

革新的環境技術シンポジウム2024
～2050年カーボンニュートラルを支えるイノベーション～
2024年12月3日

バイオエコノミー社会の 実現を目指した バイオものづくり技術の開発

公益財団法人地球環境産業技術研究機構(RITE)
バイオ研究グループ／グループリーダー、主席研究員

乾 将行

バイオものづくりが可能となる技術的背景

- 直近の10年でDNA合成、ゲノム編集等の技術革新による、**合成生物学が急速に台頭**。
さらに、**ゲノム解析、IT・AI技術の進展とあわせて、バイオ×デジタルでの開発競争が激化**。
- その結果、**高度にゲノムがデザインされ、物質生産性を高度に高めた細胞**（＝スマートセル）
を利用した、**新たな物質生産プロセス（バイオものづくり）**を利用することが可能となりつつある。

* 合成生物学は、遺伝子配列や代謝経路を設計し、生物機能をデザインする学問

生物情報のデータ化・デジタル化

① ゲノム解析のコスト低下・時間短縮「読む」

次世代シーケンサーの登場で一人当たりのヒトゲノム解析は、
コスト・時間：1億ドル・10年 → 1000ドル・1日
（※2000年と2020年の比較）

② IT・AI技術の進化「理解する」

ディープラーニング等によりゲノム配列が示す
「意味」を解明



生物機能のデザイン

③ ゲノム編集の技術革新「操作する」

2020年にノーベル化学賞を受賞した
CRISPR/Cas9などにより、
ゲノム編集の難易度が低下



④ DNA合成コストの低下「作る」

塩基のブロックから、DNAを合成する技術が進展し、
コスト：1/1000に低減（※2000年と2020年の比較）

スマートセルの創出

ゲノムの設計・
代謝経路の
最適化

Design

Build

DBTL
サイクル

DNA合成・
ゲノム編集による
微生物作成製

AI,IT技術を
活用した学習

Learn

Test

物質作成
効率の評価

スマートセル



有用物質の生産性が
大幅に向上した微生物

物質生産・商用化

素材

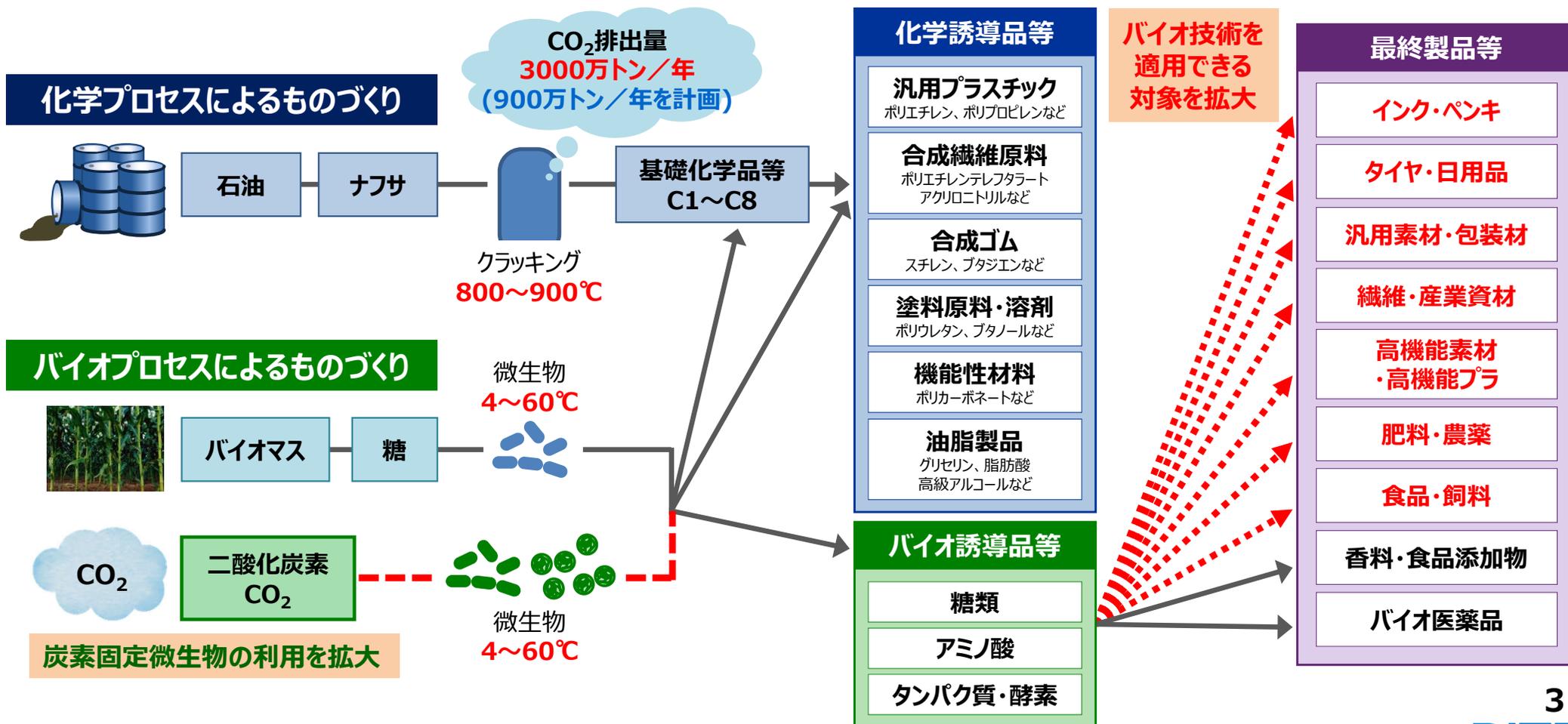
燃料



機能性ポリマーなど
高機能材料原料

化学プロセスとバイオプロセスによるものづくりの違い

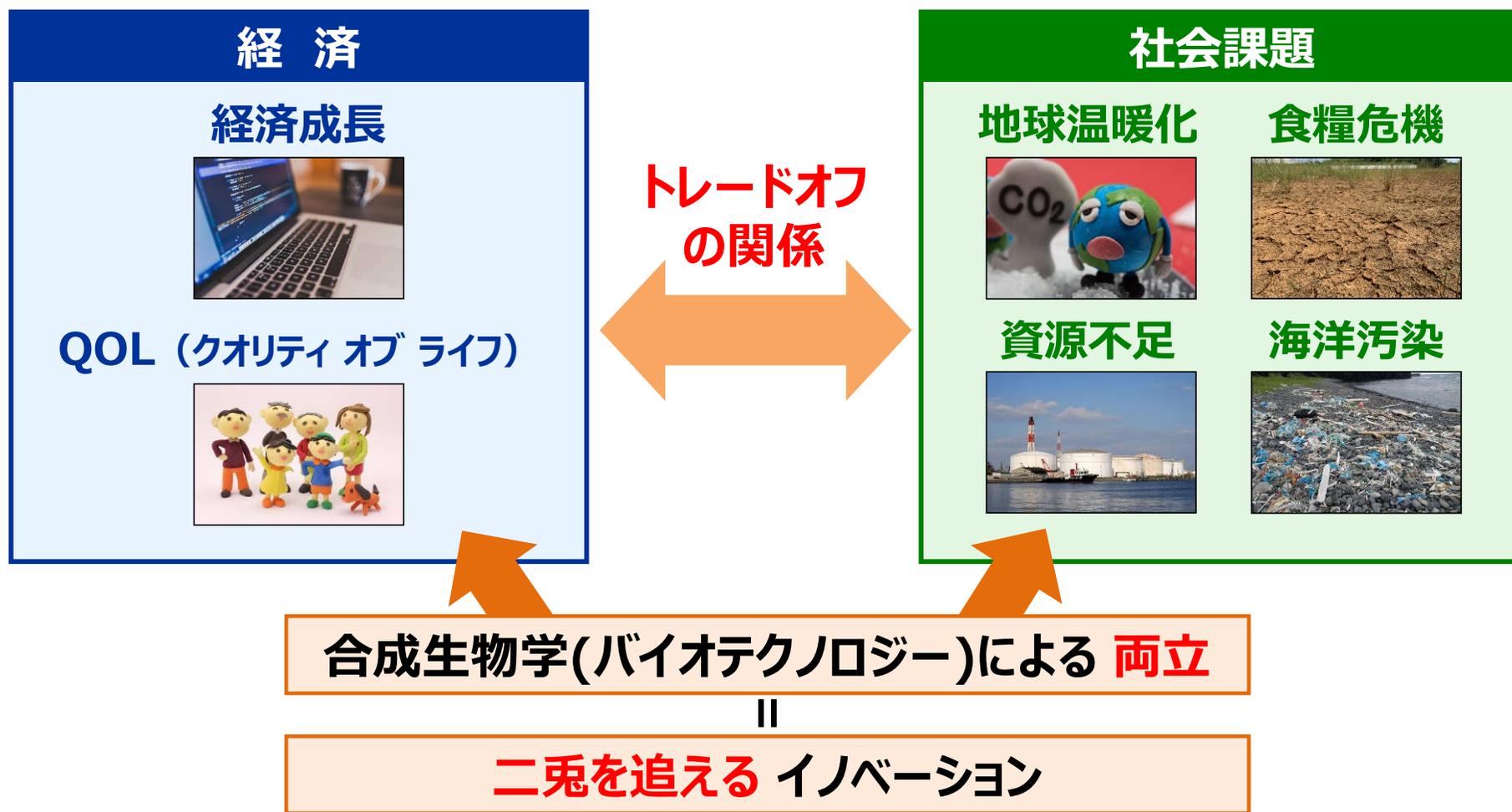
- 化学プロセスは、800℃以上の高温高压条件下でものづくりが行われるが、**バイオプロセス**では、**自然条件下(常温常圧下)**でものづくりが進行し、**CO₂排出量の削減が期待できる**。
- **バイオものづくりでは、化学プロセスとは違い一般的に多段階の反応を重ねる必要がない**ので、**炭素数の多い複雑な物質生産ほど競争力が高い**。一方、バイオで作れる物質数を増やすためには、**目的物質ごとに最適化された微生物の生産株・生産技術を開発する必要がある**。



バイオものづくり 二兎を追えるイノベーション

バイオものづくりは、遺伝子技術により微生物が生成する目的物質の生産量を増加させたり、新しい物質を生産するテクノロジーであり、海洋汚染、食糧・資源不足など地球規模での社会的課題の解決と、経済成長との両立を可能とする、二兎を追える研究分野である。

(新しい資本主義のグランドデザイン及び実行計画 (令和4年6月7日))



