業 2023（海外・異分野動向調査）」を基に作成

網目状基材による無土壌栽培：MEAPLANT（イタリア）

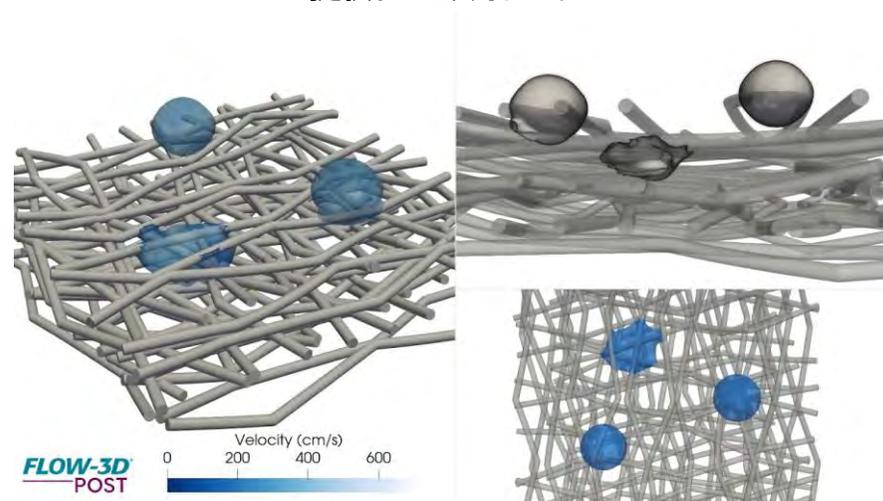
- イタリアのスタートアップ企業MEAPLANT社は、液滴を形成して効率よく養液供給できる無土壌栽培用の網目状基材を開発し、現在実証中。

- 通常無土壌栽培で使用される多孔質基材は、水と無機塩を吸収・保持するため、塩害や真菌性病害リスクが存在。
- 本基材では疎水性又は弱親水性の細い糸からなる網目状の構造に、灌漑水の液滴を形成。植物の根は、液滴から直接水と栄養素を吸収。
- 最大90%節水可能で、異なる作物を一緒に栽培することも可能。
- 無土壌栽培で栽培される作物の他、通常は無土壌栽培されない作物（ブドウ、柑橘類、リンゴ）を栽培可能。

【社会実装状況】

- 実証段階

提供サービスイメージ



出典：<https://meaplant.com/>

ゲノム編集によるウリ科植物の茎伸長制御：中国農業科学院

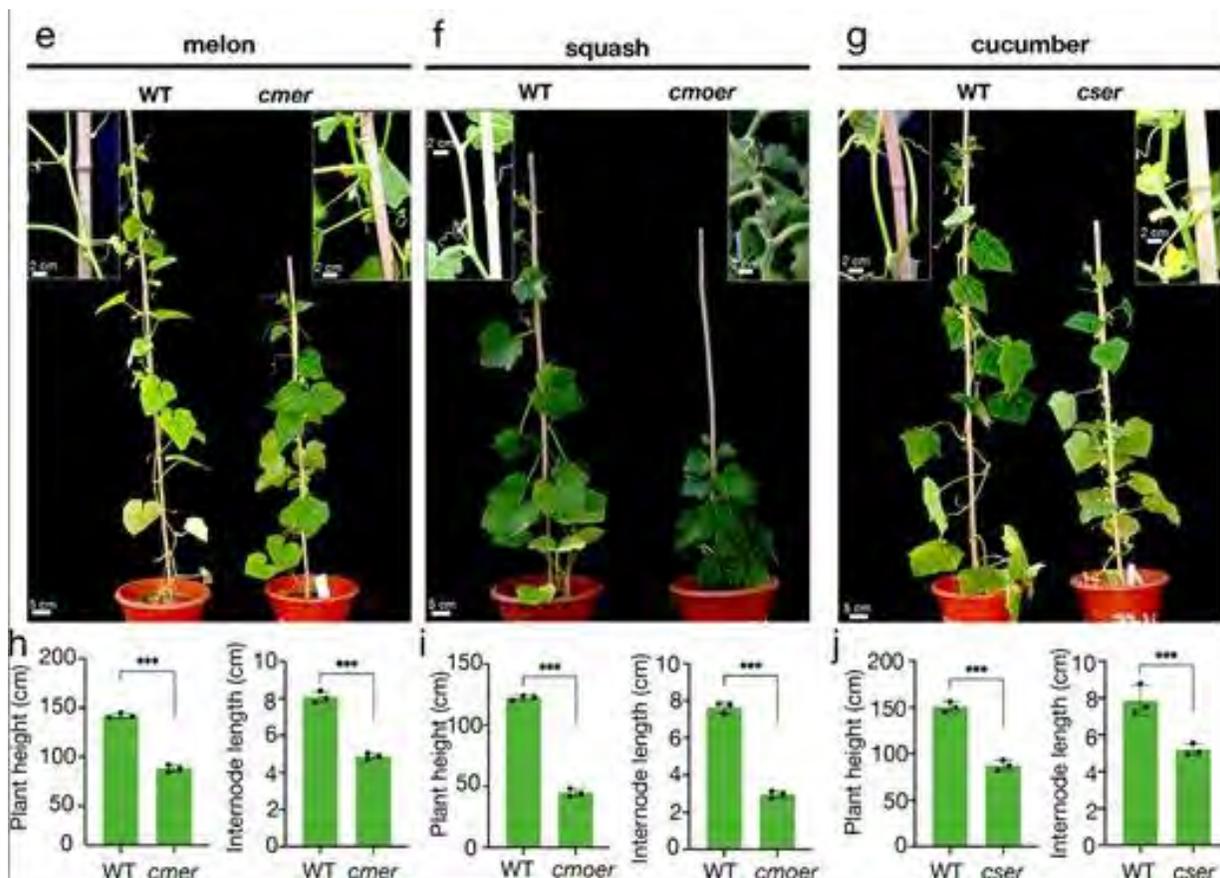
- 中国農業科学院は、施設園芸における収量増及び作業効率向上を目的として、ウリ科植物の茎の伸長を抑制する遺伝子改変システムを研究。

- 植物の遺伝子組換えやゲノム編集では、アグロバクテリウムを用いる方法が一般的だが、ウリ科植物ではこれに抵抗性があることが課題。
- 本研究では、子葉節外植片をマイクロブラシや超音波で処理することでアグロバクテリウム感染を促進し、メロンとカボチャの効率的な遺伝子改変を実現。
- これを用いて、植物の節間長を制御する *ERECTA* (*ER*) 遺伝子ファミリーを標的として CRISPR/Cas9 でゲノム編集し、節間が短いコンパクトなメロン、カボチャ、キュウリを作出。

【社会実装状況】

- 研究段階

メロン、カボチャ、キュウリの*ER*遺伝子変異体



出典：https://doi.org/10.1093/hr/uhab086

二倍体ジャガイモ育種：ポテト2.0プロジェクト（米国）

- 米国のウィスコンシン大学が主導するポテト2.0プロジェクトでは、四倍体のジャガイモを二倍体にして、ジャガイモのゲノム編集を効率化する研究を実施。

- ジャガイモは四倍体作物。二倍体ジャガイモは、四倍体に比べて重複する遺伝子の数が半分になるため、育種プロセスを効率化可能。
- 半数体を誘導できる特別な二倍体（IVP101）と交配させることで、四倍体の近縁種の最適な遺伝子をそのまま残した二倍体ジャガイモを生産。
- 二倍体の場合、収量が低下するという研究もあるが、最近の研究では大きなジャガイモが作れることや、収穫量も四倍体に匹敵する可能性があるという論文もある。

【社会実装状況】

- 研究段階

【予算】

- USDA NIFA SCRI助成金
- 3,008,623ドル
- 2019年9月～2024年8月

四倍体ジャガイモから二倍体を生成するためのハイスループット法

ウィスコンシン州のレッド・ノーランド品種と二倍体IVP101の交配により得られた種子から、四倍体のIVP101との雑種である可能性が高い斑点発現種子を排除。残った種子から、最終的にIVP101の染色体を持たない二倍体ジャガイモを複数確認。



単離されたジャガイモ系統の一つ

出典：<https://doi.org/10.1007/s12230-021-09844-1>

ゲノム編集ポプラ：ジョージア大学（米国）

- 米国のジョージア大学は、木材として幅広く用いられるポプラに対するゲノム編集により、通常 7～10 年かかる雌株の開花期間を 3～4 か月に短縮。

- ポプラは、「雌雄異株」であり、雄株と雌株を一緒に植えることで結実。
- 通常雄株は 3～4 か月で開花するが、雌株は 7～10 年を要するため、効率良い育種のために雌株の開花時期の短縮が課題。

- ポプラの雌株だけで発現する性スイッチ遺伝子をゲノム編集により機能欠失することで性転換が生じ、3～4 か月で雄花と雌花を咲かせることを確認。
- 雌花の開花期間が大幅に短縮されることで育種評価の迅速化に期待。

【社会実装状況】

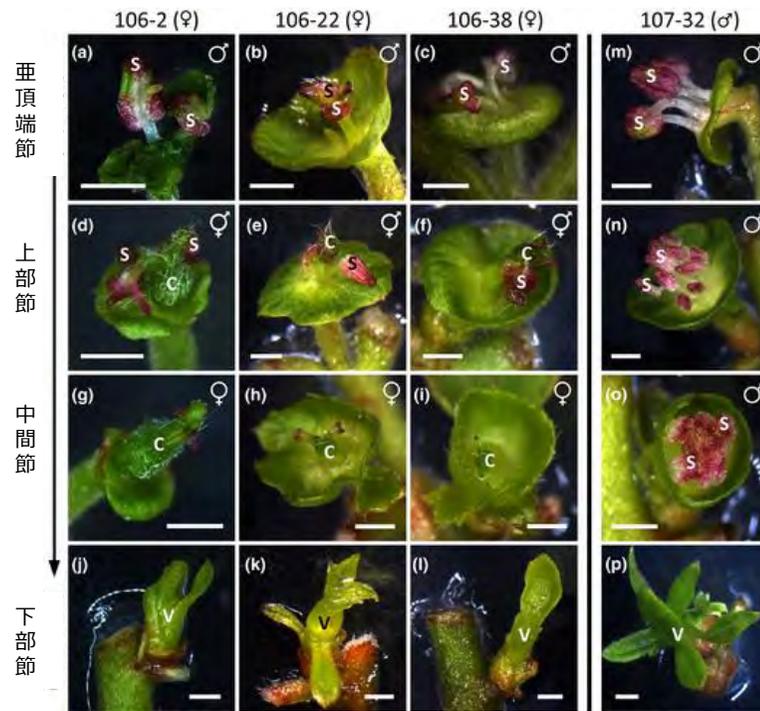
- 研究段階

【予算】

- この研究の一部は、米国バイオエネルギー・イノベーション・センター（米国エネルギー省科学局生物・環境研究局）と、ジョージア・リサーチ・アライアンス・ハンク・ヘインズ・フォレスト・バイオテクノロジー基金から資金提供

ポプラ変異体雌株における雌花・雄花発生

a-c：垂頂端節に雄花と雄しべを確認、
 d-f：上部節に雄しべと心皮を持つ花を確認
 g-i：中間節に雌花を確認、j-l：下部節に枝芽を確認
 m-p：対照群（雄株）



ゲノム編集した雌花

対照群
（雄花）

出典：https://doi.org/10.1111/nph.18624

合成酵母ゲノムプロジェクト : Sc2.0

• 国際研究コンソーシアム「Sc2.0」は、真核生物である酵母を対象として、合成DNAがゲノムの半分以上を占める酵母を作出。

- 酵母の16染色体すべてを人工合成することを目標として、米国、英国、中国を中心に250人以上の研究者によって2006年からプロジェクトが進行。
- ウイルスや原核生物は、ゲノムサイズが小さく1本の染色体として核膜に覆われずむき出しで細胞質中に存在しているため、人工合成して細胞へ導入することが比較的容易。
- 一方、酵母等の真核生物は、ゲノムサイズが大きく複数本の染色体として細胞内で核膜に包まれて存在するため、人工合成して細胞へ導入することが比較的困難。

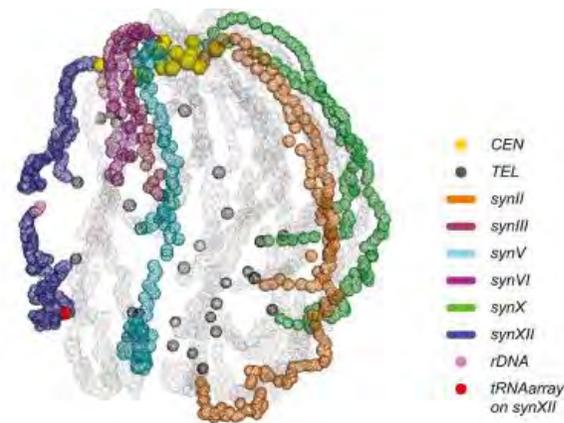
- 2023年には、8本の新しい合成酵母染色体を構築し、16本のうち14本の染色体の合成が完了。また付属品として酵母が持つ275個のtRNA遺伝子を1本の染色体に集めた「tRNAネオ染色体」を合成。
- 合成染色体を1本ずつ持つ、8種類の酵母株を作成した後、Endoreduplication intercrossoverにより、最終的に7.5本の合成染色体を有する複製能力のある単一の酵母細胞「syn7.5」を作出（ゲノムの50%超が合成DNA）。

【社会実装状況】

- 研究段階

複数の合成染色体を持つ酵母

複数の合成染色体を含む3Dゲノム組織イメージ



複数の合成染色体を持つ単一酵母細胞(I)と野生型細胞(J)



出典 : <https://doi.org/10.1016/j.cell.2023.09.025>

高速型ミオシンによる植物成長促進：早稲田大学、千葉大学

• 早稲田大学と千葉大学は、緑色藻類のシャジクモとシロイヌナズナのミオシン遺伝子を元に作成した高速型融合ミオシンをカメラナに異種発現させ、成長促進や種子数増加に成功。

- カメラナの種子由来の油脂は、バイオディーゼルの原料として利用されており、種子の生産性の向上は重要。
- ミオシンタンパクはそのモーター領域を通じて細胞に運動エネルギーを生み出し植物の成長に関与。
- 早稲田大学と千葉大学は、シロイヌナズナミオシンXIのモーター領域を生物界で最も大きなエネルギーを生むミオシンXIである緑色藻類シャジクモミオシンXIの同領域と遺伝子工学的に置換することで、高速型融合ミオシンXI遺伝子を開発。
- カメラナに、高速型融合ミオシンXI遺伝子を導入した結果、草丈や葉の成長促進のみならず、早期花成を促すとともに、種子の収量が野生株と比べて約2倍に増加。

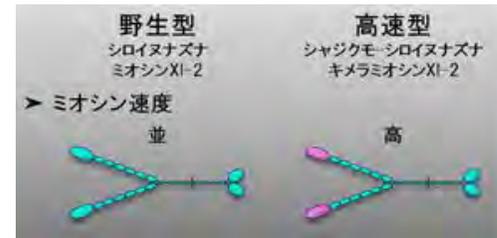
【社会実装状況】

- 研究段階

【予算】

- JST ALCA「原形質流動の人工制御：植物バイオマス増産の基盤技術としての確立」
- 6000万円～1億8000万円
- 2014年10月～2019年3月

カメラナにおける 高速型シロイヌナズナミオシンXI-2の発現



	野生型	高速型
原形質流動速度	並	高
細胞サイズ	並	大



出典：https://www.waseda.jp/top/news/68768

豚タンパク質発現ダイズ：Moolec Science（ルクセンブルク）

- ルクセンブルクの分子農業企業Moolec Scienceは、豚肉タンパク質を大量生産できるダイズ「Piggy Sooy」を開発。

- インゲンマメのphaseolinプロモーターを利用し、protein body（タンパク質貯蔵顆粒）特異的に豚ミオグロビンタンパクを高蓄積（最大26.6%）するダイズ「Piggy Sooy」を開発。2024年4月にUSDA-APHISの認可を取得、2027年の発売に向けて米国3州で野外圃場試験を実施。
- その他、 γ -リノレン酸を高蓄積する遺伝子組換えベニバナを用いたオイル「GLASO」（2025年上市予定）、ウシミオグロビンタンパク質を高蓄積する遺伝子組換えエンドウ豆「PEEA1」（2028年上市予定）を開発。
- 豚肉、鶏肉、牛肉のミオグロビン含有量は、100グラムあたり4グラムである一方、同社のダイズのミオグロビンの量は約4～5倍。
- 1haで収穫できる大豆から最大約200kgの豚ミオグロビンタンパク質を生産できる試算。

【社会実装状況】

- 実証段階

【予算】

- 2022年米国NASDAQ上場
- 2024年売上高560万ドル

提供サービスイメージ



出典：<https://moolecscience.com/>

3 生産性向上 ① デジタル技術

ソフトミリロボット：SOMIRO (EU)

- SOMIROは、農業による環境負荷の低減を目的に、世界初のエネルギー自立型遊泳ミリロボットを開発・実証。

- 精密農業を実施する上で重要な情報である化学物質の濃度を全長1cm未満の自立型遊泳ミリロボット（以降G1ロボット）により検出し、ワイヤレス光通信を通じたリアルタイムでのモニタリングを目指す。
- 現時点での成果
 - G1ロボットを製作するための全体的なロボット設計、個々の部品と回路の準備
 - 超小型(4cm²)のペロブスカイト太陽電池モジュール(日射強度0.5kW/m²で出力28mWを実現)
 - 油圧ジッピングアクチュエーターを内蔵した遊泳用フィンのデモ機
 - 太陽電池の活用最適化されたダウンリンク通信
 - 超低消費電力ナノMOS（金属酸化物半導体）化学センシングによるH₂SとNH₄⁺の検出
 - ソフトエラストマー中のデジタルプリント液体金属回路による油圧作動

【社会実装状況】実証段階

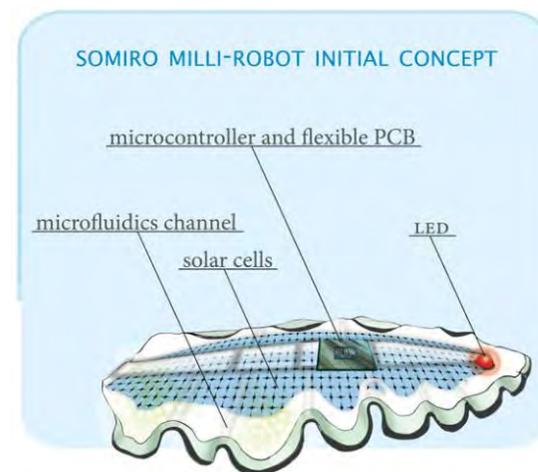
- 現在直面する課題：移動電力を削減するためのソリューション
 - ロボット用半導体部品の不足。小型で低電力の不揮発性FRAM、マイクロコントローラと小型の高電圧スイッチが不足。

【予算】

- 助成金額：€ 2,992,200(INDUSTRIAL LEADERSHIP)

出典：SOMIRO(SOFT MILLIROBOT HP)

目標コンセプト



- ミリロボットの体の両側には柔らかいフィンがついており、前進と後退、旋回が可能。
- SOMIROは、通常の周囲環境からエネルギーを採取して自立的に活動でき、どこに行き、どの方向に進み、いつ所定のタスクを実行するかを自分で決定。

出典：SOMIRO(SOFT MILLIROBOT HP)

3 生産性向上 ① デジタル技術

昆虫ロボット：マサチューセッツ工科大学（米国）

- マサチューセッツ工科大学（MIT）は、垂直農場での授粉や、災害現場での人命探知等の用途を想定した昆虫ロボットを開発。既存モデルの100倍以上である17分間の連続飛行を実現。

- MITのソフト・マイクロロボティクス研究所は、様々なタイプのマイクロロボットを開発しており、今回発表された昆虫ロボットはその中の1つ。

特徴

- 重量：1g未満（0.75g）
- サイズ：4cm×4cm×0.9cm
- 速度：35cm/秒
- 連続飛行時間：1,000秒（約17分）

技術

- 既存のモデルは、連続飛行時間約10秒、速度約10cm/秒程度の性能だが、軸外ねじれを最小限に抑えるよう機体、トランスミッション、ヒンジ、翅を設計（右図C）
- 電場によって伸縮する高分子材で作られた人工筋肉（誘電エラストマアクチュエータ：DEA）を使用し、従来のモータよりも小型化、軽量化を実現。

【社会実装状況】研究開発段階

- 今後の課題としては、機体へのセンサ、バッテリー、制御機能の搭載が必要。
- 昆虫の翅の付け根にあるレジリン（タンパク質）のように高い耐久性と弾性を有し、低い入出力間電位差でも動作するのヒンジに改良することは、現時点でのスマート複合材製造（SCM）技術では困難。

ロボットイメージ

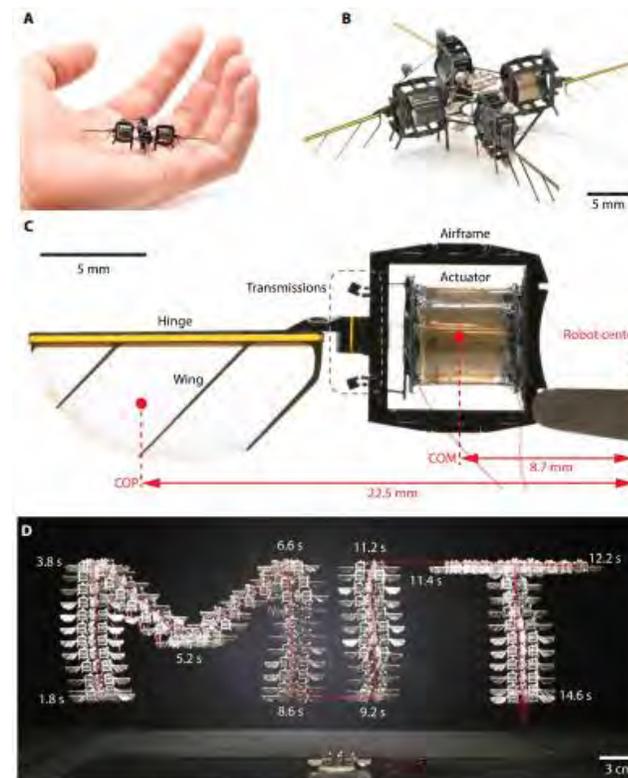


Fig. 1. A long-endurance, precise, and agile insect-scale flapping-wing robot. (A) An image of the robot resting on a human palm. (B) This 4 cm-by-4 cm-by-0.9 cm robot consisted of four identical modules. (C) Each robot module had a soft actuator, an airframe, a set of transmissions, and a wing with a long hinge. (D) A composite image of a trajectory-tracking flight in which the robot traced the letters MIT. Scale bar, 3 cm.

Kim et al., *Sci. Robot.* 10, eadp4256 (2025) 15 January 2025

出典：Kim et al., *Sci. Robot.* 10, eadp4256 (2025) 15 January 2025

サイボーグ昆虫：早稲田大学（日本）

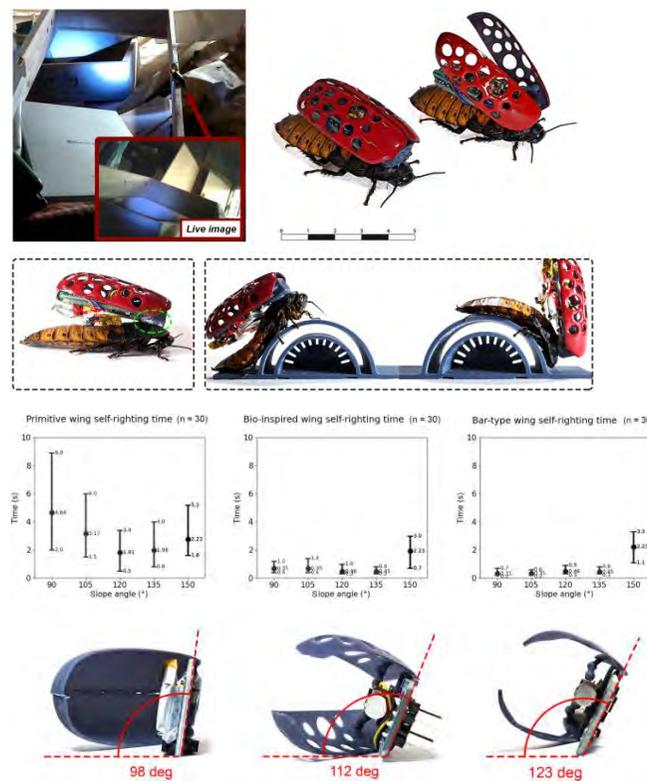
- サイボーグ昆虫と呼ばれる研究が世界で多数行われている。マダガスカルゴキブリをモデルとするケースが多いが、センサ等を搭載するとその重量によりバランスをすことが従来の課題。これを克服するため、早稲田大学ではテントウムシの翅の機構を模した人工翅を開発。

- サイボーグ昆虫は、災害救助や各種のセンシング等に活用することを目的に開発が進んでいる。製造コストの安さから、既存の超小型ロボットの代替品として期待。
- センサ、通信機能、バッテリー等を搭載することが必要だが、その重量により仰向けから元に戻れないことが従来の課題。
- 早稲田大学ではテントウムシの鞘翅の機能に注目し、その構造を3Dプリンタで再現する技術を開発。この人工翅を使用することで空洞内にモーションセンサー、制御機能、バッテリー等を搭載しても仰向けから戻れる技術を開発。
- 実験の結果、最大傾斜角112度で元に戻れることを確認。

【社会実装状況】研究開発段階

- 今後の課題としては、災害現場への適用を想定し、最大傾斜角180度までの実現が必要。

ロボットイメージ



出典：Montagut Marques, M.J., Yuxuan, Q., Sato, H. et al. Cyborg insect repeatable self-righting locomotion assistance using bio-inspired 3D printed artificial limb. npj Robot 2, 3 (2024). <https://doi.org/10.1038/s44182-024-00009-w>

3 生産性向上 ① デジタル技術

バイオハイブリッドロボット：東京大学（日本）

- 生体組織と人工素材を融合させたバイオハイブリッドロボットの研究が進む中、東京大学は世界最大
の多関節バイオハイブリッドハンドを開発。大型バイオハイブリッドロボットや筋収縮で動く義手の開発、
薬物試験モデル等への応用に期待。

- 筋収縮で動く義手の開発等を目的として、培養細胞を用いたバイオハイブリッドロボットの開発が進められている。
- 関節が1つのみの1cmほどのバイオハイブリッドロボットが限界であったが、東京大学が多関節の指を5つ持つ18cmほどのものを開発。指の屈曲動作を再現し、より精緻な物体操作を実現。
- より高い出力を出すために筋肉を太くすると栄養供給が不十分となり、中心部で細胞が壊死することが課題。
- 複数の細いヒト培養筋組織を束ねる構造にすることで壊死を克服。組織が細くなることで筋繊維の配向性も向上。
- 技術
 - ヒト由来の培養筋組織を搭載するシートを「寿司ロール」のように巻いて束ねることで高い収縮性能を有する多筋組織アクチュエータ「MuMuTA (Multiple Muscle Tissue Actuator)」を開発。
 - 筋収縮の力は約8ミリニュートン、収縮率は約13%（約4mm）。

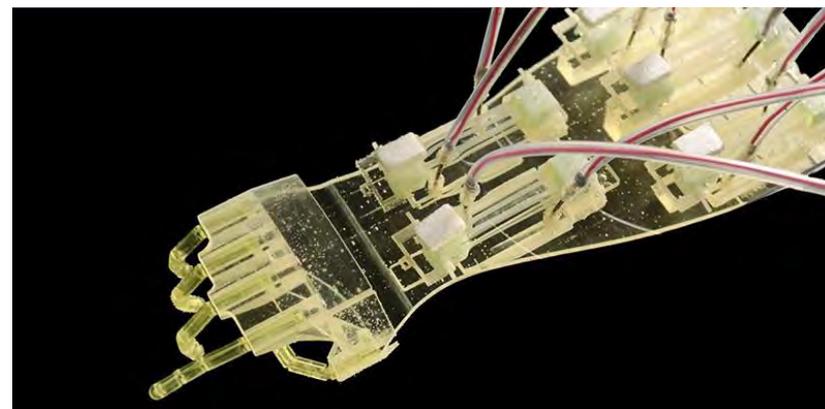
【社会実装状況】研究開発段階

- 現在は水中で動かす基礎研究レベル。

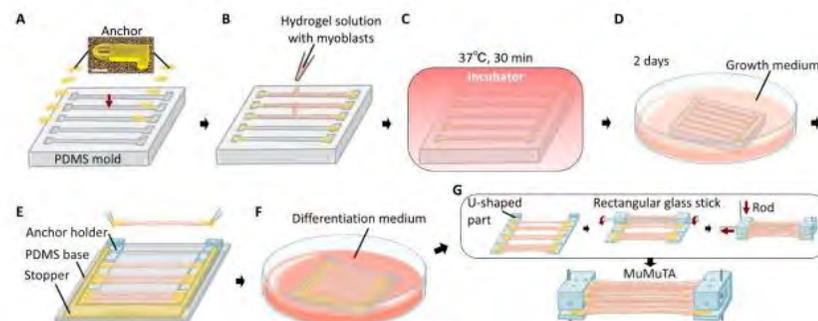
【予算】

- JST 未来社会創造事業 JPMJMI20C1、科研費「基盤研究 S」、「創発的研究支援事業」、UTEC-UTokyo FSI Research Grant Program

ロボットイメージ



出典：東京大学プレスリリース https://www.u-tokyo.ac.jp/focus/ja/press/z0114_00061.html



出典：
<https://www.science.org/doi/10.1126/scirobotics.adr5512>

3 生産性向上 ① デジタル技術

トマト栽培における自立型バイオセル：テキサスA&M大学（米国）

• テキサスA&M大学は、最小限の介入で農作物の育成・収穫を可能とするシステムを開発中。

- 自立型バイオセルとは、完全に密閉された環境下で作物の栽培と収穫プロセスを自動化する概念で、閉鎖系植物工場と同義。本プロジェクトでは、植物の栽培、管理、収穫までのほとんどの作業を自動化することを目標にバイオセルを開発。
- プロジェクトでは主に以下の研究開発を実施。
(2023/8/1~2026/7/31)
 - 植物フェノタイピング、モニタリング及びタスクパフォーマンス等の技術の開発と実装
 - 作物栽培タスク(受粉、剪定、摘果、自律収穫等)を自立的に実行する作物生産システムの開発に必要なセンシング技術、計算技術、モデリング等

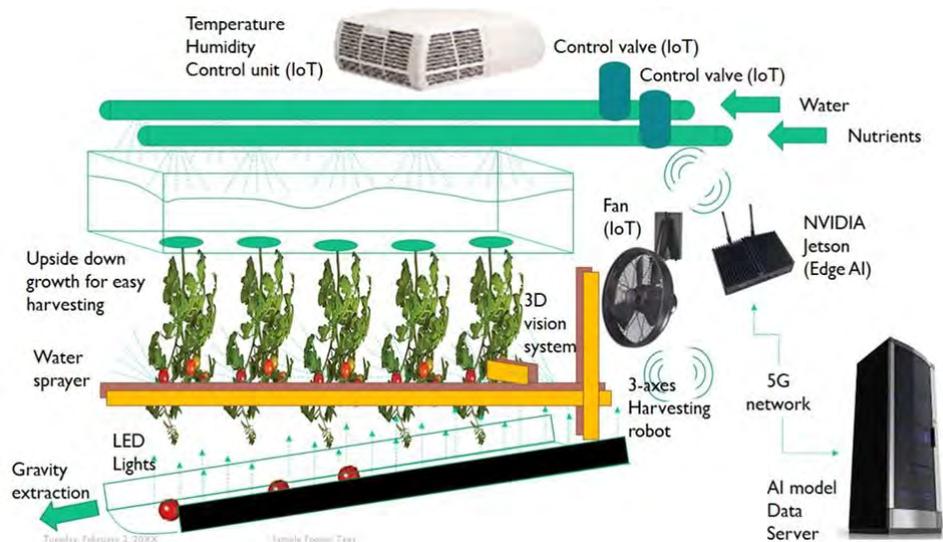
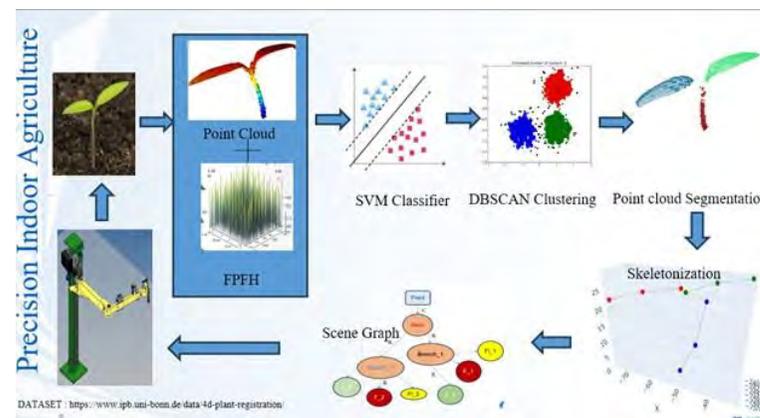
【社会実装状況】

• 基礎研究段階

【予算】

- 調達金額：不明
- 助成金額：647,704ドル(USDA)

技術イメージ



出典：TEXAS A&M UNIVERSITY
<https://faculty.tamucc.edu/duganum/>

NTT DATA

植物用「ウェアラブル」センサー：Phytech（イスラエル）

- 果樹の幹や果実に挿し込んだセンサから得られる水分データに基づき、灌漑の最適化・節水・高収量実現を支援する「意思決定支援」ソリューションを開発・提供。

「意思決定支援」ソリューションでは、植物のストレスマップや水分の必要度に関する情報を提供。データに基づく灌漑の最適化に取り組むことが可能となり、サイズのコントロールや高収量の実現を支援。

- ビジネスモデルはデータ閲覧のためのサブスクリプションモデルを採用。利用者は、季節ごとに作物に応じた利用料金を支払うのみで、ハードウェアの購入やメンテナンスの費用負担がないことが特徴。

【社会実装状況】商用化

- 1,000以上の農業経営体に商品を提供
- アメリカ、オーストラリア、ヨーロッパに展開済

【予算】

- 累計調達金額：4,350万ドル
 - 2020年：2,350万ドル
(THL、三井物産、Syngenta、Yellow Brick Capital Advisers、Tencent)
 - 2017年：1,100万ドル(Tencent、Syngenta、XT Hi-Tech)
 - 2015年：600万ドル(三井物産、Syngenta、XT Hi-Tech)
 - 2014年：100万ドル(Yellow Brick Capital Advisers)
 - 2012年：200万ドル(Yellow Brick Capital Advisers)

活用システム・技術



果実や幹から水分データを取得



灌漑の最適化のための意思決定を支援

- センサにより茎径の微小変動をモニタリング。
- 特許取得済みのアルゴリズムを適用し、データを作物固有の植物状態情報に変換し、色分け表示。
- 日々の最大幹収縮率と幹成長グラフにより、生産者は各ブロックで何が起きているかを把握し、情報に基づいた意思決定を行うことが可能。

3 生産性向上 ① デジタル技術

農産物流通効率化：ファームシップ（日本）

- 気象情報、市場価格、その他外部要因等により、地域別に青果の市場価格や小売価格をAIで予測する技術を確立し、高値で出荷可能となる時期を予測するシステムを開発・提供。

- 本システムにより、全国10市場の各5品目（レタス、トマト、ミニトマト、イチゴ、ほうれん草）に対応できる仕組みを構築。
- 値崩れの起きにくい時期を予測し、農業団体、流通事業者を提供。また、端境期の情報を植物工場事業者（ファームシップを含む）に提供し、植物工場の稼働時期決定のための参考情報として利用。
- 植物工場では、得られた情報を基にAIで生育をコントロールして、生産量を制御。

