

草地環境下にて雑草検出かつ自動走行する除草ロボットの開発（欧州・デンマーク工科大他）

- EUの全地球航法衛星システムGalileoを用いて、平坦な圃場に比べ条件が悪い草地環境にて、自律走行可能な除草ロボットを開発中
- 深層学習に基づき、雑草及びその茎の位置をより精緻に特定することに成功しており、今後は電流又はレーザーにて雑草を枯死させて除草することを目指す

GALIRUMIプロジェクトの概要

自動除草ロボットを開発し、牧場や草地における雑草管理の省人化や除草剤の削減を目指す

基本性能

- プロトタイプの実稼働時間：約3時間
- 移動速度：1 m/s

Galileoの利用

- 欧州の全地球測位衛星システム（GNSS）であるGalileoを利用し、標高の高い山等の信号を遮断する障害物がある場合も、安定して受信可能

ナビゲーション&自動制御

- 変調可能な複数の周波数を用いることで、GNSSが十分に機能しない場所においても安定的なナビゲーションが可能

画像認識による雑草の検出

- エゾノギシギシ（*Rumex obtusifolius*）を対象に、独自の深層学習により、草地における雑草の判別及び茎の位置の検出力を向上

除草処理

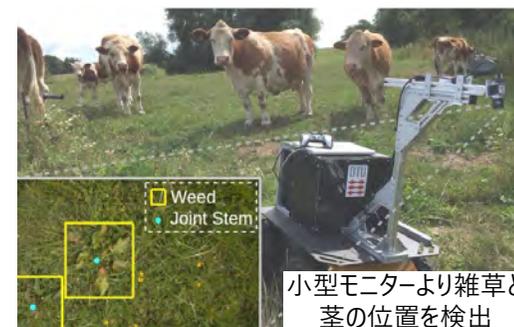
- 2通りの除草方法が展開可能
- 大型機の場合は、電気を使用し、小型機の場合は、レーザーを使用

普及状況等

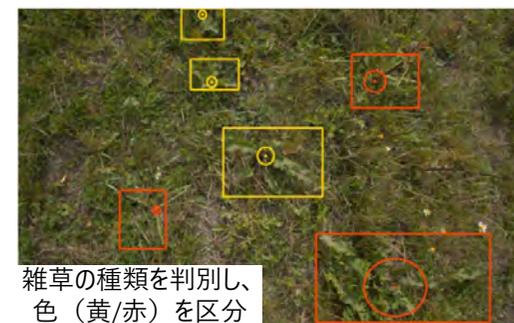
- 2024～2025年を目途に実用化予定

出所：GALIRUMI ウェブサイト <https://galirumi-project.eu/> 等より作成

実証成果例



小型モニターより雑草と茎の位置を検出



雑草の種類を判別し、色（黄/赤）を区分

開発企業・研究機関の情報等

GALIRUMIプロジェクト

- 欧州の研究開発プログラムHorizon2020のプロジェクトの一つ
- 実施期間は2019年12月～2022年11月
- 全体予算は147万€
- オランダ・ワーヘニンゲン大学やデンマーク工科大学等が参画

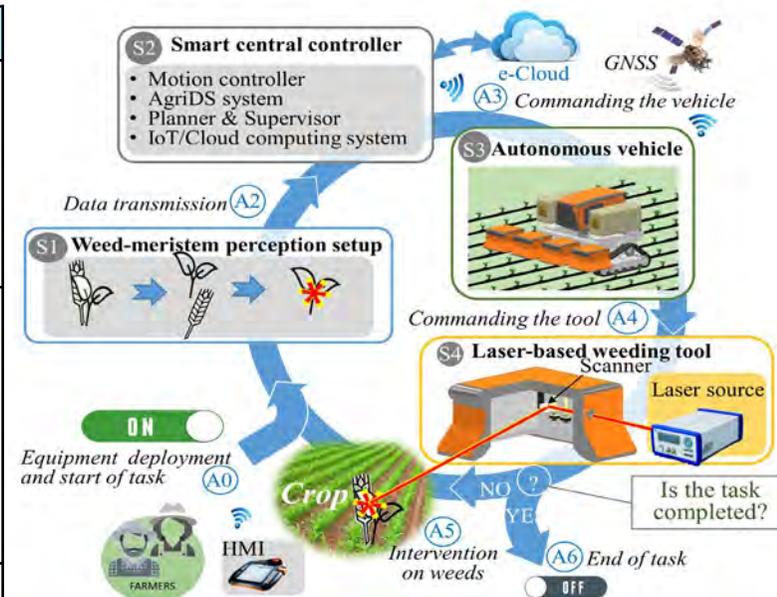
レーザーを活用した除草機器を搭載する自動運転車両の開発（欧州・CSIC他）

- 除草用の500W程度のファイバーレーザーを搭載した自動運転車両を開発しており、テンサイやトウモロコシ、小麦等を栽培する畑にて、プロトタイプによる実証を実施
- 雑草の除去による農作物の生産性向上を図るとともに、農薬の使用量や機械での掘り起しによる土壌への環境負荷低減を同時に達成することを志向

WeLASERプロジェクトの概要

目的 環境や生物多様性に悪影響を与える作業（例：殺虫剤の使用、土壌の掘り起こし）に代わる新たな除草方法の確立

取組内容	主な開発項目	開発目標	具体的な開発成果（想定）
	雑草の分裂組織の特定	<ul style="list-style-type: none"> 雑草分裂組織（雑草が成長する組織）の位置を特定 特定した雑草分裂組織にレーザー光源を正確に充てるためのツールを構築 	<ul style="list-style-type: none"> 検出された雑草の分裂組織に対し、少なくとも90%の確率でレーザーを正確に照射
	全ての影響を最小限に抑えた除草用レーザーツールの開発	<ul style="list-style-type: none"> 除草用の可動式高出力トリウムドープファイバーレーザーを開発 WeLASER 精密除草装置が作物や環境、健康に及ぼす影響を最小限に抑える 	<ul style="list-style-type: none"> パルス幅0.2～10 msの範囲で最大出力500 Wを達成するレーザーを開発し、照射先の雑草の90%以上を熱にて除去 作物：生産性10%向上 環境：土締固めの低減 健康：汚染物質を30～50%削減
	安全な自動運転車両の開発	<ul style="list-style-type: none"> 作業現場に除草システムを正確に配置するために、自動運転車両を開発 	



▲レーザーを活用した除草除去方法の全体像

普及状況等

- 2023年に、デンマークのコペンハーゲン大学内の試験圃場やスペインの自動運転車両の試験圃場等において、テンサイやトウモロコシ、小麦畑における除草の実証を実施

開発企業・研究機関の情報等

WeLASERプロジェクト

- EUの研究開発プログラム「Horizon2020」にて実施
- プロジェクト期間：2019～2023年
- プロジェクト予算：約7,500万ユーロ（期間全体）
- スペインの公的機関である国立研究評議会（CSIC）やフランスのスタートアップ等の9つの大学・民間企業・研究機関と合同で自動走行型レーザー除草機の開発を実施

出典：EC Horizon2020 ウェブサイト “SUSTAINABLE WEED MANAGEMENT IN AGRICULTURE WITH LASER-BASED AUTONOMOUS TOOLS” <https://cordis.europa.eu/project/id/101000256/reporting> 等より作成

レーザーを活用した除草機器を搭載する自動運転車両の開発（欧州・CSIC他）【補足①】

- 自動運転農機と高周波数レーザーを組み合わせることで、プロトタイプとなる除草車両を作製しており、数か所の圃場にて実証を実施済

1 開発車両の仕様

- 既存の自動運転農機（共同研究者のAGREENCULTURE社製）の前方に、除草するためのレーザー機器を取り付けて作製
- 設計時の開発車両の仕様は以下の通り

寸法	2.4×2.1×1.65 m
重量	最大1243 kg
除草効率	最大65%
除草速度	最大2 km/h
処理量	最大4.8 ha/日



▲実際に作製した車両のプロトタイプの外観

除草速度の向上を目的としたレーザーの活用

- レーザーを活用する場合、短いパルスで完全に雑草を枯死させることが可能であり、除草速度の向上を実現
- 本プロジェクトでは、最大5 kHzのパルスレートで正確な制御が可能