バイオエコノミー戦略（2024年6月3日決定）

- バイオテクノロジーやバイオマスを活用する**バイオエコノミー**は、**環境・食料・健康等の諸課題の解決、サーキュラーエコノミーと持続可能な経済成長の実現**を可能にするものとして、投資やルール形成等、グローバルな政策・市場競争が加速。
- 我が国においても、GXやサーキュラーエコノミー、経済安全保障、食料安全保障、創薬力強化等の議論が進展する中で、バイオものづくりをはじめとした**総額1兆円規模の大型予算**が措置されるなどバイオエコノミーに対する期待が高まっている。
- **バイオエコノミー戦略※**に基づく取組を推進し、**我が国の強みを活用してバイオエコノミー市場を拡大し、諸課題の解決と持続可能な経済成長の両立**につなげていく。（※バイオ戦略（2019年策定、最終更新2021.6）を改定し、名称も変更）

バイオエコノミー市場拡大を目指した取組の推進 2030年に国内外で100兆円規模

バイオものづくり・バイオ由来製品

- 目指す姿** 各産業のバイオプロセス転換の推進、未利用資源の活用による環境負荷低減やサプライチェーンの強靱性向上
- 技術開発**
 - ・バイオテクノロジーとAI等デジタルの融合による**微生物・細胞設計プラットフォームの育成**と**バイオファウンドリ基盤の整備**
 - ・強みとなりうる**水素酸化細菌、培養・発酵プロセス**等に注力
 - ・原料制約の解消に向けた**未利用バイオマスやCO₂直接利用**、生産・収集コストの低減、前処理技術等
- 市場環境**
 - ・**バイオ由来製品**の市場化に向け、まずは**高付加価値品の市場化**に注力。低コスト化・量産等に向けた規制や市場のあり方の検討、段階的に汎用品の市場化。
 - ・**官民投資規模を3兆円／年に拡大**
 - ・**LCA等の評価や製品表示、国際標準化**等のルール形成、グリーン購入法等を参考にした**需要喚起策**の検討
- 事業環境**
 - ・**バイオファウンドリ拠点**の整備
 - ・バリューチェーンで求められる**人材の育成・確保、周辺産業も含めたサプライチェーン**の構築
 - ・省庁連携による規制・ルールの調整、国際議論への対応、バイオマス活用推進基本計画に基づいたバイオマスの活用推進

一次生産等（農林水産業）

- 持続可能な食料供給産業の活性化、木材活用大型建築の普及によるCO₂排出削減・花粉症対策への貢献
- ・**スマート農業**に適合した品種の開発・栽培体系の転換、農業者を支援する生成AIの開発等、ゲノム情報を活用した新品種の開発等**生産力向上と持続性を両立**する研究開発等
 - ・建築用木材（CLT等）や林業機械の技術開発・実証、**ゲノム編集による無花粉スギ**の開発等
 - ・みどりの食料システム戦略に基づく環境負荷低減に向けた取組等の推進
 - ・**フードテック**等先端技術に対する**国民理解の促進**等。先進技術の**海外市場への展開、国際標準**等
 - ・木材利用の意義や効果の普及啓発
 - ・農研機構等において産学官が**共同で活用できるインフラ**の充実・強化。品種の海外流出防止に向けた**育成者権管理機関**の取組の推進
 - ・大規模技術実証事業等による**農林水産・食品分野のスタートアップ**の育成
 - ・木材活用大型建築の設計者・施工者の育成