【社会実装状況】商用化

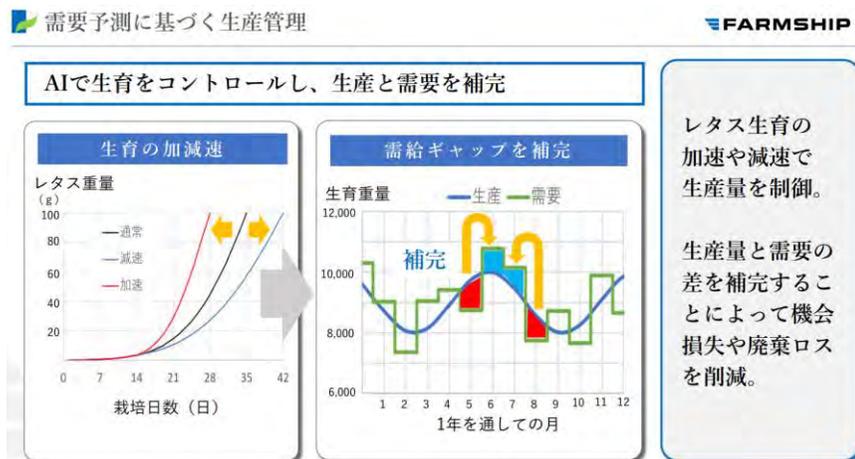
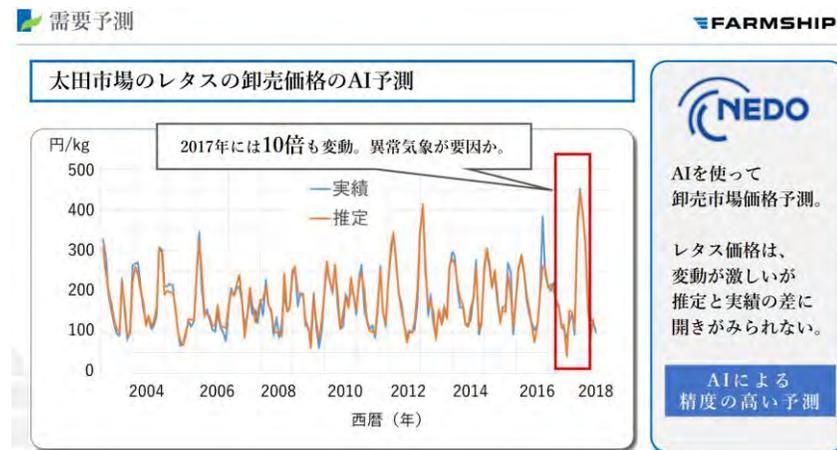
- 対象1品目の過去の売上情報の提供が利用条件。
- 費用は無償で週単位（原則、翌々週の需要）で情報提供。

【予算】

- 累計調達金額：約1億円
 - 2015年：約1億円（みやこキャピタル株式会社、株式会社リバナ等）

出典：Farmship HP、他公知情報

活用システム・技術



出典：<https://www.nedo.go.jp/content/100954001.pdf>

GHGクレジット創出プラットフォーム「Agreen」： Green Carbon（日本）

- クレジット創出量やクレジット販売による収益をシミュレーションし、クレジット登録・申請・販売までを一気通貫して支援するシステムを開発・提供。

- 2023年4月、日本国内で水田由来のJ-クレジット創出を目的とし、Green Carbonが参加者を募り、まとめてJ-クレジット登録する「稲作コンソーシアム」を発足。
- 参画者(農家、農業関連機関、企業、自治体)が保有する水田を本コンソーシアムに登録することで、まとめてJ-クレジットに申請可能。
- 複雑な申請手続きが課題であったが、営農支援ツールのアグリノートを運営するウォーターセルと協力し、手続きの簡易化を実現。
- 海外展開にも力を入れており、フィリピン、ベトナム、カンボジア、インドネシア等、現在8か国に展開。

【社会実装状況】商用化

- 2024年の売上予測は、日本市場で2億円、海外市場で1億円。

【予算】

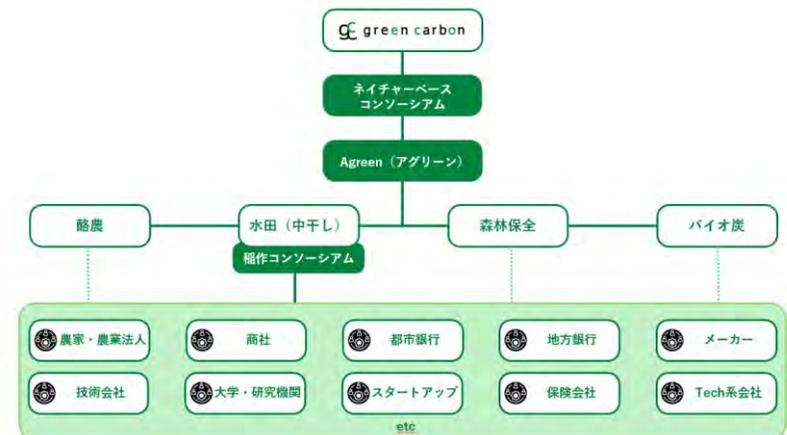
- 累計調達金額：不明
 - 2024年：不明（SMBCベンチャーキャピタル株式会社、三菱UFJキャピタル株式会社）
 - 2022年：1.6億円（不明）

出典：Green Carbon HP、他公知情報

活用システム・技術



サービス概要図



コンソーシアム概念図

出典：GreenCarbon

衛星コンステレーション：Dragonfly Aerospace（南アフリカ）

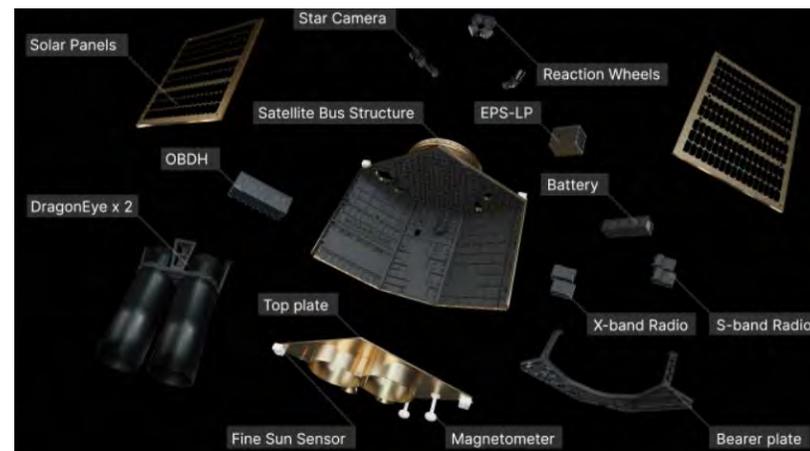
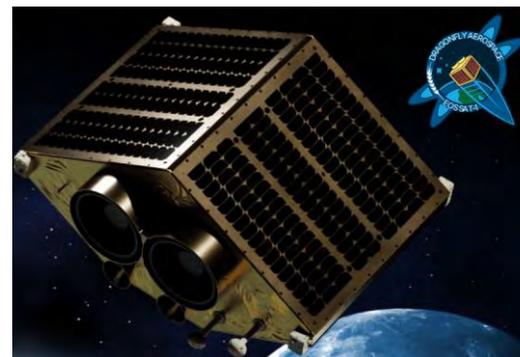
- 農業・森林管理専用の小型衛星EOS SAT-1を運用。農業における各種データのモニタリングを行い、農薬や肥料の過剰使用の防止や、土壌炭素の測定を支援。

- Dragonfly Aerospaceは、2017年に設立された宇宙スタートアップで小型衛星のカメラ、高精度イメージング技術を開発。
- EOS SAT-1(農業に特化した衛星)は光学衛星で、1日あたり最大100万km²を監視できる最新鋭のDragonEyeカメラを2台搭載。11の異なるスペクトル帯域で高解像度の画像を撮影。
- EOS SAT-1からの画像は、農地においては、土壌水分量推定、植生指標（NDVI等）推定、農作物被害評価、収穫活動のモニタリング、土壌炭素の定量（土壌有機炭素モデルを使用して計測）や、土壌炭素蓄積ポテンシャル（Rothモデルを用いた予測）の評価等が可能。
- 生産者は作物の状態を正確に把握し、農薬や肥料使用の最適化が可能。将来的には、カーボンクレジットとして活用するためのデータ検証への応用を想定。

【社会実装状況】商用化

- 主な顧客
 - Australian Government's Office of National Intelligence
 - EOS Data Analytics (EOSDA)
 - Loft Orbital
 - Pixxel(Indian startup)
 - NASA

EOS SAT-1の概要



出典：Dragonfly Aerospace
<https://dragonflyaerospace.com/eos-sat-1/>

土壌品質分析ツール：SQAT（EU）

- SQATは、コペルニクス衛星、土壌センサ、ロボティクスを利用した土壌品質分析ツールの開発を目的としたプロジェクト。
- 既存の精密農業ソリューションよりも精度が高く、コスト効率の良いツールの開発を目指す。

実施予定のユースケース

- 2024年3月13日に開始した、Soil Quality Analysis Tool PJ
- 今後研究開発していく5つのツール
 - 可変石灰散布：圃場に求められる正確な石灰散布の量を計算。
 - 可変主要栄養素施肥：圃場に求められる主要栄養素の量を計算。
 - 可変播種：収量と品質を向上させる播種密度の計算。
 - 可変深耕：燃料効率を最適化するための深耕を計算。
 - 炭素農業MRV：農場土壌の炭素量を監視。

【社会実装状況】研究段階

- 研究機関
 - ILVO、Hahn Schickard、OST
- アグリテック企業
 - ATB、FARMEYE、Exobotic Technologies、VD Borne Campas、Terra Controlling、AgriLav
- その他
 - ABE、AeroVision、Deloitte

【予算】

- 助成金額：€ 3,586,760(EU)



- ベルギー：土壌の圧縮と酸性の予防と改善。
- ドイツ：精密石灰散布による資源効率の向上と収量の最適化。
- イギリス・アイルランド：再生可能農業の実践による牛乳サプライチェーンの持続可能性プログラム。
- オランダ：ジャガイモ集約栽培の土壌管理と収益性の改善。
- セルビア：肥沃度低下の長期的傾向を逆転させる土壌管理の改善。
- スイス：スマートな土壌サンプル採取とフィールド分析。
- ウクライナ：食料安全保障を守るための資源効率と収量の回復力の向上。

出典：SQAT HP

3 生産性向上 ③ 施設園芸関連

「エアロポニックス技術」による垂直農業技術：LettUs GROW（英国）

- LettUs GROW社は、超音波エアロポニックス技術を活用した生産性の高い栽培システムを開発。現在はレタス等の葉物野菜を中心に栽培。

- 超音波エアロポニックスは高周波により水を振動させ、ミストを発生させることで、根へ直接水分や栄養素を散布。
- 水の使用量を最大95%削減可能。根から酸素を吸収出来るため水耕栽培と比較して最大20%収穫量が増加。
- 主たる生産品目は、レタス等の葉物野菜。トマトも試験中。
- 農産品ではなく、農産品を生産する「エアロポニックス栽培システム」を販売することによる収益モデルを確立。

【社会実装状況】商用化

- 2021年から空中栽培によるトマトの育成試験を開始。

【予算】

- 累計調達金額：713万ドル
 - 2023年：307万ドル(Parkwalk Advisors)
 - 2020年：307万ドル
(Longwall Venture, Social Tech Trust, Bethnal Green Ventures, University of Bristol Enterprise Fund, ClearlySo)
 - 2019年：36万ドル(Longwall Venture, Bethnal Green Ventures, University of Bristol Enterprise Fund, ClearlySo)
 - 2018年：60万ドル(Parkwalk Advisors, Bethnal Green Ventures)
 - 2017年：3万ドル(Bethnal Green Venture)
- 助成金(賞金含む)：34.5万ドル
 - 2019年：4.5万ドル(Vodafone UK)
 - 2019年：30万ドル(Innovate UK(英国政府系機関))

活用システム・技術



空中栽培であり、根は水に浸されていない

超音波で水を振動させ、栄養豊富なミストを発生させる



- 空中栽培システムにより、灌漑の改善、害虫被害の減少、メンテナンスに要する労力-(ノズルの詰まりへの対策等)の低減を実現し、生産性が向上。

出典：LettUs Grow Ltd, Bristol, UK
<https://www.lettusgrow.com/>

垂直型屋内農場用人工照明システム：Crocus Labs（ドイツ）

- 照明システム開発企業Crocus Labsは、垂直農場の普及に向けた課題であるエネルギーコストを解決するため、窓からの光の照度に応じて自動調整を行う高効率な照明システムを開発中。

- Crocus Labs社の垂直農場を普及する上での課題であるエネルギーコストを解決するためのプロジェクト「MiniSun」を実施。
 - 既存の照明システムと比較して50%のエネルギー使用量削減を企図。
- Crocus Labs社は独自のLEDチップ・電源設計・センサ・データ分析を活用しプロジェクトを推進。

【社会実装状況】実証段階

- ベルリンで試験農場を構築し、照明器具の競合調査を開始。
 - 2024年1月 トマトでの検証
 - 2024年2月 イチゴでの検証

【予算】Crocus Labs

- 調達金額：161万ドル
 - 2022年：125万ドル(HTGF, Brandenburg Kapital, Bacb Beteiligungsgesellschaft)
 - 2021年：36万ドル(HTGF)
- 助成金額：€ 1,902,542 (EU Innovation Council)

出典：European Commission HP

活用システム・技術



- ナノマテリアル技術を駆使したLED
 - 医療用途向けから屋内農場向けまで様々な波長にカスタマイズし提供。



- 電源モジュール
 - 内蔵センサを使用し照明システムの電力消費を監視。
 - ワイヤレスコントロール機能を使用して、照明システムを管理。



- 照明システム(SiriusX.3)
 - 最小限のエネルギーで最大効率の光を出力。
 - 統合センサシステムを具備し、最適な照明条件を提供。



- 測定システム(KeplerX™)
 - CO₂、波長、VOC、温度、湿度を感知。
 - スタンドアロンで運用可能。

出典：Crocus Labs Webサイト

<https://www.crocuslabs.com/our-technologies> **NTT DATA**

20段建て垂直農場：中国農業科学院都市農業研究所（中国）

・ 2023年12月に運用を開始した中国の成都にある植物工場。AIを用いた管理・制御システムを実現。

- ・ 垂直型立体栽培システム、自動養液供給システム、自動調整型省エネ光源、AI管理・制御を採用した最大20段の植物工場。
- ・ AIに基づくスマート管理制御システムを導入することで、植物の生長特性に合うスペクトルへの光の設定、栄養素の調整を通じて、作物の早期開花と急速な生育を促進。
- ・ レタスは35日で栽培・収穫可能。稲は60日程度で収穫可能。（稲は本来植え付けから収穫まで120日程度要する）
- ・ レタス以外にも葉物野菜・果物・キノコ類等72品目を生産。
- ・ 年間生産量は約50トン。

【社会実装状況】実証段階

- ・ 中国の成都で使用運転中。

【予算】

- ・ 調達金額：N/A
- ・ 助成金額：N/A

出典：人民網

出典：中国農業科学院都市農業研究所 HP

活用システム・技術



- ・ 赤枠箇所は、栽培パレットをピックアップし、所定の位置に搬送させる装置。
 - 赤外線を用いた位置設定技術により、位置の精度を±1mmで制御することが可能。
 - スーパーキャパシタ技術により、高速充電と長いバッテリー寿命を実現。

出典：The world's first unmanned vertical plant factory is put into use in China

出典：中国農業科学院都市農業研究所 HP

3 生産性向上 ③ 施設園芸関連

植物工場：PlanTFarm（韓国）

- PlanTFarm社は、植物工場運営・野菜生産を主事業としており、2023年の売上高は約16億円。植物工場内においてIoTデバイスでデータを収集し、生産管理・受発注管理に適用。

- PlanTFarm社は、Farm8(生鮮野菜の生産・加工・流通に取り組む農業法人)の子会社として2004年10月設立。
- 野菜生産事業、植物工場建築事業、植物工場コンサルティング事業の3つの収益源を有しており、2023年売上高は約16億円。
- 主たる生産品目は、レタス・ニラ・キノコ・高麗ニンジン。
- 植物工場の総面積は13,191㎡、年間生産量1,800トン。(1日1㎡あたり生産量は0.6kg)

【社会実装状況】商用化

- 韓国内で25の屋内生産施設を運営。
- モンゴル、クウェート、UAEにおいて、現地パートナー(モンゴル：Premium Group、クウェート・UAE：Pure Harvest)とともに植物工場を建設・運営するJVを設立し、海外展開も実施。

【予算】

- 累計調達額：2,140万ドル(2020年時点)
 - 2014年、親会社のFarm8がIMM Investmentから1,410万ドルの資金を調達
- 助成金額：N/A

出典：植物工場の年間稼働日数を240日と仮定して試算

活用システム・技術



- 植物工場統合的コントロールシステム
 - 発芽・育苗・移植・定植・収穫の全栽培ステージの履歴管理による生育環境づくりで生育速度を最適化。
 - 生産状況のリアルタイムモニタリングとデータ分析による生産予測により、正確な受発注を実現。
 - 市場の需要、作物の栽培状況、植物工場の環境に応じて、収穫時期、出荷量、栽培作物の検討をサポート。

出典：Plan T Farm Co., Ltd.
<http://eng.tfarm.co.kr>

植物工場の設計・施工：グリーンプラス（韓国）

• 自社園芸施設を有することで、現場ニーズに適した植物工場の設計、資材製作、施工サービスを提供。アップダウン式栽培装置や冷暖房装置等のハードウェアを主に提供。

- 植物工場含めた温室の設計、資材製作、施工をトータルに提供。
- イチゴ農場・ウナギ養殖場も有しており、現場で把握された改善事項を植物工場・温室設計、資材製作、施工事業に反映。

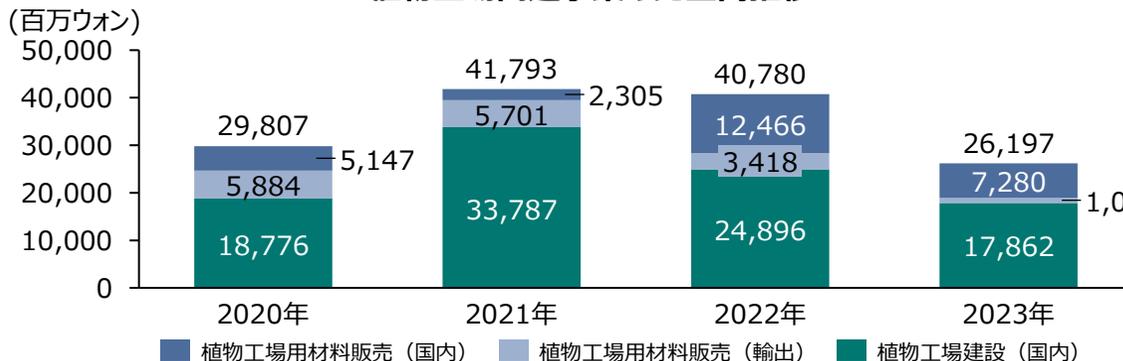
【社会実装状況】商用化

- 日本企業の大仙と20年以上提携し、日本への市場展開を推進。
- 今後は、東南アジア、豪州、中東へ拡大を模索。
- 主な提携企業：大仙(日本)、Farm4.0(豪州)

【予算】上場企業

- 調達金額：N/A(2004年Shinhan Venture Investmentより実施)
- 助成金額：N/A

植物工場関連事業の売上高推移



※各年度3月31日時点の為替レートを使用して試算
出典：Green Plus社 2023年度事業報告書

提供サービスイメージ



- アップダウン式栽培装置
 - 作業通路が不要となり、栽培有効面積が2倍～10倍。



- 根元冷暖房装置
 - 根元に冷水・温水を流し、最適温度を実現。
 - 施設全体ではなく、根元周辺部のみを温度管理の対象とすることで消費エネルギーを大幅削減。

出典：Green Plus HP

3 生産性向上 ③ 施設園芸関連

植物工場：スプレッド（日本）

• 環境制御空調システムや高度な循環型ろ過システムを備えた植物工場を開発。

- 2024年8月に民事再生手続き開始し、現在は再建中。
- 2022年時点売上高9.2億円、営業利益-8.5億円。
- 屋内の温度・湿度・風向き・二酸化炭素量を一定に保つ環境制御空調システム、野菜から蒸散される水まで集める循環型ろ過システムを搭載した植物工場『Techno Farm™』を運営。
- 主な生産品目はレタス。
- 植物工場の総面積は11,550㎡、1日あたり生産量17トン。
(1日1㎡あたり生産量は1.5kg)

【社会実装状況】商用化

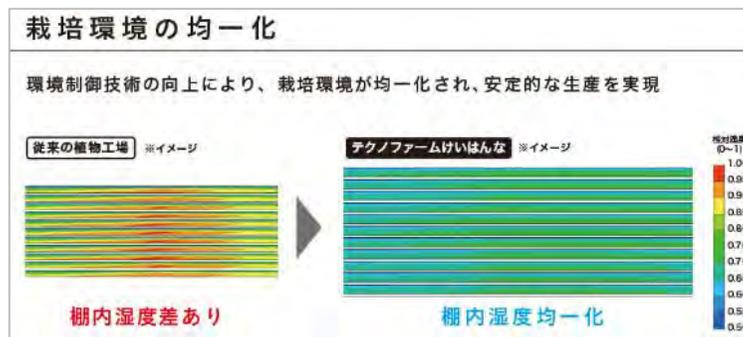
- 生産工場は自社・パートナーシップにより拡大。
 - 自社工場：亀岡プラント(24/4~老朽化に伴う改修につき停止中)、テクノファームけいはんな
 - フランチャイズ：テクノファーム成田(ENEOSグループのJリーフにノウハウ提供)
 - JV：テクノファーム袋井(中部電力、日本エスコンとともにTSUNAGU Community Farmを設立。本企業により工場建設・運営)
- 生産レタス『ベジタス』の取り扱い店舗は、約5,000店舗へ拡大。

【予算】

- 2022年 40億円の資金調達
- 助成金額：N/A

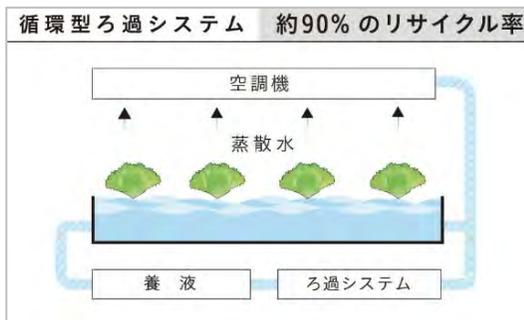
出典：スプレッド HP

活用システム・技術



• 環境制御空調システム

- 生産された作物のうち良品である割合を97%とすることに成功。



• 循環型ろ過システム

- 水リサイクル率80%。
- 露地栽培と比較して、水使用量を最大96%削減。

3 生産性向上 ③ 施設園芸関連

植物工場に関する比較

- 生産能力、規模では日本の植物工場が優位。
- レタスに関する植物工場は利益率が低いため、薬草等高単価作物育成に向けた取組も進行。

パフォーマンス項目	LettUs GROW 	中国農業科学院 都市農業研究所 	PlanTFarm 	Green Plus 	スプレッド 
植物工場 生産作物	レタス、トマト(ただし販売は無し)	レタス	レタス・ニラ・キノコ・高麗ニンジン、ハーブ等 166種類	レタス、イチゴ	レタス
生産能力 (施設数)	・ N/A	・ 0.2トン/日	・ 7.5トン/日 ・ 1日1㎡あたり生産量は0.6kg	・ N/A	・ 17トン/日 ・ 1日1㎡あたり生産量は1.5kg
使用技術(LED・溶液制御・環境制御除く)	・ N/A	・ IoTセンサー ・ AIによる生産管理	・ IoTセンサー ・ AIによる生産・受発注管理	・ N/A	・ N/A
水の再利用率	・ N/A	・ N/A	・ 90%	・ N/A	・ 80%
エネルギー消費効率	・ N/A	・ N/A	・ N/A	・ N/A	・ N/A
事業 社会実装状況	・ 商用化	・ 実証	・ 商用化	・ 商用化(2019年上場)	・ 商用化
収益規模	・ N/A	・ 実証段階のため無し	・ 16億円 (2023年、植物工場建築事業含む)	・ 29億円 (2023年、植物工場用資材販売、建築事業含む)	・ 9.2億円 (2022年)
資金調達	・ 累計713万ドル ・ 助成金34.5万ドル	・ N/A	・ 累計2,140万ドル	・ N/A	・ 累計40億円以上
国際展開	・ 未実施	・ 未実施	・ モンゴル ・ クウェート ・ UAE(FY24中に進出)	・ 日本 ・ タイ	・ 未実施

※Crocus Labs社は、垂直型屋内農場用人工照明システム製造事業者のため、表に含まず

植物工場支援：明治大学(日本)

- 明治大学植物工場基盤技術研究センターは、ダイワハウスやクラレ等の民間企業と連携し、植物工場事業を推進。
- 国内だけでなく、アジア地域でも同様の事業を展開する予定。

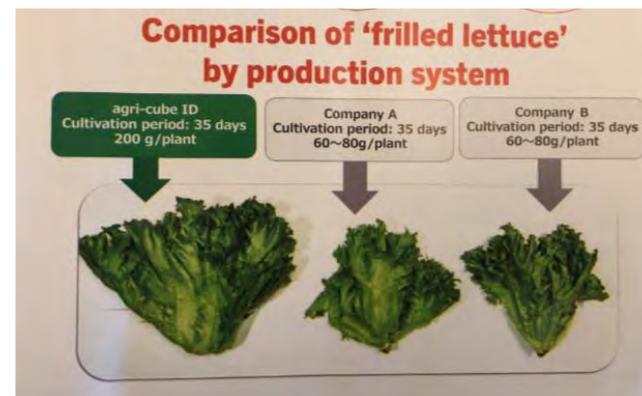
(ヒアリング結果)

- 植物工場での葉菜類の生産について、どうすれば経営的に成り立つかを研究し、民間企業の植物工場経営を支援。
- 取引先の選定、需要の聞き取り（品種、サイズ等）、市場調査等のコーディネートも含めて明治大学が支援しており、販売単価が高く、安定した販売先を確保可能。
- 今後、海外へ植物工場を展開するのであれば、農業不適地の多い東南アジアや中東に目を向けるべき。
- 日本の植物工場は、農地としてみなされず、固定資産税が高い点が課題の1つ。

【社会実装状況】商用化

- パートナー企業
 - 大和ハウス工業株式会社：空調設備を開発し、作物の収量が増加。
 - 昭和産業株式会社：人工照明を構築し、葉物野菜の生産量が増加。
 - 株式会社クラレ：水耕栽培における生産コストと水消費量を削減。
 - 扶桑化学工業株式会社：グリーンマテリアルの開発により、植物のストレス耐性が向上し成長速度が向上。

活用システム・技術



3 生産性向上 ③ 施設園芸関連

UV-LED農業応用技術「Harveterras」：日亜化学工業株式会社(日本)

・波長280nmの紫外線を活用し、植物において免疫力の向上、機能性成分の増加、着色促進等を引き出す技術「ハーベテラス(=Harveterras®)」を研究開発。

- ・紫外線のうち、UVB (280~315nm) は、植物の様々な機能を向上させる。特に280nmにおいて強く機能誘導が発生。
- ・波長や、照度、照射時間で異なる応答。

①適度な量をくり返し【キュウリ】

：**免疫力の向上（抗菌性、防カビ性の向上）**

→農薬使用量の削減。

②強く【ブドウ】

：**機能性関与成分の増量（抗酸化能の向上）**

→付加価値の向上。

③弱く長く【ブドウ、さくらんぼ、すもも、赤レタス】

：**着色促進（アントシアニンの増量）**

※上から紫外線を当てることにより下部も着色

→温暖化による着色不良の改善。

④強く短く【いちご】

：**鮮度維持（保管中の重量減少抑制、果皮硬度・ツヤの維持）**

→輸送期間を延長できる可能性。

【社会実装状況】研究開発

- ・試験装置をパートナー企業と開発中。
 - 栽培：電球形LED
 - 収穫後：コンベア用LEDモジュール

出典：日亜化学工業 ヒアリング情報

活用技術

①植物免疫力の向上（例：キュウリ苗の炭疽病接種試験）

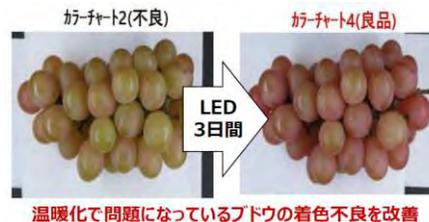


②機能性関与成分の増量（例：マスカットベリーA）

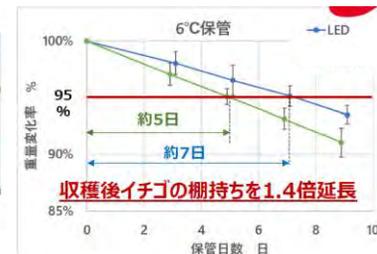
例：マスカットベリーA



③着色促進（例：赤ぶどう）



④鮮度維持（例：かおり野いちご）



出典）日亜化学工業提供資料

4 その他 ① 水産関連

(育種) クロマグロの精子をスマが生産：東京海洋大学（日本）

- 通常クロマグロの成熟に必要な期間が4年のところ、サバ科の小型種であるスマ類の種間雑種にクロマグロの機能的な精子を8ヶ月という短期間で作出させることに成功。

- クロマグロの卵や精子のもとになる生殖幹細胞をクロマグロから取り出し、これを太平洋産と大西洋産のスマの雑種の孵化仔魚へと移植。これらの移植魚を陸上水槽で飼育したところ、満8ヶ月齢に達した段階でクロマグロの精子を生産することを確認。
- 通常マグロの親魚は50-100kgまで大型化するが、体重1kgのスマが精子を生産できると、飼育施設の規模縮小や飼育コスト・リスクの低減に貢献可能。
- スマ雑種の雌雄を水槽内で交配させ、得られた次世代をDNA解析に供した結果、クロマグロゲノムを持つ次世代（代理の雄親が生産した精子とスマ雑種自身の卵が受精した結果生まれた次世代）を確認。
- 本技術によりクロマグロ類の養殖生産の効率化への貢献や、品種改良の加速化に期待。

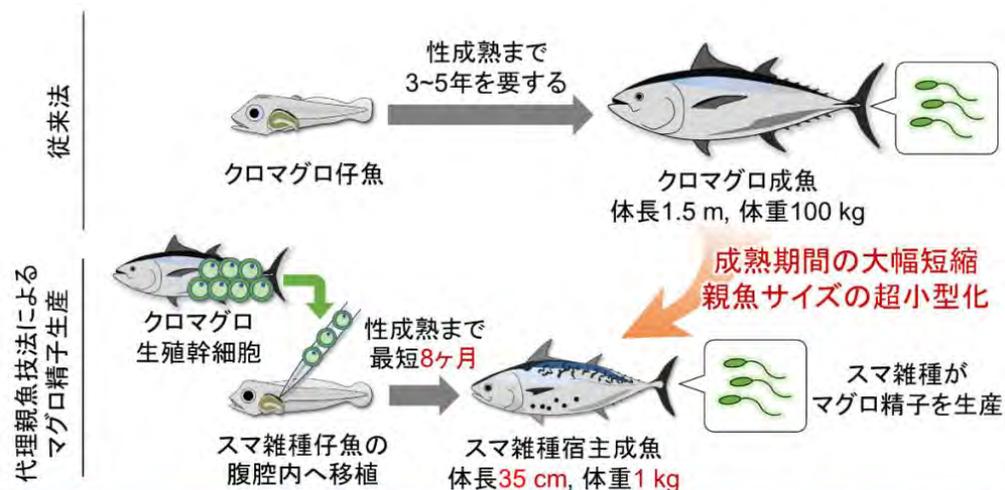
【社会実装状況】

- 研究開発段階

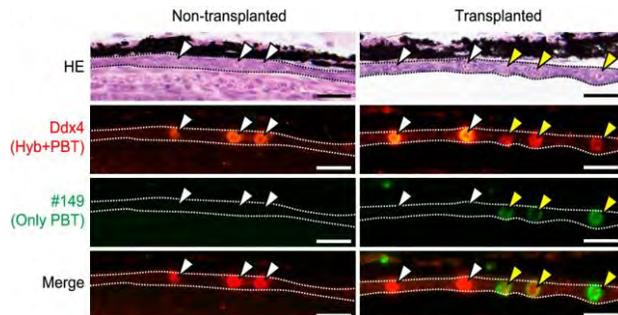
【予算】

- 文部科学省海洋生物資源確保技術高度化事業及び科学研究費助成事業新学術領域研究「配偶子インテグリティの構築」

代替親魚技法によるマグロ精子生産



クロマグロの精子をわずか8カ月齢のスマ雑種宿主(体長35cm, 体重1kg)が生産 → クロマグロ種苗生産の省スペース・低コスト化や育種の高速化が期待される



出典：東京海洋大学プレスリリース
<https://www.kaiyodai.ac.jp/upload-file/4c6ea14f0863d972ad2827f7ac3dce3669a4f39f.pdf>

スマ雑種仔魚の精巣の切片画像
 精子（赤色）の中に、
 クロマグロ由来の精子（緑色）
 が含まれることを確認。

4 その他 ① 水産関連

(飼料) 昆虫と藻類による飼料開発：水産研究・教育機構（日本）

- アメリカミズアブと微細藻類（オーランチオキトリウム）が主原料の無魚粉・無魚油の配合飼料で、魚粉原料と同等の初期成育をマダイ養殖で世界で初めて確認。

- 水産研究・教育機構は、タンパク質性原料としてアメリカミズアブの粉末、脂質性原料として微細藻類(オーランチオキトリウム)の粉末を使用したマダイの飼料を開発。
- アメリカミズアブの生産には野菜くずや食品工場残渣等の国産原料（エルメティア社）を使用。
- オーランチオキトリウムは海産魚類が必須とする脂肪酸 DHA（ドコサヘキサエン酸）を大量に蓄積する微細藻類であり、ユーグレナ社が提供。数千円/kg 以上であるため、配合量低減等によるコスト削減が必要。
- 飼料の原料は、その他は結着剤（小麦粉）と微量成分（大豆レシチン、ビタミン類、ミネラル類、アミノ酸）のみで、エビミール、コーングルテンミール、大豆粕、畜産由来物等は不使用。
- 現在は51日間の飼育実験であるため、更なる長期間の飼育実験が必要。

【社会実装状況】

- 研究開発段階

【予算】

- 内閣府ムーンショット型研究開発制度

昆虫と微細藻類の配合飼料による生育試験

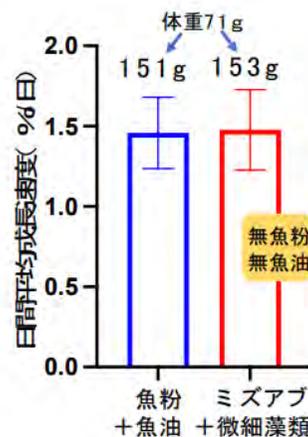


図1 マダイにおける51日間の飼育実験における日間平均成長速度(1日あたりの体重増加速度)
初期平均体重は両群共に71g、51日後に対照群が平均151g、実験群が同153gに成長した。両群間の日間平均成長速度と体重に統計学的有意差は認められなかった。

表1 各飼料の成分 (%)

	対照群 (魚粉+魚油)	実験群 (ミズアブ+微細藻類)
粗タンパク質	48.4	44.8
粗脂質	15.9	15.6
セルロース	5	0

出典：水産研究・教育機構プレスリリース
https://www.fra.go.jp/home/kenkyushokai/press/pr2024/files/20240411_mizuabu2.pdf

4 その他 ① 水産関連

(飼料) 微細藻類による飼料ワクチン開発：マヒドン大学（タイ）

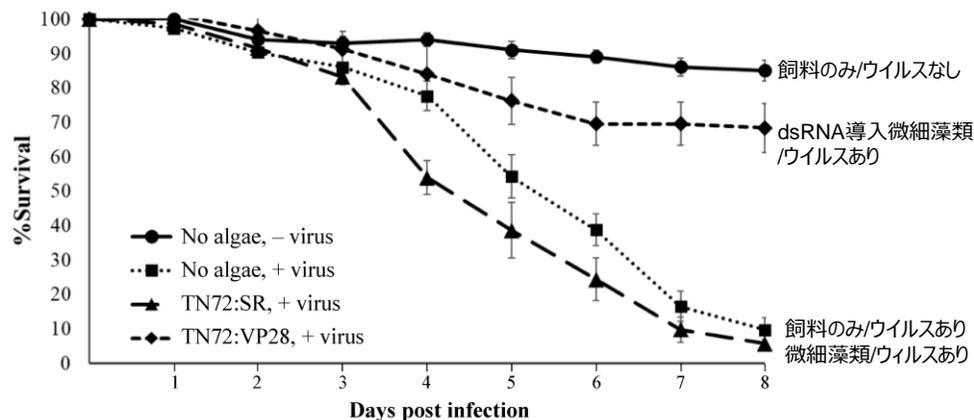
- 微細藻類が持つ葉緑体を遺伝子組換え技術で改変することにより、生物活性特性を持つタンパク質やRNAワクチン等を生産する研究開発が世界中で推進。
- マヒドン大学では、エビ養殖で問題となる白点病を抑制するための飼料サプリメントとして期待される二本鎖RNAを発現する遺伝子組換え微細藻類を開発。

- 白点症候群ウイルス（WSSV）は、ブラックタイガー、キングエビ、アトランティックホワイトシュリンプ等の最も有害な病気の原因として知られており、感染するとほぼ全てが3～5日以内に死亡。
- ウィルス性の病気であるため抗生物質の効果がなく、RNA干渉による予防に期待。経口投与又は筋肉内投与による効果が確認されているが、これまでの研究では、大腸菌が使用されていたことから応用ができなかった。
- マヒドン大学、タイ国立科学技術開発庁、ロンドン大学、ケント大学が連携し、WSSVに対してRNA干渉により感染を防止する手法として食用微細藻類*Chlamydomonas reinhardtii*を活用する手法を開発。
- 微細藻類が持つ葉緑体の遺伝子組換えにより、特定の二本鎖RNA (dsRNA)を発現させ、ウィルスの重要な遺伝子の発現をRNA干渉で抑制する。
- 遺伝子組換え微細藻類の培養 1 Lあたり約 119 ng の dsRNA を生成。dsRNA を含む乾燥藻を餌として与えたエビの生存率は、コントロールと比較して大きく向上。

【社会実装状況】

- 研究開発段階

遺伝子組換え微細藻類を添加したエビの生存率



Percentage survival of shrimp during the challenge trial. Groups are: 'feed only/no viral challenge' (positive group); 'feed only/viral challenge' (negative group); 'feed + TN72:SR algae/viral challenge' (-VP28 dsRNA control); 'feed + TN72:VP28 algae/viral challenge' (VP28 dsRNA experiment). Bars represent standard error. Letters a, b, and c represent homogeneous subsets grouped by Duncan's new multiple range test using % survival at 8 dpi.