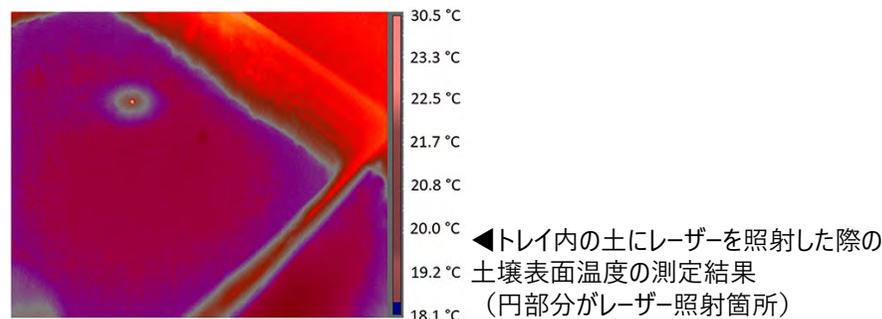


▲レーザー電源の外観

出力	500W
波長	2 μm
レーザー源	ツリウム
寸法	705×437×177 mm

レーザー照射による温度上昇が周辺に及ぼす影響評価

- 一般的にレーザーが照射された場所は加熱されるが、露光時間が短いため（1秒未満）、照射場所周辺の温度上昇は限定的



◀トレイ内の土にレーザーを照射した際の土壤表面温度の測定結果（円部分がレーザー照射箇所）

出所：Christian Andreasen et al. "Laser Weeding With Small Autonomous Vehicles: Friends or Foes?" Front. Agron（2022年3月）.
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fagro.2022.841086/full>等より作成

植物による医薬品用タンパク質の生産（韓国・Bioapp社、タイ・Baiya Phytopharm社、米国・KBio社他）

- 植物工場を利用した医薬品用タンパク質の生産がラボレベルからスケールアップし、事業化段階にある事例も登場
- 植物由来の豚熱ワクチンが開発され量産体制にある等、タンパク質の安定的な発現量確保に向け各社が研究開発を推進

手法	概要	利点	欠点	取組事例
遺伝子組換え植物を用いる方法	目的タンパク質の遺伝子をゲノムに導入し、安定的に目的タンパク質を発現する組換え植物を作出	<ul style="list-style-type: none"> 比較的省力・安定生産 	<ul style="list-style-type: none"> 優良系統の確立まで数か月以上 	<p>Bioapp社（韓国）</p> <ul style="list-style-type: none"> 2021年12月に豚熱ワクチン「HERBAVAC™ CSF Green Marker」を世界で初めて上市 本製品は、<u>遺伝子組換えベンサミアナタバコを用いて生産（発芽から医薬品としてパッケージ化するまでに約6週間）</u> 全工程を人工光型植物工場にて実施
一過性遺伝子発現法	目的タンパク質の遺伝子を後天的に植物細胞内に導入し、一過的に発現	<ul style="list-style-type: none"> 塩基配列設計から目的タンパク質生産まで短期間 	<ul style="list-style-type: none"> 遺伝子導入処理に係る煩雑な工程 	<p>Baiya Phytopharm社（タイ）</p> <ul style="list-style-type: none"> 2022年に、<u>COVID-19ワクチン候補2種類を第1相臨床試験に導入</u> RSウイルスワクチン1種と抗がん剤抗体4種が非臨床試験段階
		<ul style="list-style-type: none"> 目的タンパク質の高い発現量（ベクターに依存） 	<ul style="list-style-type: none"> 目的タンパク質の抽出・精製が必須 	<p>KBio社（米国）</p> <ul style="list-style-type: none"> 2021年に組織改編し設立 具体的な製品（抗体やワクチン）のパイプラインは非公開

普及状況等

- Bioapp社のCSFワクチン「HERBAVAC™ CSF Green Marker」は、カナダ市場への投入を進められている

開発企業・研究機関の情報等

Bioapp社

- 2011年設立。2022年には韓国POSCO International社から製造設備増強のため、390万ドルの投資を受ける

Baiya Phytopharm社

- 2018年設立の大学発バイオベンチャー

植物による医薬品用タンパク質の生産（韓国・Bioapp社、タイ・Baiya Phytopharm社、米国・KBio社他）【補足】

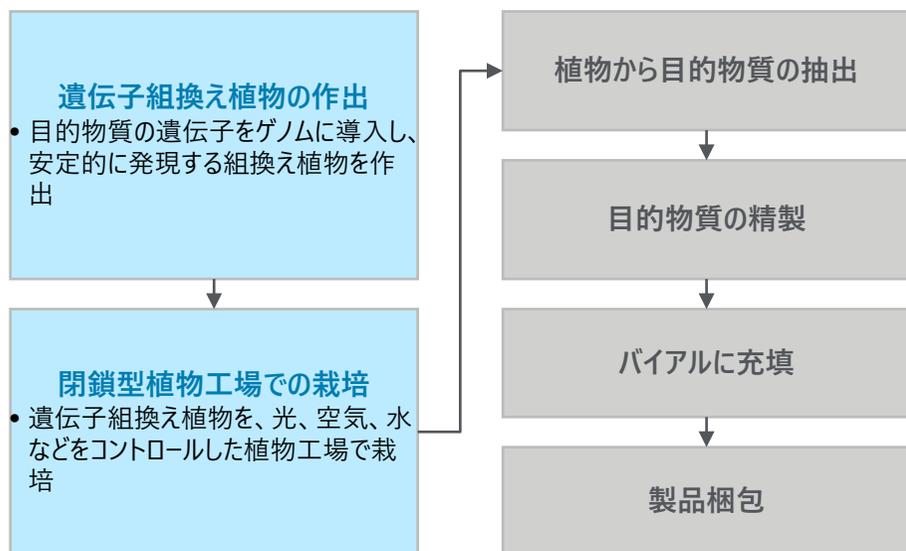
- タンパク質の安定的な発現量を確保するために、植物工場等の環境調節・栽培管理に関する知見の更なる蓄積、技術開発が必要
- スタートアップを含めて多数の企業が植物由来の医薬用タンパク質生産に関する技術開発を実施

1 遺伝子組換え植物を用いる方法

補足①

- 目的とする有用タンパク質をコードする遺伝子をゲノムに導入して組換え植物を作成し、特定のプロモータを用いて有用タンパク質を果実や特定の器官に発現

遺伝子組換え植物から有用タンパク質を抽出するステップ

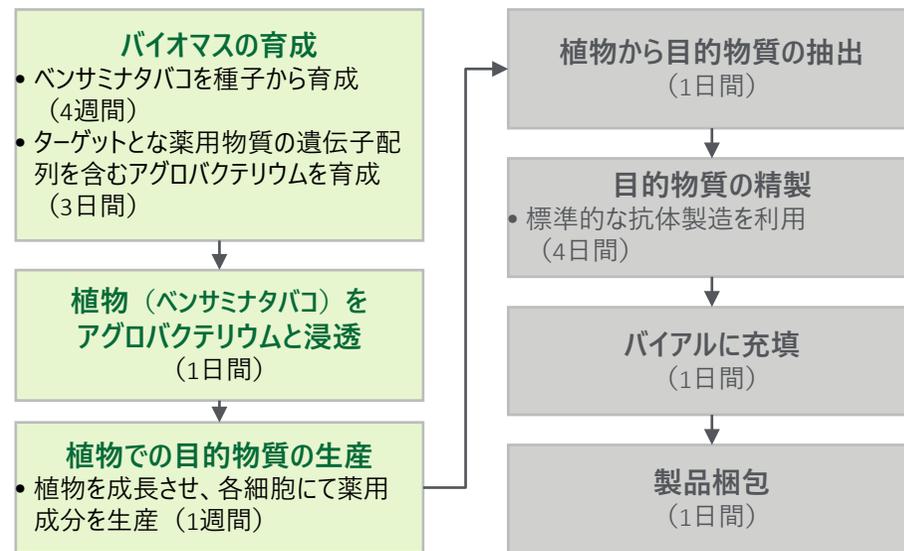


2 一過性遺伝子発現法

補足②

- 通常、タバコの近縁種であり、成長速度が速い、ベンサミアナタバコ (*Nicotiana benthamiana*) が用いられる
- ベンサミアナタバコの場合、レタスに比べて8倍のタンパク質収量がある