バイオ医薬品・再生医療等、ヘルスケア

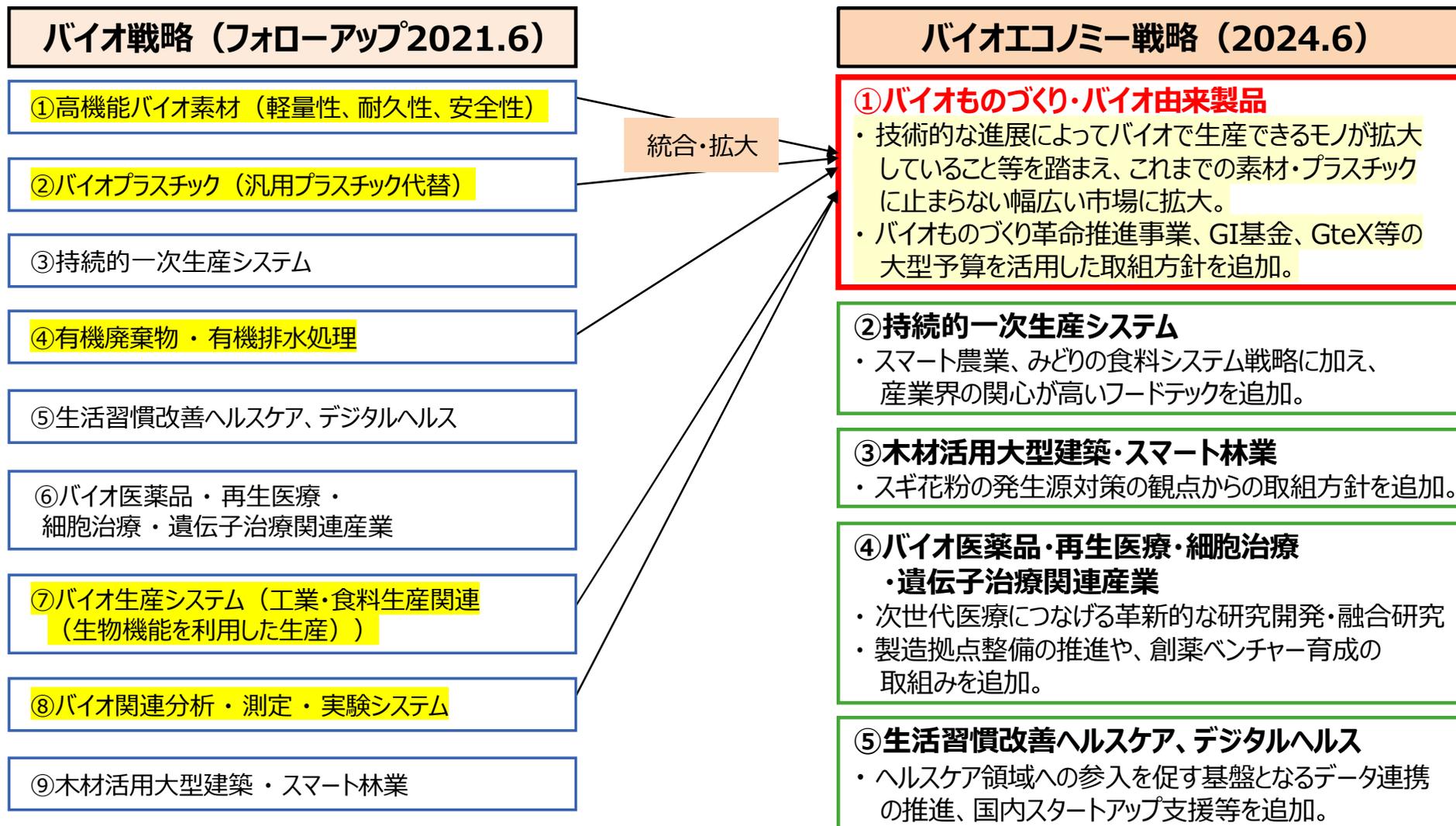
- 日本発のバイオ医薬品等のグローバル展開、医療とヘルスケア産業が連携した健康寿命延伸
- ・次世代の医療技術や創薬につながる革新的シーズ創出のための**基礎研究と橋渡し機能**の強化
 - ・革新的医薬品・医療機器等の開発を進めるための**薬価制度等におけるイノベーションの適切な評価**を検討
 - ・**ヘルスケアサービスの信頼性確保**のため、医学界・産業界が連携したオーソライズの仕事の構築を支援
 - ・安全保障上の観点も含め、CDMO等製造拠点の**国内整備及び現場での製造人材の確保**
 - ・日本と諸外国の**エコシステムの接続の強化**による**創薬ベンチャー支援**
 - ・ヘルスケア産業市場の特異性を踏まえた**スタートアップ支援**

基盤的施策

- ・生命の発生・再生から老化までの「ライフコース」に着目した研究等の基礎研究
- ・若手研究者について**研究に専念できる環境整備、競争的研究費**の充実
- ・**バイオとデジタルの融合、研究のDX**を一層加速するための**データベースの整備**や**AIを用いた統合検索技術**等の開発、**バイオインフォマティクス人材**の育成
- ・分野ごとや分野横断的な**データの連携・利活用**を支える基盤の整備の推進。**AIや量子**などの異分野の知見の活用の推進
- ・**バイオリソース**の収集・維持・提供の確実な実施と、中核拠点の充実
- ・人材・投資を呼び込み、市場に製品・サービスの供給に向けた**バイオコミュニティ、スタートアップエコシステム拠点都市**等の**産学官金**が連携した取組の推進

見直しの主なポイント

- 2022年度に措置された**バイオものづくり**をはじめとする**総額 1兆円規模の大型予算**を活用した取組方針など、関係施策について、**バイオエコノミー市場拡大**に向けた最新の取組方向を整理。
- 戦略の趣旨を明確化するため、戦略の名称を「バイオ戦略」から「**バイオエコノミー戦略**」へ変更。
- 2030年に目指すバイオエコノミーの市場規模について、これまでの92兆円から、海外市場等を見込むことで**100兆円**に。



バイオものづくり分野のアクションプラン

バイオものづくりのサプライチェーン確立・社会実装の早期実現

2つの大規模な予算事業（GI基金バイオものづくりPJ、バイオものづくり革命推進事業）を軸に、国内の微生物・細胞設計プラットフォーム事業者と生産事業者を戦略的に育成し、最終製品のサプライヤーとの連携を進める。バイオものづくりのサプライチェーンを確立するとともに、既存製品の1.2倍程度のコストを実現し、バイオものづくりの早期の社会実装を目指す。経済安全保障の観点での重要技術の優位性確保や国際連携も推進。

- **微生物・細胞設計プラットフォーム事業者の育成**
- **バイオファウンドリ拠点の整備**（培養・発酵等の生産プロセス開発、人材育成）
- **ルール形成、国際標準化、データ共有**（評価・測定方法、安全基準、LCA、菌株・データ等）
- **経済安全保障**（重要技術の特定・高度化、戦略的な国際・企業間連携等）

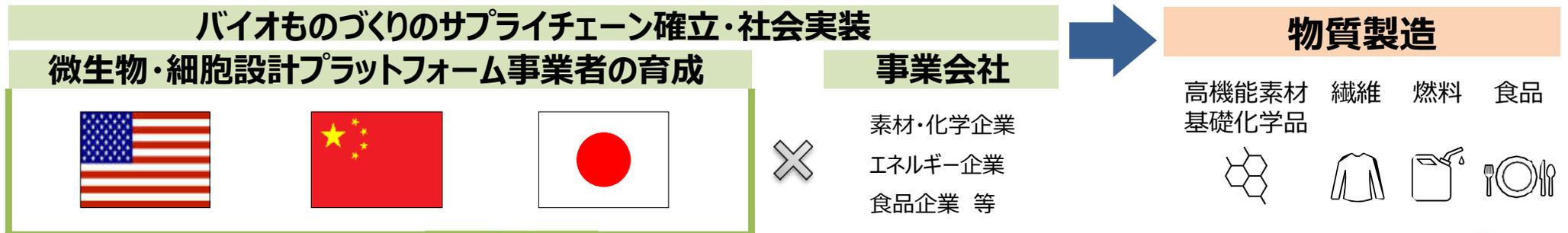
バイオ由来製品の市場創出・拡大や原料安定供給に向けた対応

短期的には高付加価値領域、中長期的に汎用品の市場領域を見据えてバイオ由来製品の市場創出・拡大を目指す。原料を安価・安定的に供給するための方策についても検討。

- バイオものづくり分野の**産官学連携でのルール形成（GX施策等の活用）、政府調達**
- 海外市場を念頭に置いた、**LCA等の評価手法や認証システム整備・クレジット化、製品表示、国際標準化**
- バイオ由来製品の**ブランディング**、少し高くても消費者に選ばれる価値の訴求 等
- **原料の安定供給に必要な技術開発・ルール形成**