出典：Microorganisms 2023, 11(8), 1893;
<https://doi.org/10.3390/microorganisms11081893>

抗ウイルス粒子（ナノセリア）：東レ

・東レは、酸化セリウムでコーティングした粒子（ナノセリア）による抗ウイルス素材を開発し、現在研究段階。

- ・機能性粒子の設計・合成技術と表面制御技術を活用した、酸化セリウム粒子の独自の合成方法と表面処理技術により、ウイルスに対する吸着性と酸化分解機能を付与。
- ・新型コロナウイルスへの抗ウイルス活性試験では、15秒で99.9%、5分で99.99%を不活化し、既存素材と比べて100倍の即効性を確認。
- ・金属イオンや有効成分の徐放による不活化とはメカニズムが異なるため高い持続性が期待でき、また、光触媒作用でないため暗所でも抗ウイルス活性を発揮することが可能。
- ・鳥インフルエンザの防疫等への応用を目指し、防護服とエアフィルターを開発中。

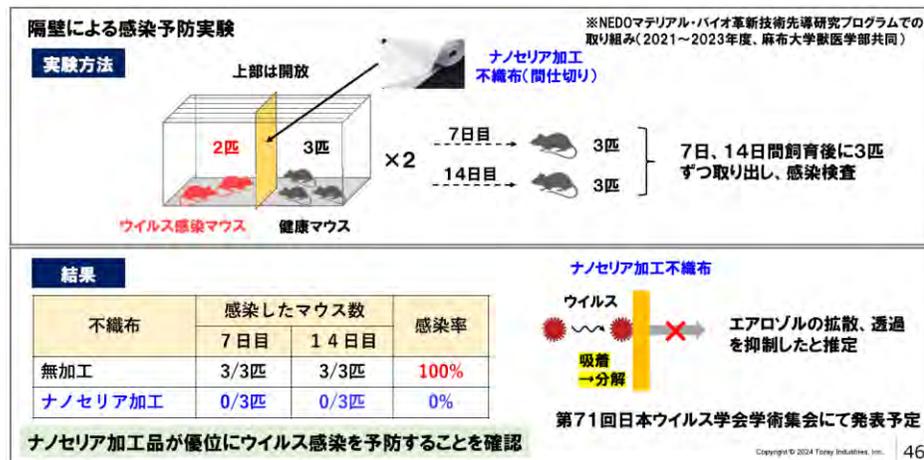
【社会実装状況】

・研究段階

【予算】

- ・NEDO「マテリアル・バイオ革新技术先導研究プログラム」
- ・麻布大学獣医学部、田原口智士教授との共同研究

ナノセリアの抗ウイルス活性



出典：<https://www.toray.co.jp/news/details/20220524102454.html>
東レ提供資料

遺伝子組換え作物の国別栽培状況 (2023)

- ・ 遺伝子組換え作物の栽培面積は、米国・ブラジル・アルゼンチン・インド・カナダの上位5カ国で約9割。

位	国名	面積 (百万ha)	栽培されている主要な遺伝子組換え作物
1	米国	74.41	トウモロコシ、ダイズ、ワタ、アルファルファ、ナタネ、テンサイ
2	ブラジル	66.92	ダイズ、トウモロコシ、ワタ、サトウキビ
3	アルゼンチン	23.13	ダイズ、トウモロコシ、ワタ、コムギ
4	インド	12.07	ワタ
5	カナダ	11.49	ナタネ、ダイズ、トウモロコシ、テンサイ
6	パラグアイ	4.29	ダイズ、トウモロコシ、ワタ
7	南アフリカ	3.31	トウモロコシ、ダイズ、ワタ
8	中国	2.76	ワタ
9	パキスタン	2.28	ワタ
10	ボリビア	1.42	ダイズ
11	オーストラリア	1.42	ナタネ、ワタ
12	ウルグアイ	1.23	ダイズ、トウモロコシ
13	フィリピン	0.62	トウモロコシ、コメ
14	ベトナム	0.22	トウモロコシ
15	スーダン	0.20	ワタ
16	コロンビア	0.15	トウモロコシ、ワタ
17	ミャンマー	0.12	ワタ
18	ホンジュラス	0.05	トウモロコシ
19	スペイン	0.05	トウモロコシ
20	インドネシア	0.02	サトウキビ、トウモロコシ
21	チリ	0.01	ナタネ、トウモロコシ、ダイズ
22	メキシコ	0.01	ワタ
23	エチオピア	0.01	ワタ
24	ケニア	0.00	ワタ
25	バングラデシュ	0.00	ナス
26	ポルトガル	0.00	トウモロコシ
	合計	206.26	

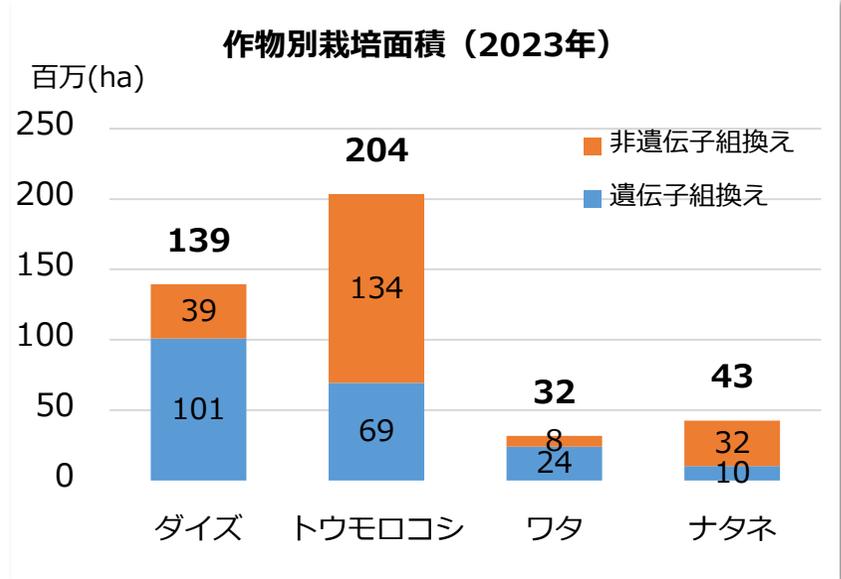
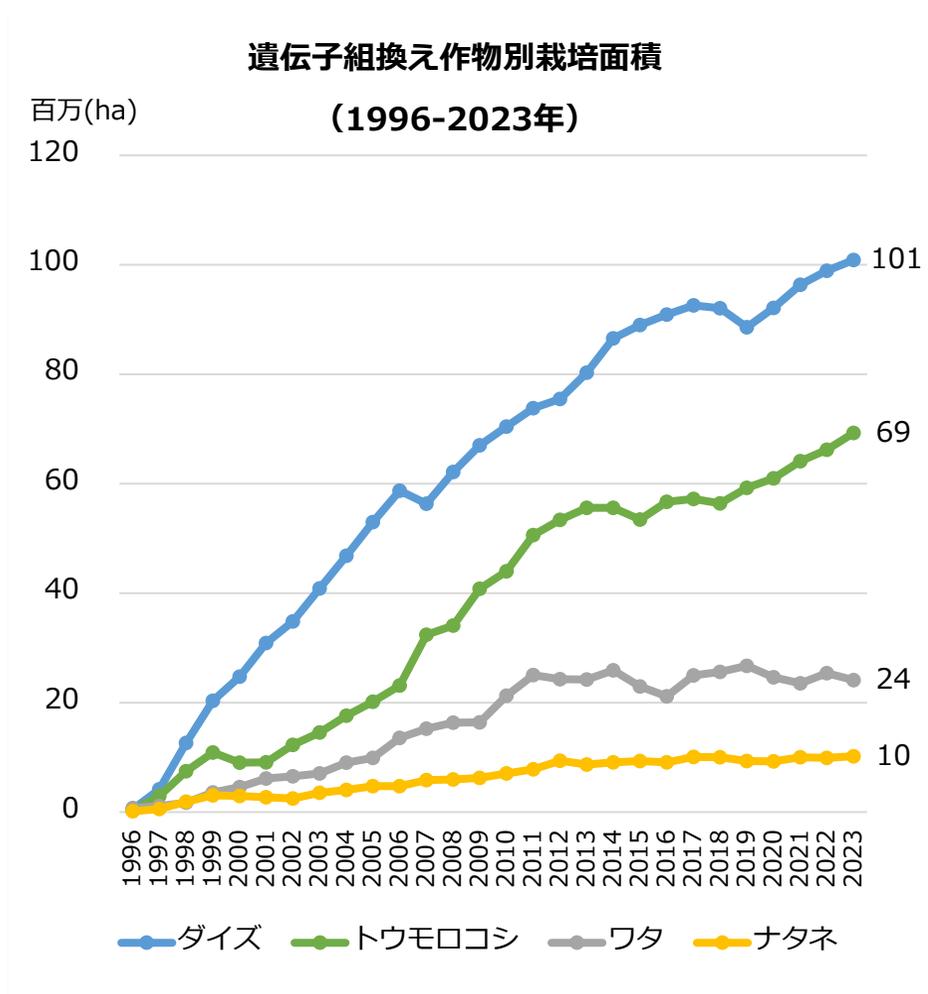
※面積は小数点第3位を四捨五入

出典：バイテク情報普及会提供資料

AgbioInvestor GM monitor 「Global GM Crop Area 2023 Review (February 2024)」をもとにバイテク情報普及会とりまとめ

遺伝子組換え作物の作物別栽培状況

- 遺伝子組換え作物栽培の上位国において、ダイズ、トウモロコシ、ワタなどの主要作物に関しては、8~9割以上が遺伝子組換え。



遺伝子組換え作物の作付割合 (% , 2023年)

	ダイズ	トウモロコシ	ワタ	ナタネ
世界全体	72	34	76	24
米国	95	93	97	96
ブラジル	99	97	99	0
アルゼンチン	99	99	99	0
カナダ	81	88	0	95
オーストラリア	0	0	99	27

出典：バイテック情報普及会提供資料

AgbioInvestor GM monitor 「GM and Approval Data(All Data 2024 V3.xlsx)」 をもとにバイテック情報普及会とりまとめ

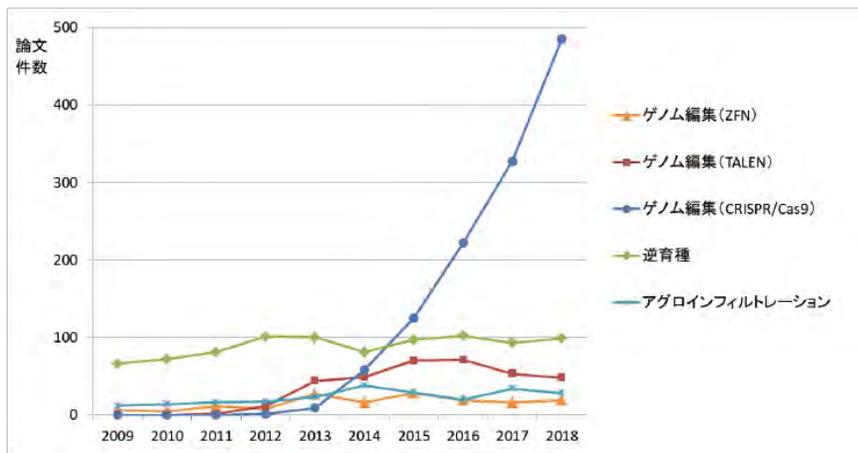
4 その他 ③ 育種技術

ゲノム編集等の新しい育種技術

- 遺伝子組換えとは異なる新しい育種技術の開発が進み、中でもCRISPR/Cas9を用いたゲノム編集は2013年以降急増。

主な新しい育種技術の論文数推移

- 新たな育種技術の例として、ゲノム編集技術、オリゴヌクレオチド誘発突然変異導入技術、シスジェネシス／イントラジェネシス、RNA依存性DNAメチル化技術、遺伝子組換え台木を利用した接ぎ木、逆育種、アグロインフィルトレーション等。
- ゲノム編集（特にCRISPR/Cas9）を用いる研究が最多。



出典： <http://doi.org/10.15108/stih.00175>

直近のゲノム編集関連研究

- ISAAA（国際アグリバイオ事業団）で紹介されている2024年の記事から抜粋。

国	作物	概要
ニュージーランド	キウイ	キウイフルーツの潰瘍病に対する抵抗性向上。
米国	ブラックベリー	シードレスブラックベリーを開発。
中国	ワタ	綿花の生物的ストレス耐性を改善。
米国	カメラナ	油分の多いカメラナを生成。
米国	イネ	イネにおいて光合成経路を初めて改変。
米国	ジャガイモ	ジャガイモのゼブラチップ病に対する抵抗性が向上。
中国	ダイズ	ダイズの収量とタンパク質含有量が向上。
中国	トマト	トマトの干ばつ抵抗性と果実収量が改善。
中国	トマト	果実の成熟が促進され、トマトの果実の硬さが向上。
中国	サトウキビ	サトウキビ及び非栽培草においてゲノム編集を活用。
インド	ジャガイモ	ソラニンの含有量が低いトランスジェニックジャガイモを作出。
中国	オオムギ	複数の遺伝子を改変し、オオムギの食物繊維含有量が増加。
中国	コムギ	コムギの葉のさび病抵抗性を改善。
中国	コムギ	コムギの粒長と重量を増加。
米国	アルファルファ	アルファルファのリグニン沈着を抑制し、飼料の品質を改善。
中国	ダイズ	より香りの強い豆乳を作ることができるダイズを開発。
オランダ	イチゴ	ゲノム編集された単一細胞からイチゴの再生する技術の研究。

研究開発・論文作成のAIサイエンティスト：サカナAI（日本）

- 日本のスタートアップであるサカナAIは、大規模言語モデル（LLM）を活用した自動論文作成技術である、「AIサイエンティスト」を発表。論文のアイデア検討、文献検索、実験計画、実験の反復、図の生成、原稿の執筆、レビューまでを自動で実施。

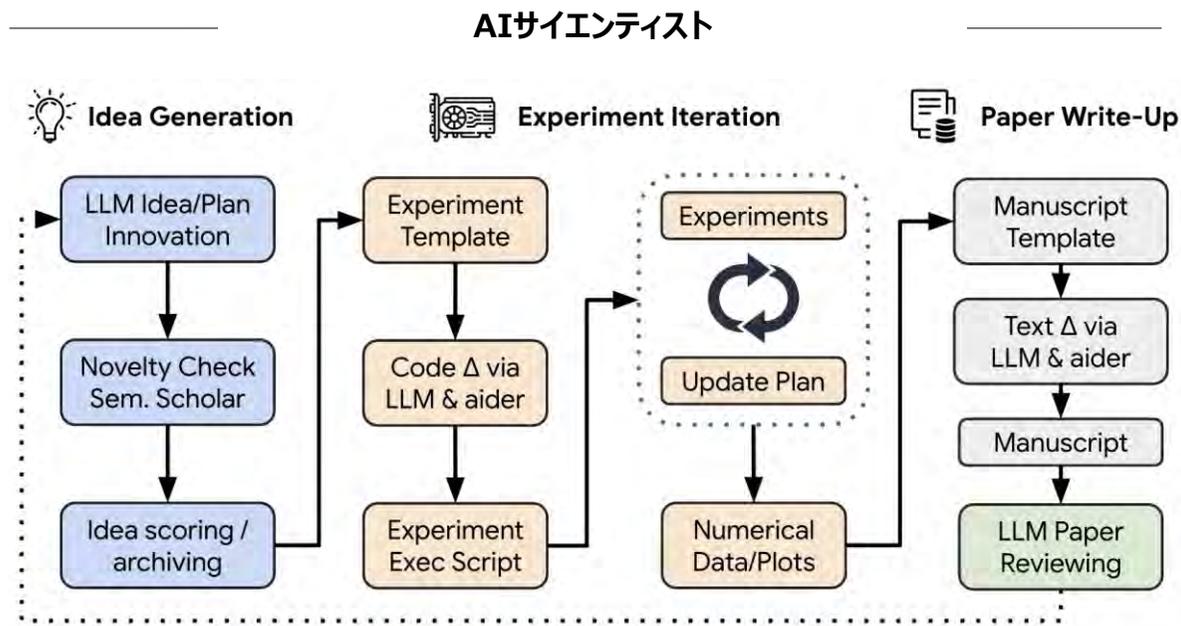
- AI サイエンティストは、実験の設計から、実験の実施、反復、論文執筆、関連文献の引用、自動論文レビュー等が可能。
- GPT-4oやClaude Sonnet 3.5、DeepSeek Coder、Llama-3.1 405b等のLLMを活用。また、Semantic Scholarという学術論文の検索APIを活用して、文献検索やレビューを実施。
- 1 論文あたり約 15 ドルのコストで作成され、完全な論文にまとめることが可能。ただし、結果の解釈においてやや説得力がない部分がある、図表や写真の読み取り能力がない等、現時点ではまだ欠陥がある。

【社会実装状況】

- 実証段階

【予算】

- （シリーズA）約300億円調達（2024年9月時点）



出典：SAKANAAi Webサイト
<https://sakana.ai/ai-scientist/>

化学合成実験に関する自動化モデル：浙江大学（中国）

• 中国の浙江大学では、大規模言語モデル（LLM）のGPT-4を活用した化学物質の合成を行う際のタスク処理のフレームワーク「LLM-RFD」を構築。文献検索、実験デザイン、機器制御、スペクトル分析、分離支援、結果分析等を自動で実施。

- 化学合成における機械学習の活用については、部分的な（サブタスクの）開発にとどまっていた。これを開発プロセス全体に適用し、その汎用性とパフォーマンスの実証を中国の浙江大学が実施。
- 銅/TEMPO系によりアルコールをアルデヒドに変換する反応をモデルとして、3つの異なる反応（SNAr反応、光酸化還元CCクロスカップリング反応、及び不均一光電気化学反応）での検証を実施。
- 既存文献の高効率な参照を通じて得た情報を基に様々な条件下での反応効率の予測、実験上の課題に対する解決策の提案、GC-FID-MS（並列炎イオン化検出器付きガスクロマトグラフィー）の結果分析の自動化等の成果が得られた。

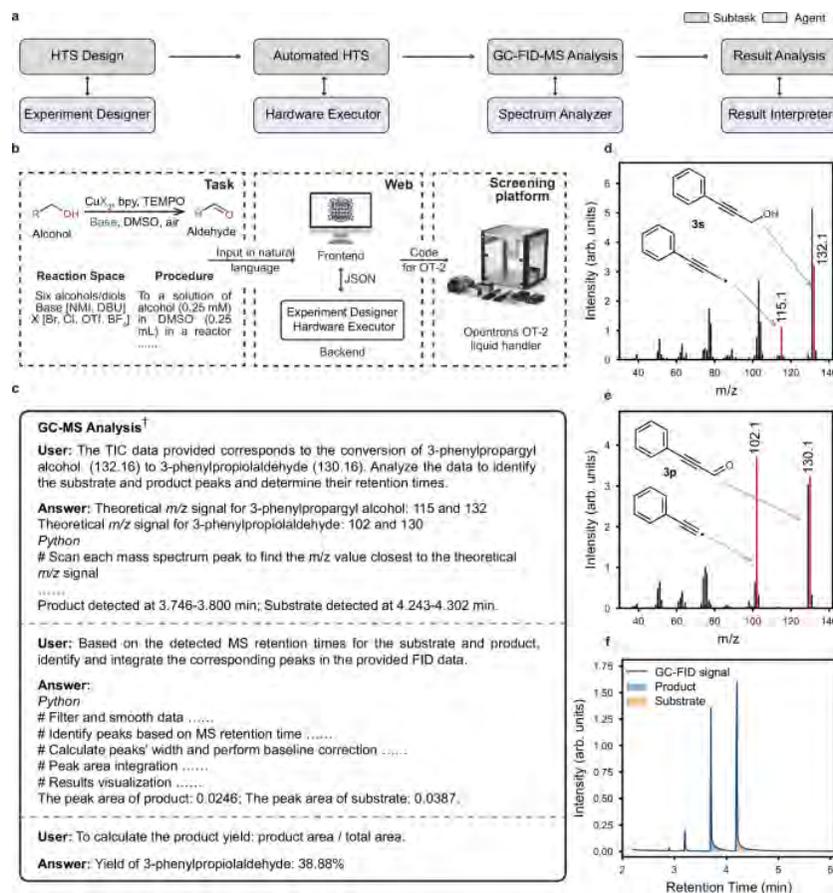
【社会実装状況】

• 研究段階

【予算】

- 中国国家自然科学基金（22478335、22227812、22108242）（YM）、中国国家重点研究開発計画（2021YFA1502700）（YM）、浙江省大学基礎研究基金（226-2024-00113）（YM）

LLM-RFDによる検証



出典：Ruan, Y., Lu, C., Xu, N. et al. An automatic end-to-end chemical synthesis development platform powered by large language models. Nat Commun 15, 10160 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41467-024-54457-x>

AIによる機能解明速度の検証：インペリアル・カレッジ・ロンドン（英国）

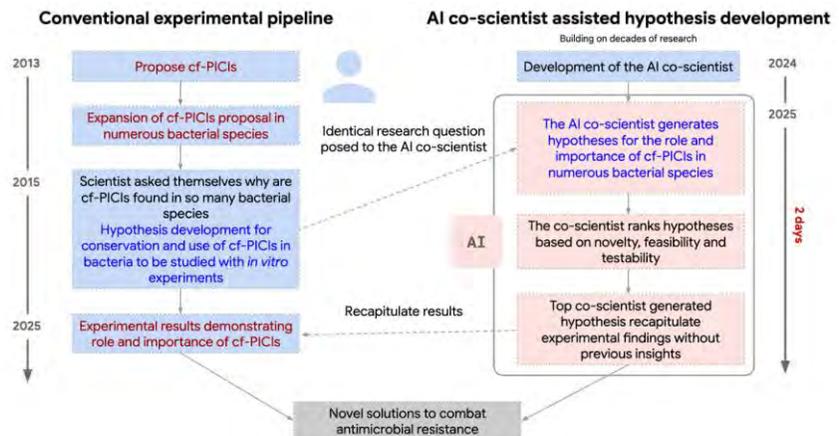
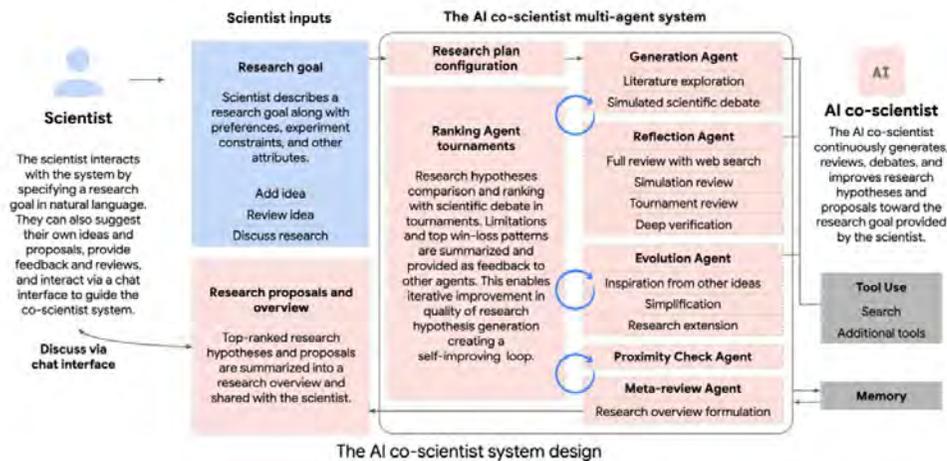
- Googleの開発したAI co-scientistを活用して基礎研究を効率化する実証試験が様々実施されている。
- 抗菌薬耐性 (AMR) に関連する細菌の遺伝子の進化に関する研究において、微生物学者が10年を要した仮説をAI co-scientistは2日で作成。

- Googleの開発したAI co-scientistは、研究者が自然言語で研究目標を入力すると、文献調査、有力な研究仮説の検討、研究プランの改善支援、詳細な研究概要の作成、実験プロトコルの生成等を支援。
- 英国のインペリアル・カレッジ・ロンドンの研究チームが対外的な公表を行っていない課題である「カプシド形成ファージ誘導性染色体島(cf-PICI)が複数の細菌種にわたって存在する理由の解明」をAI co-scientistに指示。
- 研究者が10年かけて到達した仮説である「cf-PICI が多様なファージ尾部と相互作用して宿主範囲を拡大」という結果を、AI co-scientistは実験をせずに、数十年分の文献調査を基に仮説を作成。さらに研究者が想定していなかった仮説の提示もあり、その仮説に基づく実験に取り組む方針。

【社会実装状況】

- 実証段階

科学者とAI co-scientistの連携により機構解明の期間の短縮



出典： <https://research.google/blog/accelerating-scientific-breakthroughs-with-an-ai-co-scientist/>

ヒューマノイドロボット：Figure（米国）

- ・ オムディアの調査「ロボット・ハードウェア市場予測 - 2021～30年」によると、世界のヒューマノイド・ロボットの出荷台数は2027年までに1万台、2030年には3万8,000台と予想。
- ・ Tesla（米国）が自社工場で活用するためのヒューマノイドロボットの活用を目指して開発を進めており、Figure（米国）、1X Technologies（ノルウェー）、ENGINEAI（中国）等のスタートアップや、ボストン・ダイナミクス（米国）等が注目されている。

- ・ 自動車工場の生産現場、物流、介護等、労働力不足の現場での活用を見越して、ヒューマノイドロボットの開発が全世界で進んでいる。
- ・ 大規模言語モデル(LLM)により自然言語での動作指示が可能になっていることや、バーチャル空間での強化学習により動作を自律的に制御できる能力が大きく向上したこと等が寄与。
- ・ 中国のENGINEAIは3万8500元（約80万円）でヒューマノイド・ロボットを販売するとともに、技術のオープンソース化により北京大学、清華大学とも連携。

【社会実装状況】

- ・ 研究開発段階（一部、社会実装段階）

【予算】

- ・ Figure AIはマイクロソフト、OpenAI Startup Fund、NVIDIA等から総額6億7500万米ドル調達
- ・ 1X TechnologiesはOpenAIがシリーズAのリード投資家となり1億2500万米ドルを調達

大型資金調達で注目を集めるヒューマノイドロボット



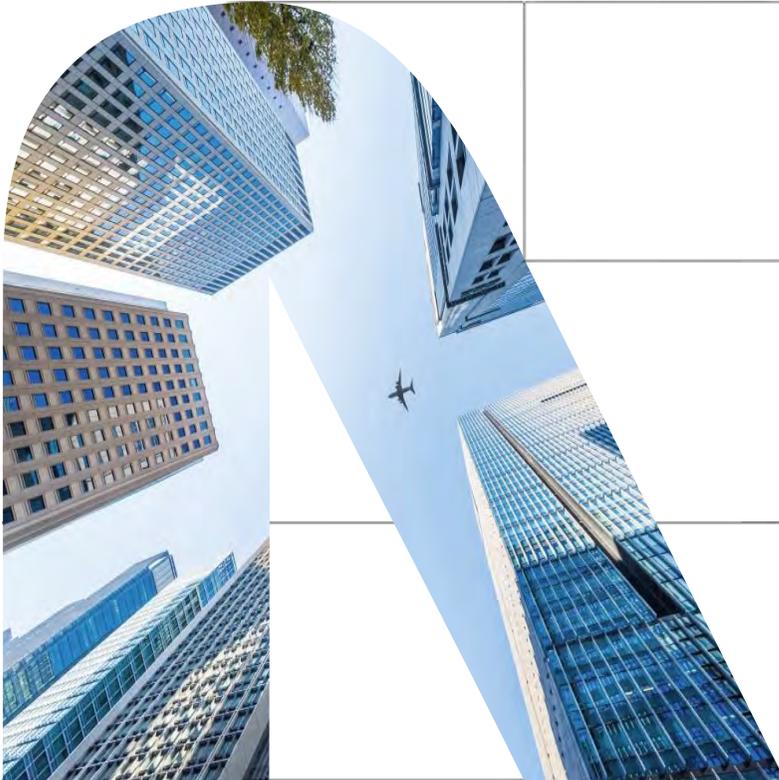
出典：Figure社
Webサイト
<https://www.figure.ai/>



出典：1X
Technologies社
Webサイト
<https://www.1x.tech/discover/announcement-1x-unveils-neo-beta-a-humanoid-robot-for-the-home>

2

諸外国の研究拠点に関する 詳細調査



調査の視点

- 昨年度までに調査した対象国・内容を踏まえ、今年度の調査の視点を明確化するよう整理。
- 今年度は未調査地域・パターンのうち、特に重要な示唆を得られると考えられる対象に注力して調査を実施。

昨年度の調査状況

欧米では官民が連携し、戦略に沿った研究を推進

- 欧米では政府機関と研究機関・民間企業等が緊密に連携し、拠点において国家戦略に沿った研究等が推進されている。
- 研究は政府機関だけでなく、民間企業等とも連携することで、産業界のニーズにも沿った内容となり、実装しやすい内容となっている。

イスラエルではスタートアップ企業に関する国家支援が充実

- 国内の市場やリソースに限りのあるイスラエルでは、法律や予算措置等でスタートアップ企業の誘致や研究開発支援を実施。
- 支援プログラムに関しては民間のインキュベーターを活用し、効率化を図っている。類似した状況にあるシンガポールも同様の支援状況と考えられる。

テーマ	対象国	対象機関	調査分類	概要
研究拠点	米国	メリーランド大	<ul style="list-style-type: none"> 北米地域 大学 	政府機関等と連携した研究拠点
	ドイツ	ドイツバイオマス研究センター	<ul style="list-style-type: none"> EU 国の研究機関 	国家戦略に沿った研究を民間と共同実施
	オランダ	ワーヘニンゲン大リサーチセンター	<ul style="list-style-type: none"> EU 大学/エコシステム機関 	産官学が集まるフードバレー
スタートアップ支援	オーストラリア	ビクトリア州	<ul style="list-style-type: none"> アジア・太平洋 政府機関 	連邦政府が主導するイノベーションエコシステム拠点
	イスラエル	イスラエル政府	<ul style="list-style-type: none"> 中東 政府機関 	スタートアップ支援に関する国家戦略

昨年度までの調査で明らかになった点・追加すべき視点

地域やパターンで抜けている部分について調査を進めることが妥当と考えられる。

テーマ	地域		パターン	
	調査済	未調査	調査済	未調査
研究拠点	<ul style="list-style-type: none"> 北米 (米国) EU (ドイツ、オランダ) 	<ul style="list-style-type: none"> 中東 アジア・太平洋 その他 	<ul style="list-style-type: none"> 大学主導 国の研究機関主導 	<ul style="list-style-type: none"> 民間主導 その他
SU支援	<ul style="list-style-type: none"> アジア・太平洋 (オーストラリア) 中東 (イスラエル) 	<ul style="list-style-type: none"> 北米 EU その他 	<ul style="list-style-type: none"> 政府主導 	<ul style="list-style-type: none"> 民間主導 その他

2 諸外国の研究拠点に関する詳細調査 ②中国

中国で特に注力している研究分野

①育種関連

研究主体	タイトル	概要
湖南省農業科学院 南県稲蝦米産業研究院	稲蝦米の宇宙育種	<ul style="list-style-type: none">有人宇宙船「神舟16号」に搭載され宇宙を旅した稲蝦米（エビの養殖と組み合わせて栽培する稲）の種子に対して遺伝子を解析し、新遺伝子を発掘し農家の増産を促進する。
-	ジャガイモの宇宙育種	<ul style="list-style-type: none">有人宇宙船「神舟16号」に搭載され宇宙を旅し、宇宙放射線や微小重力、高真空等の特殊環境を利用して種子の遺伝子変異が生じている可能性のあるジャガイモの種子を作成。今後は催芽、育苗、移植を通じて、鑑定評価を継続し、ジャガイモの新品種を選択育成する。今回の選択育成では、ゲノム編集技術で従来型の遺伝育種を補助する方式を採用し、高度かつ正確な方式でジャガイモのゲノムを編集し、耐塩基性遺伝子を抽出・挿入することで、品質向上のプロセスを加速させる。

②デジタル農業

研究主体	タイトル	概要
広州極飛科技	ドローン等の活用による稲作	<ul style="list-style-type: none">種まきから収穫まで、無人の収穫機や巡回機、播種機等スマート農機をフル活用することで、ほぼ人手なしの農作業を実施。45.7%のコストダウンを実現。
中国農業科学院	スマート農機の開発	<ul style="list-style-type: none">様々な特殊な対応が可能な農業機械を製造。具体的には丘陵地帯での栽培、温室施設での栽培、多作作物栽培、農産物の前処理等に使用するスマート農機を想定。

②その他

研究主体	タイトル	概要
中国農業科学院、 都市農業研究所	20段建て垂直農場	<ul style="list-style-type: none">植物への光と肥料の量を微調整できるAI制御システムによって、35日でレタスを栽培・収穫する世界最多の20段建ての垂直農場を開発
中国農業科学院	コンパクトな植物設計による生産性向上	<ul style="list-style-type: none">ウリ科植物の茎伸長を抑制する遺伝子改変を用いて、施設園芸における収量増及び作業効率を向上