一過性遺伝子発現法により有用タンパク質を抽出するステップ



今後の
開発上の
課題

- 植物工場等でスケールアップした際の栽培環境や栽培管理の影響がタンパク質収率に与える影響等に関する知見の蓄積が必要

類似する
技術事例

UniBio社（日本）

- 2011年設立
- 再生医療において皮膚等に分化した細胞をさらに増殖させるために必要な上皮細胞増殖因子（EGF）を、植物内での一過性遺伝子発現法により生産

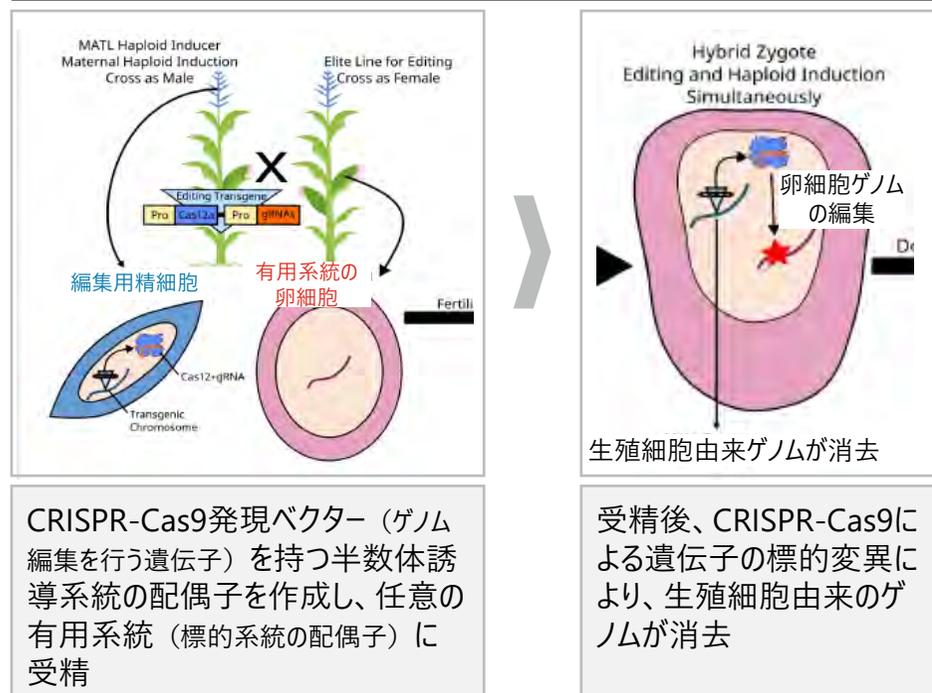
出典：三浦謙治「総説 植物におけるタンパク質生産の現状」[アグリバイオ 2023年8月臨時増刊号]2023年、結城雅之「植物による再生医療原料タンパク質の生産」[アグリバイオ 2023年8月臨時増刊号]2023年、Genetic Engineering & Biotechnology News「Transient Gene Expression Seeds Plant-Based Bioproduction Systems」

半数体誘導を用いたゲノム編集技術（事例：スイス・Syngenta社）

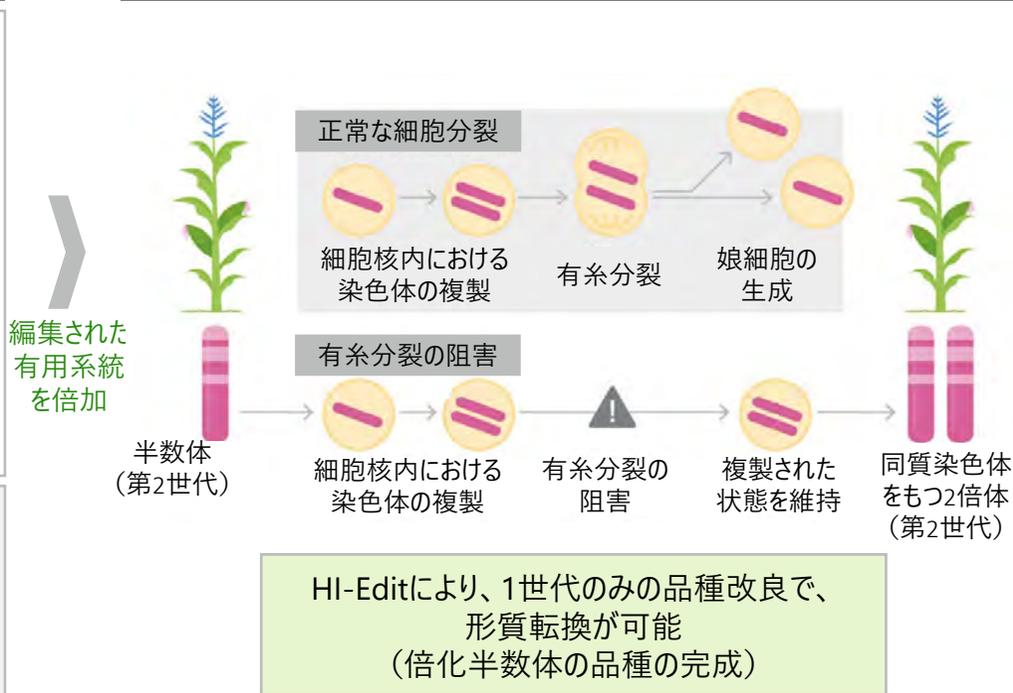
技術の
ポイント、
独自性

- 2019年に、外来遺伝子が導入された親系統の染色体を排除できる半数体誘導技術と、ゲノム編集技術を組合せた技術「HI-Edit」を開発
- 交配過程でCRISPR編集が行われることで、何世代にもわたる選抜や戻し交配等が不要になり、品種改良に要する膨大な時間とリソースの節約が可能

HI-Edit (Simultaneous Haploid Induction EDITing) のプロセス



HI-Editによるメリット



普及状況
等

- HI-Editを利用した品種改良として、単子葉類としては、トウモロコシ、小麦、インディカ米、双子葉類としては、シロイナズナ、トマト、ヒマワリに関して報告されている

開発企業・
研究機関
の情報等

Syngenta社

- 1998年設立
- 48カ国以上に会社を有するグローバル企業
- 除草剤、殺虫・殺菌剤、種子処理剤の販売や、畑作物、野菜の高収量の遺伝子組換え種子を開発

出典：Timothy Kelliher et al. "One-step genome editing of elite crop germplasm during haploid induction" (2019) nature biotechnology <https://www.nature.com/articles/s41587-019-0038-x> 等より作成