2つのバイオ基金における取組みについて

- CO₂を原料とするバイオものづくりの技術開発・実証を行う「GI基金（バイオPJ：1,767億円）」、食品残渣や廃木材等の未利用資源を原料とするバイオものづくりの社会実証を目指す「バイオものづくり革命推進基金（3,000億円）」を実施中。
- 物質生産を高度化する微生物（スマートセル）を開発・設計する国内のプラットフォーム（PF）事業者及びバイオ由来製品を量産する事業者を戦略的に推進。バイオものづくりのバリューチェーンを俯瞰した技術開発及び実証を進めることで、バイオ原料や製品の早期の社会実装を目指す。



① **GI基金（1,767億円）** 2022年決定
採択済

水素酸化細菌などCO₂を原料とする
バイオものづくりの技術開発・実証

例)
 CO₂ × 微生物 = プラスチック 燃料 合成ゴム

② **バイオものづくり革命推進事業（3,000億円、基金）** 2023年決定
二次採択済

バイオものづくりで廃棄衣料や食品残渣等を循環。
社会課題解決と競争力強化に向けた技術開発を両輪で推進

例)
 食品残渣 × コリネ菌 = 香料、高機能繊維
 建築廃材・パルプ × 酵母 = エタノール（SAF等）

RITEバイオ研究グループ

- 植物由来のバイオマスと微生物を用いたバイオプロセスの研究開発
- 再生可能資源による循環型および低炭素社会の実現を目指した技術開発に取り組んでいる



基礎研究

- 遺伝子機能発現機構解析
- 酵素機能同定
- 遺伝子組換え技術開発

応用研究

- 代謝経路設計
- 物質生産株、生産技術開発
- 酵素機能改変・発現量制御技術開発

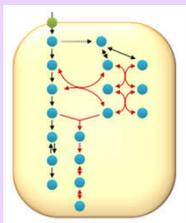
人材育成 情報発信

- NAIST修士・博士課程学生指導
- 学会発表、論文投稿
- 若手研究者育成・キャリアアップ
(大学教員等排出)

RITEのコア技術

高生産株構築技術

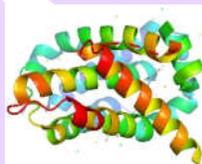
スマートセル創製技術
(人工代謝経路設計)



ゲノム
編集技術

コリネ型
細菌

ミューター技術
(進化の加速)



酵素機能
改変技術

培養・評価技術

非可食バイオマス利用可能

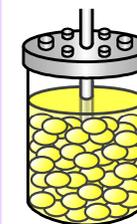
農産廃棄物



食品廃棄物等

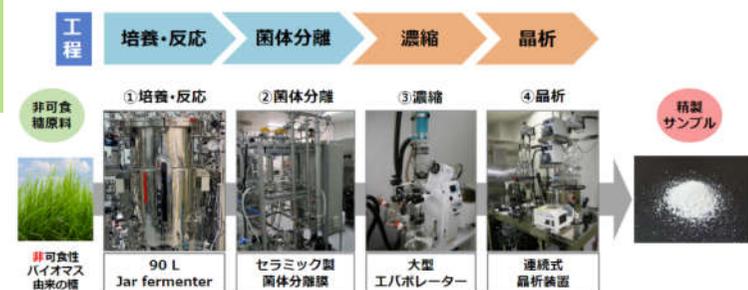


RITE Bioprocess



混合糖完全同時利用
発酵阻害物質耐性

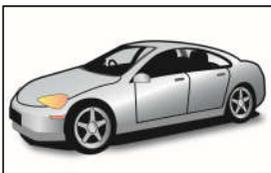
一貫生産
工程実証



コリネ型細菌の精密代謝改変技術 + 有用物質生産株の開発、評価技術

バイオ生産物質は多岐に渡る

バイオ燃料



ガソリン添加剤



ジェット燃料



水素

グリーン化学品



ポリマー原料



化粧品原料



塗料原料



香料原料



繊維原料



接着剤原料



医薬品原料



飼料添加剤



生分解プラ原料

エタノール

イソブタノール

n-ブタノール

水素

フェノール

4-ヒドロキシ安息香酸

コハク酸

イソプロパノール

イソプレン

カテコール

バニリン

プロトカテク酸

4-アミノ安息香酸

メチルアンスラニレート

1, 3-ブタンジオール

ハイドロキノン

スクアレン

L-乳酸

D-乳酸

シキミ酸

ゲンチジン酸

バリン

アラニン

トリプトファン

フェニルアラニン

チロシン

アニリン

キシリトール

ムコン酸

アジピン酸

2-フェニルエタノール

カロテノイド

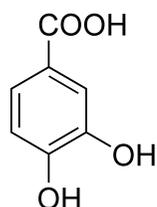
RITEのバイオ生産対象物質は社会の広い範囲に応用可能

RITEは特に芳香族化合物生産に強い

ポリマー原料・医薬品原料
プロトカテク酸



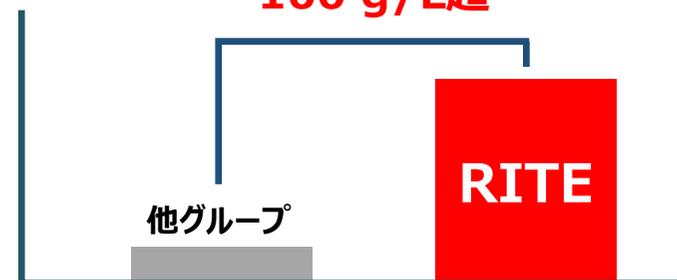
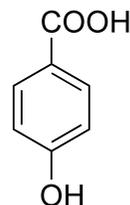
生産濃度 **3倍**
100 g/L超



ポリマー原料
4-ヒドロキシ安息香酸

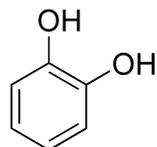


生産濃度 **6倍**
100 g/L超



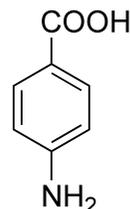
ポリマー原料・医薬品原料
カテコール

生産濃度 **6倍**



ポリマー原料
4-アミノ安息香酸

生産濃度 **8倍**



芳香族化合物生産で **圧倒的な実績** を保有

RITEの共同研究実施



化学系 A社様	ポリマー原料
化学系 B社様	化粧品原料
化学系 C社様	化粧品原料
化学系 C社様	吸水性ポリマー原料
化学系 D社様	塗料・インキ原料
化学系 E社様	接着剤・塗料原料
化学系 F社様	ポリマー原料
発酵系 G社様	飼料原料