2 諸外国の研究拠点に関する詳細調査 ②中国

中国農業科学院（中国）

- 中国の農学研究機関である農業科学院は、育種や畜産分野を含む幅広い分野の研究を実施。

中国農業科学院の研究ユニット

北京地区

- 大学院
- 作物科学研究所
- 植物防疫研究所
- 野菜花き研究所
- 農業環境持続可能性研究所
- 北京畜産獣医学研究所
- ミツバチ研究所
- 飼料研究所
- 農産加工研究所
- バイオテクノロジー研究所
- 農業経済開発研究所
- 農業資源・農業ゾーニング研究所
- 農業情報研究所
- 農業品質基準・試験技術研究所
- 農業農村部食品栄養開発院
- 中国農業科学技術出版有限公司

北京郊外

- 農地かんがい研究所
- 中国米研究所
- 綿花研究所
- 油料作物研究所
- 麻研究所
- 果実研究所
- 鄭州果実研究所
- 紅茶研究所
- ハルビン獣医研究所
- 蘭州獣医研究所
- 蘭州畜産獣医学研究所
- 上海獣医学研究所
- グラスランド研究所
- 専門研究所
- 農業農村部環境保護科学研究監視院
- 農業農村部成都バイオガス科学研究所
- 農業農村部南京農業機械化研究所
- タバコ研究所
- 農業ゲノミクス研究所
- 都市農業研究所

主な成果の例

- 中国農業科学院による2022年の主要な科学研究成果は下記の通り。

研究開発部門

- 高収量・高品質・高グルテンの小麦の新品種
- トウモロコシの密植栽培技術
- 空中農薬散布手法
- 肝臓脂肪量の多いアヒルの新品種
- 耕作放棄地対策に関する調査
- 藁農地の穀物農地への転換技術
- 高品質桃の新品種
- 汚染物質のスマホアプリによるリアルタイム計測
- 仮性狂犬病不活化ワクチン
- 高精度農薬検出技術

基礎研究部門

- キチン生合成の構造基盤
- パンゲノムによる欠落遺伝子把握
- 栽培と野生のじゃがいもの進化と多様性
- イネの収量向上、生育期間短縮に資する転写制御因子
- パンゲノム利用によるエンドウ豆進化的特徴把握
- ナタネの収量増に関する遺伝情報
- ヒトにおける鳥インフルエンザの致死感染の仕組み
- リンと鉄の栄養シグナル伝達における拮抗的相互作用
- 畜産による窒素汚染対策
- 深層学習による高精度稲作マッピング

第14次五カ年計画における農業分野の目標

- 2021年3月に開催された全国人民代表大会（全人代）において、「国民経済・社会発展第14次五カ年計画と2035年までの長期目標要綱」が承認。「農業・農村開発と農村活性化」の項目が設けられ、関連する2021年～2025年までの目標や計画、2035年までのビジョンが設定された。

主な農業関連の項目	詳細
主要農産物の供給確保	<ul style="list-style-type: none"> 穀物、綿花、食用油、砂糖、肉、牛乳等の重要な農産物の供給を確保 食料生産能力の基盤を強化
農業機械化	<ul style="list-style-type: none"> 大中型でスマートかつ多機能な農業機械の研究開発と適用を強化 耕作、播種、収穫における機械化の使用率を75%まで引上げ
種子と遺伝資源の保護と活用	<ul style="list-style-type: none"> 種子の遺伝資源保護と種子バンクの開発を推進し、種子情報等を保全 農作物品種改良技術のボトルネック解消 生物育種の産業利用を着実に進展 国際競争力を持つ種子産業の主要企業を育成
農業科学技術のイノベーション	<ul style="list-style-type: none"> 農業科学技術イノベーションシステムを改善 農業技術を普及させる新しい方法を採用 スマート農業の発展を推進

第14次五カ年計画における北京市の農業科学技術発展計画

- 農業に関する実施項目例としては、中関村の平谷区での先進的な実証圃場の建設等があり、スマート農業の研究開発が進行中。

実施項目例	詳細
北京・京瓦農業科学技術イノベーションセンターを中心とした研究開発の推進	<p>中関村・平谷区は国家農業科学技術園区として認定され、先進的な農業技術の研究と実用化を推進。中国独自の衛星測位システム「北斗ナビゲーション技術」を活用した農業機械の自動ナビゲーション技術や、リアルタイムモニタリングや無人ドローン・トラクター等を活用したキャベツの無人作業技術等を開発。</p> <p>国家農業技術戦略の中で農業の現代化・技術革新のリードを目的とした中関村の中心的な拠点で、先端技術の研究と開発を実施。技術開発、技術普及に加え、最新の農業研究設備や実証圃場整備等のインフラ整備も担う。</p>
育種研究	<p>目標</p> <ul style="list-style-type: none"> 新たなブレークスルーによる育種技術の開発と応用推進 研究成果の実用化と広範な普及による生産性向上 <p>研究項目例</p> <ul style="list-style-type: none"> トウモロコシの全ゲノムにわたるSNPの高密度検出技術 野菜品種のDNAデータベースと育種プラットフォーム開発 特定遺伝資源の保護（北京ダック、北京黒豚、北京宮廷金魚等） 商業用育種ソフトウェアの開発

第14次五カ年計画における北京市の農業科学技術発展計画

- スタートアップ支援についても言及されており、ベンチャーキャピタルの強化や、エコシステムの構築等について計画に記載。

支援策	詳細
技術革新促進	中国政府は、農業技術の革新を推進するため、スタートアップ企業やベンチャーキャピタルの支援を強化。先進的な農業技術の開発と普及を促進。
資金援助とインキュベーション	政府の補助金や融資を含むスタートアップ企業向けの資金援助プログラムを設置。また、インキュベーションセンターや技術パークを通じて、スタートアップ企業の成長を支援。
イノベーションエコシステムの構築	農業分野のベンチャー企業が成長しやすい環境を整備するために、産学官連携の強化や技術交流プラットフォームの構築を推進。研究機関や大学と企業の協力が促進され、技術開発のスピードが向上。

第14次五カ年計画における北京市の農業科学技術発展計画

- 重点的な推進項目の一つであるスマート農業に関連した計画も掲載。デジタル農業を推進するための情報プラットフォーム構築や、AI等を活用した農業を推進している。

計画項目	詳細
AI技術の導入	作物栽培の効率を改善するために、AI技術を導入している。具体的には、作物の成長をモニタリングし、最適な施肥や灌漑のタイミングを予測するAIモデルが構築されている。これにより、生産性の向上と資源の効率的な利用が可能。
デジタル農業プラットフォーム	デジタル技術を活用した農業プラットフォームが開発されており、農業データの収集、分析、共有を通じて農業生産の最適化が図られている。このプラットフォームは、農家や農業関連企業がリアルタイムで情報を取得し、適切な管理を行うための支援を提供。
スマート農業機械の開発	北斗ナビゲーションシステムを活用した自動運転トラクターやドローン等、先進的なスマート農業機械の開発が進められている。これにより、農作業の自動化と効率化の促進を見込む。
IoTとビッグデータの応用	農業IoT技術を用いたセンサーやデバイスが導入されており、土壌の温度、湿度、栄養状態等をリアルタイムでモニタリングしている。これらのデータはビッグデータ技術を用いて分析され、農作業の最適化に活用されている。

優遇政策：ハイテク企業の優遇措置（中国）

- 中国ではハイテク企業に対する優遇税制を実施。ハイテク企業は特定の技術分野について認定される。

（概要）

中国のハイテク企業の認定制度は、国家が特定分野における技術革新を奨励するために設けられた制度。ハイテク産業の発展を促進し、国際競争力を高めることを主な目的とする。

（税制優遇）

- ハイテク企業に認定されると、法人所得税率が25%から15%に引き下げられる。
- 経済特区（海南、アモイ、深セン、珠海、汕頭）及び上海浦東新区内では、2008年以降に登記登録を済ませたハイテク企業は、法人所得税について、当初2年は全額免除、3～5年目は半額免除の優遇も受けられる。
- 研究開発費用の追加控除を受けられる。
 - ✓ 無形資産を計上せず当期損益に計上する場合は、実際発生額を控除した上で、研究開発費用の50%を追加控除することができ、その年の課税所得を直接控除。
 - ✓ 無形資産を計上する場合には、無形資産の取得原価の150%を償却。

（その他各種優遇措置）

- 中国政府による調達では、ハイテク企業の製品が優先される。

ハイテク企業の認定対象となる技術分野

1. 電子情報技術
2. バイオと新医薬技術
（農業関連の例）
 - 微生物発酵新技術
 - 機能性食品及びバイオテクノロジーの食品安全分野での応用
 - 農林植物の優良新品種及び優れた高性能の安全な生産技術
 - 禽獣水産優良新種及び健全な養殖技術
 - 重大な農林植物の災害及び動物の疫病の防止制御技術
 - 現代農業設備及び情報化技術
 - 農業バイオテクノロジー
3. 航空・宇宙産業技術
4. 新素材技術
5. ハイテクサービス業
6. 新エネルギー及び省エネ技術
7. 資源及び環境技術
8. ハイテクによる伝統産業革新

出典：JETRO Webサイトより抜粋
https://www.jetro.go.jp/world/asia/cn/law/tax_028.html
https://www.jetro.go.jp/ext_images/world/asia/cn/law/pdf/tax_028.pdf

優遇政策：ハイテク企業の認定（中国）

- ハイテク企業の認定は、中国国内に登録している外国企業も受けることが可能。
- 知的財産権の保有や、中国での研究開発費の使用割合等の条件を満たすことが必要。

（認定条件）

- **中国国内に登録してから1年以上が経過している企業。**
- 直近3年間に自社における研究開発、譲り受け、買収合併、5年以上の独占許可等の方法を通じて、その主たる製品（サービス）の核心技術に対し知的財産権を有すること。
- 製品（サービス）が「**国が重点的に支援するハイテク領域**」の定める範囲に属すること。
- 大学専科※以上の学歴を有する技術職従業員が企業の当年の総従業員数の30%以上を占め、そのうち研究開発に従事する技術職従業員が企業の当年の総従業員数の10%以上を占めること。

※中国の高等教育機関で2年制或いは3年制が多く、学位は授与されない。

- 持続的研究開発活動を行っており、かつ直近の3会計年度における売上収入の総額に占める研究開発費の割合が、法で定める以下の条件を下回らないこと。

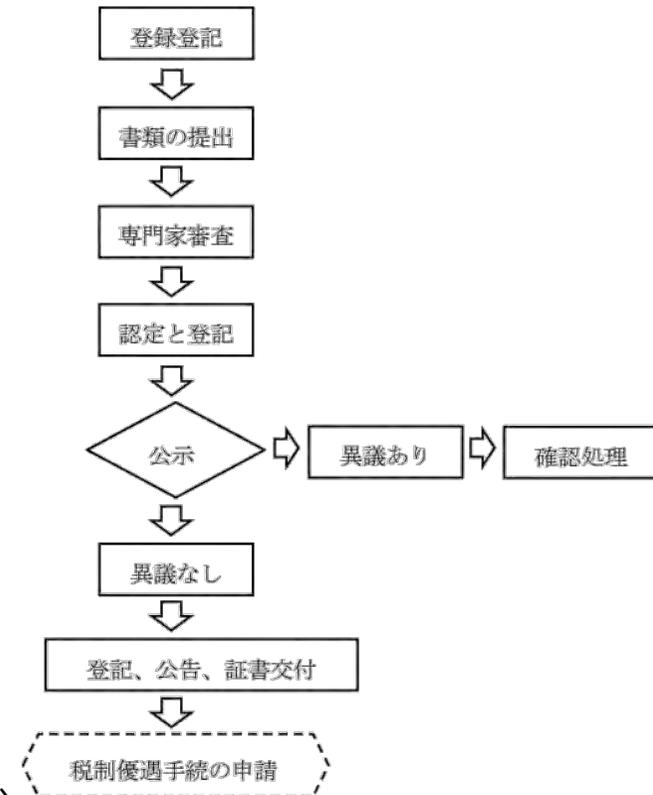
直近1年間の売上収入が5千万元を下回る企業 → 6%

直近1年間の売上収入が5千万元以上2億元未満の企業 → 4%

直近1年間の売上収入が2億元以上の企業 → 3%

- **中国国内にて費やした研究開発費の総額が、全研究開発費の総額に占める割合の60%を下回らないこと。**
- ハイテク製品（サービス）による収入が企業の当年の総収入の60%以上を占めること。
- 企業の研究開発組織の管理水準、科学技術成果の応用能力、知的財産権の保有数、売上と総資産の成長性等の指標が「ハイテク企業認定管理作業の手引き」（別途制定）の要求に合致していること。

認定までのフロー



出典：独立行政法人 日本貿易振興機構
「知的財産権から見るハイテク企業認定について」

中関村（中国）

- 中国の政府主導イノベーション特区「中関村」では、ベンチャー企業に対する各種政府サポートや、清華大学等の高等教育機関と産業、行政との連携が推進。

概要

- 北京に所在するイノベーション特区「中関村」では、政府主導の下、イノベーション創出に向けた様々な支援を実施。
- 中国の国家重点大学である清華大学等、高等教育機関の他、中国科学院等の国立研究機関が多数所在。
- 大学や研究機関と連携してR&Dに取り組むグローバル企業も拠点を置き、産学官の連携体制を構築。

ポイント

- 中国のユニコーン企業の約半数が中関村で活動する等、スタートアップ企業が中関村地域に集まっている。その理由として、政府による充実したサポート、近隣の大学等が有する豊富な人的資源、独自のベンチャー育成制度等が挙げられる。
- 中関村でイノベーション推進に係る業務に従事していると認められた外国人には永住権の優遇等も付与。
- スタートアップに2年以上投資を行うエンジェル投資家は、投資額の70%の金額を投資先のスタートアップの株式譲渡による課税所得と相殺が可能。

中関村の規模

ハイテク企業数	総従業員数	総売上額	VC投資総額	中国全体のイノベーション投資に占める割合
22,000社超	267万人超	93兆円超	1.6兆円超	24.7%

優遇政策：査証、入居スペース等（中国・中関村）

- 中国・中関村では、スタートアップ支援策として、無料の入居スペースの提供や、外国人材向けの査証の取得等を支援。

（入居スペース支援）

- 中関村に拠点を置くことを希望する企業は、入居スペースの提供を受けることができ、1年目は入居費用が無料（2年目以降は有料）となる。
- 入居スペース支援は外国企業も同様に受けられる。

（外国人材向け支援）

- 海外ハイレベル人材を対象とした査証申請・出入国・滞在居留・永住許可取得の手続きを簡便化している。
- 納税後、全収入を外貨に両替することや、国外に持ち出すことを許容。
- 拠点が中関村にあれば、その他の所在地に制限はない。

（優秀な人材の入居を優遇するマンション）

- 中国政府が推進するサイエンスパーク事業では、インキュベーションコンクールで上位にランクインすると、サイエンスパークへの入居が認められ、2～3年間の家賃免除、地方税の免除、補助金の支給といった特典を付与。
- また、「人材マンション」と呼ばれる集合住宅では、起業経験者は低価格で入居できる。このため人材マンション内で優秀な人材同士がネットワークを築く機会も得られる。

中関村所在企業の例

- ZhenFund（真格基金）
- Xiaomi（小米）
- aigo（爱国者）
- YOUKU（優酷）
- Lenovo（聯想）
- Baidu（百度）
- Baofeng（暴風影音）
- Letv（樂視網）
- Founder（方正）

2 諸外国の研究拠点に関する詳細調査 ②中国

スタートアップへのネットワーク構築支援の仕組み

- 中関村ではスタートアップ企業の支援として、政治・経済分野等の関係者とのネットワーキングや、公的資金を活用し大学が運営する様々なアクセラレータープログラム等を実施。

(投資家等とのネットワーク構築支援)

- 三三会

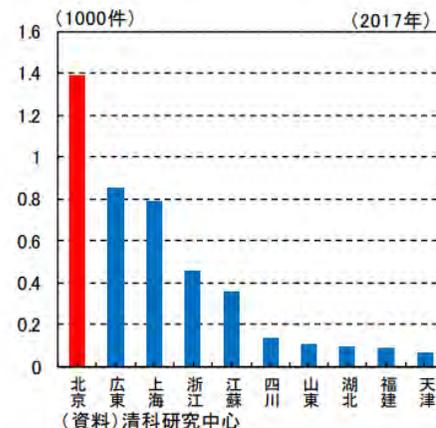
中国・中関村では、スタートアップのすぐれたプロジェクトの展望や課題、連携の希望等について政治・経済分野等の様々な関係者に共有できる「三三会」という会合を開催。投資等支援獲得の効果的な仕組みとして活用。

(大学を母体とする支援機関)

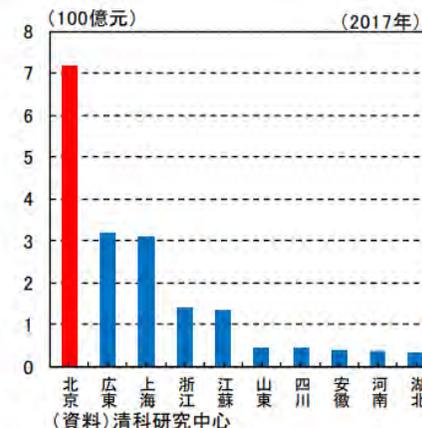
- 中関村では、大学を母体とする機関が主体となりインキュベーターとして大学発スタートアップ等に対して出資。
- 多くの大学を母体とするインキュベーターは、国の認定を受け運営されており、運営費についても補助を受けている。
- 大学を母体とする機関が運営するアクセラレータープログラムが多数提供されており、外資企業や中国国内の有力企業とスタートアップ企業を繋ぐ場として機能。

中国のVC動向※2017年時点

VC投資件数 (省別)



VC投資額 (省別)



出典：公益財団法人日本経済研究センター

北京市の農業分野の取組

- 平谷区エリアに科学技術の革新と実用化、企業主体の共同研究、国際的な食品栄養バレーの構築を推進中。北京市とその周辺地域の農業・食品産業の発展が目標。

2020年7月に北京市は「平谷区農業科学技術イノベーションと産業促進のための3か年行動計画（2020～2022年）」を承認。

- 京瓦農業科学技術イノベーションセンターを設立し、酪農、果実、温室園芸の実証園や実験室を設置。技術の実用化に向けた企業主体の研究を推進。
- 企業との連携に関して、昭農食品集団、新希望、北大荒、バイエルクロップス等のトップ企業を平谷に誘致。
- 国際食品栄養バレーとして2035年までに国際的に高い評価を受ける食品・栄養健康自治イノベーション実証区となり、生産額500億元を目指している。
- 人材育成及びビジネス支援事業
「ドクターファーム」という施設を設立し、高度な農業技術と知識を学者が農家に提供する仕組みを導入。
また、農業分野に関するビジネスコンテストの開催や、質の高いプロジェクトに対する土地リース費用の提供や資金調達支援を実施。

中関村農業計画のイメージ図



出典：SOHU.com

農業用ドローンと関連機械：XAG（中国）

- 2007年に設立された農業用ドローンの大手企業で、灌漑や自動農機等の製品・サービスを展開。
- 2024年5月22日～23日に開催されたAGRITECHNICA ASIA（タイ、バンコク）においても、大規模なブースを設置し、多くの来場者を集客。

- 農業機械の自動化、無人化に関する技術開発を推進。製品は中国国内にとどまらず、一帯一路エリアを中心に、オーストラリアやブラジル等も含む計42か国・地域以上で利用可能。
- 農業用ドローン（散布型、データ取得型）や量産型農業用無人車を販売。無人車は、農業、林業等複数分野で利用可能な設計。
- 販売価格はいずれも、他先行企業製品よりも割安。

【社会実装状況】

- 上市・普及段階

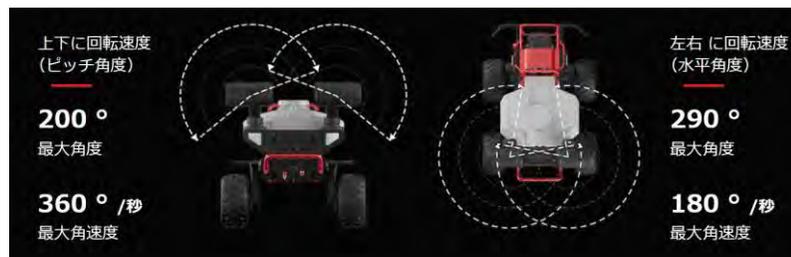
（製品価格）

	XAG（中国）	クボタ（日本）	DJI（中国）
製品名	V40	T20K	T20
価格	82万円程度	280万円程度	160万円程度
スペック	積載量 液体16 L 飛行時間 約10～15分	積載量 液体16 L 飛行時間 約7～15分	積載量 液体16 L 飛行時間 約10～15分
備考	1元 = 22.2円計算	発売は2020年	—

XAGのドローンと農業用無人車両



出典：NTTデータ経営研究所撮影



出典：XAG HP

2 諸外国の研究拠点に関する詳細調査 ②中国

TUSホールディングス（中国）

- TUSホールディングスは、清華大学傘下のサイエンスパークの運営機関として設立。現在は大学から独立し、近隣の他大学における技術シーズの探索も実施。
- 海外にも300拠点を展開し、その地域における技術を吸い上げる等、グローバルな技術連携を推進。

（資金運用状況）

- TUSホールディングスが運用する資金は約8,000億円。約半分は地方政府及び国営企業からの出資金。残りの半分弱は、過去に中央政府機関が特定の目的の下、TUSホールディングスに出資。

（農業分野への投資状況）

- 農業分野における、実績年数や件数は少ない。
- 約12～13年前から土壌改良分野に投資しているが、未だ利益を得るには至っていない。また、農業分野のAIやIoT機器にも投資。

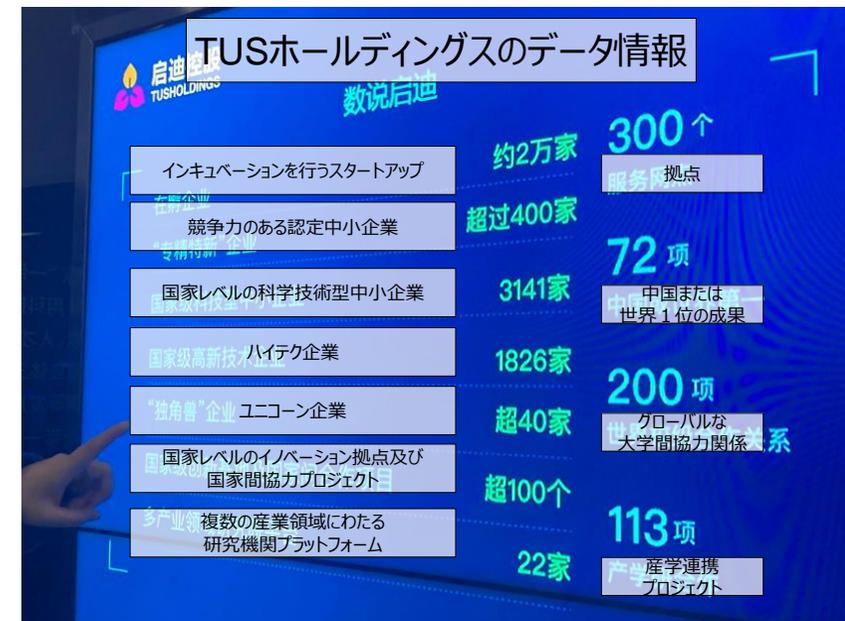
（アルムナイデータベース（DB）の活用）

- TUSホールディングスは、3,000以上の登録者を有するアルムナイDBを保有。分野を横断する連携を促進し、スタートアップ企業の成長を支援。

【予算】

現在はインキュベーション事業の一環として約800社以上の企業に出資。ファンドの規模は400億元（約8,000億円、1元=約20円）。

TUSホールディングスの成果に関するデータ



出典：NTTデータ経営研究所撮影

中国農業大学（中国）

- 中国農業大学は、中国の農業・水産業の技術革新をリードする教育・研究機関。大学内外の組織との連携による技術の産業化を積極的に推進。

（技術の社会実装に向けた取組）

- 2006年に技術の社会実装を推進するための組織である社会サービスセンターを設立。
- 大学の規定により知財管理や特許収益の管理方法を整備し、起業した学生には特許使用权・収益権を授権し、兼業やCEO等の役員就任を許可。研究成果の収益配分は原則、大学等20%、社会サービスセンター10%、発明者70%。
- 過去5年間で415プロジェクトを実施し、2.6億元の収益を記録、うち1.7億元が大学に還元。
- プロジェクトの予算は2019年の902万元で、その成果から大学に還元された金額は2,265万元。23年には予算が9,174万元、成果還元額は7,220万元に増加。22年にはトウモロコシの遺伝組換え技術を開発した教授が9.5億円の特許収入を獲得。

（国家デジタル漁業イノベーションセンター）

- 学内に中国の漁業のデジタル化を目的とした研究センターを設置。大規模な池・湖での養殖やアクアポニックスを活用した生産モデル等を研究。

中国におけるスマート農業の現状（中国）

- 中国では、農業者一人当たりの土地面積が少ないこと等から生産段階でのスマート農業の広がりは限定的。一方、流通段階では食の安全への関心の高さ等の理由から普及が進む。

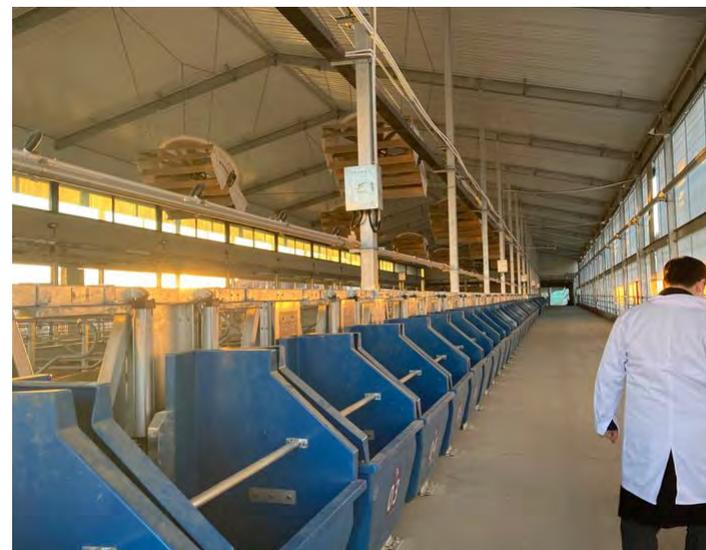
（スマート農業に関する中国の現状）

- 2015年に国務院が「デジタル中国」政策方針を発表して以降、各省がさまざまな声明を出し、スマート農業を推進。
- 中国では農産物の生産量が安定していないため、流通段階におけるスマート化を重視。また、食の安全に対する関心が高く、トレーサビリティ確保の観点からもスマート技術が普及。
- 農村部の人口をすべて農業従事者として計上すると、中国の農業従事者は総人口の24%を占めるが、そのうち何らかの形でスマート農業を導入している割合は10.2%。
- 中国は砂漠や乾燥地帯が多く、農業者一人当たりの土地面積は日本よりも少ない。
- 畜舎や陸上養殖等管理しやすい環境ではスマート農業技術の適用が進み、農機は「合作社」が一括購入し農業者に貸与する仕組みが確立。
土壌燻蒸や収穫支援等生産活動の業務委託が普及。

（中国農業大学の支援）

- 中国農業大学ではスマート農業分野について、環境モニタリング、水肥一体化投与、流通トレーサビリティ技術を研究し、「科技小院」を各地に設置して農業者を支援。

平谷区の研究施設の畜舎に導入された給餌機



出典：NTTデータ経営研究所撮影

2 諸外国の研究拠点に関する詳細調査 ②中国

現地企業：Nbio、VJT bio、大北農（ダーベイノン）（中国）

- 中国農業大学発の企業。スタートアップのNbio社では、VCからの資金で研究拠点を整備し、機械を購入しており、立ち上げ段階において政府や大学からの支援は無い。

【Nbio】

- 社員数23名のスタートアップ。ジメチルエーテル（DME）技術を活用し、特定の細菌を増殖させる培養槽を開発。飼料の品質向上、汚染物質の分解、土壌の改良に資するサービスを展開。
- 北京で研究開発を行い、製品を地方支部で販売。2023年8月の市場投入後、6,000万円の売上を達成し、水産分野から畜産分野へ展開予定。
- 培養槽は10万～20万円で販売し、サブスクリプション型の専用培地を使用。VCからの資金で実験機器を購入し、政府や大学の支援なしで運営。将来的に「国家ハイテク企業」認定を目指す。

【VJT bio】

- 北京、広東、杭州、浙江に支部を持つ製薬会社で、GMP基準を満たす1,000L級の生産ラボを40億円で設置。病原体の抗原探索からmRNAワクチンの開発までをカバーし、主に犬や猫向けのワクチンを製造。
アフリカ豚熱ワクチンの研究も進めており、2021年から前臨床試験を実施中。
- 政府の支援は受けず設立。設備増設のために複数のVCから投資を受けているが約半数が国営企業。

【大北農（ダーベイノン）】

- 2022年に160億円を投じ、30万㎡の敷地に大北農フェニックスイノベーション研究所を設立。大豆やトウモロコシの育種を行い、遺伝子組換え技術も活用。

Nbioの培養槽（上）、大北農の研究成果（下）



出典：NTTデータ経営研究所撮影

中国の研究力

(中国と海外研究機関の国際共著論文の状況)

- 中国の主要大学では、Top1%論文のうち国際共著論文が40%~60%。
- 中国の主要大学の国際共著論文数は約2万~4万件にも及び、これが中国のTop1%論文の基盤。
- 東京大学も中国との共著論文数が9,285件で、Top1%論文中の中国共著割合は31.13%であり、世界各国の研究機関の中でも高い割合。

中国研究機関	国際共著論文数	Top1%共著論文数	Top1%論文中の国際共著割合	国際共著論文のTop1%論文割合
中国科学院大学	41,518	1,242	41.28%	2.99%
上海交通大学	37,591	1,176	59.67%	3.13%
浙江大学	36,375	1,128	54.36%	3.1%
清華大学	36,199	1,484	53.85%	4.1%
北京大学	35,947	1,246	51.62%	3.47%
中山大学	24,512	812	53.8%	3.31%
復旦大学	24,517	840	55.14%	3.43%
華中科学技術大学	21,452	761	54.28%	3.55%
中国科学技術大学	20,788	709	55.85%	3.41%
西安交通大学	20,011	626	55.63%	3.13%
南京大学	19,385	725	56.63%	3.74%
中南大学	18,377	577	45.61%	3.14%
山東大学	17,729	419	49.59%	2.36%

海外研究機関	所在国	中国共著論文数	中国共著Top1%論文数	Top1%論文中の中国共著割合	Top1%国際共著論文の中の中国共著割合
フランス国立科学研究センター (CNRS)	フランス	25,926	1,085	20.64%	24.8%
米国エネルギー省 (DOE)	アメリカ	22,234	1,307	27.35%	42.01%
シンガポール国立大学	シンガポール	20,311	955	42.75%	51.37%
ハーバード大学	アメリカ	18,698	1,148	11.07%	37.55%
南洋理工大學	シンガポール	17,888	945	42.05%	49.23%
ロンドン大学	イギリス	16,263	827	29.1%	41.18%
ドイツマックス・プランク協会	ドイツ	11,687	533	24.15%	40.68%
ロシア科学アカデミー	ロシア	10,920	279	11.4%	25.58%
ミシガン大学	アメリカ	10,187	520	26.5%	39.2%
モナシュ大学	オーストラリア	10,147	567	25.6%	39.91%
東京大学	日本	9,285	476	31.13%	41.68%

京瓦（ジンワ）農業科技創新中心（中国）

- 京瓦農業科技創新中心は、中国の農業技術革新を推進する拠点として2019年に設立。
- 博士号取得者を中心に研究・実証を進め、施設園芸・果物・牛乳に関する技術開発を行い、産業化を支援。

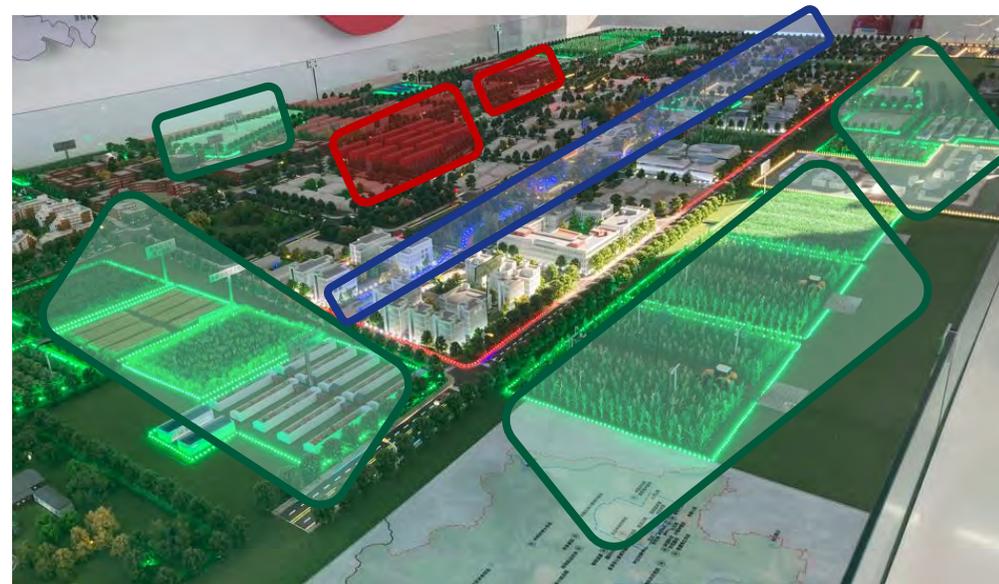
（産業化に向けた仕組み）

- 京瓦農業科技創新中心では、博士号取得者を中心にスタートアップを育成し、産業化を推進している。研究者が独立しCEOとなることを奨励し、実証の場を提供することで、事業化に貢献。
- スタートアップには原則2年間の家賃を免除し、選定委員会で審査した上で入居を許可。産業化経験のない企業に対し、大企業のマネジメント層やトップ研究者とのネットワークを提供し、M&Aを斡旋。

（今後の展望）

- 京瓦農業科技創新中心は、施設園芸、果物、牛乳の3つの分野での研究を進めており、今後さらに拡大を予定。
- 施設園芸ではガラスハウスやフィルムハウスを建設し、博士7名が育種研究を推進。果物では桃・リンゴ・ホップの育種、牛乳では搾乳自動化を実施。牛は900頭体制へ拡大予定。

建設・整備中の京瓦農業科技創新中心のジオラマ



- 政府の補助を受けて、帰国後の留学経験者が入居できるマンション
- 研究実証用の圃場等施設
- エリアの環境改善のために新設した人工川

出典：NTTデータ経営研究所撮影

中国農業における課題（中国）

- 清華大学によると、中国の農業就業人口の割合は諸外国と比較して高いが、機械化率や単収が低く、国家として重点的に改善に取り組んでいる分野。

（中国農業の課題）

- 中国では農業就業人口の割合が依然として高く、平均年齢は55歳に達しており、農業従事者の高齢化が深刻。加えて、農業の労働生産性は先進国の1/30にとどまっており、生産効率の向上のためのスマート化が不可欠。
- 技術面では、南方の稲作や北方の小麦ではドローンの活用が進んでいるが、丈の高いトウモロコシには適用が難しい状況。

（清華大学の取組）

- 清華大学は農業に関して各地で実地調査を行い、政策提言をしているが、その反映には時間が必要。
- 政府や企業の研究資金は充実しているが、技術革新と実装の速度を高めるためには、さらなる産学連携とスマート農業技術の導入が必要。

スマートファーム革新バレー事業（韓国）

- 青年就農者数の増加とスマートファームの普及を目的に、青年農業者の育成施設、営農設備、研究・実証機能等を集約し、関係者間のシナジーを創出する拠点として「スマートファーム革新バレー」を整備。韓国国内で4か所が稼働中。

- スマートファーム革新事業では韓国農林畜産食品部（日本の農林水産省に相当）が「スマートファーム創業補習センター、賃貸型ファーム、実証団地」を基本要素に、園芸事業群（流通、定住要件等）をパッケージとして支援。