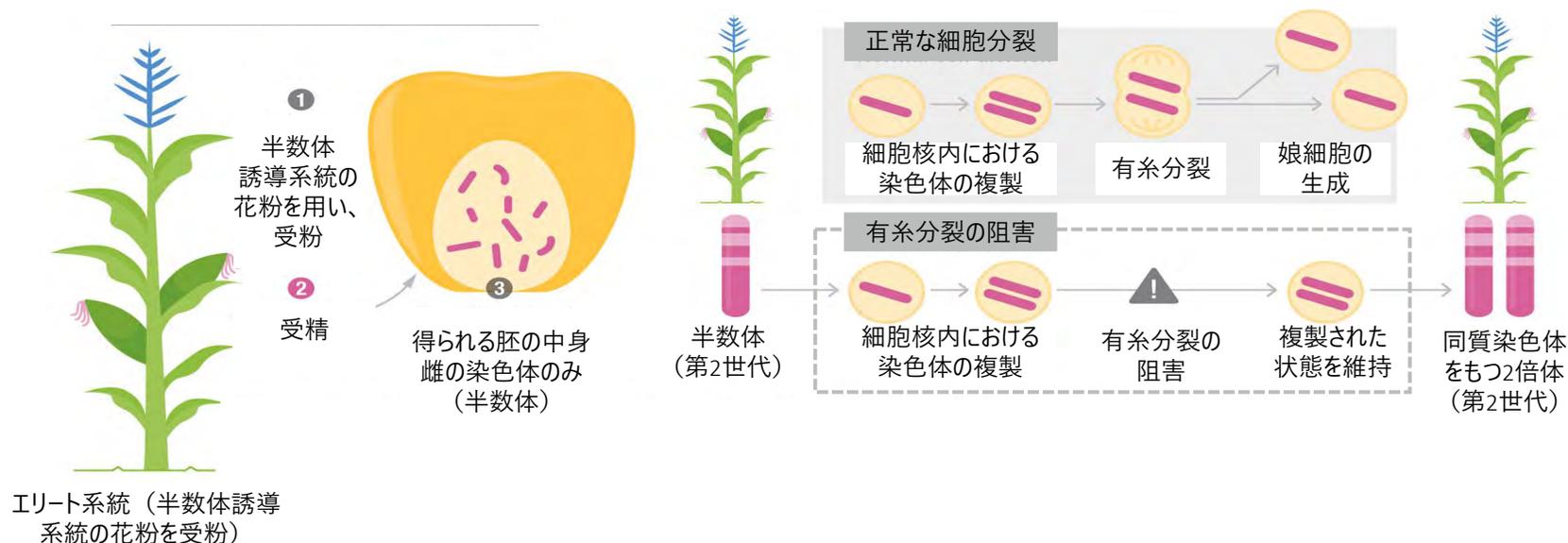
半数体誘導を用いたゲノム編集技術（事例：スイス・Syngenta社）【補足】

- 通常の品種改良は、表現型と遺伝子型を一致させるための形質転換に6~7世代（約2年半）必要となるが、「HI-Edit」を用いると、2世代（約2か月）の品種改良のみで形質転換が可能

1 半数体誘導の概要

- 二倍体の植物体に半数体誘導系統を受粉させ、[半数体の植物体を作成する技術](#)
 - 半数体（haploid）とは、通常の作物が染色体を2本持っている（二倍体）状態に対して、片方の1本のみとなっている個体を指す
- 同社は、トウモロコシの半数体誘導の要因となっている遺伝子として、「*Matrilineal*遺伝子（以下、*MATL*遺伝子と略す）」を特定＜詳細は次ページ＞
- 半数体系統を用いて受粉させた後、有糸分裂阻害剤を用いて有糸分裂を阻止することで、核内の染色体を倍化
- これにより、通常の交雑育種（品種改良）における[自家受精と選抜のプロセスを省略化](#)でき、後代に確実に形質を継代させることが可能
- ホモ化変異体の品種を作成することで、育種選抜を省略でき、開発期間も半分に短縮可能

トウモロコシの半数体誘導過程



出典：Syngenta社提供資料等より作成

半数体誘導を用いたゲノム編集技術（事例：スイス・Syngenta社）【補足】

- *MATL*遺伝子を除去することで、トウモロコシに対して半数体誘導を実施できることを発見し、その他の単子葉植物（例：小麦）においても、半数体誘導システムの作成が可能であることを実証
- *MATL*遺伝子を保有しない双子葉植物に対しては、*CENH3*遺伝子を編集することで、半数体誘導システムを作成可能であることを実証

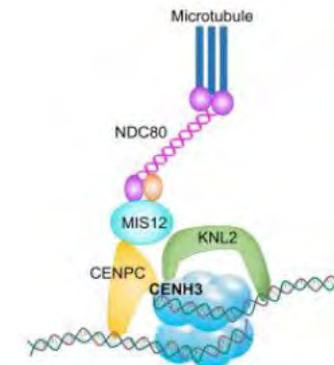
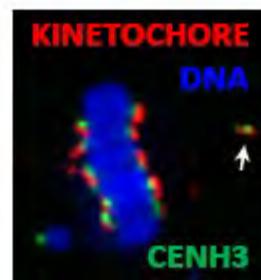
2 単子葉植物に対する「HI-Edit」の適用

- 2017年にトウモロコシの半数体誘導が、*MATL*の突然変異によって生じていることを発見
 - *MATL*遺伝子とは、精子細胞膜のホスホリパーゼ（*phospholipase*：リン脂質を加水分解する酵素の総称）であり、リン脂質を相互変換する役割を持つ
- 上記を踏まえ、トウモロコシ以外の作物に対する本技術の適用に向けた研究を進め、単子葉植物である小麦やインディカ米に対しても、「HI-Edit」を適用することに成功



3 双子葉植物に対する「HI-Edit」の適用

- 双子葉植物は、*MATL*遺伝子を持たないため、代わりに*CENH3*遺伝子を編集することで、半数体誘導を起こすことが可能
 - *CENH3*遺伝子は動原体複合体の一部であり、動原体は有糸分裂中に染色体の両側に形成され、細胞分裂時に紡錘糸が結合する部位
- *CENH3*遺伝子を用いた「HI-Edit」は、双子葉植物であるシロイヌナズナやトマト、ヒマワリに適用可能であることを確認
- 単子葉植物であるトウモロコシや小麦にも適用可能であることを確認しており、幅広い作物への適用が期待されている



▲植物における既知の動原体複合体とその構造組織

ゲノム情報を利用した有用物質生産（日本・産業技術総合研究所 北海道センター）

■ ゲノム情報を利用した有用物質生産技術の確立を目指し、以下の研究開発に取り組んでいる

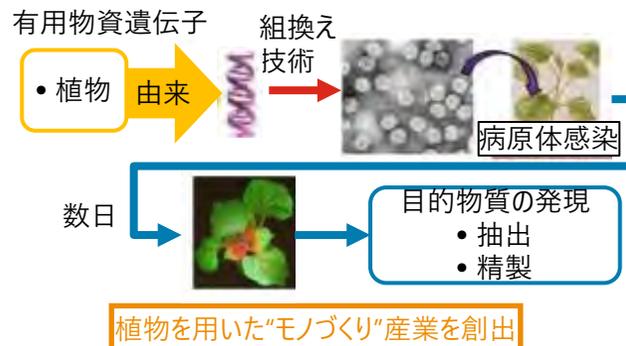
- 有用タンパク質の大量生産に向けた、「一過性発現」
- 食品の機能性評価に向けた、「核内受容体レポーターアッセイ」
- 新たな微生物機能の発掘に向けた、菌叢・ゲノム解析や分離培養技術等による「微生物解析」

一過性発現

別紙にて補足①

- 植物を発現基材として用いて有用タンパク質（抗体・ワクチン抗原・機能性タンパク質）等を多く含む作物を生産する「一過性発現」に関する研究開発を実施
- 本技術により生産したタンパク質については、工業用の酵素や試薬等、タンパク質を多く含有する製品であれば幅広く活用可能