多数の企業様と共同研究を実施、生産株構築を引き受けている

RITE技術の企業化実績

グリーンケミカルズ株式会社

設立目的	グリーン化学品の事業化				
設立	2014年				
拠点	<ul style="list-style-type: none"> ・ RITE内 ・ 住友ベークライト株式会社 静岡工場内 				
事業内容	グリーンフェノール開発で培った技術を基盤に、各種グリーン化学品の製造技術に展開し、早期事業化を目指す。				
開発品	<p style="text-align: center;">【芳香族化合物】</p> <table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td> プロトカテク酸 医薬品原料  </td> <td> シキミ酸 医薬品原料  </td> <td> 4HBA ポリマー原料  </td> </tr> </table>		プロトカテク酸 医薬品原料 	シキミ酸 医薬品原料 	4HBA ポリマー原料 
プロトカテク酸 医薬品原料 	シキミ酸 医薬品原料 	4HBA ポリマー原料 			

Green Earth Institute株式会社

設立目的	RITE Bioprocess の事業化	
設立	2011年	
研究所	千葉県木更津市かずさアカデミアパーク	
事業内容	非可食バイオマスを原料としたバイオ燃料・化学品の生産	
製品	<p>【アミノ酸】 アラニン、バリン 工業用、食品用 海外での、 商用生産の実績</p>	<p>【アルコール】 エタノール、ブタノール 国産バイオジェット燃料 化粧品用エタノール</p>

RITEの技術を活用した企業が現在活躍中

RITEの国家プロジェクト参画実績

2023～	バイオものづくり革命推進事業
2023～	グリーンイノベーション基金
2021～	共創の場形成支援プログラム COI NEXT
2020～	カーボンリサイクル実現を加速する バイオ由来製品生産技術の開発
2020～	ムーンショット型研究開発事業
2018～22	戦略的イノベーション創造プログラム SIP
2017～19	革新的なエネルギー技術の 国際共同研究開発事業
2016～20	植物等の生物を用いた高機能品生産技術の開発
2014～16	エネルギー・環境新技術先導プログラム
他 複数	



これまで多くのプロジェクトに採択され研究開発を進めてきた

NEDO

ムーンショット型研究開発事業

非可食性バイオマスを原料とした海洋分解可能な
マルチロック型バイオポリマーの研究開発

この成果は、N E D O（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）の委託業務の結果得られたものです。