青年農業者に対しスマートファームの専門知識や、レンタル型のスマートファームでの経営機会を提供。最終的にスマートファームの創業に誘導。

- 2023年時点で稼働中のスマートファーム革新バレーは下記4か所。

- ✓ 全羅北道金堤市（21年12月より稼働）
- ✓ 慶尚北道尚州市（21年12月より稼働）
- ✓ 全羅南道高興郡（22年より稼働）
- ✓ 慶尚南道密陽市（22年より稼働）

- レンタルのスマートファーム概要は下記の通り。

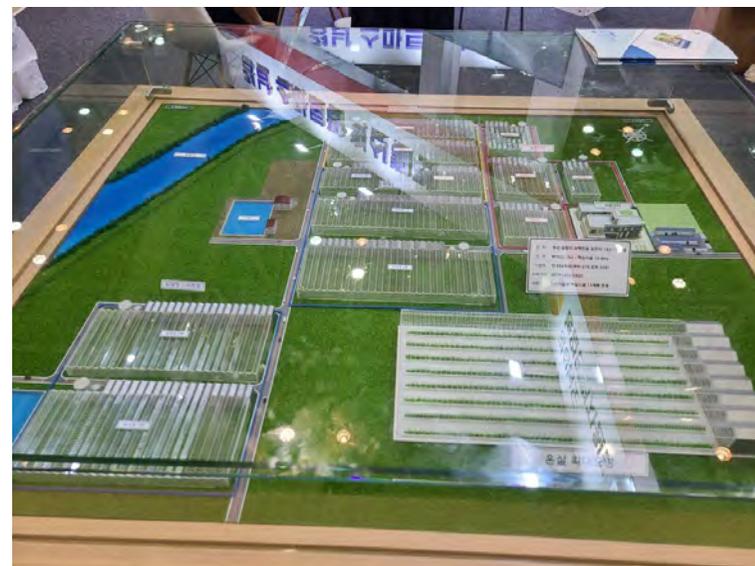
温室面積：18,408㎡（5,600坪）、10区画

温室サイズ：最大高6.3m / モジュール 8m X 4.5m

※このスマートファームは国の標準モデルである6ha程度の賃貸型スマートファームよりは少ない。ハウスの仕様は、いずれもオランダ型のフェンローハウスを採用。

複合環境制御装置、天窓開閉装置、フォグシステム、空気循環ファン、養液管理装置等の設備を導入。

慶尚南道密陽市のスマートファーム革新バレー模型



出典：シン・韓国農業論

斗山グループ（韓国）

- 韓国の重工業企業「斗山」はAI技術や環境配慮技術を用いた農業・酪農機械等を開発・販売。業界初の自律型電動屈折式トラクターも発表。
- 世界初のフル電動スキッドステアローダーはCESイノベーションアワードを受賞。

- AI技術を適用した業界初の無人・電気屈折式トラクター「AT450X」を開発。AT450Xはシリコンバレーの農業新技術ソフトウェアの会社であるAgtonomyと共同開発した製品で、狭くて傾斜があるワイナリーを無人で走行。
- Agtonomyのモバイルアプリケーションを通じて直接操作することも可能。
バッテリー交換式で、残量が減ると自分でホームエリアに戻り、充電されたバッテリーに自ら切り替えることができるため、24時間365日の稼働が可能。
- 完全電動式スキッドローダー「S7X」はリチウムイオン電池で駆動。
(CESイノベーションアワードを受賞)

【社会実装状況】

- 上市・普及に向けた調整段階
- 現時点、価格は未発表

無人・電気屈折式トラクター「AT450X」



完全電動式スキッドローダー「S7X」



出典：斗山グループ HP

新たなオープンイノベーション手法：ベンチャークライアント

- 世界トップクラスのスタートアップのソリューションを、大企業が発掘、試験購入、導入することで、その企業が直面する課題を解決する新たなオープンイノベーションの手法。

- 大企業がリスクの高いスタートアップの株式に投資する主体となることを「ベンチャーキャピタル」というのに対し、ベンチャークライアントは、大企業がスタートアップの顧客となり製品・サービスを購入することで、課題解決によって得られた利益をスタートアップも獲得できる仕組み。
- 大企業の課題解決を前提としてスタートアップを選定するため、協業により利益を得る可能性が高いことが特徴。
ほかにも、右記5つのステップで進行することにより半年以内には導入フェーズに進むことができる迅速性や安価に大量に購入できるといった点も特徴。
- BMWのオープンイノベーション手法として2015年頃に開発され、以降、ポッシュ、ロレアル、シーメンス、エアバス等、著名な企業が社内にベンチャークライアントを設立し、40カ国以上に導入。

ベンチャークライアントのステップと活動



出典：日経XTREND
「ベンチャークライアントモデル：BMW発イノベーション新手法」

米アーカンソー州ベントンビルにおける食文化創出の動き

- ウォルマートの創業家であるウォルトン家は、本社所在地のアーカンソー州ベントンビルで生産から消費までを支援中。
- 生産の観点ではリジェネラティブ農業の推進、消費の観点では日本食も含む高品質な食を提供する場や機会を創出。

——— ウォルトン家が支援する料理学校「ブライトンウォーター」 ———



出典：Business Insider「邸宅、高級レストラン、美術館 — ウォルマートの本拠地として“高級化”したアーカンソーの小さな町」

——— 「Bentoville」プロジェクトの一環で調理された弁当 ———



出典：Yahoo!finance “A group of chefs and startup founders wants to scale Japanese fine dining from Arkansas with ‘Bentoville’”

- 従来は都市エリアではなかったアーカンソー州のベントンビルにおいて、ウォルトン家が出資をし、食を含む様々な文化的価値を創出し、高級エリアに仕立てる取組を推進。
- 日本食を含むレベルの高いレストランをオープン。単にレストランを開くだけでなく、調理学校を開き、日本食の技法を伝える取組も行い、日本食の浸透に貢献。
- 本格的な日本食を提供するプロジェクト「Bentoville」も進んでおり、日本側のメンバーとして外村仁氏（スクラムベンチャーズパートナー）が参画。
- リジェネラティブ農業に着目し、金融業界の経験を持つ人材が中心となり推進。マーケットのニーズを分析しながら戦略的・科学的にリジェネラティブ農業を推進。

国際的なスタートアップ支援機構「Start2 Group」

- 世界各地のスタートアップにアクセラレーションプログラムを提供するStart2 Group日本代表の小田嶋アレックス氏にヒアリング。

フランス原子力・代替エネルギー庁（CEA）が様々な分野の研究開発をけん引

- CEAが高度なシミュレーション研究を推進した経緯もあり、半導体チップ研究等の研究開発が進行。
- CEAが持つ特許権をスタートアップと共有、得られた成果物を提供し、スタートアップ企業と連携。
- 政府は研究推進のため、研究開発がハイレベル又は必要な基礎研究と認められると、海外人材（その配偶者も含む）も含め人件費の50%を控除。研究成果をCEAに委託した場合には追加の税控除を受けられる。
- 研究開発を推進するにあたって、日本は研究費を措置する施策が多いが、フランスは特区制定により規制を緩和する施策が多い。

フランスの農林中金的機関「Le Village」によるスタートアップ支援

- 世界有数の金融機関であるクレディ・アグリコルが開設したイノベーションラボ「Le Village」は一般企業に対し、スタートアップ企業を紹介する業務を完全無償で実施。スタートアップ企業には研究インフラやCESへの参加の機会、オフィス等を提供。

欧州各地の特色のあるオープンイノベーション拠点

- オーストリアのリンツには「タバコファブリック」というスタートアップ支援施設があり、起業希望者～先行した起業家が3つのゾーンに分かれて入居。ゾーン間のコミュニケーションも可能で、ノウハウを共有。施設エリアには3Dプリンター等の機器が無料で使用可能なラボがあり、機器を提供する民間企業には、将来有望なスタートアップが自社製品を利用する機会にもなっている。
- オーストリアのウィーンでは、「ヴィエナ・アップ」という大規模なスタートアップ支援イベントを毎年開催。世界中から優秀なスタートアップをひきつけるため、渡航費や滞在費、コンサル費用等すべてをウィーン市が負担。
- エアバス社の本拠地であるフランスのトゥールーズでは、ドローン関連の規制が緩和され、同社がけん引しながら飛行関連技術のイノベーション拠点となりつつある。

日本と世界のスタートアップ支援・オープンイノベーション創出環境の違いや示唆

- スタートアップ企業にとって日本は上場時の課税が多く、シンガポール等税制的に有利な国に行く傾向がある。また日本は上場時に求められる資本が数十億円程度であり、上場のハードルは低いがりターンも少ない。
- フランスの多くの企業に「オープンイノベーション・オフィサー」といった役職があり、オープンイノベーションによって新規事業の創出まで責任をもって取り組む。日本企業はKPIがPoCの実施までのケースが多く、実際の協業につながりづらいと推測。

フランスのスタートアップ振興政策「フレンチテック」

- フランス政府のスタートアップ振興政策「フレンチテック（La Franch Tech）」では、エコシステムの構築や公的資金の投入等を通じて支援。特に食農分野を含むディープテックスタートアップに注力し、無利子の融資プログラム等も実施。ユニコーン企業の増加等に貢献。

<フレンチテックの一環として実施される取組の例>

1. ネットワーク構築・提供

フレンチテックでは、起業家や投資家だけでなく、エンジニア、デザイナー、デベロッパー、業界団体、メディア、公的機関、研究開発機関を含む多様なステークホルダーが結集。ネットワークを構築し、相互に協力しやすい環境を創出。

2. 公的資金による資金提供

フランス政府は、公的投資銀行であるBPIフランスを通じてスタートアップに対し大規模な融資等を行い、特に創業初期段階の資金調達を支援。

3. 地域拠点の設置

国内外に「フレンチテック・キャピタル」及び「フレンチテック・コミュニティ」を設置。国内の拠点は、地元の特性を活かした起業支援を行い、海外の拠点は国際展開を目指すスタートアップを支援。

<現時点の成果と展望>

■ 2013年以降、開始約10年間での成果

1. スタートアップエコシステムの成長

- フレンチテックの支援により、フランス国内に約25,000社のスタートアップを擁するエコシステムを形成。
- 資金調達額:** フランスのスタートアップが2022年に調達した総額は約138億ユーロであり、これによりフランスはヨーロッパでも有数のスタートアップハブに成長。

2. ユニコーン企業の増加

- フランスのユニコーン企業（評価額10億ドル以上の非上場企業）は、2018年の10社から2024年には33社へと増加。

■ 今後の展望（各分野での目標）

- ディープテック企業:** 年間起業件数を倍増し、環境技術やクリーンエネルギー分野等での優位性を確立。
- ユニコーン企業:** 現在の33社をさらに倍増し、2030年までに60社以上を目指す。

米国のテクノロジー見本市「CES」

- 米国シリコンバレーで開催されたCES2025では、AI関連の発表が相次ぎ、NVIDIAの基調講演では生成AIの次のステージとしてフィジカルAIの発展を目指す世界観を共有。
- また、人の代わりに仕事をするAIエージェントやそれを実現するエージェントAIについても多く発表。

<企業講演のテーマ>

企業名	講演者	概要
NVIDIA	CEO ジェンスン・ファン	<ul style="list-style-type: none"> • 人の代わりに仕事をすることを目的としたエージェントAIの開発に役立つNIM（生成AIアプリケーション開発サービス）、NeMo（生成AIの構築、カスタマイズ、デプロイ）の紹介。 • テキスト、画像、動画、音楽等というデジタルコンテンツではなく、生成AIでロボット等のハードウェアを制御するフィジカルAIが重要となる。NVIDIAでは仮想空間（メタバース）の中で大量の訓練を実現するための「Cosmos」というプラットフォームを提供することを発表。
LG電子	CEO ウィリアム・チョウ	<ul style="list-style-type: none"> • Artificial Intelligence（人工知能）からAffectionate Intelligence（愛情のこもった知能）への移行により人に優しいAIを実現するコンセプトを発表。家の中に設置した多数のセンサーが、人の行動や室内の環境等を感知し、家中の様々な家電を制御する技術を紹介。家電と人とのコミュニケーションにより、個人の好みを学習し最適化する機能を発表。 • スマートホームのコア技術であるAIエージェント「FURON」を発表。LG電子が独自に開発したLLMを活用。
サムスン電子	CEO兼 DX部門長のJH Han	<ul style="list-style-type: none"> • 日常生活や産業分野をAIで統合していくコンセプト「AI for ALL」を紹介。 • 家電にセンサーを多数設置して人の行動の情報を収集、分析することによって人の行動や健康状態等を判別。得られる情報はスマートホームプラットフォーム「SmartThings」により統合され、家電や照明等を自動的に動かすAIエージェントとして機能すると発表。
トヨタ自動車	会長 豊田 章男	<ul style="list-style-type: none"> • 静岡県裾野市の同社工場の跡地に建設する実証都市「Woven City」の状況を発表。フェーズ1の建設が終了しており、2025年から居住を開始し、約2,000人が暮らす街にする構想。モビリティのテストコースとして「Woven City」を位置づけ、デジタルツインも活用しながら、パーソナルモビリティや、夜道をエスコートするドローン、高齢者に寄り添うペットロボット、空飛ぶ車等を、様々なパートナーに実証を呼びかけ。洗濯物を折りたたむロボット、調理ロボット等の開発についても紹介。

米国のテクノロジー見本市「CES」

- CES2025では、出展者の中からイノベーションアワードを選定し、その中の最高位としてベストオブイノベーションを34アイテム選定。そのうち15アイテムが韓国の企業。

<ベストオブイノベーションの例>

部門	企業名	概要	
食品・農業技術	プランタフォームテクノロジー株式会社 (カナダ)	The Plantaform Smart Indoor Garden <ul style="list-style-type: none"> • 15種類の新鮮な農作物について温度、湿度、波長、散水サイクル等を制御して、自宅で簡単に栽培できるように設計されたコンパクトな植物工場システム。NASAのフォグポニックス技術を採用。 	
産業機械・機械	株式会社クボタ (日本)	KATR <ul style="list-style-type: none"> • 安定制御システムを備え、傾斜地でも荷台を水平に保つことが可能な四輪ロボット。 • 240 kgの積載能力があり、遠隔操作が可能。建設現場や農業現場等で活用することを想定。 	
デジタルヘルス	イーライサイエンス株式会社 (アメリカ)	Hormometer™ <ul style="list-style-type: none"> • 唾液からホルモン（コルチゾールやプロゲステロン）の量を計測し、アプリでほぼリアルタイムで表示するシステム。 • 他のホルモンについても展開予定。 	
スマートシティ	株式会社シエラベース (韓国)	SIRIUS <ul style="list-style-type: none"> • 完全自律型知能ロボットにより、3Dデジタル空間マップを自律的に生成し、橋梁、トンネル、ダム、建物等さまざまな構造物の安全性を自律的に診断する世界初の革新的な検査ソリューション。 	

2 諸外国の研究拠点に関する詳細調査 ⑥CES

米国のテクノロジー見本市「CES」

- ・イノベーションアワードに取り上げられたものはベストオブイノベーション以外に430アイテム。

<イノベーションアワードの例>

部門	企業名	概要
食品・ 農業 技術 分野	Metafarmers Inc. (韓国)	Metafarmer with Tapfarmers <ul style="list-style-type: none"> ・いちごの自動収穫を実現するAI搭載ロボットを開発。作物の正確な収穫に特化した MetaFarmer ロボットと、農作業のリモート管理を可能にする TapFarmers ソフトウェアにより15時間連続で走行可能な自動収穫機を実現。
	Daedong (韓国)	AI Plant Box <ul style="list-style-type: none"> ・AIによる自動環境制御、カメラによる植物の状況把握、省エネ等の性能を持つ家庭用農業機器。 ・消費者の健康状態に合わせた野菜を提供。
	Midbar Co., Ltd. (韓国)	AirFarm: FOOD ARK <ul style="list-style-type: none"> ・ミストの形で植物の根に水分を直接噴霧する特許技術を活用し、従来の農業よりも99%、従来のスマートファームよりも90%の節水が可能な空気膨張式スマートファーム。
	FarmConnect co. (韓国)	Connectbee <ul style="list-style-type: none"> ・AIを活用し、カメラでリアルタイムにミツバチの活動を追跡し、集めた花粉を調べて受粉を評価するシステム。 ・巣箱の温度管理を行うスマートシステムにより、ハチミツの収穫量が15%増加し、ミツバチの寿命が30%延長。
	In-Nature (韓国)	Dynamic Aqua Blind (Muldori Wall) <ul style="list-style-type: none"> ・PC や PMMA 素材で水を挟み込んだ多層壁を作成し、冷気や暖気を遮断することにより、温室の省エネを実現するシステム。 ・ヒートポンプを使用して水温を 10°C~30°C の間で制御できるため、50%以上の省エネとなる。
	Aizip & Softbank Corp. (日本)	Watatumi: AI-powered Smart Fish Farm Software Suite <ul style="list-style-type: none"> ・給餌、生簀の監視、魚の移動等を最適化する養殖管理AIシステム。 ・魚のカウント、魚のサイズ推定、魚網の損傷検出等の機能がチップに搭載されエッジ処理できるため、大量の映像データの送信が不要。
	SuFAB X Ewha (韓国)	Next Meat powered by Foodructure and Rheomer <ul style="list-style-type: none"> ・ハイパースペクトル分析、MRI等を活用してデータの収集、解析を行うことにより複雑な霜降り肉を実現する技術を開発。食品の微細構造の挙動を追跡するデータベースFoodructureと、3Dプリントされた食品ボクセルを使用して食感と風味を微調整するデバイス Rheometerから構成。

米国のテクノロジー見本市「CES」

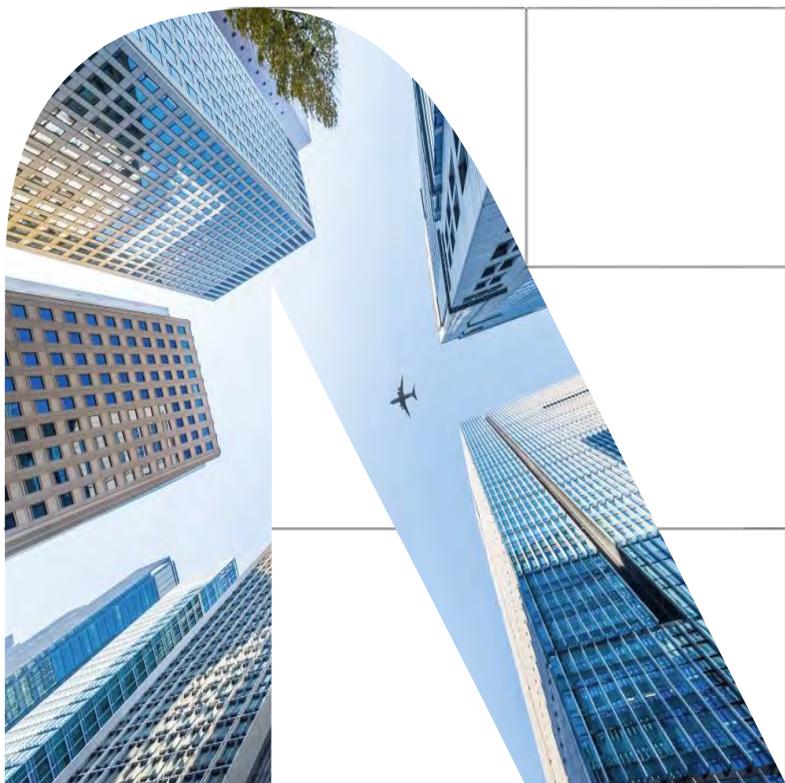
- ・イノベーションアワードに取り上げられたものはベストオブイノベーション以外に430アイテム。

<イノベーションアワードの例>

部門	企業名	概要
デジタルヘルス	キリンホールディングス等 (日本)	エレキソルトスプーン <ul style="list-style-type: none"> ・減塩食品の塩味や旨味を微弱な電流により強化する食器型器具。
ロボット工学	Tesollo Inc. (韓国)	デルトグリップーDG-3F05 <ul style="list-style-type: none"> ・3本の指に4つの関節を持つロボットハンド。独自の把持アルゴリズムにより、人間のような器用さを実現し、不規則で標準化されていない物体を持つことが可能。物流業界で物を持ち上げて移動したり、何かを組み立てたりすることを想定。
	株式会社 FingerVision (日本)	フィンガービジョンR1 <ul style="list-style-type: none"> ・光学触覚センシング技術を活用した触覚センサーを実装したロボットハンド。弁当の組み立てラインで多種多様な不規則な形状の食品を正確に配置することができるほか、自動車、電気機器、素材、半導体、物流、医療等様々な業界で導入可能。
人工知能	GenGenAI (韓国)	GenGenStudio: GenAI based synthetic data production S/W <ul style="list-style-type: none"> ・AI学習用の高品質な画像とビデオを作成する合成データの生成ソフトウェアプラットフォーム。 ・自動車等の運転状況をシミュレートし、野生動物の出現や事故、悪天候等の発生頻度の低い事象のデータを手軽に生成。
	ArtygenSpace (韓国)	arti <ul style="list-style-type: none"> ・ARグラスを通して、テキストでの情報配信を行い、情報の理解や記憶定着を促すシステム。
スマートシティ	The-NExT.AI (インド)	AUTO.AI <ul style="list-style-type: none"> ・AIを活用し、リアルタイムでカメラ映像を統合、分析できるシステム。既存の監視・防犯カメラを活用するため、ハードウェアの投資を最小限に抑えることが可能。得られた情報は、デジタルツイン上にリアルタイムにマッピング。

3

諸外国のスタートアップに関する詳細調査



1) 調査の進め方

- 大企業がどのような観点で、Corporate Venture Capital (CVC) 等の手法によりスタートアップに投資しているのかヒアリングを実施。
- 農薬メーカー、農機メーカーから出資を集めているスタートアップに注目してリスト化し、累計資金調達額の大きいスタートアップがどのような成長を遂げているのか年表形式で整理。

大企業へのヒアリング

<調査対象>

- Syngenta (スイス)
- Bayer (ドイツ)
- BASF Venture Capital (ドイツ)
- 農林中央金庫 (日本)

調査対象とするスタートアップの選定

企業名	国	設立年	累計資金調達額 (万ドル)	推定売上	成長ステージ		
1 その他	Solugen	アメリカ (テキサス州)	2016	64,220	100万ドル~1000万ドル	シリーズD	
2 その他	NotCo	チリ	2015	43,300	100万ドル~1000万ドル	シリーズD	
11 シンジエンタ	バイエル	Sound Agriculture	アメリカ (カリフォルニア州)	2013	17,040	100万ドル~1000万ドル	シリーズD
12 その他	INOLOGIES	アメリカ	2018	16,900	1000万ドル~5000万ドル	テックファイナンス	
13 シンジエンタ	SyngentaとBayerの2社 (農薬メーカー) から出資を集めているスタートアップ		2016	13,920	1000万ドル~5000万ドル	シリーズC	
14 バイエル			1999	13,260	100万ドル~1000万ドル	シリーズD	
15 シンジエンタ			2017	11,830	100万ドル~1000万ドル	シリーズB	
16 バイエル	Pairwise		アメリカ (ノースカロライナ州)	2017	11,500	100万ドル~1000万ドル	シリーズB
17 シンジエンタ	Stable		アメリカ (ニューヨーク州)	2016	11,250	100万ドル~1000万ドル	シリーズB
18 シンジエンタ	Jai Kisan		インド	2017	9,880	1000万ドル~5000万ドル	ベンチャーラウンド
19 BASF	CNH (農機メーカー) から出資を集めているスタートアップ		2014	8,310	1000万ドル~5000万ドル	シリーズB	
20 シンジエンタ			シン (サンタフェ)	2015	8,200	1000万ドル~5000万ドル	シリーズC
21 CNH Industrial NV	Monarch Tractor		アメリカ (カリフォルニア州)	2017	8,100	100万ドル~1000万ドル	シリーズB

2) CVC関連ヒアリングまとめ

	出資企業の例	出資企業のステージ	出資目的	出資基準	出資する企業の調査方法	出資を後押しする国の支援
① Syngenta	<ul style="list-style-type: none"> Produce Pay Ninjacart Vestaron Marrone Bio Sound Agriculture 	<ul style="list-style-type: none"> シリーズB以降のスタートアップ（北米約50%、ヨーロッパ約20%、アジア（シンガポール、インドネシア、中国、インド）約10%） 	<ul style="list-style-type: none"> 研究開発の効率化・高速化のため 特に外部に知見を求めたいのはAI 	<ul style="list-style-type: none"> 該当技術がSyngentaの目標に沿っているか 収益を上げ始める時期、規模等のビジネスモデル 	<ul style="list-style-type: none"> 「Shoots by Syngenta」というオープンプラットフォームにて、技術アイデア等を募集 	<ul style="list-style-type: none"> 大学にシード段階のスタートアップが資金調達できる仕組み 大学や中小企業向けの助成金（SBIR等）
② Bayer	<ul style="list-style-type: none"> Sound Agriculture Atomwise AgBiome Joyn Blo 	<ul style="list-style-type: none"> ステージは多様だが、通常はシリーズA（10万ドルから5000万ドル等） 	<ul style="list-style-type: none"> Bayerにイノベーションをもたらす可能性があるか 半分以上から3分の2の失敗は許容 合成生物学分野や垂直農法分野、デジタルテクノロジー分野の企業に注目 	<ul style="list-style-type: none"> 農業の環境影響低減に係る4つのターゲットに該当するか ビジネス経験、スタートアップ経験、テクノロジー専門知識、ビジネス専門知識に精通したメンバーの有無 1億エーカー規模に適用できる技術 	<ul style="list-style-type: none"> IP分析を実施し、その会社の技術のR&D分析を行う 世界中の大学の教授陣と協力し企業の投資価値を評価する 	<ul style="list-style-type: none"> 政府からの資金援助は、製品を市場に出すまでに多くの時間と資金を要する農業の世界において非常に重要
③ BASF Venture Capital	<ul style="list-style-type: none"> Provivi Ecorobotix Equinom Traive Eavision 	<ul style="list-style-type: none"> アーリーステージのスタートアップ（探索に要する労力と投資コストを抑えることで、投資に伴うリスクを低減することが可能） 	<ul style="list-style-type: none"> BASFとの連携よりも、投資回収が主目的。 サステナビリティやエネルギー分野が主な投資分野 	<ul style="list-style-type: none"> 破壊的イノベーションがあるか 市場ニーズの大きさ 市場に出るまでに長い年月がかかり、膨大な資金が必要なビジネスモデルは、対象外 	<ul style="list-style-type: none"> BASFの事業部門と連携することで、最新技術の情報を収集し、スカウトへ活かす 	<ul style="list-style-type: none"> シード段階のスタートアップを支援するEUや政府の補助金 国研究所と民間の連携
④ 農林中央金庫	<ul style="list-style-type: none"> Gulf Japan Food Fund AgFunder Fund IV Paine Schwartz Food Chain Fund VI Seviora T3F Feeder Fund LP 	<ul style="list-style-type: none"> 左記各ファンドを通じてアーリーからレイトーステージまで（DDスキル不足のためLP出資にて情報収集） 	<ul style="list-style-type: none"> 融資している大企業にSUの紹介を行う JA（経済事業、信用事業）との連携まではできていない 	<ul style="list-style-type: none"> AgFunder、Seviora等食農分野に投資しているファンドを選定 	<ul style="list-style-type: none"> LP出資のみを行って、左記各ファンドを通じて出資 	<ul style="list-style-type: none"> USDAによる大企業とスタートアップの連携支援のような取組

2) CVC関連ヒアリングまとめ

- スタートアップの資金調達とCVCの投資の傾向は以下の通り。

資金調達ラウンド	シード	アーリー (シリーズA)	ミドル (シリーズB)	レイター (シリーズC以降・IPO)
概要	プロダクトリリース前後。開発や市場評価のための初期投資が必要。	プロダクトの改良、初期ユーザー獲得。事業規模拡大のための資金調達が必要。	市場獲得、事業拡大の傾向が見られ、成長を加速させるための資金調達が必要。	複数事業の展開、黒字化が見えており、組織体制強化等に向けた資金調達が必要。
各ファンドにおけるチケットサイズ	(米国) 1億円 (日本) 6千万円	(米国) 13億円 (日本) 1億円		
調達額	~1億	1億~5億	5億~10億	10億~20億
バーンレート (経営コスト)	(シリコンバレー) 5000万円/月 (日本) 500万円/月			
CVCによる投資の傾向と課題	<ul style="list-style-type: none"> 日本のSUや大学と連携をしたCVCは一部見られるが、事業化の意欲、スピード等の課題があり成立せず。 日本のSUは、まず日本市場で成功させて、その後海外に進出を検討するケースが多いが、海外のSUは最初から世界がターゲットとなっており、スピード感、市場規模等が全く異なる。 海外CVCはリスクをとってシード・アーリーでの投資を行うケースが多いが、自社の事業との連携を想定したミドル以降の投資戦略を持つ企業もある。 経営参画意識も高く、自社事業とのシナジーを期待しており、農業への適応規模へのスケールが大きい。 SUの発掘の仕方としては、オープンイノベーションに関するWebサイトでのコミュニティ形成、事業部門と連携した事業会社調査等。 日本への投資リスクとしては、①シード、アーリー期においても解雇規制が厳しく、SU企業の成長の妨げになる、②小規模でのIPOが求められるケースが多く、リターンが少ない、③IPOの上場に伴う課税が大きく、リターンが少ない。 			

3) ヒアリング結果 (Syngenta, スイス)

- Syngentaは、スタートアップの新技术との連携によって生まれる長期的なリターンを見据えたR&D投資を実施。

投資戦略概要

- スタートアップは、Syngentaにない新しい技術や知識を持っており、市場への新製品の販売を加速したり、製品を安く提供することに貢献している。
- 投資判断する時の基準は、**その技術がSyngentaの目標に沿っているか、技術を導入する余裕があるか。**
- **いつ収益を上げ始めるか、どれくらい規模化できるか**といったビジネスモデルも重要な要素。
- 投資対象となったスタートアップは、Syngentaが持つ一部データへの自由なアクセス、共同での技術開発が可能。

農業部門への投資

- **CVCによるR&D投資では主に育種等の研究開発に注力。**
- **製品開発のサイクルは10~15年**であり、すぐに金銭的なリターンに繋がらないが、重要な投資。
- R&D投資を通じ、**スタートアップの技術を活用した製品により利益を得た際にはスタートアップに還元し、次の商品開発にも活用されるという流れ**が生まれている。
- R&D投資においてスタートアップと連携したい分野は、急速に開発が進んでいる技術で、例えば**人工知能や計算科学**である。
- 新しい遺伝子技術を開発するための人工知能テスト技術を6カ月程度で開発することができた。
- **技術的なマイルストーンを短期に設定して、できる限り短期間で利益を得る**ようにしており、マイルストーンを達成した場合は収益の一部をボーナスのような形で分配している。スタートアップが他の企業とのコラボを妨げることはしないが、Syngentaが投資した資金が他の競合の利益にもたらさないような関係構築をしている。
- CVCとVCでは重視する点が異なる。VCによるスタートアップ投資は短期的なリターンを重視しデジタル技術へ注力。

3) ヒアリング結果 (Syngenta, スイス)

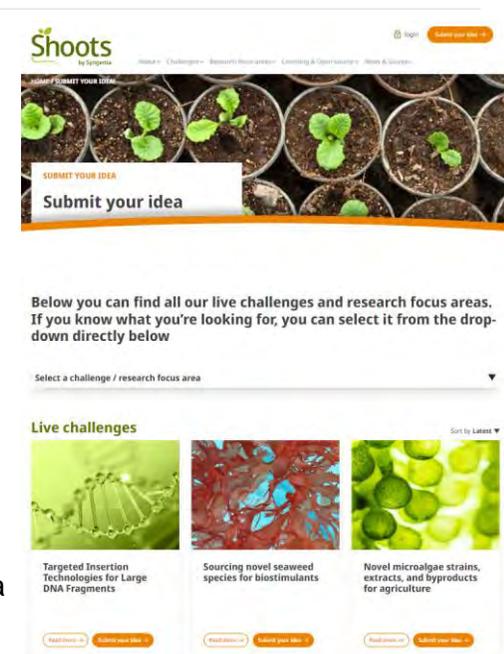
- 新しい市場にリーチするために、「Shoots by Syngenta」というオープンプラットフォームにて外部との連携の機会を取得。

国別動向

- アメリカでは、①**大学にシード段階のスタートアップが資金調達できる仕組み**、②**大学や中小企業向けの助成金 (SBIR)** 等豊富な制度があり、スタートアップを立ち上げるチャンスが多くある。
- 例えばノースカロライナ州立大学には、科学者に対する**農業起業家プログラム**があり、**政府や大学がスタートアップに資金提供**している。さらに、そこで芽が出てきたスタートアップにはVCが投資するという流れがある。
- Syngentaは、**シリーズB以降のスタートアップに出資**している。国別では、北米約50%、ヨーロッパ約20%、APEC (シンガポール、インドネシア、中国、インド) で約10%となっており、**日本には投資していない**。
- 日本とは、2019年に京都大学からスピノフした「Bio palette」と共同研究したことがある。また、2023年に北海道大学と共同研究をしていた。
- 中国は、農業分野の基礎調査は長けているが、製品化することは上手ではないと考える。
- オーストラリアは、基礎研究は盛んだが、製品化は進んでおらず、その理由は不明である。

その他

- **意思決定は本社スイス**で行われ、最終決定者はSyngenta・グループの最高財務責任者 (CFO) である。
- Syngentaが開発したいものと、現状のギャップを埋めるために、**外部の技術に目を向ける必要**があり、特にAI技術は、大学やスタートアップに存在。
- 新しい市場にリーチするために、「**Shoots by Syngenta**」というオープンプラットフォームにてイノベーションのアイデア等を載せてもらうことで、外部との連携の機会を取得。



(参考) Shoots by Syngenta

3) ヒアリング結果 (Bayer, ドイツ)

- 投資する際には投資先の取締役への就任等を通じて、企業の目標達成を支援。
- ステージ初期の企業の取引を主導することで、企業成長に直接的に関与。

投資戦略概要

- 投資先には、新しい技術プラットフォームとビジネスモデルにアクセスでき、バイエルのヘルスケアと農業の市場に取り組む方法に変革を起こすことを期待。そのため、長期的な視野で、イノベーションをもたらす可能性があると考えられる、リスクの高いテクノロジーやビジネスモデルを追求。
- 投資をする際には積極的に取締役に就任すること等により企業の成長を支援。
- 取締役やディレクターとして参画するBayerの役割は、CEOを支援し、障壁を取り除き、途中でガイダンスを提供することで、企業が目標を達成できるように支援。
- イノベーションの実現を目指す上では高いリスクが伴い、半分以上から3分の2以上は失敗するが、それは許容範囲。
- 投資先企業はビジネス経験があるか、スタートアップのエコシステムで働いたことがあるか、またはテクノロジーに関する技術的な専門知識に加えて、市場に出すためのビジネス専門知識に精通したメンバーがいるかどうか重要。

農業部門への投資

- 農業の環境負荷低減を目指し、4つのターゲット領域を設定。①炭素隔離の効果をより正確に測定するためのツールあるいは炭素隔離の方法を変えるビジネスモデル。②植物の健康やレジリエンスに対応した効率的な水利用。③植物ベースの代替肉、発酵ベースの代替肉、培養肉等による持続可能なタンパク質供給に関する開発。④作物や食料損失の防止。
- 投資を決定する上での判断基準は、①4つのカテゴリ領域のいずれかに適合しているか、②強力な創業者と経営陣がいるか、③技術は私たちの観点から見てユニークであるか否か。その際、世界中の大学の教授陣と協力し企業の投資価値を評価。
- 通常、シリーズA企業に投資を行う。金額は10万ドルから5000万ドル等様々。初期段階から関与することで、経営を積極的に主導し、企業成長に直接的に関与。

3) ヒアリング結果 (Bayer, ドイツ)

- 政府からの資金援助は、研究開発から上市までに長い時間と多くの資金を要する農業分野において非常に重要。

他国への
投資動
向

- Bayerは**1億エーカー規模の農地に適用できる技術に投資する方針**としているため、日本からそのようなものがあまり創出されず、日本への投資はかなり稀。
- 合成生物学分野や垂直農法分野、デジタルテクノロジー分野の企業に注目。