一過性発現のイメージ

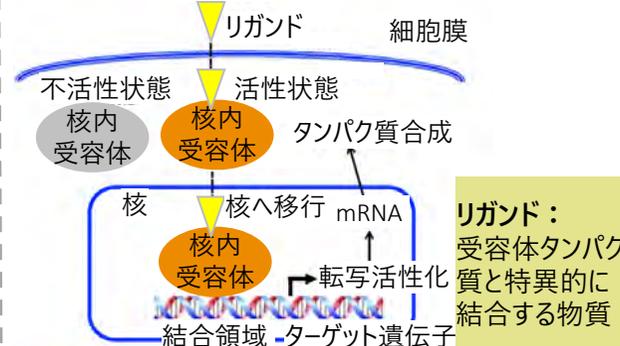


核内受容体レポーターアッセイ

別紙にて補足②

- 核内受容体を用いて食品の機能性を評価する、「核内受容体レポーターアッセイ」に関する研究開発を実施
- なお、核内受容体とは、細胞の内部に存在するタンパク質の一種であり、代謝等、生命維持の根幹に関わる遺伝子の発現を調整する役割を持つ

核内受容体によるタンパク質合成のイメージ

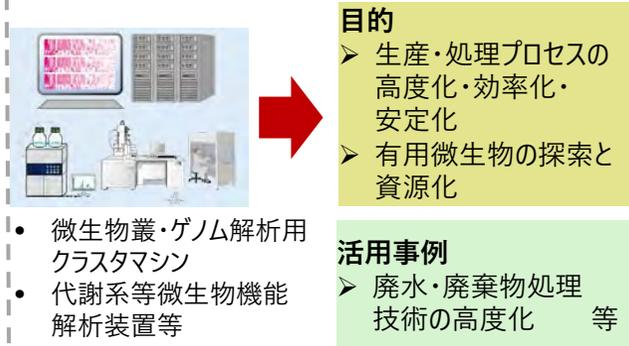


微生物解析

別紙にて補足③～⑧

- 菌叢・ゲノム解析や分離培養技術を活用することで、微生物生態系を解明するための研究開発を実施（どの環境にどのような成分の微生物がどの程度存在しているのかを解明）
- 新たな微生物機能を発掘しバイオ物質生産、農水産物生産、廃水・廃棄物処理技術等の高度化に貢献することが目的

微生物解析のイメージ



普及状況等

【タンパク質発現】

- 栽培する作物種やタンパク質の用途についての検討段階

【核内受容体】

- 商用化に向けた、事業連携先の検討段階

【微生物解析】

- ラボ実証を行うための、研究環境の整備段階

出典：産業技術総合研究所 北海道センター提供資料等より作成

開発企業・研究機関の情報等

産業技術総合研究所 北海道センター

- 設立年：2001年
- 日本に3組織しかない特定国立研究開発法人の1つであり、全国に12か所の研究拠点を配置
- 北海道センターでは、「バイオものづくり」をキーワードとして「ゲノム情報を利用した有用物質生産技術」の確立を目指した研究を実施

ゲノム情報を利用した有用物質生産（日本・産業技術総合研究所 北海道センター）【補足①】

- 一過性発現とは、外来遺伝子を細胞や微生物に導入し、一時的にタンパク質を発現させる手法
- 遺伝子導入技術（アグロインフィルトレーション法、ウイルスベクター法、アグロインフェクション法）と遺伝子組換え作物を併用することで、タンパク質の発現量を増加させることが可能

1 一過性発現の概要

- 外来の遺伝子を細胞や微生物に導入することで、一時的にタンパク質を発現させる手法
- 遺伝子導入技術として、アグロインフィルトレーション法、ウイルスベクター法、アグロインフェクション法を活用
 - アグロインフィルトレーション法：遺伝子情報を導入する能力を持つ細菌であるアグロバクテリウムを植物細胞に感染させ、遺伝子を導入する技術
 - ウイルスベクター法：特定の遺伝子を含むウイルスを宿主細胞に感染させることで、ウイルスの自己増殖機能により効率的に遺伝子を導入する技術
 - アグロインフェクション法：遺伝子の運搬体として、細菌であるアグロバクテリウムとウイルスを併用することで、アグロバクテリウムに感染した植物細胞を、ウイルスの自己増殖機能で効率的に増殖させる技術
- なお、遺伝子導入技術や、遺伝子組換え作物の活用有無により、タンパク質発現までの日数や発現量が異なる

遺伝子導入技術	アグロインフィルトレーション法	ウイルスベクター法		アグロインフェクション法	
遺伝子組換え作物の活用	×	○		○	
タンパク質発現までの日数	7日	5日		3日	
タンパク質発現の様子					
タンパク質の発現量	少			多	

遺伝子導入技術と遺伝子組換え作物を併用することで、タンパク質の発現量を増加させることが可能

今後の開発上の課題

- ウイルスベクターを活用する場合、ウイルスの漏洩リスクへの対応等、高度な知見・技術が必要

関連する技術事例

- 高い有用タンパク質の発現量を得ることが可能なベクターとして、東京大学の松田怜准教授等が開発した「magnICON」が挙げられる

※1 Green Fluorescent Protein（緑色蛍光タンパク質）：青色の光を吸収して緑色の蛍光を発する、分子量約2.9万のタンパク質、※2 ウイルス感染から自らを防御する機能を抑制する遺伝子組換え植物、※3 CMV（シトメガロウイルス）を活用して特定の遺伝子の発現を促進する遺伝子組換え植物
 出典：産業技術総合研究所 北海道センター提供資料等より作成

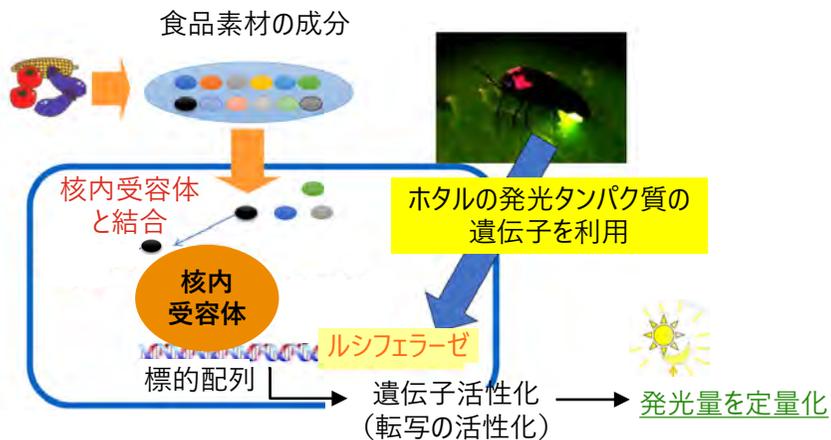
ゲノム情報を利用した有用物質生産 (日本・産業技術総合研究所 北海道センター) 【補足②-1】

- 核内受容体や、ホタルの発光タンパク質であるルシフェラーゼ等を導入した評価系に対して、食品成分を付与することで、各核内受容体に対する活性度合いを定量評価
- ルシフェラーゼが発光すれば、該当する核内受容体に対する活性あり、発光しなければ活性なしと判断

2 核内受容体レポーターアッセイの概要

- 核内受容体やルシフェラーゼ、標的配列を細胞内に遺伝子導入することで評価系を製造
- 製造した評価系に食品成分を付与し、ルシフェラーゼが発光すれば核内受容体に活性あり、発光しなければ活性なしと判断