ムーンショット型研究開発事業

非可食性バイオマス为原料とした海洋分解可能なマルチロック型バイオポリマーの研究開発

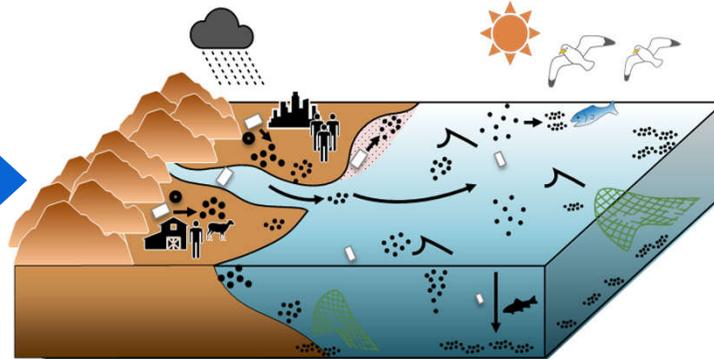


タイヤ摩耗粉

農業資材

漁網・釣具

誤って環境拡散



オンデマンド分解

複数の環境刺激

微生物 酵素

塩 酸化還元

マルチロック型
農業資材
タイヤ
漁網・釣具

使用中は高い耐久性

重合
成型加工

モノマー

バイオプロセス

バイオモノマーの高生産

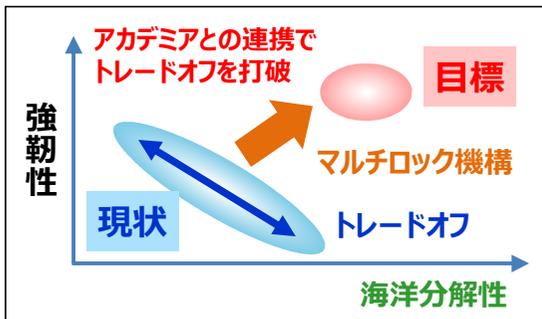


非可食性
バイオマス

光合成

CO₂

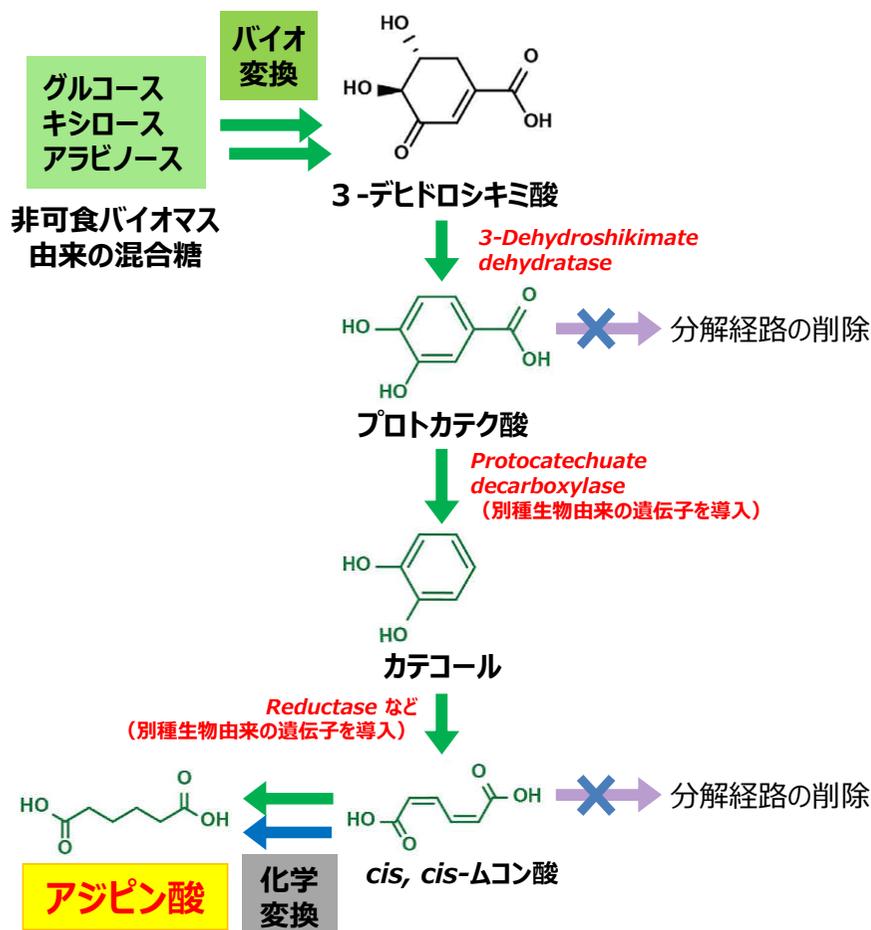
H₂O



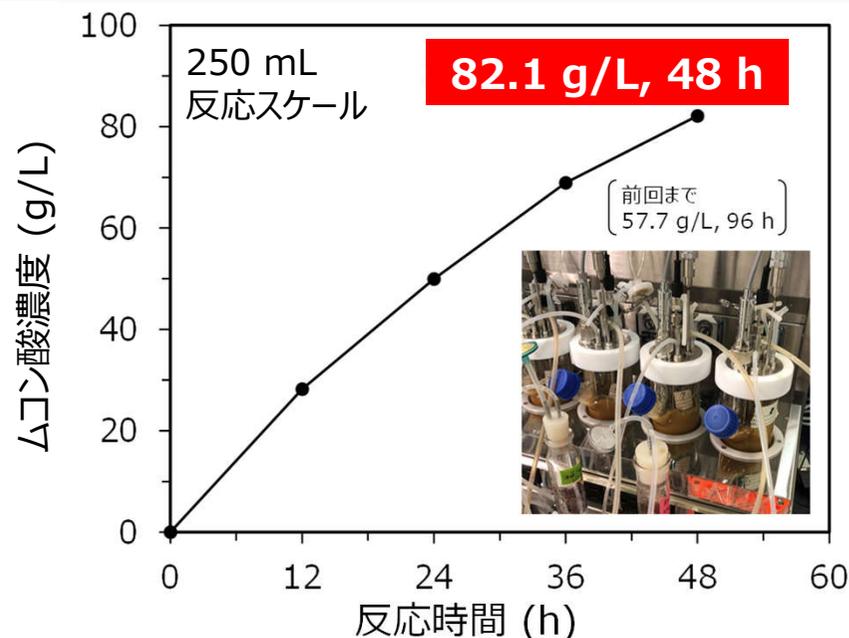
非可食性バイオマス原料からアジピン酸 前駆体であるcis,cis-ムコン酸のバイオ生産

- ポリアミドやポリエステル（漁網・釣具、繊維などの用途）向け原料モノマー、アジピン酸の前駆体となる cis、cis-ムコン酸のバイオ生産に成功。
- アジピン酸生成酵素について様々な遺伝子を探索中。