その他

- Syngenta Ventures に限らず同じ企業へ投資するVCを競合だとみていない。

3) ヒアリング結果 (BASF Venture Capital, ドイツ)

- 市場へ参入して間もないアーリーステージのスタートアップに対して投資。
- 投資評価基準として、市場のニーズがあるかどうかを重要視。

投資戦略概要

- BASFの研究開発に資する投資を行うが、BASFとは独立した組織である。
- **サステナビリティやエネルギー分野**が主な投資分野である。
- **革新的な技術力、ビジネスプランや財務状況が投資評価基準**となる。
- ①数年後の事業計画、②狙っている市場、顧客、③どの顧客に対しどのような製品を投入し、なぜ顧客はそれを購入するのか、④この製品を買う人はいるのか、なぜそれを買いたいのかという点を評価。
- **破壊的イノベーション**（既存の市場で求められる価値を低下させつつ、新しい価値基準を市場にもたらすイノベーション）を**生む技術を持っていることがスタートアップの急成長に繋がり、BASFにとって有益**。
- 破壊的イノベーションの見極めは、**市場の課題を解決できるか**という点であり、技術、ソリューションにお金を払う人がいるかどうか**が重要なポイント**。
- **投資対象分野を1か所に絞らずに分散している**（専門的分野のみ扱うファンドはリスクが大きい。）。
- **スタートアップの取締役会の役員と常に対話し、課題や必要な支援を把握して、適切なリソースを配置しアドバイスを行う**。
- **株式の50%以上を保有できる企業へ投資し、経営方針も監督する必要**があると考える。

農業部門への投資

- **市場に出るまでに長い年月がかかり、膨大な資金が必要なビジネスモデルは対象外**。
- BASF Venture Capitalは、**市場へ参入して間もなく、投資可能なスタートアップを対象**。
- 長期となる場合は、**大企業へ売却すること**も考えられ、大企業側もスタートアップ側も**リスクシェアリング**を求めることがある。
- **アーリーステージのスタートアップに投資**。最も安価な方法で検索ができ、**最も安価な投資となるのでリスクを負わないため**。

その他

- 過去の失敗例から学んだ点は、**市場のニーズが重要**であることである。規制の変更は市場ニーズを変化させ、社会を動かすことになるため、**規制の変更に注視**。
- ドイツでは、国の研究機関MaxPlank、民間のBASF、SHE等が連携して研究開発を行うことがある。
- **EUやドイツ政府から補助金が出る場合**は、政府の方向性によって左右されるが、大抵は**シードステージのスタートアップに対して資金を援助**。

3) ヒアリング結果（農林中央金庫, 日本）

- 国外のスタートアップに関する情報収集やネットワークの構築に向け、現在はファンドへの出資を通じたベンチャー投資活動（LP出資）を実施。

投資戦略概要	<ul style="list-style-type: none">• 財務状況や国外スタートアップへの知見等状況を踏まえ、現在はLP投資を実施。Gulf Japan Food Fund、AgFunder Fund IV、Paine Schwartz Food Chain Fund VI、INSPIRE Mutualistic Symbiosis Fund I等、幅広いステージを扱うファンドに出資。2024年2月にはテマセク（シンガポール）傘下のSeviora T3F Feeder Fund LPに出資。• LP出資等、ファンド投資のメリットは、各ファンドによる評価が済んだスタートアップのみに出資できる点。国内の取引先にスタートアップを紹介することも多く、信用性を重視。• ミドルステージの取り扱いが多いSevioraを通じたスタートアップは、事業が頓挫する可能性も高い。• 投資対象の選定にあたっては、特にJAを念頭に置いた日本の農業との親和性を考慮し判断。JAの幅広い部門（経済、信用事業、生活事業等）を視野に入れて検討。
農業部門への投資	<ul style="list-style-type: none">• 一般的なメガバンク同様に日本の農業部門以外の企業にも投資を行っているが、国内外のフードテック・アグリテック分野のスタートアップを紹介することで、農業分野が抱える課題の解決に繋がるコラボレーションを促進。
その他	<ul style="list-style-type: none">• 米国では、USDAが支援することで、大企業とスタートアップの連携を促進。

4) スタートアップの成長過程 (Solugen, 米国)

- 気候テック企業。ゲノム編集をした細菌由来の酵素と金属触媒を使ってコーンシロップから工業用化学原料（排水処理、作物の肥料吸収率の向上、セメント効果制御等に活用）を生成。

サービス概要

設立年：2016年

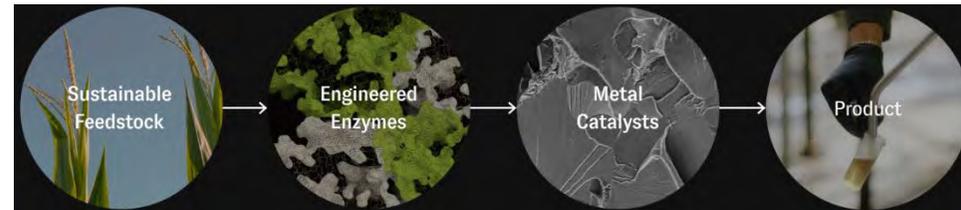
成長ステージ：シリーズD

累計資金調達額：6億4220万ドル

主なCVC： Lowercarbon Capital, Kinnevik, Refactor Capital

- 農業分野では独自の酵素により、高性能、環境負荷の低減、高コスト効率を実現した、生物由来成分を原料とした生分解性錯化剤を製造。
- スケール（カルシウムが不純物と共に析出して発生する物質）の形成、銅管でのピンホールの発生、微量金属イオンの影響に対処することで、コスト効率が高く、毒素や発がん物質を含まない低リン水処理が可能。
- 従来の化学物質と比較して、GHG排出量の少ない油田用化学薬品を提供。殺生物剤や腐食防止等幅広い用途にも使用。

サービスイメージ



4) スタートアップの成長過程 (Solugen, 米国)

- Solugenの技術はコスト、炭素排出量、プラント規模、安全性の面で他社と比較して優れていることから多くの投資を集めていると思料。

技術の優位性

コスト	Solugenの工場は従来の工場よりもエネルギー消費量・廃棄物が少なく、高い収率を達成し、原料1 tあたり約1 tの製品を生産。
炭素排出量	Solugenの製品生産プロセスによる炭素排出量はその他の方法と比較して3分の1。
プラント規模	Solugenのプラントは小型でモジュール式。大規模プラントとは異なり移動が可能で比較的廉価。
安全性	リアクターにおいて化石燃料を使用しないため、大規模爆発等のリスクがない。マイクロ製造ユニットを施設近傍に設置できるため、危険な化学物質の長距離輸送に伴うリスクがない。

他社比較

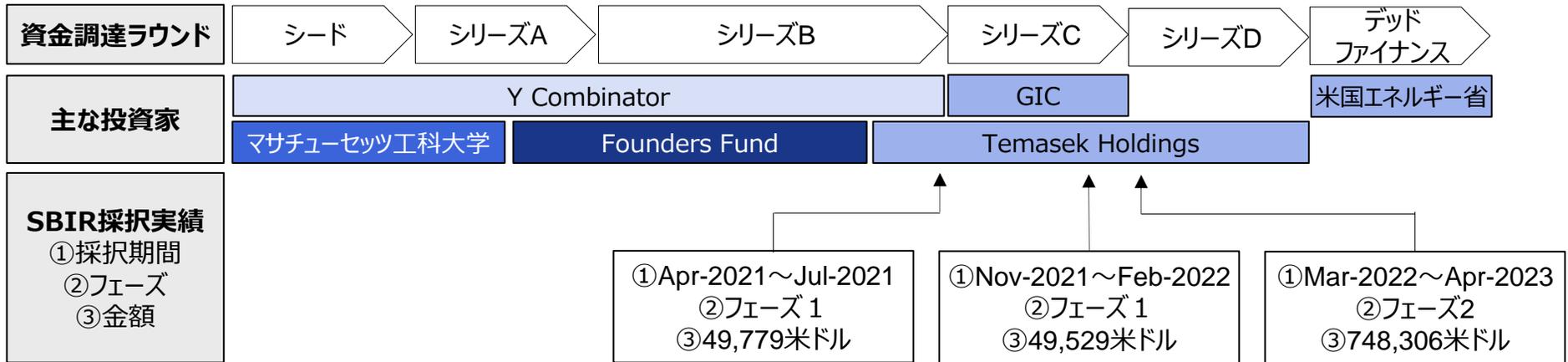
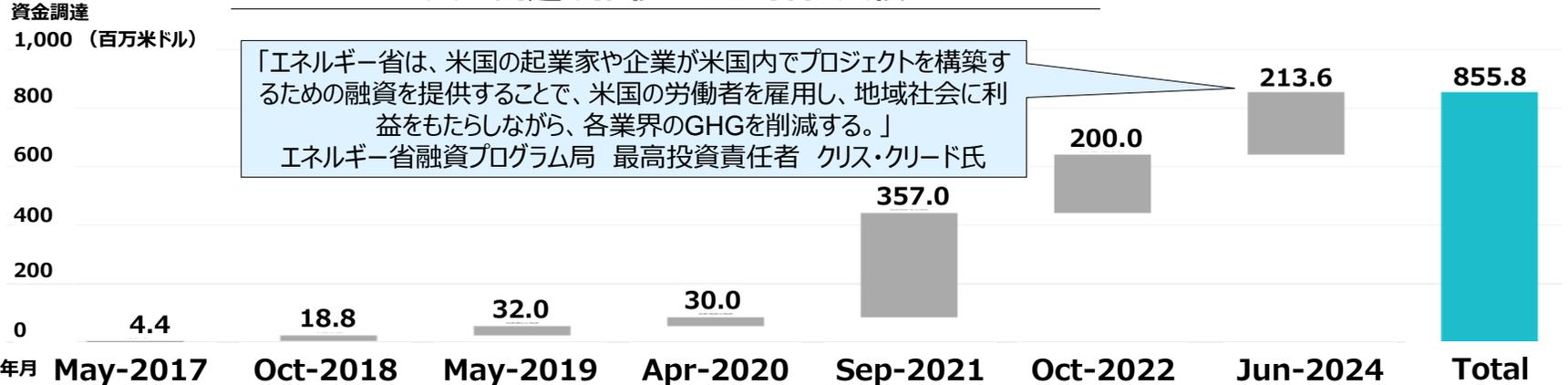
	Solugen	他社
収益性を達成する製品生産量 (/ 年)	1万t未満	10万t程度
酵素の生産コスト (/ kg)	1~10ドル	1000ドル
炭素排出量 (/ t -製品生産量)	3 t	9 t

出典：CONTRARY RESEARCH
<https://research.contrary.com/company/solugen>

4) スタートアップの成長過程 (Solugen, 米国)

- 2021年に政府系機関からの投資やSBIRの採択を受け、資金調達が急増。
米国エネルギー省は、国内の雇用確保等も視野に入れながらGHG削減を達成する為に融資を実施。

資金調達の推移・SBIR採択実績



(凡例) : アクセラレータ : 大学機関 : VC : CVC : 政府系機関

参考 : CNBC, <https://www.cnbc.com/2024/06/13/solugen-locks-in-214-million-energy-department-loan-to-build-a-bioforge-for-sustainable-chemicals-production.html>

※SPEEDA Edgeを基にNTTデータ経営研究所作成

4) スタートアップの成長過程 (Sound Agriculture, 米国)



- 気候に悪影響を与える化学肥料の最大30%を代替する土壌改良剤を開発。主力製品である「SOURCE」は、微生物を活性化することで、土壌中に存在する窒素とリンを作物がより多く活用できるようにし、収量を向上。

サービス概要

設立年：2013年

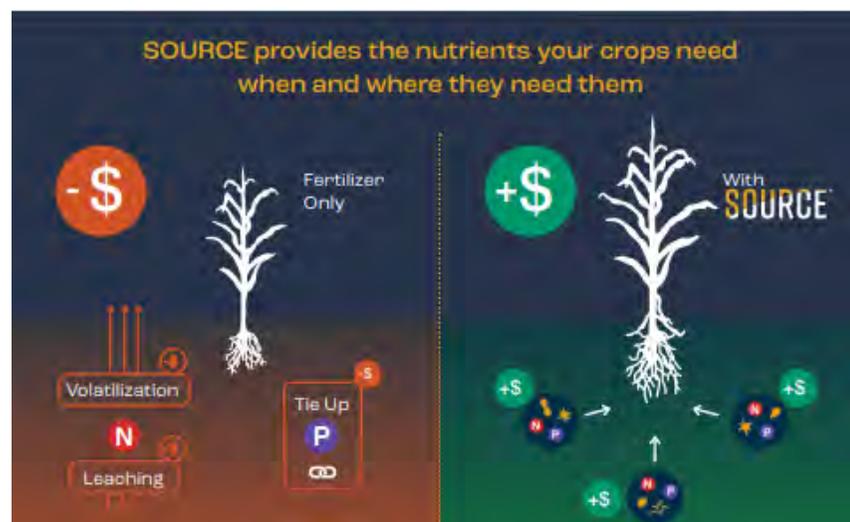
成長ステージ：シリーズD

累計資金調達額：1億7040万ドル

主なCVC：シンジエンタ、バイエル

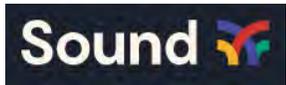
- 「SOURCE」は、窒素固定とリン可溶化を促進することで、収量を維持又は増加しながら、トウモロコシの化学肥料を1エーカーあたり最大50ポンド削減。
- 2020年の発売以来、急速に普及。2022年には2020年度比で4.3倍の売上げ高を記録し、100万エーカー以上で使用。
- 2023年には、トウモロコシと大豆に加えて、小麦、綿花、アルファルファ、干し草、キャノーラにも使用可能な「SOURCE」が発売され、今後様々な国々での販売を予定。
- その他、エピジェネティクスを応用した「オンデマンド育種事業」も実施。従来法の10倍の速さ且つ低コストでの育種が可能。

サービスイメージ



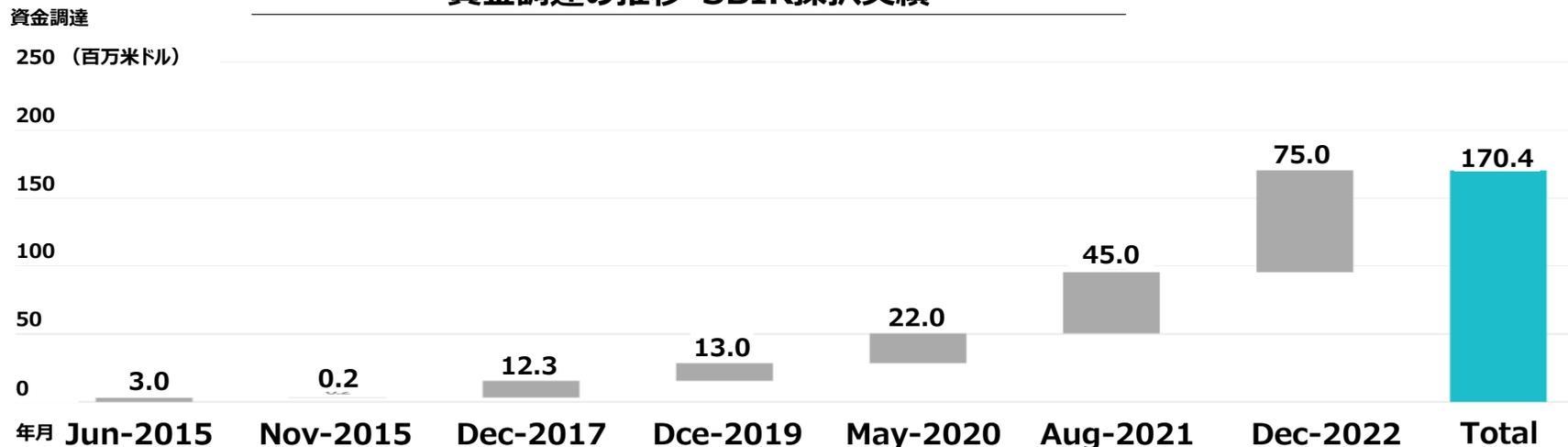
企業HP：<https://www.sound.ag/>

4) スタートアップの成長過程 (Sound Agriculture, 米国)



- ・ シリーズA段階で少額の政府系資金があり、シンジエンタやバイエルの関連のCVC投資が後続。

資金調達の推移・SBIR採択実績



資金調達ラウンド	シリーズA		シリーズB		シリーズC		シリーズD
主な投資家	Fall Line Capital						
	Cultivian Sandbox Ventures	アメリカ国立科学財団	Syngenta Ventures			Leaps by Bayer	
SBIR採択実績	(実績無し)						

(凡例) : アクセラレータ : 大学機関 : VC : CVC : 政府系機関

※SPEEDA Edgeを基にNTTデータ経営研究所作成

4) スタートアップの成長過程 (Monarch Tractor, 米国)



- 100%電動の自立型トラクターを開発。機械化、自動化、データ分析を組み合わせたトラクターにより、農作業を効率化。

サービス概要

設立年：2017年

成長ステージ：シリーズB

累計資金調達額：8100万ドル

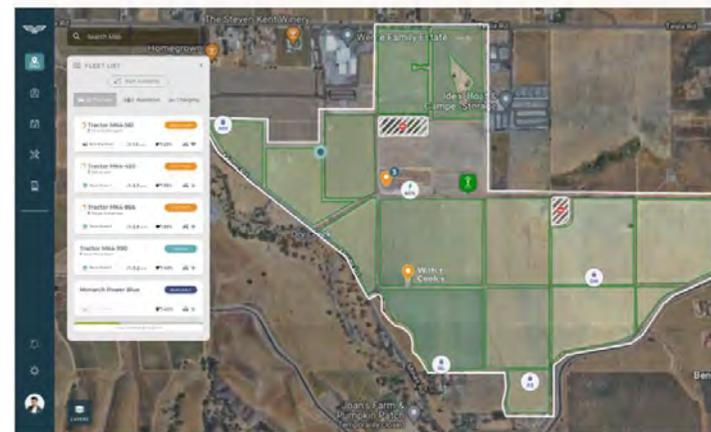
主なCVC：Astanor Ventures, CNH Industrial

- トラクターを一元管理するアプリケーションにより、農作業をリモートで管理可能。
- データに基づく意思決定のためのAIプラットフォームを提供。運用計画の立案、パフォーマンスレポートの作成、トラクターのメンテナンス診断が可能。
- 周囲の状況を360度把握し、衝突を防止する機能を搭載。
- リアルタイムでピッチ測定を行い横転を防止することで、斜面でも安定して走行可能。

サービスイメージ



MK-V (電動トラクター)



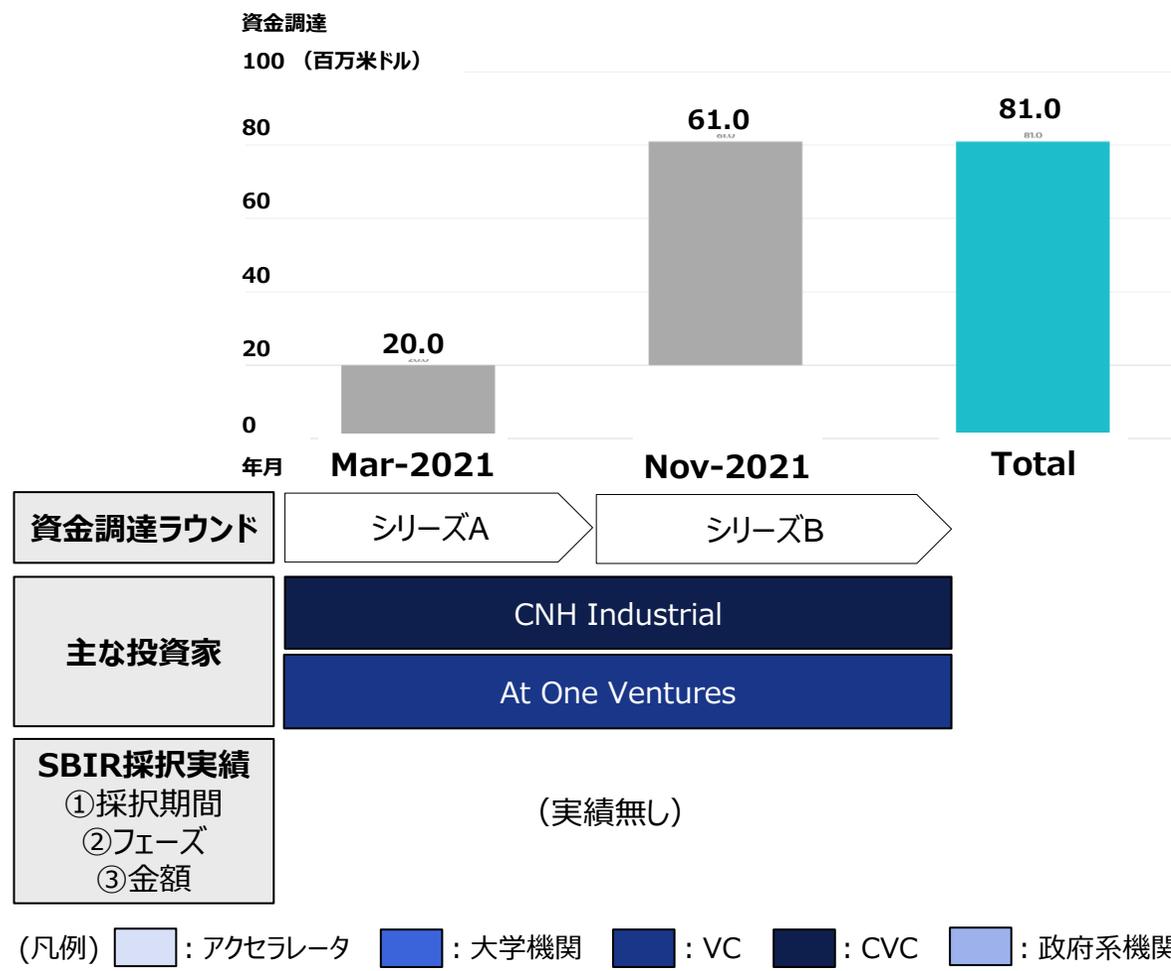
WingspanAI® (トラクター管理システム)

4) スタートアップの成長過程 (Monarch Tractor, 米国)



- Monarch Tractorは、政府系機関から投資を受けた実績は無い。

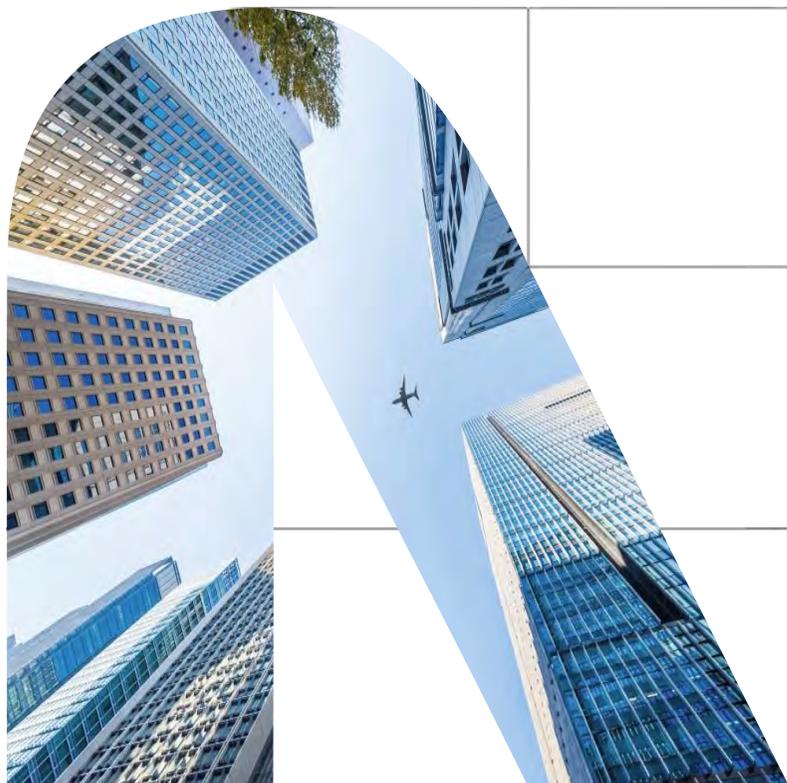
資金調達の推移・SBIR採択実績



※SPEEDA Edgeを基にNTTデータ経営研究所作成

4

技術戦略の分析



1 調査の進め方

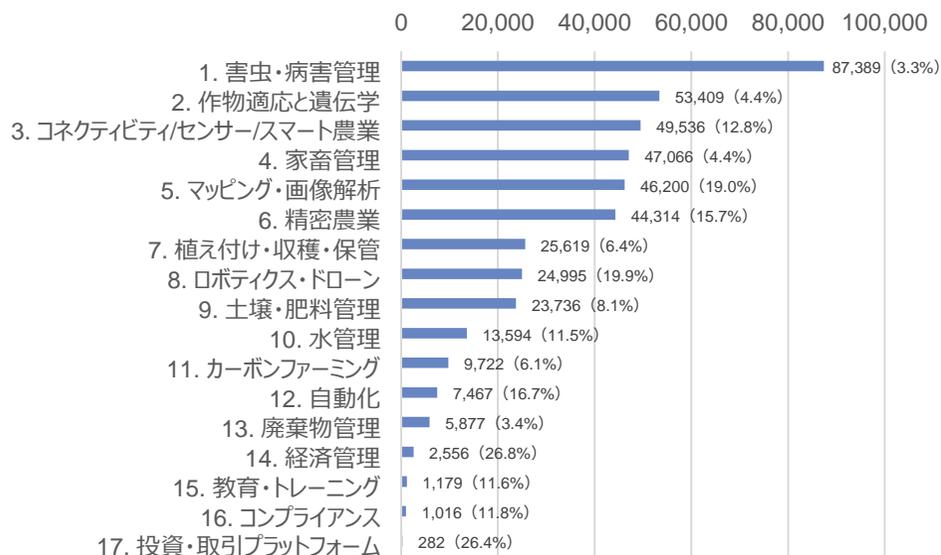
- 該当技術分野について、各国における特許等に着目した技術動向分析を実施。

目的	分析方針	分析対象	技術の概要・特徴
選定した技術について日本の強み・弱みを把握し、社会実装に向けた課題・施策を整理	3件程度の技術・分野を選定し、特許動向を中心に分析	動物用ワクチン	アフリカ豚熱ワクチン、豚熱マーカーワクチン及び高病原性鳥インフルエンザワクチン等、重大な疾病に対するワクチンの開発・実用化が産官学連携で進行中。 伝統的な不活化ワクチンや弱毒生ワクチンに加え、DNAワクチンやmRNAワクチン等の新技術も登場。
		スマート農機	ドローンによる精密散布、GPS制御の自動運転トラクター、AI搭載の収穫ロボット等、AI・IoT・GPS技術を活用し、農業の自動化・省力化を実現する次世代農機。 自動走行農機やデータ駆動型農業の技術開発や現場実証が進行中。
		細胞性食品（培養肉）	動物細胞を体外で培養し、食肉を生成する技術で、シンガポール、米国、香港、イスラエル、イギリスで販売承認（イギリスはペットフード）。 コスト削減や大量生産技術の研究が進行中。

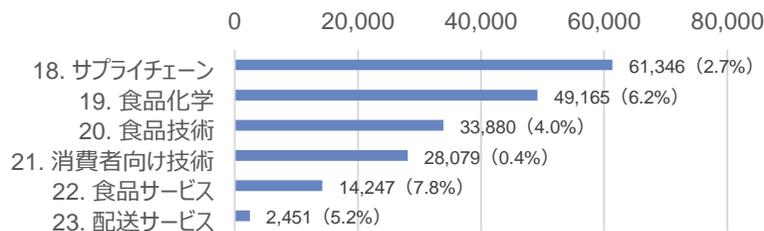
(参考) アグリフードに関するWIPO特許ランドスケープレポート

- WIPO（世界知的所有権機関）は、2024年9月にアグリフードの最新特許動向を包括的に分析したレポートを発表。アグリテックで17分野、フードテックで6分野に分類し、各国の動向や主要プレイヤー等の分析を報告。また、特に成長率が高い5つの領域を特定。

アグリテック分野 出願数 ()内は2021-2017のCAGR



フードテック分野 出願数



アグリフード内の新興領域

- アグリフードの分野の内、成長率が高い5つの領域を重要な新興領域と位置付け。

土壌・肥料管理

輪作、カバークロップ（被覆作物）、有機肥料の活用、化学肥料や農薬の使用削減等、土壌の健康と肥沃度を向上させるための技術

農薬によらない害虫・病害管理

微生物を活用した生物的防除等、従来の農薬に代わる害虫・病害対策技術

人間の食料のための代替栄養源

培養肉、植物由来タンパク質の開発・活用等、人口増加や資源制約の課題に対応する、新たな栄養源の開発・普及

精密農業における予測モデル

農業生産の精度と効率を向上させるため、AIやソフトウェアを活用し、農家が市場の需要を予測し、栽培・灌漑計画を最適化する技術

精密農業における自律型デバイス

作物の植え付け、管理、収穫の自動化技術等、農作業の効率化を目的とした自律型機械やロボット技術の活用

出典：WIPO、Orbit Intelligence(Questel)の特許データに基づく(2024年3月)。データ統計は、2004年以降に公開された国際特許ファミリー件数。

2 動物用ワクチン

1) 概要

- 農林水産省では2024動物用ワクチン戦略の中間を取りまとめにおいて、抗菌薬に頼った生産ではなく、ワクチンによる予防へのシフトが重要と記載。

2024動物用ワクチン戦略中間とりまとめのポイント

- 動物用医薬品のうちワクチンは発生予防を目的としており、事前対応型の防疫体制の強化に寄与する。
- 現在もアフリカ豚熱や鳥インフルエンザをはじめとする疾病のリスクが高まる中、畜水産業の生産現場ではワクチンの開発・安定供給へのニーズは高い。
- 抗菌薬に頼った生産を続けていけば、薬剤耐性菌による人への健康リスクが高まるだけでなく、家畜や養殖魚においても抗菌薬の効果が低減し、経済損失の増大が懸念される。
- 日本の動物用医薬品等の市場は、2022年の売上高約1,444億のうち一般薬が32%を占めており、産業動物用ワクチンは20%程度に留まっているが、抗菌薬による治療からワクチンによる予防への移行が望まれる。

動物用医薬品等の販売額推移（愛玩動物用も含む）

産業動物用ワクチンの販売額は増加傾向

（単位：億円）

	2012年	2022年
合計	963	1,444
動物用医薬品	860	1,287
病原微生物及び内寄生虫用薬	257	416
生物学的製剤	328	378
うち産業動物用ワクチン	247	293
治療を目的としないもの （消毒薬など）	100	168
代謝性用薬	55	115
循環器・呼吸器官・泌尿器官系用薬	22	57
消化器官用薬	21	46
外用薬	32	42
繁殖用薬	26	33
神経系用薬	18	32
医療機器	80	139
医薬部外品	23	18