核内受容体レポーターアッセイの評価系イメージ

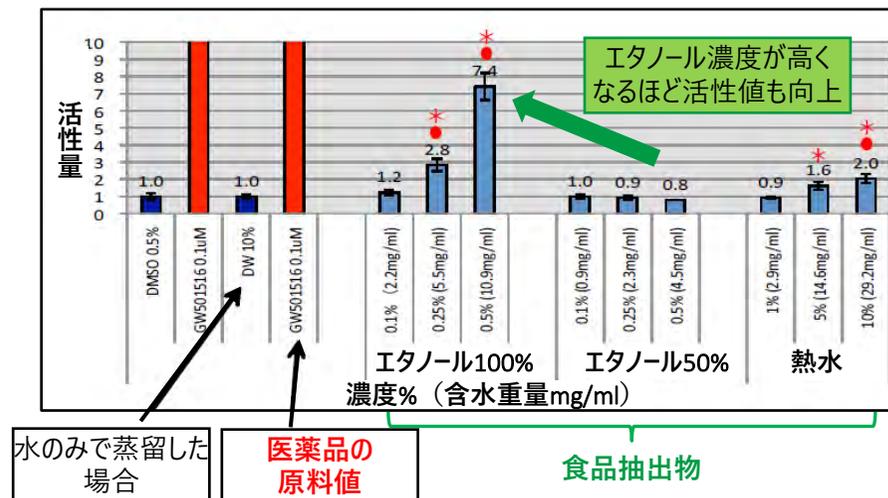


食品中に活性成分があると、ルシフェラーゼが発光

発光量の定量化方法

- 水やエタノール等の溶媒により評価成分を抽出した場合と、医薬品の原料値を比較することで、各核内受容体に対する活性度合いを定量的に評価
- 評価系が適正に機能していれば、エタノール濃度が高くなるほど活性値も向上

発光量の定量化イメージ (例: 核内受容体PPARδ)



今後の開発上の課題

- ヒト介入試験の実施による核内受容体の効果検証の実施
- 遺伝子導入や発光工程の計測等のプロセスの低コスト化

出典：産業技術総合研究所 北海道センター提供資料等より作成

ゲノム情報を利用した有用物質生産（日本・産業技術総合研究所 北海道センター）【補足②-2】

- 核内受容体は、血糖値の効果等、生命維持の根幹に関わる遺伝子の発現を調整する役割を担っている
- ヒトには48種類の核内受容体が存在すると考えられており、当社では現時点で、30種類の核内受容体について活性値を定量評価可能

核内受容体	主な作用	主な天然物リガンド	主な由来植物
PPAR γ	<ul style="list-style-type: none"> 脂肪合成 血糖値降下 	脂肪酸、アビエチン酸、マセリグナン、イソフムロン、カプサイシン、ショーガオール、クルクミノイド、レスベラトロール、マグノロール	マツ、ナツメグ、ホップ、トウガラシ、ショウガ、ウコン、ブドウ、コウボク
PPAR α	<ul style="list-style-type: none"> 糖質分解 血中中性脂肪値降下 	脂肪酸、フィトール、ゲニステイン、ダイゼイン、グリシテイン、マセリグナン、オーラプテイン、イソフムロン、レスベラトロール	緑色植物、ダイズ、ナツメグ、カンキツ類、ホップ、ブドウ
LXR	<ul style="list-style-type: none"> 血中コレステロール値降下 	植物ステロール	エンドウ、ダイズ
FXR	<ul style="list-style-type: none"> 胆汁酸合成抑制 	クメストロール	アルファルファ、ダイズ
ER	<ul style="list-style-type: none"> 雌性の生殖 骨形成 更年期障害緩和 	ダイゼイン、ゲニステイン	ダイズ、ムラサキツメクサ
PR	<ul style="list-style-type: none"> 雌性の生殖 更年期障害緩和 	ナリゲニン、アピゲニン	パセリ、グレープフルーツ
RAR	<ul style="list-style-type: none"> 発生、恒常性の維持 	レチノイン酸、 β -クリプトキサンチン	カンキツ類
RXR	<ul style="list-style-type: none"> 16種の核内受容体と二量体を形成 	9-cis-レチノイン酸、脂肪酸、ホノキオール、マグノロール	コウボク
PXR	<ul style="list-style-type: none"> 異物代謝 	ハイパーフォリン	セイヨウオトギリソウ

ヒトには48種類の核内受容体が存在すると考えられており、
その内30種類の核内受容体について活性値を定量評価可能

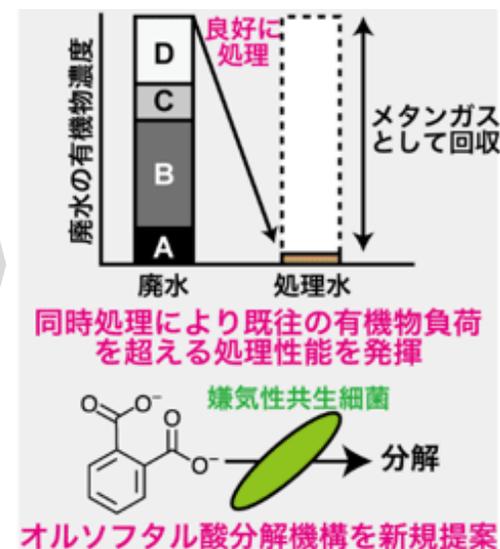
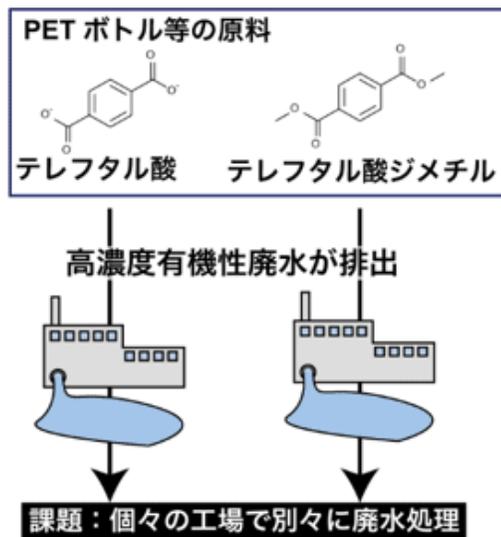
ゲノム情報を利用した有用物質生産（日本・産業技術総合研究所 北海道センター）【補足③】

■ テレフタル酸廃水とテレフタル酸ジメチル廃水を混合させることで、双方のプロセス排水の一括処理を可能とする「上昇流嫌気性スラッジブランケットシステム」を開発

■ 本技術の活用により、各プロセスごとに廃水を除去する場合に比べ、プロセスコストの効率向上が期待される

3 廃水・廃棄物処理技術の高度化研究：ペットボトル原料製造過程における難分解性廃水の効率的な処理技術の開発

- PETの合成に必要となる、テレフタル酸及びテレフタル酸ジメチルの製造時に、高濃度の有機性廃水が発生
- それらの廃水を各プロセスごとに処理しているため、余計な作業工数が発生
- テレフタル酸廃水及びテレフタル酸ジメチル廃水を混合させ、一括処理を可能とする技術「上昇流嫌気性スラッジブランケット（以下「UASB」）システム」を開発
- 各プロセスごとに廃水を除去する場合に比べ、プロセスコストの効率向上が期待される
- UASB反応器内の廃水中の芳香族化合物（オルソフタル酸）分解を担う微生物の代謝機能を推定