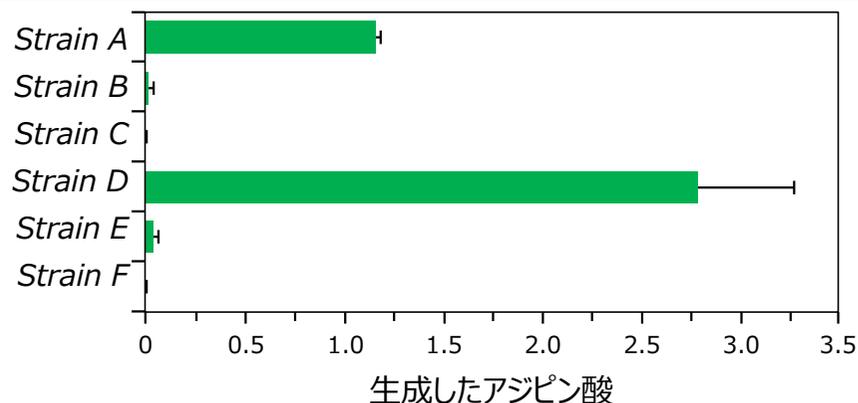
アジピン酸の人工代謝経路



前駆体cis,cis-ムコン酸の生産



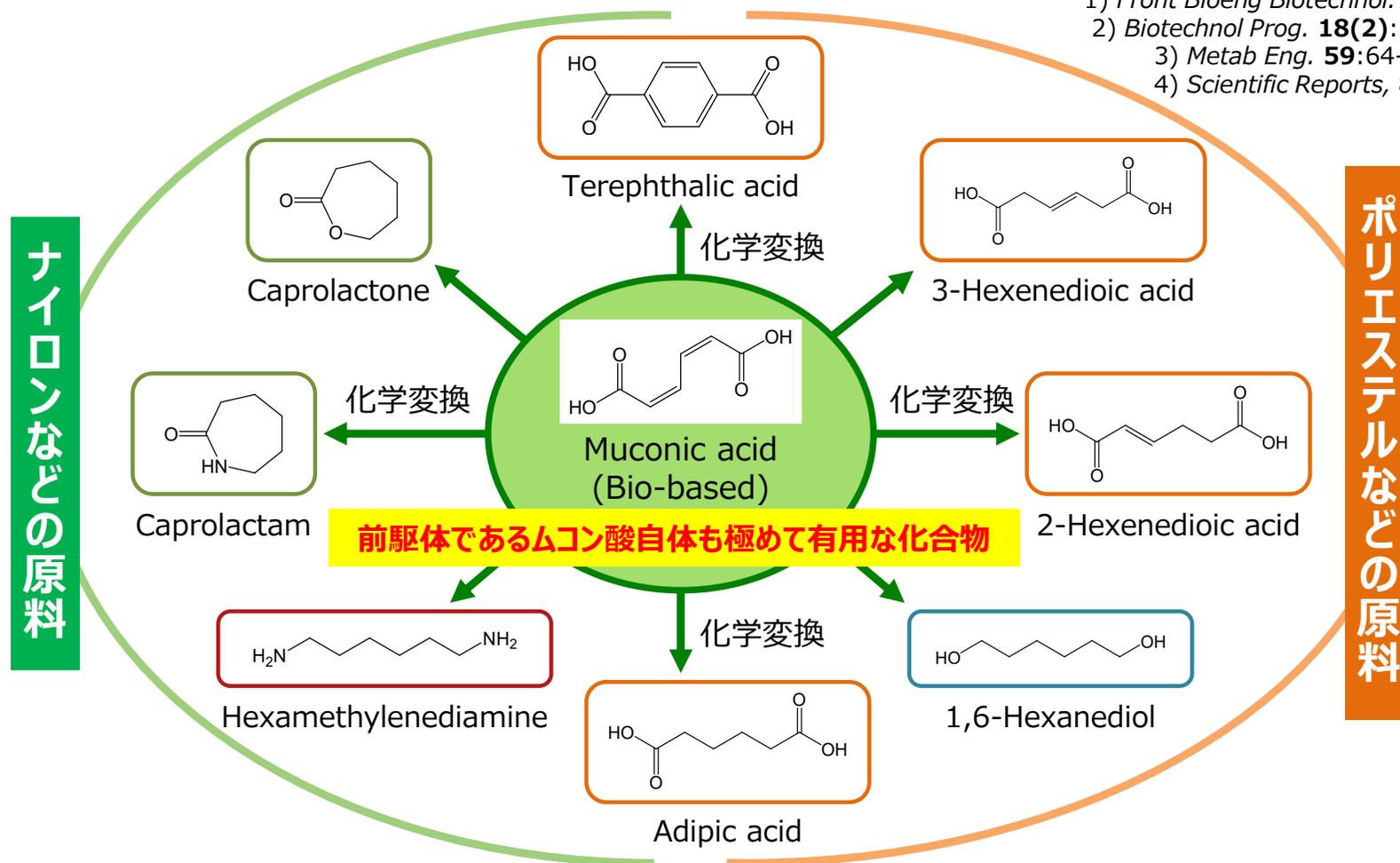
アジピン酸生成酵素の探索



cis, cis-ムコン酸の生産性比較と広い用途

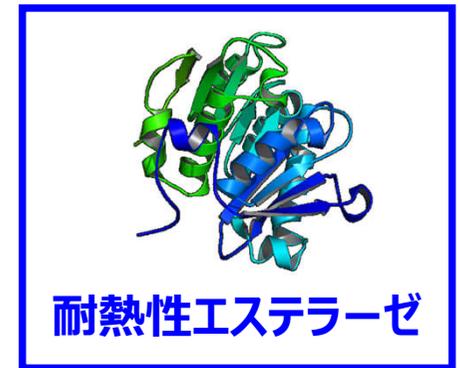
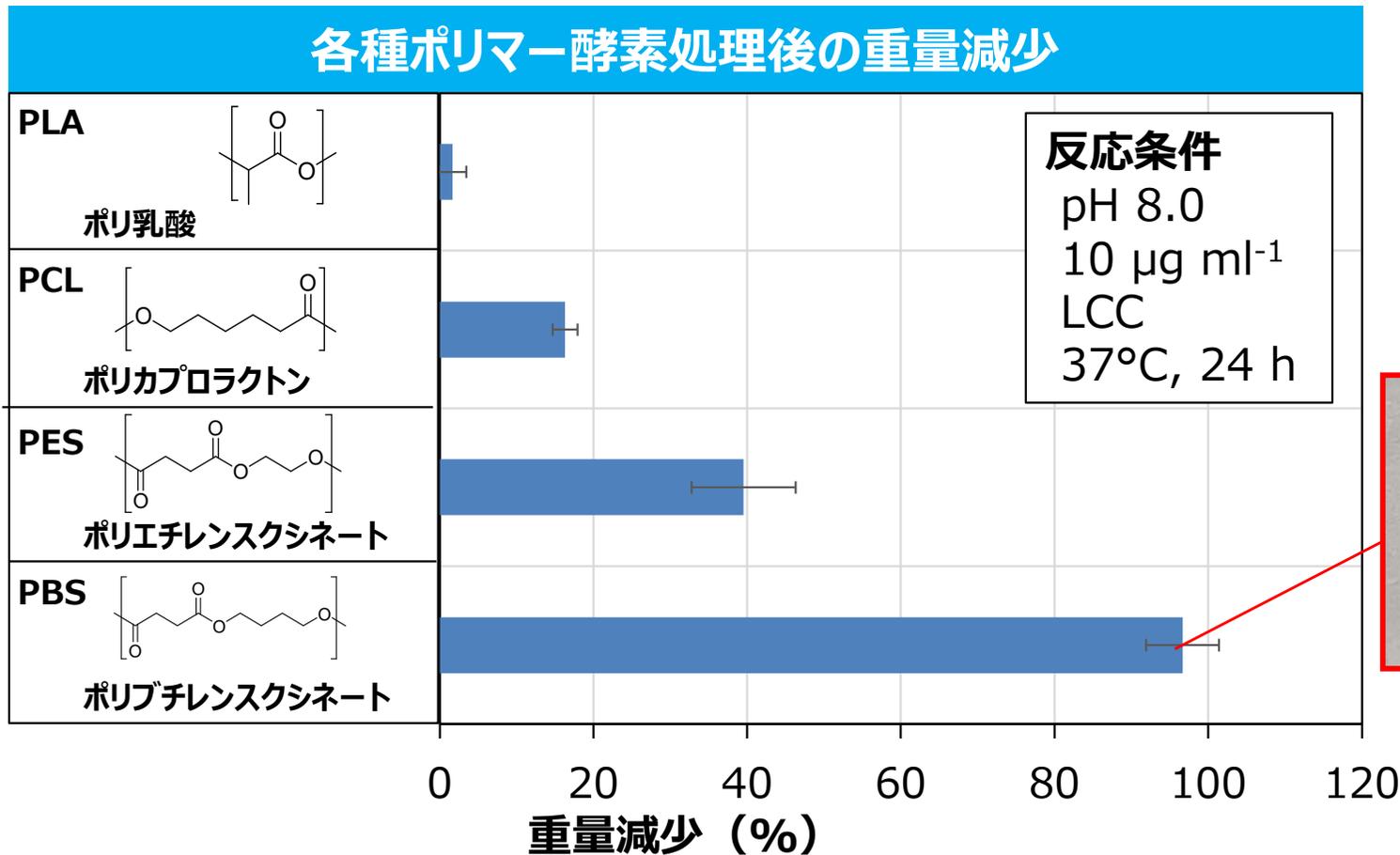
宿主	生産量	時間	研究グループ
<i>Escherichia coli</i> ¹⁾	64.5 g/L	120 h	Choi <i>et al.</i> , 2019. (インハ大、韓国)
<i>Escherichia coli</i> ²⁾	36.8 g/L	48 h	Niu <i>et al.</i> , 2002. (ミシガン州立大、アメリカ)
<i>Pseudomonas putida</i> ³⁾	22 g/L	104 h	Bentley <i>et al.</i> , 2020. (国立再生可能エネルギー研究所、アメリカ)
<i>Corynebacterium glutamicum</i> ⁴⁾	54 g/L	168 h	Choi <i>et al.</i> , 2018. (インハ大、韓国)
<i>Corynebacterium glutamicum</i>	82.1 g/L	48 h	RITE

- 1) *Front Bioeng Biotechnol.* **9**:7:241. 2019.
- 2) *Biotechnol Prog.* **18**(2):201-211. 2002.
- 3) *Metab Eng.* **59**:64-75. 2020.
- 4) *Scientific Reports*, **8**:18041. 2018.



各種ポリエステルを分解する 耐熱性エステラーゼ

脂肪族系の各種ポリエステル分解活性を発見



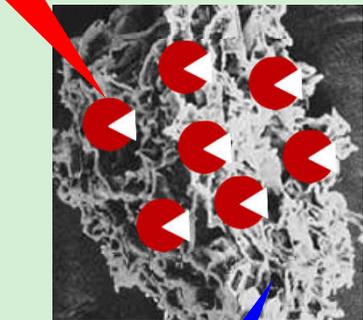
**PBSは24時間でほぼ
100%の重量減少**

耐熱性エステラーゼをモデル酵素とし、
分解活性スイッチ機構の開発を検討

固定化酵素の塩によるスイッチ機構

固定化酵素

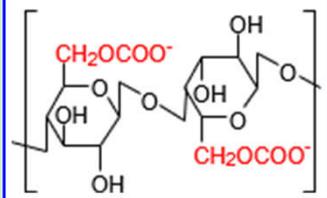
ポリマー分解酵素



海洋分解性担体

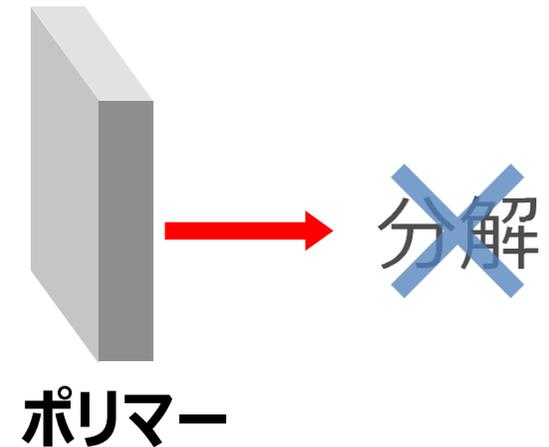
(多数の微小孔とマイナス電荷)