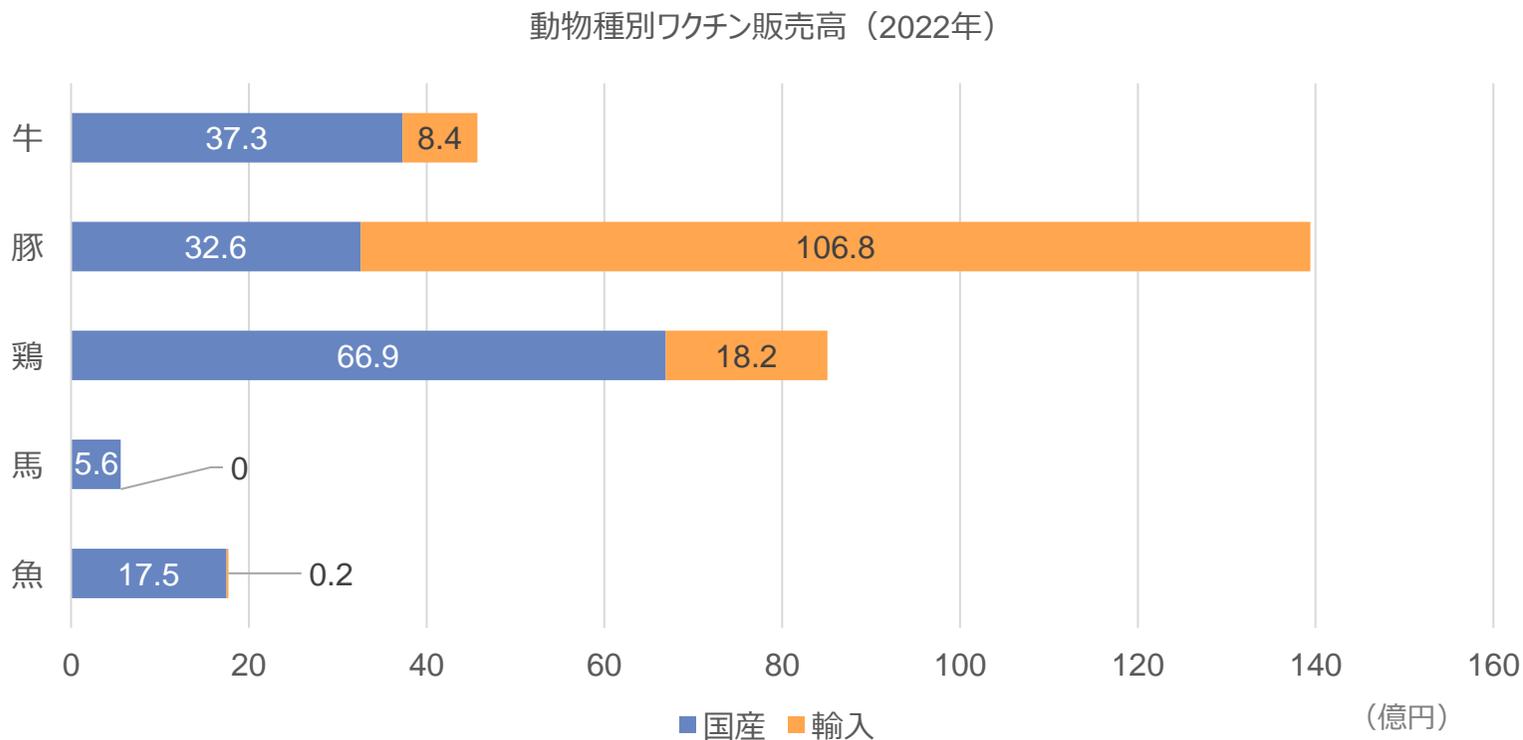
出典：販売高年報（2022）

出典：農林水産省「2024動物用ワクチン戦略 中間取りまとめ」

2 動物用ワクチン

2) 畜種別販売規模

- 日本国内における動物用医薬品販売高では豚が最大。

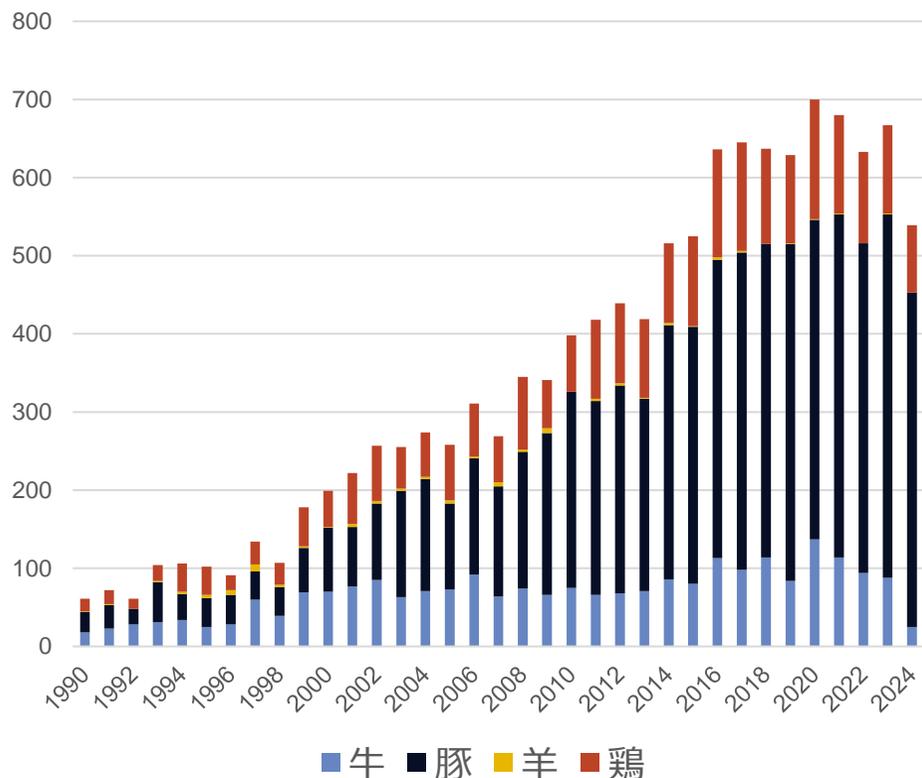


2 動物用ワクチン

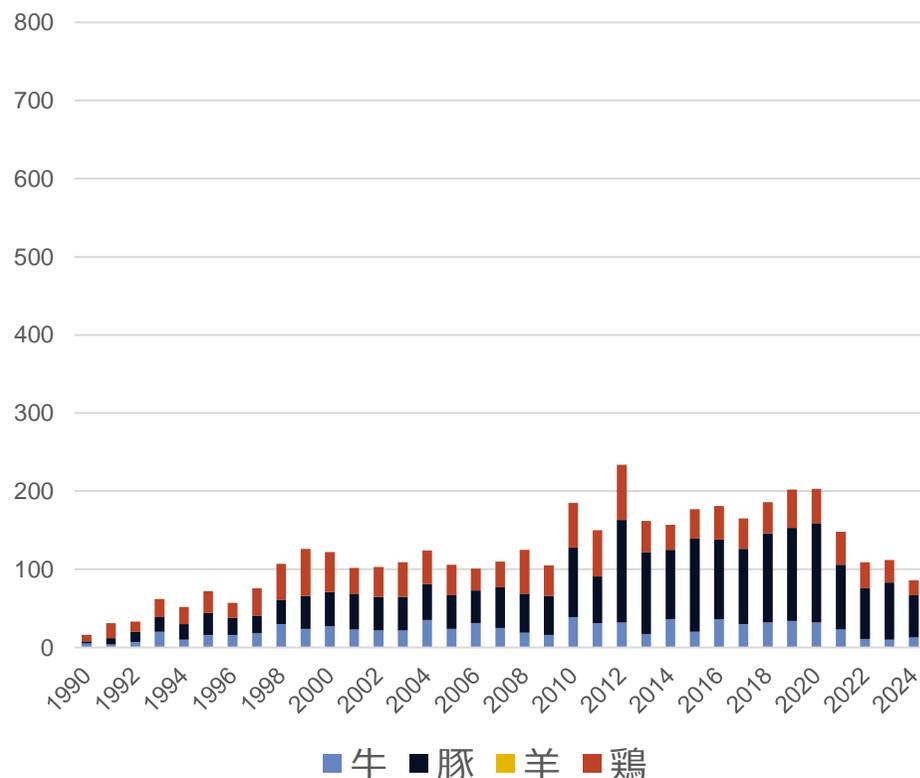
3) 年別・畜種別特許件数

- 動物用ワクチン関連特許出願及び成立数は、1990年以降増加傾向を示し、特に2010年代以降は急激に増加。畜種別では豚が最も多く、次いで鶏、牛、羊。

動物用ワクチン 特許出願数（英語）



動物用ワクチン 特許成立数（英語）



出典：Lens（JST/CRDS作成）

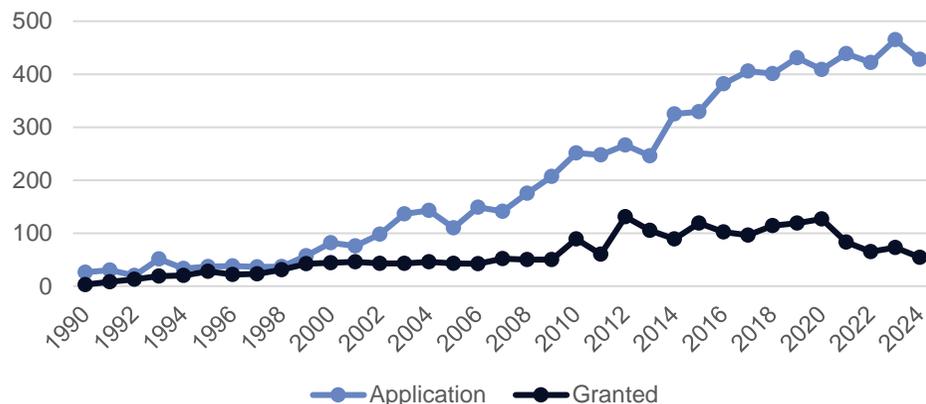
注）2024年はデータベース収録の遅れ等で全出願を反映していない可能性がある。

2 動物用ワクチン

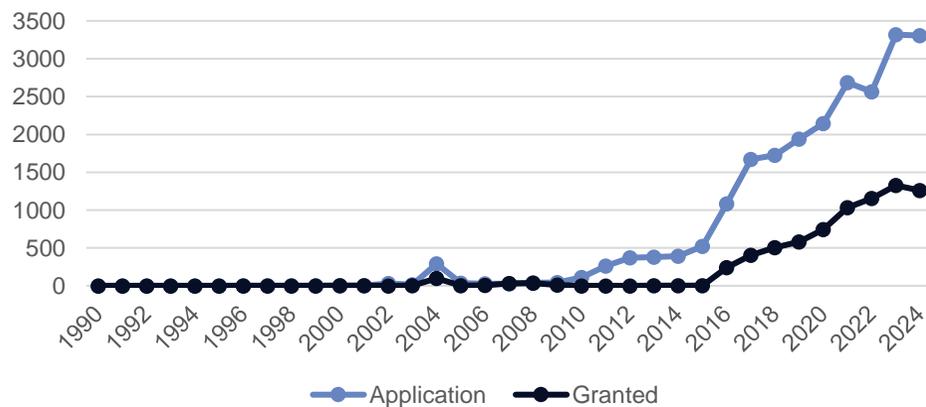
4) 豚用ワクチン 年別・国別特許件数

- 英語特許では、米国と韓国が特に出願多数。中国からの英語出願は2008年以降に減少した一方で、中国語出願が急激に増加。

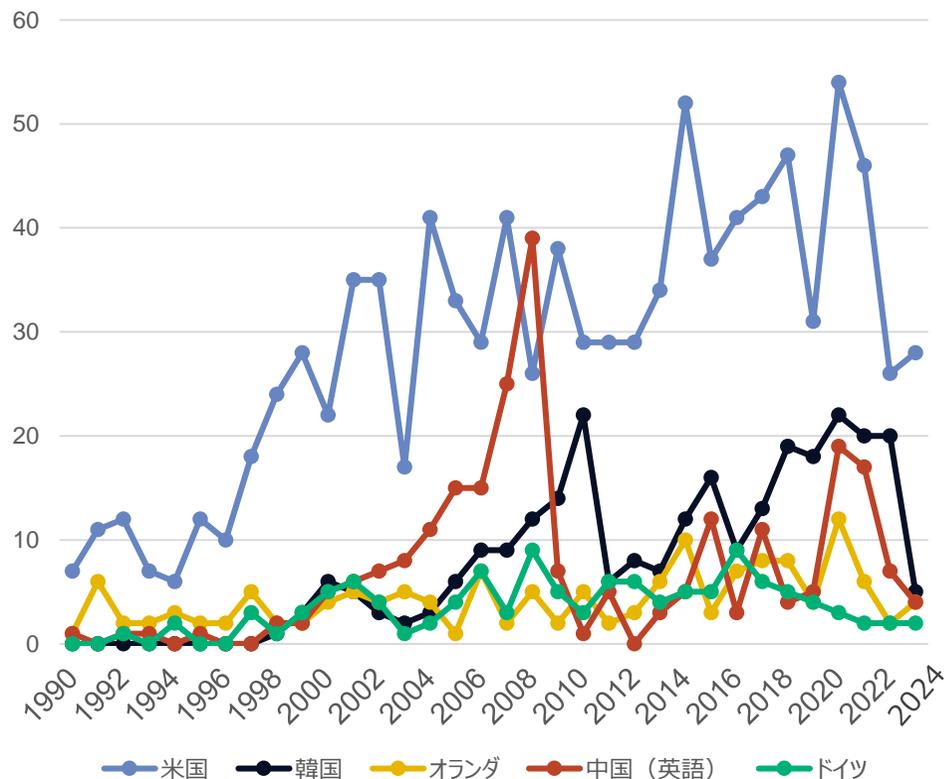
豚用ワクチン 出願数と成立数（英語）



豚用ワクチン 出願数と成立数（中国語）



豚用ワクチン 国別出願数推移



出典：Lens（JST/CRDS作成）

注）2024年はデータベース収録の遅れ等で全出願を反映していない可能性がある。

2 動物用ワクチン

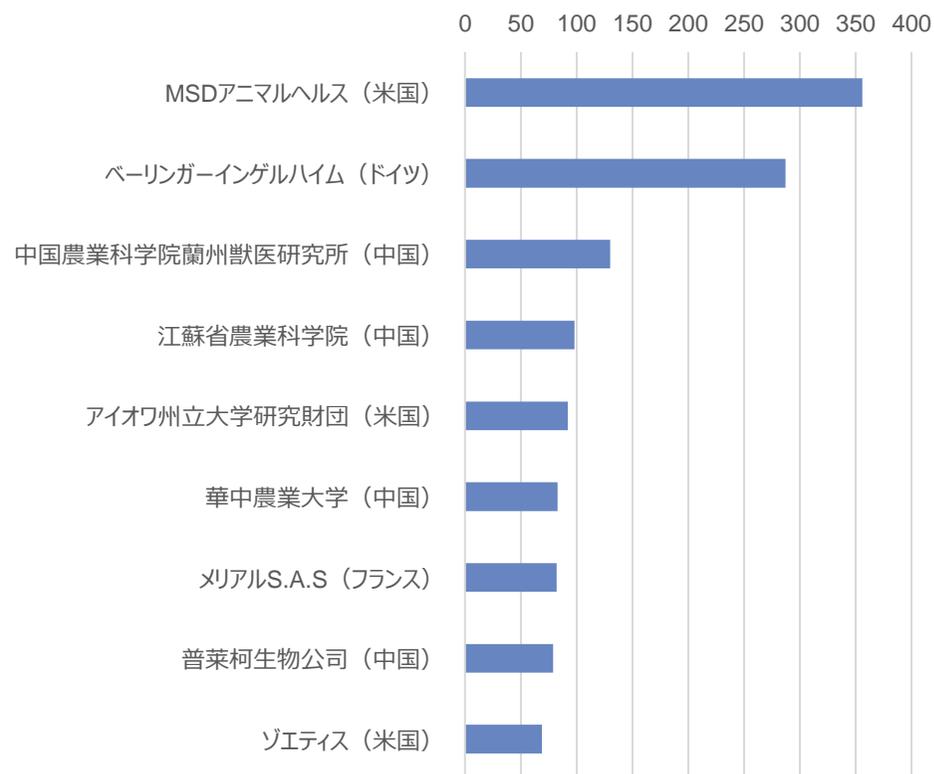
4) 豚用ワクチン IPC分類／上位出願人

- IPC分類では、ワクチン、ウイルス、微生物等が多数。一部でDNAワクチン等の遺伝子を含む。
- 日本は豚用ワクチンの上位出願人に入っていない。

豚用ワクチン 上位IPC分類

IPC分類	説明	件数
A61K39/12	医薬用製剤に関する抗原又は抗体を含有するウイルス抗原の薬剤	2293
A61K39/00	医薬用製剤に関する抗原又は抗体を含有する医薬品製剤	1377
A61P31/14	特殊な治療活性を持つ抗感染剤、RNAウイルスに対するもの	1267
C12N7/00	微生物又は酵素及びその関連組成物、ウイルスの調製または精製	1257
A61P31/20	特殊な治療活性を持つ抗感染剤、DNAウイルスに対するもの	869
A61P31/04	特殊な治療活性を持つ抗感染剤、抗菌剤	750
A61K39/39	医薬用製剤に含まれる抗原又は抗体、免疫促進付加物を特徴とするもの	684
A61K39/02	医薬用製剤に関する抗原又は抗体を含有するバクテリアの抗原	665
G01N33/569	特有用な方法による材料の調査または分析、微生物用	658
C12N7/01	微生物又は酵素及びその関連組成物、外来遺伝物質の導入により修飾されたウイルス	525
C12R1/93	微生物に関する分類、動物ウイルス	522
A61P31/12	特殊な治療活性を持つ抗感染剤、抗ウイルス剤	497
A61K39/215	医薬用製剤に含まれる抗原又は抗体、コロナウイルス科	458
C12N15/09	微生物又は酵素及び関連技術、組換えDNA技術	455
A61K48/00	遺伝子治療用の医療用製剤、遺伝子治療	421

豚用ワクチン 上位出願人 (英語)



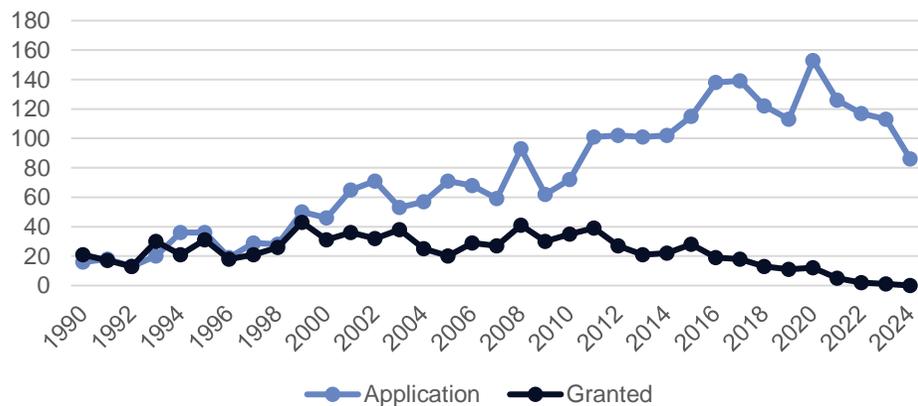
出典：Lens (JST/CRDS作成)

2 動物用ワクチン

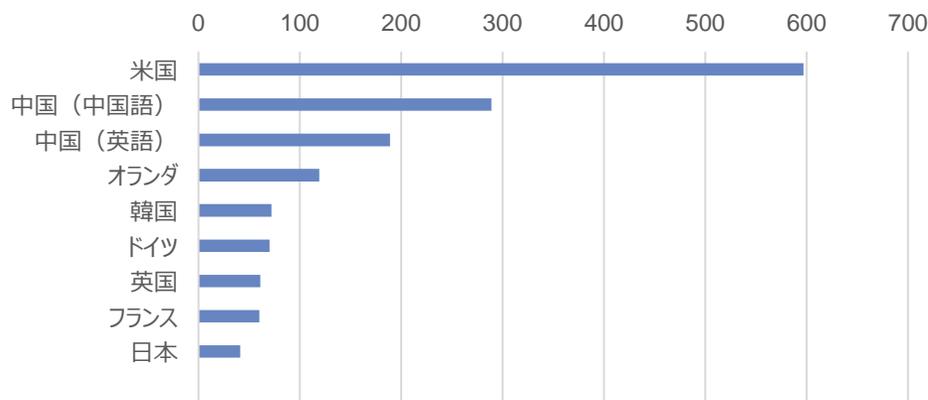
5) 鶏用ワクチン 年別・国別特許件数

- 英語特許では、鶏用ワクチンの成立数は減少傾向で、国別には米国・中国が特に多数出願。豚用ワクチン同様に、中国からの成立数（英語）は2010年以降に減少した一方で、中国国内での出願が増加。

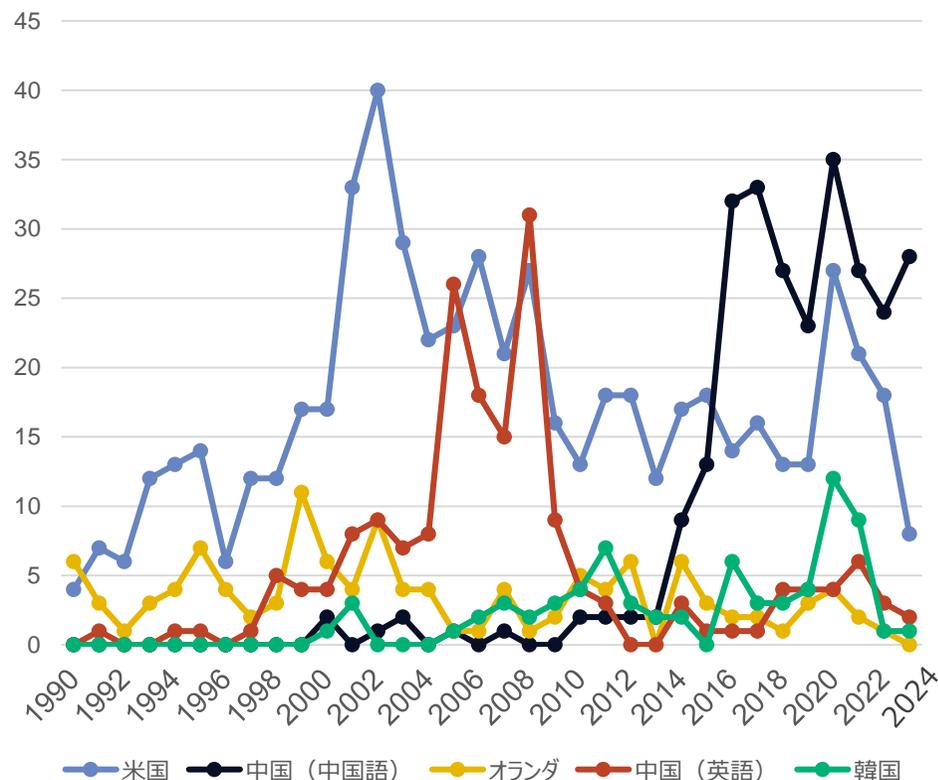
鶏用ワクチン 出願数と成立数（英語）



鶏用ワクチン 上位出願国（英語）



鶏用ワクチン 国別出願数推移



出典：Lens（JST/CRDS作成）

注）2024年はデータベース収録の遅れ等で全出願を反映していない可能性がある。

2 動物用ワクチン

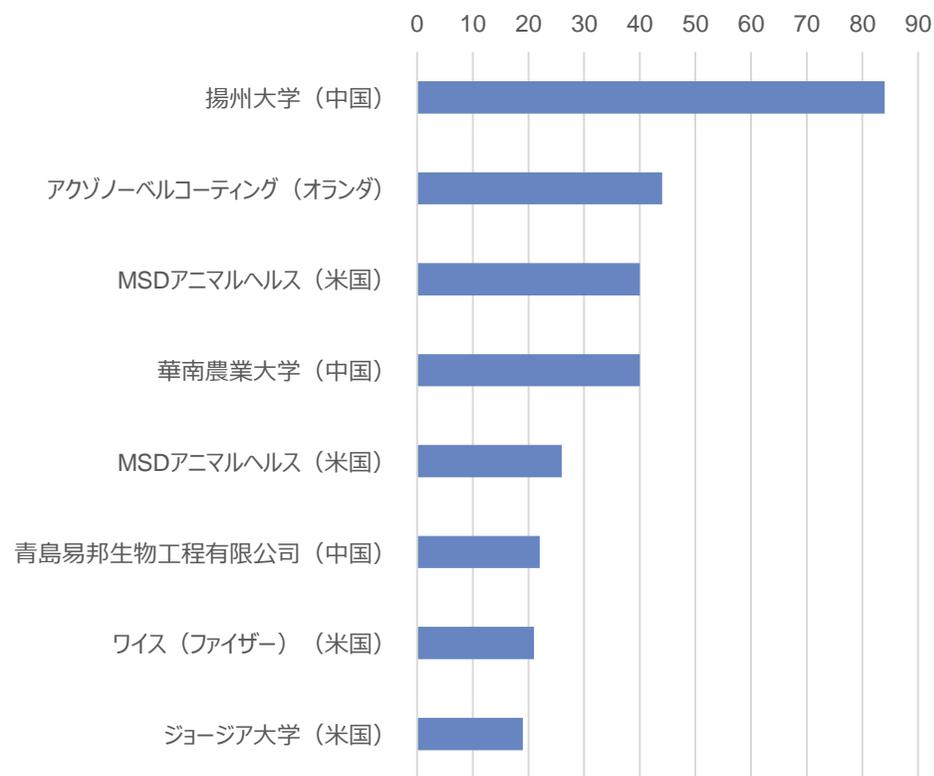
5) 鶏用ワクチン IPC分類／上位出願人

- IPC分類では、ワクチン、ウイルス、微生物等が多数。一部でDNAワクチン等の遺伝子を含む。

鶏用ワクチン 上位IPC分類

IPC分類	説明	件数
A61P31/14	特殊な治療活性、抗感染薬、RNAウイルスに対するもの	495
C12N7/00	微生物又は酵素、ウイルス、ウイルスを含む組成物、その調製または精製	491
A61K39/12	医薬用製剤、抗原又は抗体を含有するウイルス抗原	450
A61K39/00	医薬用製剤、抗原又は抗体を含有する医薬品製剤	429
A61K39/145	医薬用製剤、抗原又は抗体を含有するオルソミクソウイルス科（インフルエンザウイルス）	338
A61K39/39	医薬用製剤、抗原又は抗体を含有する免疫促進付加物を特徴とするもの	290
A61P31/04	特殊な治療活性、抗感染薬、抗菌剤	280
C12R1/93	微生物に関する分類、動物ウイルス	275
A61P31/16	特殊な治療活性、抗感染薬、インフルエンザ、ライノウイルス	270
A61K39/17	医薬用製剤、抗原又は抗体を含有するニューカッスル病ウイルス	239
A61P31/12	特殊な治療活性、抗感染薬、抗ウイルス剤	214
C12N7/01	微生物又は酵素、外来遺伝物質の導入によって修飾されたウイルス	213
A61P37/04	特殊な治療活性、免疫又はアレルギー疾患の治療薬、免疫刺激剤	210
A61K39/02	医薬用製剤、抗原又は抗体を含有するバクテリアの抗原	188
C12N15/09	微生物又は酵素、組換えDNA技術	155

鶏用ワクチン 上位出願人（英語）



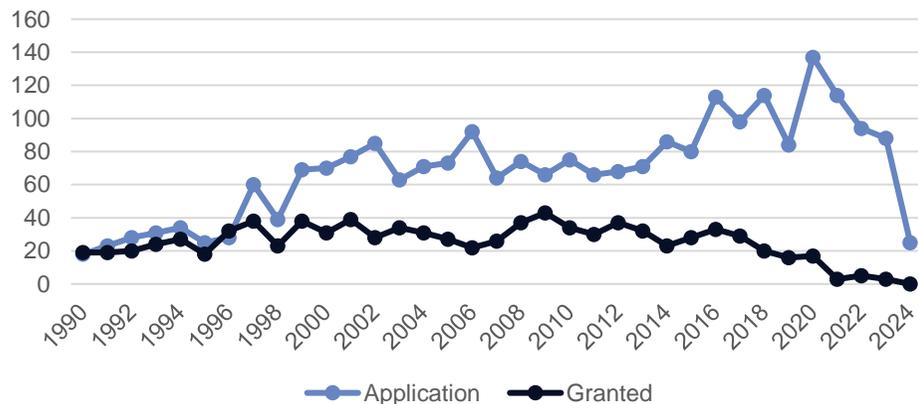
出典：Lens（JST/CRDS作成）

2 動物用ワクチン

5) 牛用ワクチン 年別・国別特許件数

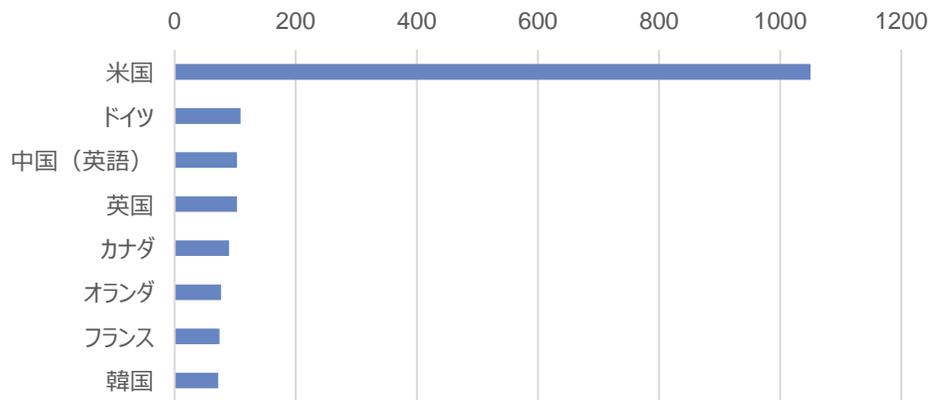
- 英語特許では、牛用ワクチンの成立数は減少傾向で、国別には米国が圧倒的に出願多数。中国国内での出願は、豚用や鶏用ワクチンと比較して少数。

牛用ワクチン 出願数と成立数（英語）

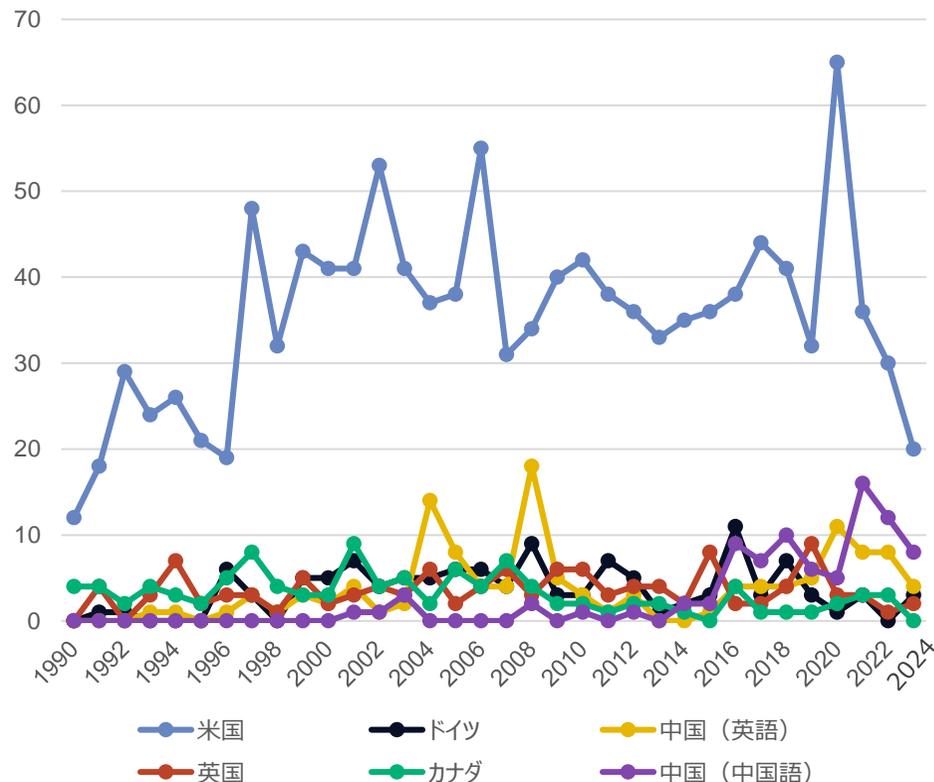


注) 2024年はデータベース収録の遅れ等で全出願を反映していない可能性がある。

牛用ワクチン 上位出願国（英語）



牛用ワクチン 国別出願数



出典：Lens（JST/CRDS作成）

注) 2024年はデータベース収録の遅れ等で全出願を反映していない可能性がある。

2 動物用ワクチン

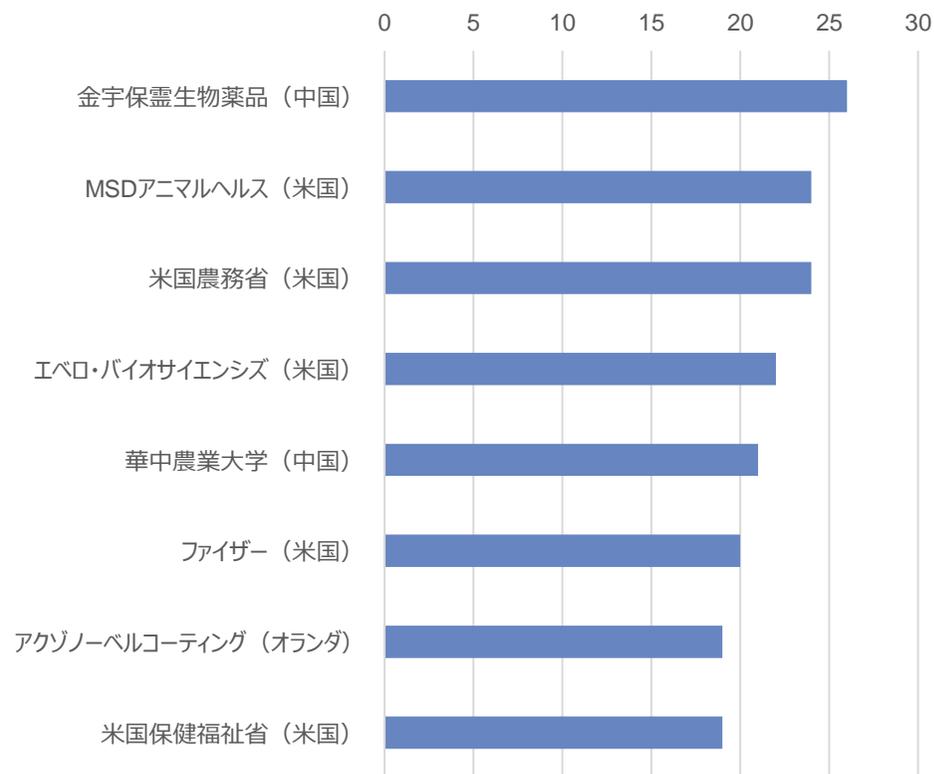
5) 牛用ワクチン IPC分類／上位出願人

- IPC分類では、ワクチン、ウイルス、微生物等に関連する分類が多数。

牛用ワクチン 上位IPC分類

IPC分類	説明	件数
A61K39/00	医薬用製剤に関する抗原又は抗体を含有する医薬品製剤	664
A61K39/12	医薬用製剤に関する抗原又は抗体を含有するウイルス抗原の薬剤	342
C12N7/00	微生物または酵素及びその関連組成物、ウイルスの調製又は精製	288
A61P31/14	特殊な治療活性を持つ抗感染薬、RNAウイルスに対するもの	268
A61P31/04	特殊な治療活性を持つ抗感染薬、抗菌剤	267
A61K39/39	医薬用製剤に含まれる抗原又は抗体、免疫促進付加物を特徴とするもの	218
A61K39/02	医薬用製剤に関する抗原又は抗体を含有するバクテリアの抗原	203
G01N33/569	特有な方法による材料の調査または分析、微生物用	184
A61P35/00	医薬用製剤に関する抗原または抗体を含有する医薬品製剤	183
A61K39/395	医薬用製剤に関する抗原または抗体を含有する医薬品製剤	176
A61P37/04	特殊な治療活性、免疫またはアレルギー疾患の治療薬、免疫刺激剤	176
C12N15/09	微生物又は酵素及び関連技術、組換えDNA技術	164
A61K48/00	遺伝子治療用の医療用製剤、遺伝子治療	161
A61P31/12	特殊な治療活性を持つ抗感染薬、抗ウイルス剤	156
A61K38/00	医薬用製剤に関する抗原または抗体を含有する医薬品製剤	136

牛用ワクチン 上位出願人 (英語)



出典：Lens (JST/CRDS作成)

2 動物用ワクチン

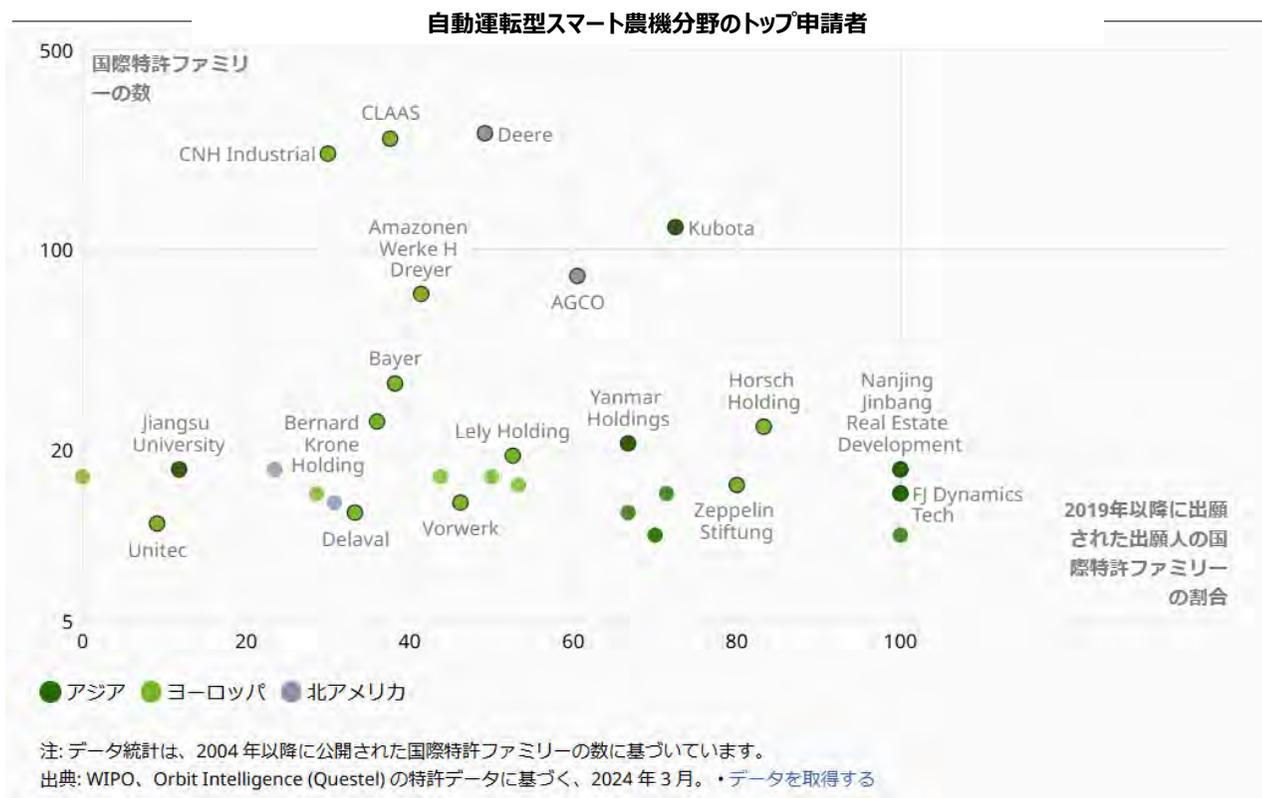
(参考) 動物ワクチン関連特許の調査方法

調査対象年	1990~2024年（優先権主張年）
使用データベース	The Lens (https://www.lens.org/)
調査方法	<ul style="list-style-type: none">英語で検索の後、中国語で検索（中国のみに出願した特許を抽出）Simple familyで件数カウント最も早い優先権主張日で国別件数カウント
検索式	<p>豚 title:(swine vaccine) OR abstract:(swine vaccine) OR claim:(swine vaccine) OR title:(pig vaccine) OR abstract:(pig vaccine) OR claim:(pig vaccine) OR title:(porcine vaccine) OR abstract:(porcine vaccine) OR claim:(porcine vaccine) OR title:(猪流感 疫苗) OR abstract:(猪流感 疫苗) OR claim:(猪流感 疫苗) OR title:(猪用 疫苗) OR abstract:(猪用 疫苗) OR claim:(猪用 疫苗) OR title:(猪 疫苗) OR abstract:(猪 疫苗) OR claim:(猪 疫苗) OR title:(猪瘟 疫苗) OR abstract:(猪瘟 疫苗) OR claim:(猪瘟 疫苗)</p> <p>鶏 title:(Poultry vaccine) OR abstract:(Poultry vaccine) OR claim:(Poultry vaccine) OR title:(chicken vaccine) OR abstract:(chicken vaccine) OR claim:(chicken vaccine) OR title:(家禽 疫苗) OR abstract:(家禽 疫苗) OR claim:(家禽 疫苗) OR title:(禽用 疫苗) OR abstract:(禽用 疫苗) OR title:(禽用 疫苗) OR title:(禽类 疫苗) OR claim:(禽类 疫苗) OR abstract:(禽类 疫苗)</p> <p>牛 title:(cattle vaccine) OR abstract:(cattle vaccine) OR claim:(cattle vaccine) OR title:(cow vaccine) OR abstract:(cow vaccine) OR claim:(cow vaccine) OR title:(bovine vaccine) OR abstract:(bovine vaccine) OR claim:(bovine vaccine) OR title:牛疫苗 OR abstract:牛疫苗 OR claim:牛疫苗 OR title:牛用疫苗 OR abstract:牛用疫苗 OR claim:牛用疫苗 OR title:牲畜疫苗 OR abstract:牲畜疫苗 OR claim:牲畜疫苗 OR title:牛痘疫苗 OR abstract:牛痘疫苗 OR claim:牛痘疫苗 OR (title:(ruminant vaccine) OR abstract:(ruminant vaccine) OR claim:(ruminant vaccine)) OR (title:(calf vaccine) OR abstract:(calf vaccine) OR claim:(calf vaccine))</p> <p>羊 title:(clostridial vaccine) OR abstract:(clostridial vaccine) OR claim:(clostridial vaccine) OR title:(Caseous lymphadenitis vaccine) OR abstract:(Caseous lymphadenitis vaccine) OR claim:(Caseous lymphadenitis vaccine) OR title:(Erysipelas arthritis vaccine) OR abstract:(Erysipelas arthritis vaccine) OR claim:(Erysipelas arthritis vaccine) OR title:(Scabby Mouth vaccine) OR abstract:(Scabby Mouth vaccine) OR claim:(Scabby Mouth vaccine) OR title:(Ovine Johne's vaccine) OR abstract:(Ovine Johne's vaccine) OR claim:(Ovine Johne's vaccine) OR title:(lamb vaccine) OR abstract:(lamb vaccine) OR claim:(lamb vaccine) OR title:(sheep vaccine) OR abstract:(sheep vaccine)</p> <p>Grouped by Simple Families Document Type = (Patent_application) Jurisdictions = (WO - WIPO)</p>