今後の
開発上の
課題

- その他のPET製造廃水の一括処理を検討し、一括処理技術の適用範囲を拡大
- オルソフタル酸以外の芳香族化合物について、分解経路を解明

出典：産業技術総合研究所「ペットボトル原料製造過程における難分解性廃水の効率的な処理に成功」（令和4年5月）

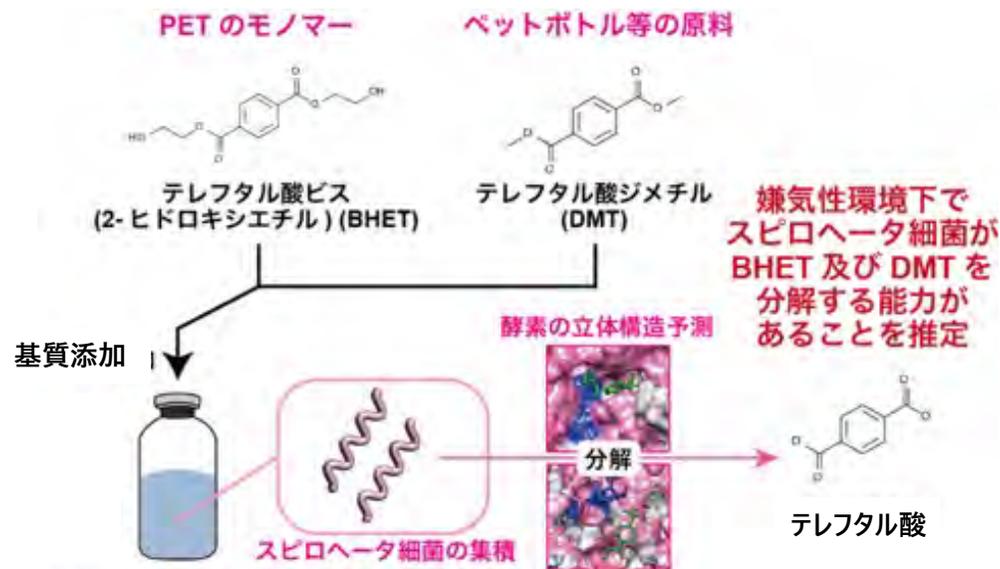
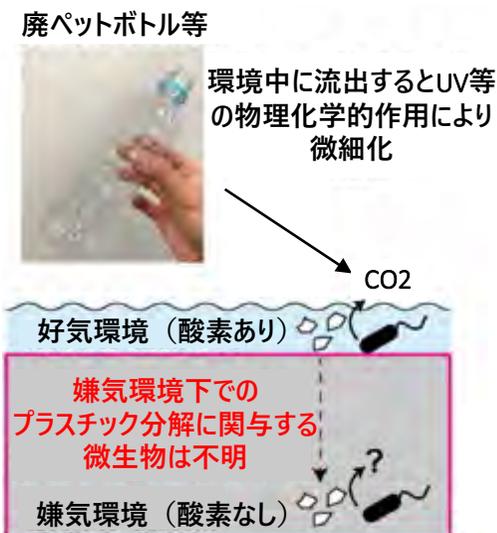
https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2022/pr20220513/pr20220513.html 等より作成

ゲノム情報を利用した有用物質生産（日本・産業技術総合研究所 北海道センター）【補足④】

■ 嫌気環境（無酸素環境）において、PETのモノマーであるテレフタル酸ビス(2-ヒドロキシエチル)や、ペットボトル等の原料である難分解性物質テレフタル酸ジメチルの、微生物による分解に成功

4 廃水・廃棄物処理技術の高度化研究：PET関連物質を酸素の無い環境で分解する微生物を発見

- 環境中に排出されたプラスチック類は、物理化学的作用や微生物による分解を受け、マイクロプラスチックやナノプラスチック等に微細化される
- 地下圏や河川・湖沼・海洋の堆積物等の嫌気性環境（無酸素）での分解挙動は解明されていない
- 嫌気性環境にて、PETのモノマーであるテレフタル酸ビス（2-ヒドロキシエチル）やペットボトル等の原料である難分解性物質テレフタル酸ジメチルの微生物による分解に成功
- その鍵となる微生物も特定



今後の開発上の課題

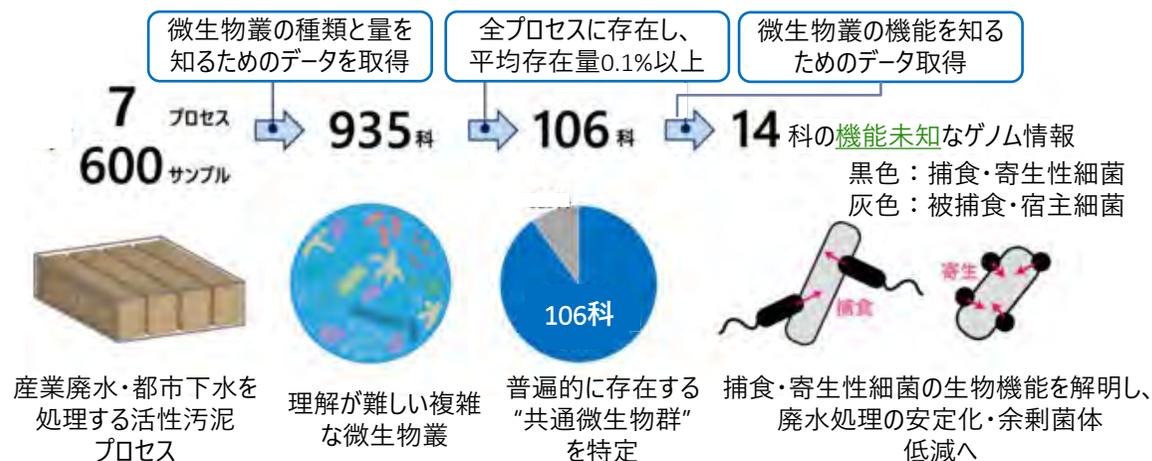
- BHETやDMTに加え、ポリマーであるPETそのものや、その他のプラスチック類の嫌気性環境における分解性の解明

ゲノム情報を利用した有用物質生産（日本・産業技術総合研究所 北海道センター）【補足⑤】

- 微生物叢データを解析することで、各活性汚泥の微生物生態系に共通して存在する微生物群を特定
- 7つの産業廃水・都市下水処理プロセスから600個のサンプルデータを抽出し分析した結果、全プロセスに共通して存在する、機能未知な微生物群を14科特定

5 廃水・廃棄物処理技術の高度化研究：廃水処理に利用される活性汚泥プロセスに共通する微生物群を特定

- 産業廃水や都市下水を処理するための技術として、**活性汚泥プロセス**が広く普及
- 活性汚泥プロセスでは、**数千～数万種の微生物からなる微生物叢**の働きによって、廃水に含まれる有機物の分解や窒素成分を除去
- 一方、各微生物が担う役割や、微生物同士の関係性については十分に理解されていない
- 7種の活性汚泥プロセスを対象として、600サンプルの微生物叢データを解析することで、各活性汚泥※1に**共通して存在する微生物を特定**
- それら微生物の機能をショットガンメタゲノム解析※2により解明



7種全ての活性汚泥プロセスに共通して存在する、機能未知の微生物群を14科特定

今後の開発上の課題

- 活性汚泥プロセスを用いた廃水処理の高度化に向けた微生物叢の制御技術の確立
- 廃水を効率的に分解浄化可能なプロセスの確立

※1 活性汚泥プロセスの反応槽内で形成される多種多様な生きた微生物の集合体

※2 環境中の複合微生物から抽出したDNAを断片化し、網羅的に解読することで、複合微生物の生態や機能を解析する手法

出典：産業技術総合研究所「廃水処理に利用される活性汚泥プロセスに共通する微生物群を特定」（令和5年9月）

ゲノム情報を利用した有用物質生産（日本・産業技術総合研究所 北海道センター）【補足⑥】

- 土壌改良資材である「ヒナイグリーン」の活用により、ネギの収量が1.1倍、ニンジンの平均根長が最大1.2倍、平均根重が最大1.3倍、ミニトマトの収量が1.3倍となることを実証
- 収量増加要因を特定するため、菌叢解析やゲノム解析を実施中

6 土壌改良資材研究：ヒナイグリーンの利活用

- ヒナイグリーンは秋田県で採取可能な天然石を加工し製造される土壌改良資材
- ヒナイグリーンの活用により、ネギやニンジン、ミニトマトの収量が増加することを確認しているものの、その理由は説明できていない