3 スマート農機

1) 概要

- WIPOによる自動運転型スマート農機に関する分析によると、3,593 件の国際特許ファミリーが見られ、2017 年から 2021 年にかけて年平均成長率が+10.4%と大きな伸び。
- また、自律デバイス分野の上位 50 社を見ると、産業界が 97% を占めており、学术界は少数。トップの申請者はDeere（米国）、CLAAS（ドイツ）、CNH（英国）であり、日本のクボタが4位。



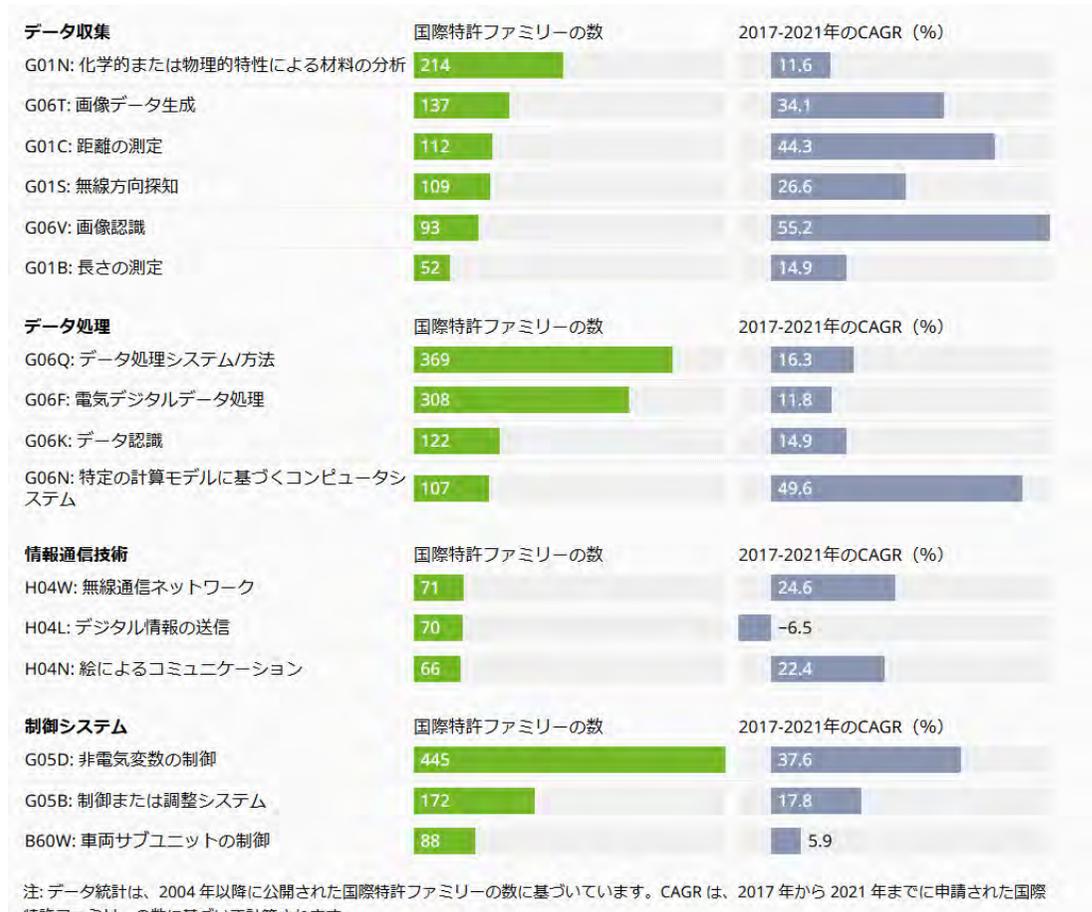
出典: WIPO (Google翻訳)
<https://www.wipo.int/web-publications/patent-landscape-report-agrifood/en/7-autonomous-devices-in-precision-agriculture.html>

3 スマート農機

1) 概要

- WIPOによるレポートでは、主要技術としてデータ収集、データ処理、情報通信技術、制御システムの4つの領域に分類。
- 最近の伸びが特に大きい分野として、画像認識や距離測定等が記載されている。

自動運転型スマート農機分野の主な技術動向



注: データ統計は、2004年以降に公開された国際特許ファミリーの数に基づいています。CAGRは、2017年から2021年までに申請された国際特許ファミリーの数に基づいて計算されます。

出典: WIPO、Orbit Intelligence (Questel) の特許データに基づく、2024年3月。出典: WIPO (Google翻訳)

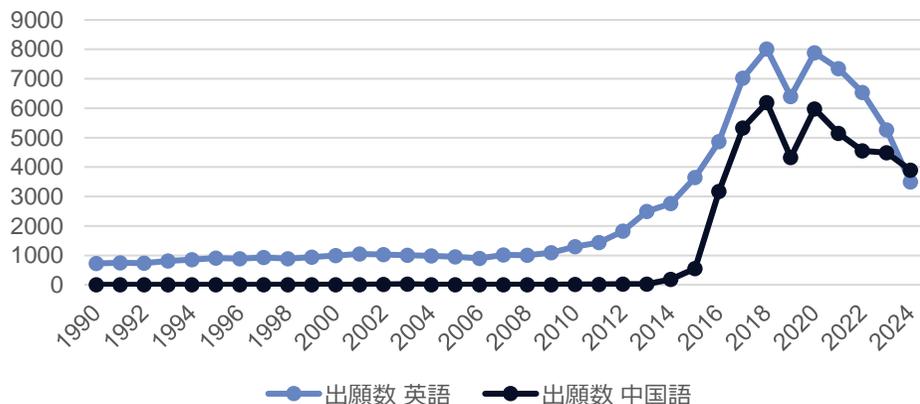
<https://www.wipo.int/web-publications/patent-landscape-report-agrifood/en/7-autonomous-devices-in-precision-agriculture.html>

3 スマート農機

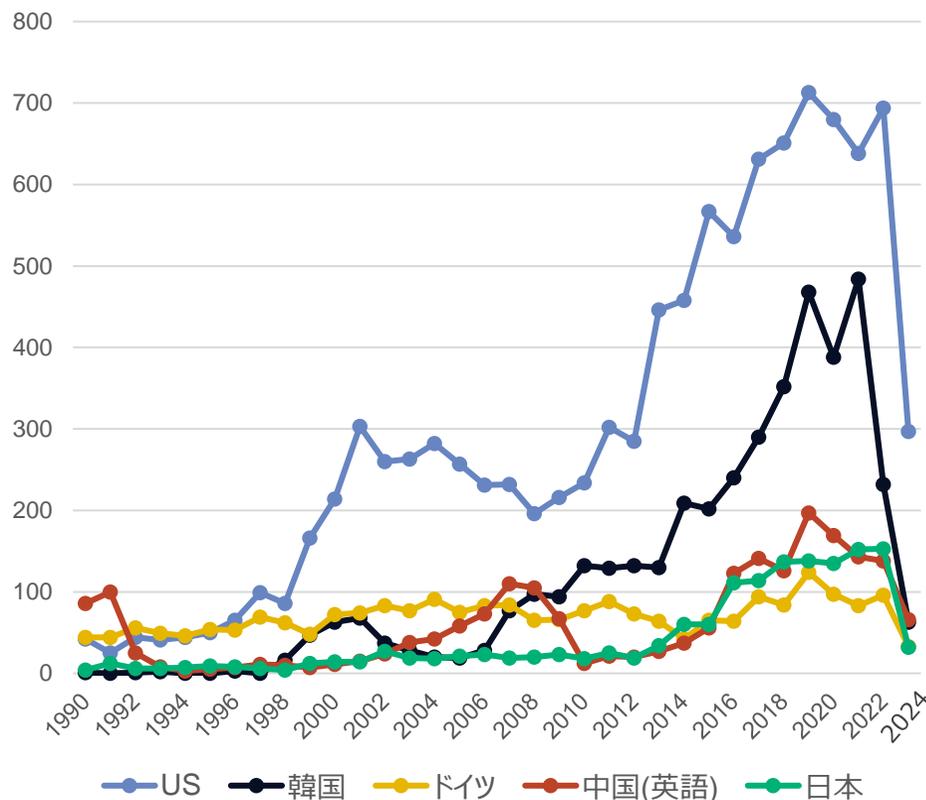
2) 年別・国別特許件数

- スマート農機の特許出願は、2014年以降で急激に増加。英語特許では、米国と韓国が特に出願数が多く、次いでドイツ、中国、日本。

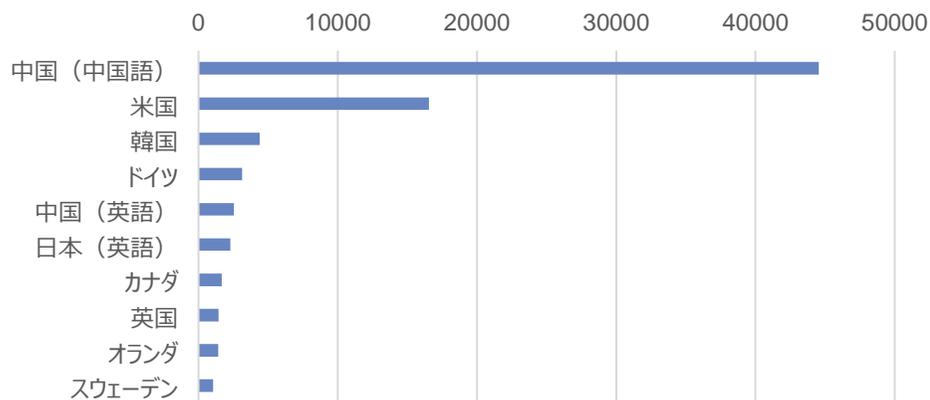
スマート農機 特許出願数（英語 vs 中国語）



スマート農機 国別出願件数推移



スマート農機 国別出願数



出典：Lens（JST/CRDS作成）

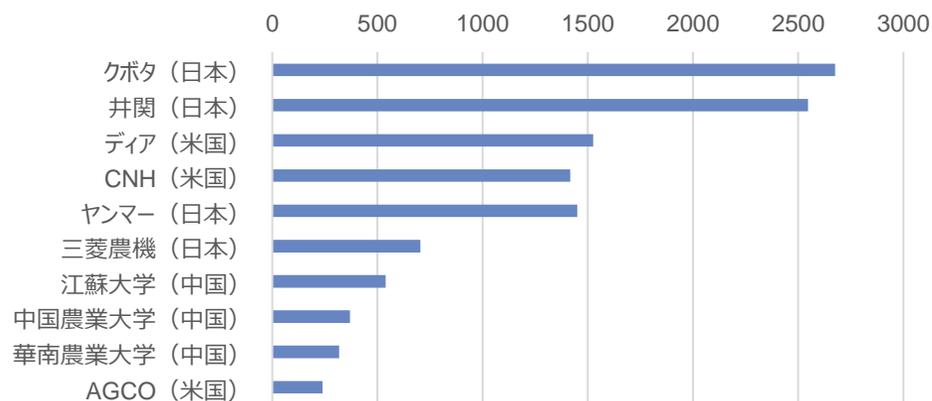
注）2024年はデータベース収録の遅れ等で全出願を反映していない可能性がある。

3 スマート農機

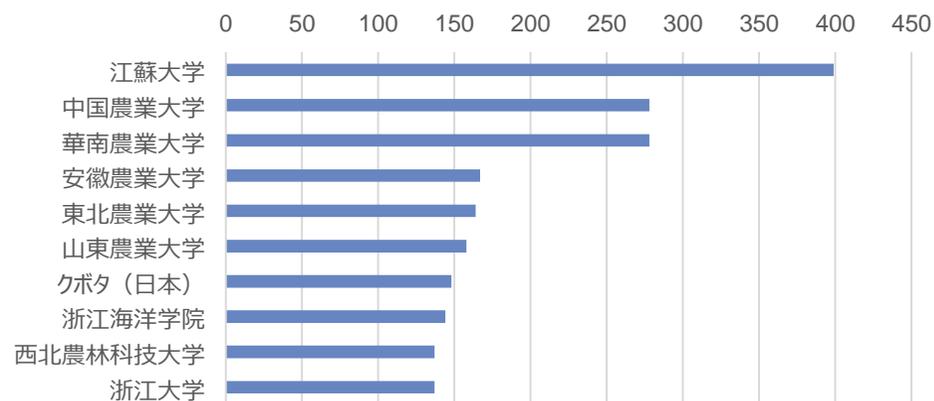
3) スマート農機 上位出願者

- 国内農機メーカー4社が出願数上位である一方、成立数はディア・アンド・カンパニー社、CNH社が圧倒的に多数。中国国内では、大学等の研究機関からの出願が多数。

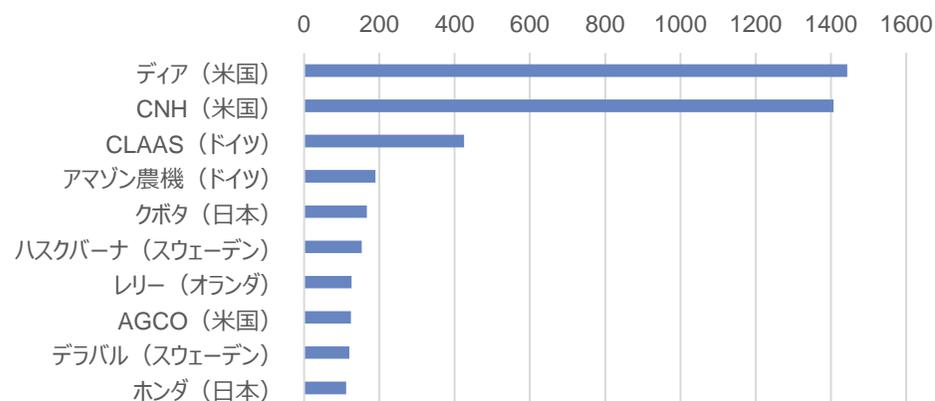
スマート農機 出願数上位の出願者（英語）



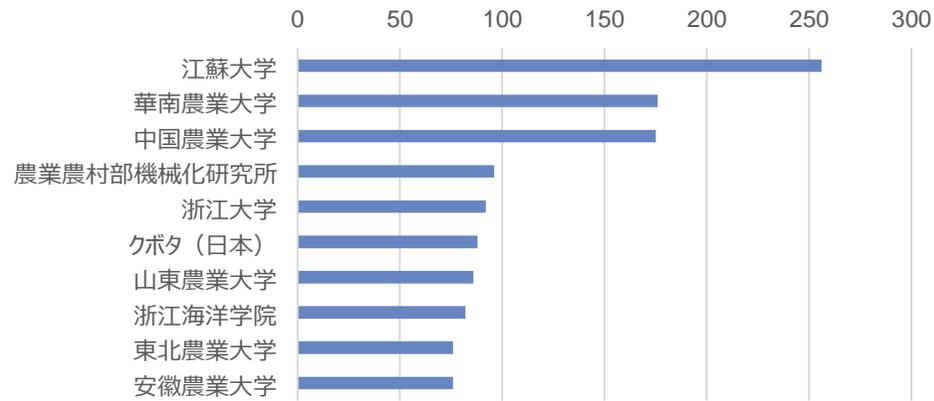
スマート農機 出願数上位の出願者（中国語）



スマート農機 成立数上位の出願者（英語）



スマート農機 成立数上位の出願者（中国語）



3 スマート農機

4) スマート農機 IPC分類

- 獣害対策技術（A01M7/00）、家畜管理（A01K29/00）、給餌システム（A01K5/02）が多数。中国語出願では特に航空機（B64D1/18）や播種機（A01C7/20）が比較的多数。

スマート農機 上位IPC分類（英語出願）

IPC分類	説明	件数
A01M7/00	動物の捕獲、わな猟、又は威嚇、有害生物の駆除装置、液体散布機の特異な適用又は配列	6300
A01K29/00	畜産、鳥、魚、昆虫の飼育、漁業、他に分類されない動物の飼育又は繁殖、他の家畜用具	4522
A01K5/02	畜産、鳥、魚、昆虫の飼育、家畜又は猟鳥獣給餌具、自動機具	3836
A01B69/00	農業又は林業における土作業、農業機械又は器具の操向、進路に沿った案内	3345
A01C11/02	植付け、播種、施肥、移植機械、苗用のもの	3303
A01K63/04	畜産、生魚容器（アクアリウム、テラリウム）、生魚容器に特に適合した水処理装置	3004
A01C23/04	植付け、播種、施肥、液状厩肥又はアンモニアを含む液体肥料散布装置、圧力散布、泥水散布	2812

スマート農機 上位IPC分類（中国語出願）

IPC分類	説明	件数
A01M7/00	動物の捕獲、わな猟、又は威嚇、有害生物の駆除装置、液体散布機の特異な適用または配列	4116
A01C23/04	植付け、播種、施肥、液状厩肥又はアンモニアを含む液体肥料散布装置、圧力散布、泥水散布	2369
A01K5/02	畜産、家畜又は猟鳥獣給餌具、自動機具	2292
A01K63/04	畜産、生魚容器（アクアリウム、テラリウム）、生魚容器に特に適合した水処理装置	1991
A01K29/00	畜産、他の家畜用具	1865
B64D1/18	航空機の装備、物品、液体等の飛行中の投下、発射、解放、受け入れ、噴霧によるもの、例：殺虫剤	1665
A01C7/20	植付け、播種、種子の誘導及び播き付けのための播種機の部品	1528

3 スマート農機

(参考) スマート農機関連特許の調査方法

調査対象年	1990~2024年（優先権主張年）
使用データベース	The Lens (https://www.lens.org/)
調査方法	<ul style="list-style-type: none">英語で検索の後、中国語で検索（中国のみに出願した特許を抽出）Simple familyで件数カウント最も早い優先権主張日で国別件数カウント
検索式	<pre>((title:(self-moving) OR abstract:(self-moving) OR claim:(self-moving)) OR (title:(automatic) OR abstract:(automatic) OR claim:(automatic)) OR (title:(unmanned) OR abstract:(unmanned) OR claim:(unmanned)) OR (title:(remote) OR abstract:(remote) OR claim:(remote)) OR (title:(sensing) OR abstract:(sensing) OR claim:(sensing)) OR (title:(sensor*) OR abstract:(sensor*) OR claim:(sensor*)) OR (title:(自动) OR abstract:(自动) OR claim:(自动)) OR (title:(搬迁) OR abstract:(搬迁) OR claim:(搬迁)) OR (title:(无人) OR abstract:(无人) OR claim:(无人)) OR (title:(数据) OR abstract:(数据) OR claim:(数据)) OR (title:(传感) OR abstract:(传感) OR claim:(传感))) AND ((class_ipcr.symbol:(A01B*) OR class_ipcr.symbol:(A01C*) OR class_ipcr.symbol:(A01D*) OR class_ipcr.symbol:(A01F*) OR class_ipcr.symbol:(A01G*) OR class_ipcr.symbol:(A01M*) OR class_ipcr.symbol:(A01K*))</pre> <p>Grouped by Simple Families Document Type = (Patent_application)</p>

4 細胞性食品（培養肉）

1) 概要

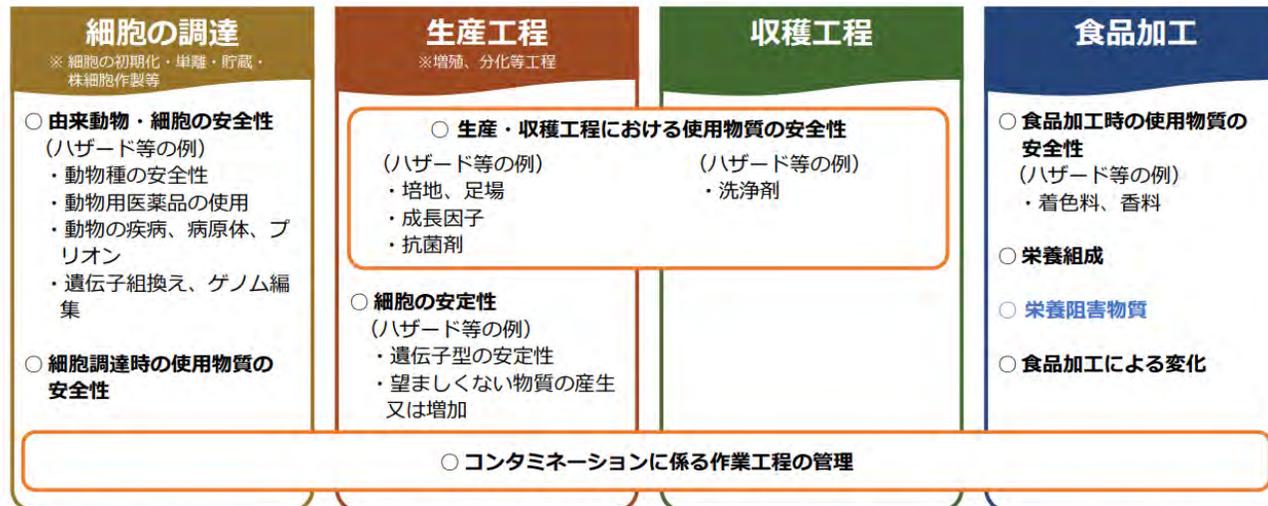
- 細胞性食品（培養肉）は、肉だけではなく魚や植物等も含む。
- 食品としての定義が不明確で、日本国内では食品として販売することができないが、消費者庁「食品衛生基準審議会新開発食品調査部会」による議論が2024年11月から始まり、2025年2月に開催された第3回部会で、以下の論点整理を公表。

細胞培養食品に係る安全性確認上の論点整理（前回部会を踏まえ修正）

細胞培養食品の安全性の確認については、製造の工程に着目して、以下の論点ごとに想定されるハザード、懸念事項を絞り、安全性を担保する上でチェックすべき項目について、議論してはどうか。

※ 今後の議論、科学的知見等を踏まえて適宜、追加することとする。

あらゆるハザードを想定した上で議論を行うことが、最終製品の安全性の担保、細胞培養食品を安心して食べられることに繋がると考えられる。



※ 上記に加え、①「細胞培養食品」の呼称や対象とする範囲、②部会の議論を踏まえた規制の在り方（フレームワーク）について併せて検討。

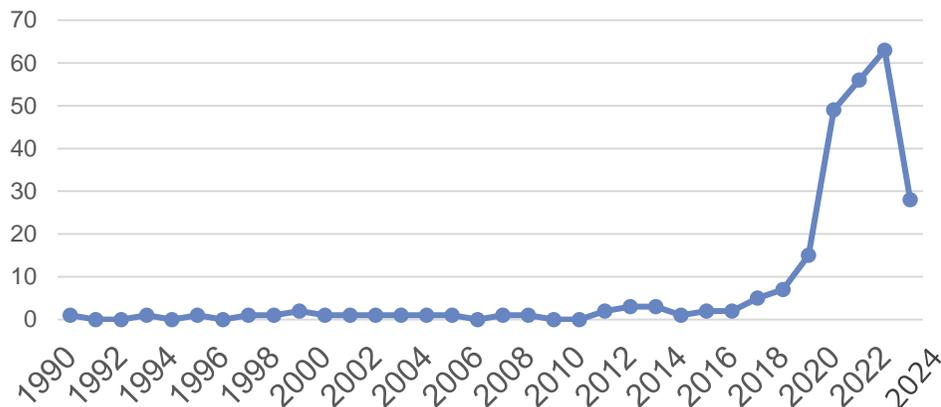
出典：消費者庁第3回新開発食品調査部会資料 1
https://www.caa.go.jp/policies/council/fssc/meeting_materials/as_sets/fssc_cms105_250221_01.pdf

4 細胞性食品（培養肉）

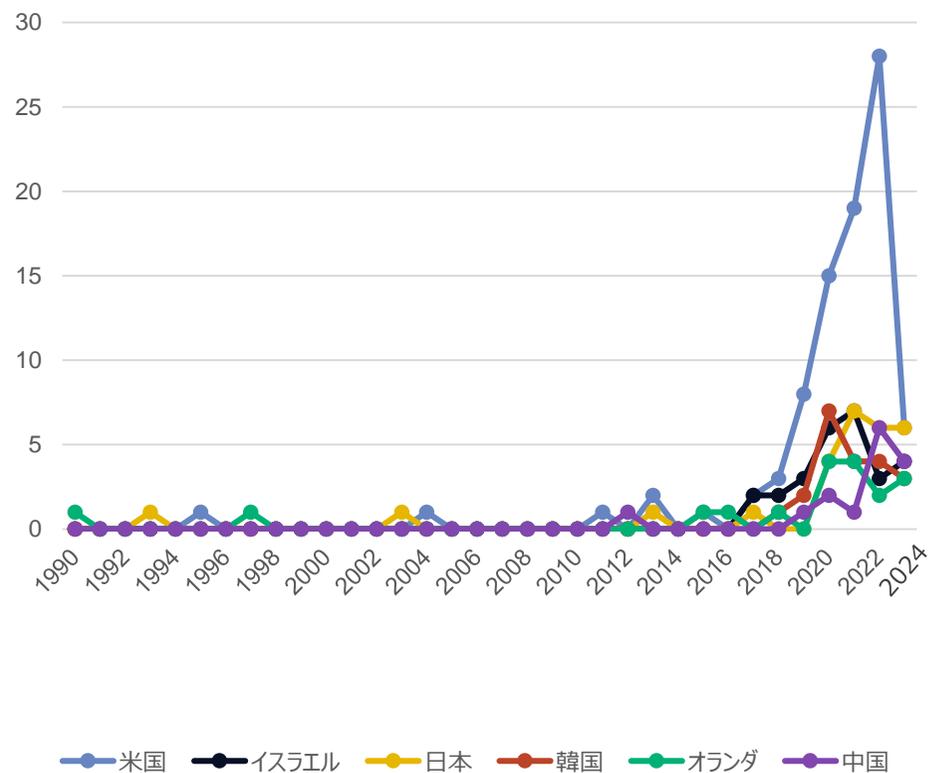
2) 年別・国別特許件数

- 1990年から2010年まではほとんど出願が無く、多くても年間2件程度。2017年以降は出願数が増加。

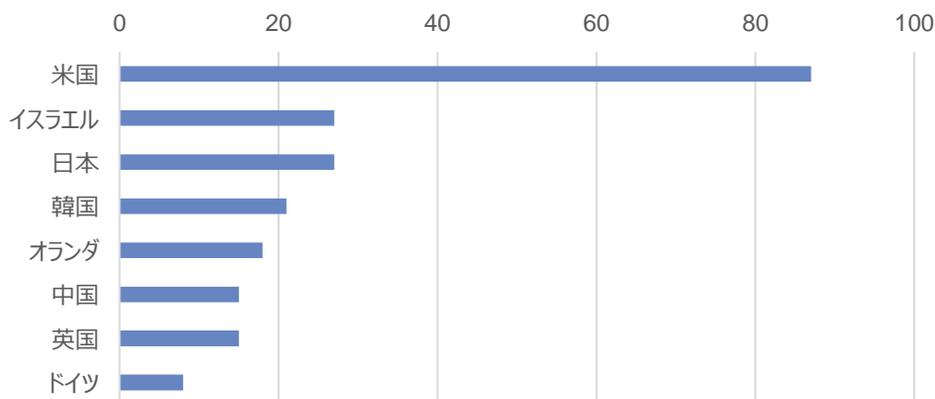
培養肉 特許出願数



培養肉 国別出願数推移



培養肉 国別出願数



出典：Lens（JST/CRDS作成）

注）2024年はデータベース収録の遅れ等で全出願を反映していない可能性がある。

4 細胞性食品（培養肉）

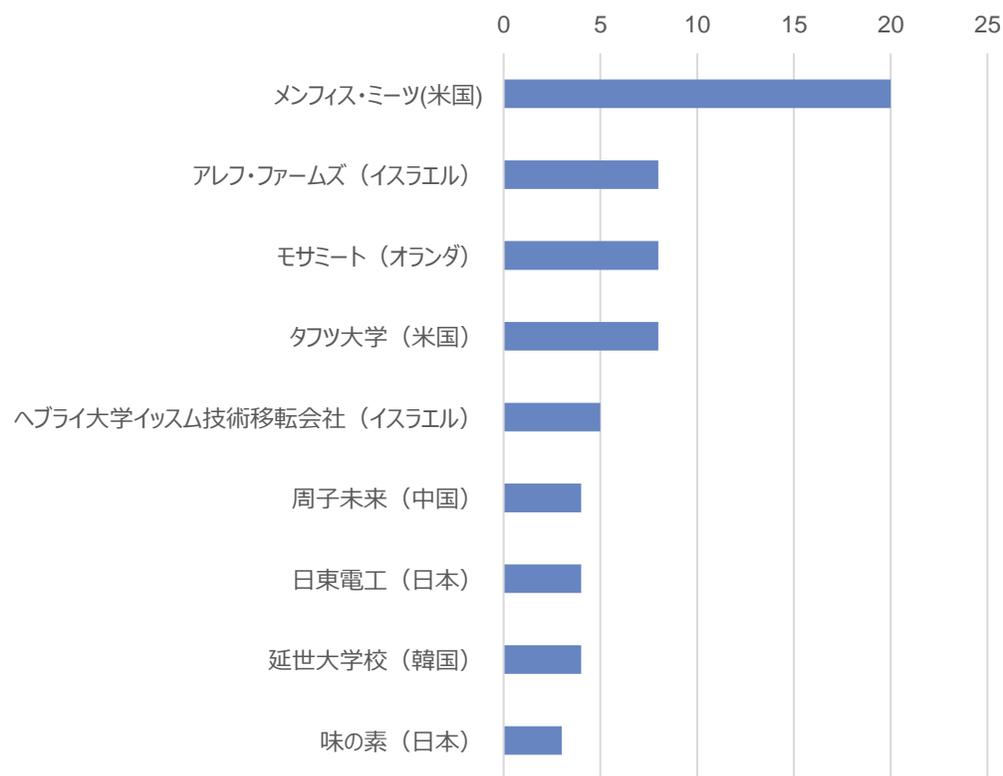
3) IPC分類／上位出願人

- IPC分類は、食品製造（A23L13）の他、培地（C12N5）や培養装置（C12M1）に関する技術が多数。海外ベンチャー企業その他、国内大手も出願数上位。

培養肉 上位IPC分類

IPC分類	説明	件数
A23L13/00	サブクラスA21DまたはA23B～A23Jまでに包含されない食品，食料品，又は非アルコール性飲料；その調製又は処理	126
C12N5/077	微生物又は酵素；その組成物；微生物の増殖，保存，維持；突然変異又は遺伝子工学；培地；間葉細胞	113
C12N5/00	微生物又は酵素；その組成物；微生物の増殖，保存，維持；突然変異又は遺伝子工学；培地	67
C12N5/071	微生物又は酵素；その組成物；微生物の増殖，保存，維持；突然変異又は遺伝子工学；培地；脊椎動物細胞又は組織	34
A23J3/22	食品用蛋白質組成物；食品用蛋白質の仕上げ；組織化による食品用蛋白質の仕上げ	31
C12M3/00	酵素学又は微生物学のための装置；組織，ヒト，動物又は植物細胞，あるいはウイルスの培養装置	25
C12M1/12	酵素学又は微生物学のための装置；殺菌，ろ過又は透析の手段を有するもの	24
C12N5/07	微生物又は酵素；その組成物；微生物の増殖，保存，維持；突然変異又は遺伝子工学；培地；動物細胞又は組織	23
C12M1/00	酵素学又は微生物学のための装置	19
C12N5/0775	微生物又は酵素；その組成物；微生物の増殖，保存，維持；突然変異又は遺伝子工学；培地；間葉系幹細胞；脂肪組織由来幹細胞	17
A23J3/00	食品用蛋白質組成物；食品用蛋白質の仕上げ；食品用蛋白質	11
A23J3/14	食品用蛋白質組成物；食品用蛋白質の仕上げ；植物性蛋白質	11
A23L13/40	サブクラスA21D又はA23B～A23Jまでに包含されない食品；その調製又は処理；添加物を含有するもの	11
C12N5/0735	微生物又は酵素；その組成物；微生物の増殖，保存，維持；突然変異又は遺伝子工学；培地；胚性幹細胞；胚性生殖細胞	10
A23L17/00	サブクラスA21D又はA23B～A23Jまでに包含されない食品；海産物製品；魚製品；フィッシュミール；魚卵代用品；それらの調製又は処理	7

培養肉 出願数上位の出願人（英語）



出典：Lens（JST/CRDS作成）

4 細胞性食品（培養肉）

（参考）培養肉関連特許の調査方法

調査対象特許	PCT出願
調査対象年	1990~2024年（優先権主張年）
使用データベース	The Lens (https://www.lens.org/)
調査方法	<ul style="list-style-type: none">• Simple familyで件数カウント• 最も早い優先権主張日で国別件数カウント
検索式	<pre>((class_cpc.symbol:A23J3/227 OR class_cpc.symbol:A23L13/00) AND class_cpc.symbol:C12N5*) NOT (class_cpc.symbol:A23J3/14 OR class_cpc.symbol:A23J3/20)) OR (title:(cultured OR cultivated OR cell-based OR "cell based" OR vat OR "lab grown" OR lab-grown) AND (title:(meat OR flesh))) OR (abstract:(cultured OR cultivated OR cell-based OR "cell based" OR vat OR "lab grown" OR lab-grown) AND (abstract:(meat OR flesh))) Grouped by Simple Families Document Type = (Patent_application) Jurisdictions = (WO - WIPO)</pre>

NTT DATA

株式会社NTTデータ経営研究所