▲土壌改良資材「ヒナイグリーン」

- 作物の収量増加要因を特定するため、ヒナイグリーンの土壌化学・微生物学的効果についての実証試験を実施

作物	ネギ	ニンジン	ミニトマト
収量	1.1倍に増加	<ul style="list-style-type: none"> • <u>平均根長が最大1.2倍</u> • <u>平均根重が最大1.3倍</u> 	1.3倍に増加
土壌化学性	アンモニア性窒素と硝酸態窒素に有意な差を確認	根の成長を促進する物質が供給されている可能性を示唆	栽培1日目と64日目のアンモニア性窒素濃度及び、栽培1日目の炭酸カルシウム濃度が有意に増加
土壌微生物機能	<u>植物成長促進と真菌毒素の分解</u> を行うと考えられる細菌の成長が促進される可能性を示唆	<u>土壌の劣化の指標となる微生物の増加を防ぐ</u> ことができる可能性を示唆	<u>植物生産性向上に</u> 関与する可能性のある微生物群が優占化することを示唆

菌叢解析やゲノム解析により、ヒナイグリーンによる収量増加要因を引き続き分析

今後の
開発上の
課題

- ヒナイグリーンによる作物の収量増加要因の特定

出典：産業技術総合研究所 北海道センター提供資料等より作成

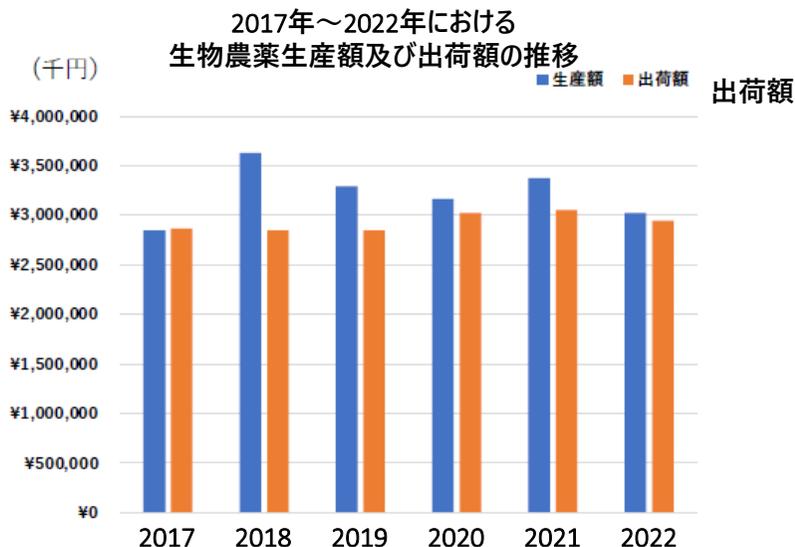
ゲノム情報を利用した有用物質生産（日本・産業技術総合研究所 北海道センター）【補足⑦】

■ レンコンの黒点部について菌叢解析を実施した結果、レンコン黒皮線虫病の原因が、リンと鉄の塊であることを特定

■ 今後は、レンコン黒皮線虫病の防止策となる生物農薬の開発を目指す

7 生物防除技術研究：微生物叢解析によるレンコン線虫病害機構の解明

- みどりの食料システム戦略（令和3年5月）では、2050年までに化学農薬の使用量を50%削減としているが、生物農薬の生産量は2017年以降停滞
- 目標達成に向け、新規の微生物農薬の普及が不可欠

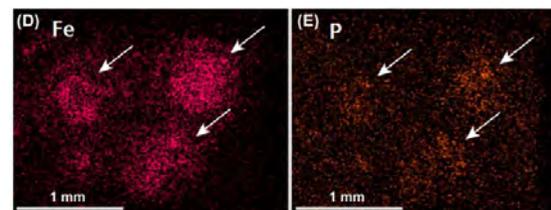


- レンコンの黒点部について菌叢解析を実施した結果、従来、酸化鉄や硫化鉄だと考えられていたレンコン黒皮線虫病の原因が、リンと鉄の塊であることを特定



▲通常のレンコン（左）、黒皮線虫病のレンコン（右）

黒点部の菌叢解析



黒点部に鉄 (Fe) とリン (P) が存在することを特定

今後の
開発上の
課題

- レンコン黒皮線虫病の防止策となる生物農薬の開発

関連する
技術事例

- 産業技術総合研究所 北海道センターでは、捕食性細菌を用いた各種植物病原細菌に対する生物防除に関する研究開発等にも取り組んでいる

出典：産業技術総合研究所 北海道センター提供資料等より作成

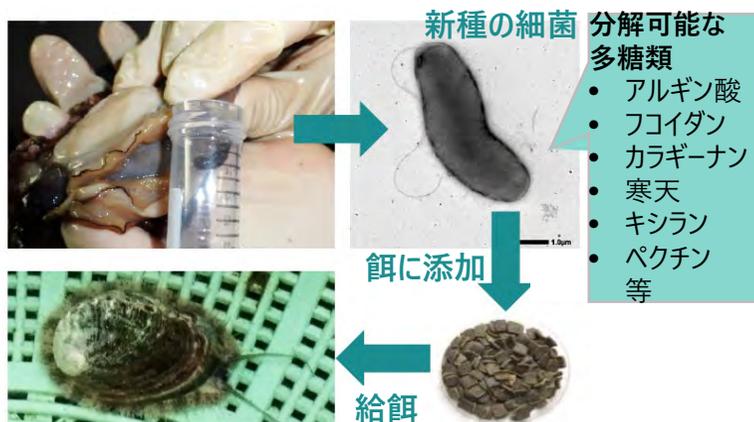
ゲノム情報を利用した有用物質生産（日本・産業技術総合研究所 北海道センター）【補足⑧】

- エゾアワビの腸内から複数種類の海藻多糖類を分解する新種の細菌を発見
- この腸内細菌を移植することで、アワビの生残率と成長速度が向上することを特定

8 水産関連研究：アワビの腸内細菌の有効活用

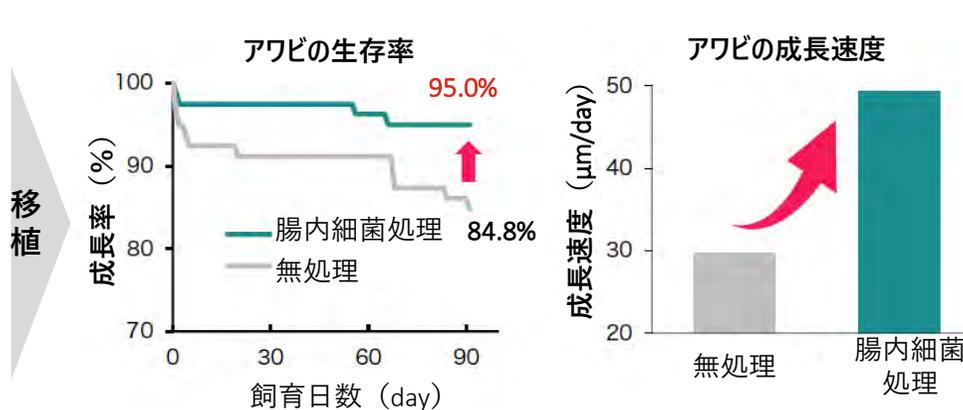
- ① エゾアワビの腸内から複数種類の海藻多糖類を強力に分解する新種の細菌を発見
- ② 海藻多糖類の分解能に長けた腸内細菌を移植することで、アワビの生残率と成長速度が向上することを特定

取組イメージ①



複数種類の海藻多糖類を分解する
新種の腸内細菌を発見

取組イメージ②



アワビの生残率と成長速度が向上