マイナス電荷



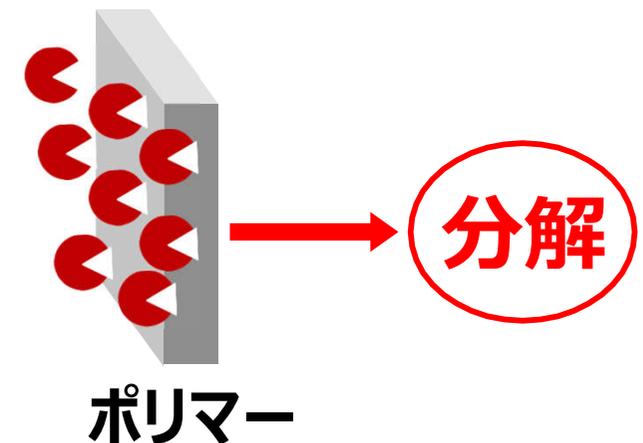
塩なし条件

分解酵素は担体から溶出されないため、ポリマーは分解されない。



塩あり（海洋）条件

海水の塩濃度（ $\sim 0.5 \text{ M NaCl}$ ）では酵素が担体から遊離するため、ポリマーは加水分解される。
= ポイント制御機構（スイッチ機構）



海洋分解性担体を利用した水と塩によるスイッチ機構を考案

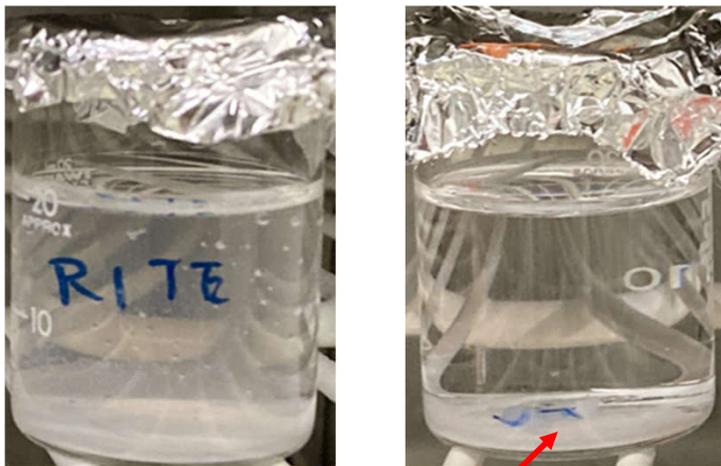
実海水での塩濃度スイッチ機構の検証

+ 水道水(塩なし) + 実海水(塩あり)

ビーカーに入れたPBSフィルム
(RITEの青文字をフィルムに記入)
1 mg/mL (終濃度) 固定化酵素を添加



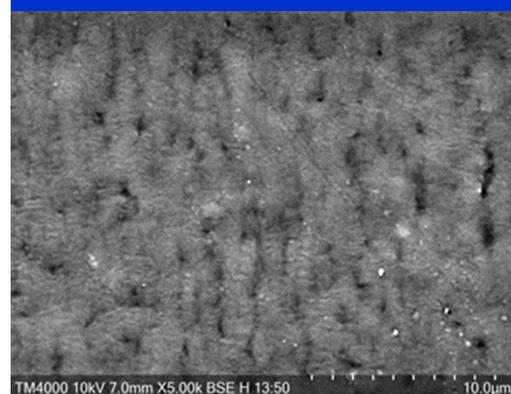
37°C, 48 h



ビーカーの底に崩壊したフィルム

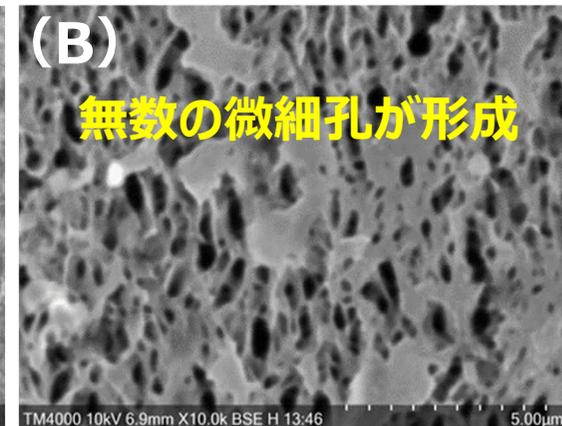
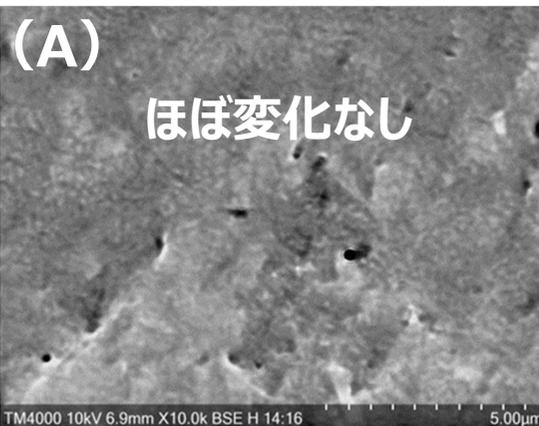
電子顕微鏡観察(24h反応後)

未処理PBSフィルム



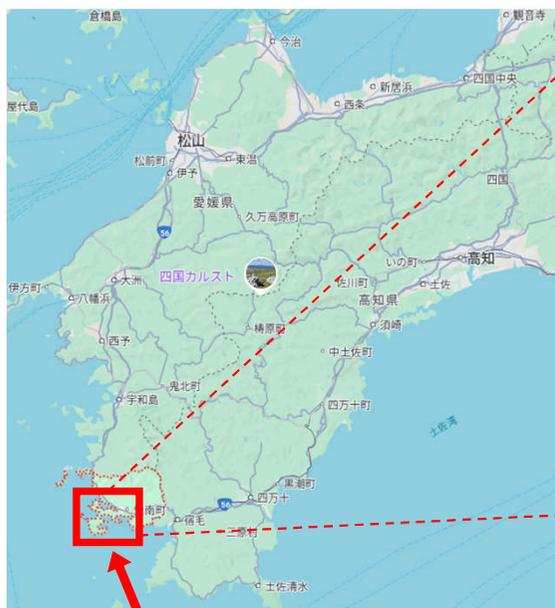
+ 水道水 (塩なし)
+ 固定化酵素粉末

+ 実海水 (塩あり)
+ 固定化酵素粉末



実海水で分解活性が発現し、塩濃度スイッチを確認した

実海洋環境での生分解検証



試験場所：愛媛県愛南町



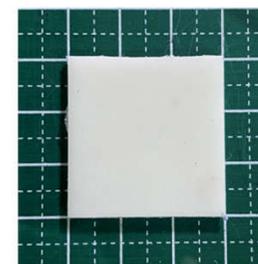
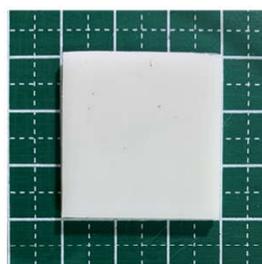
CERI(化学物質評価研究機構)と愛媛大の方々の多大なご支援をいただきました

無添加のコントロールプラスチックシート

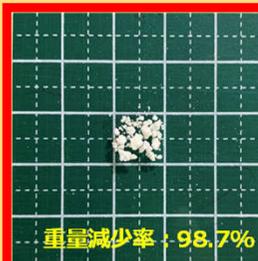
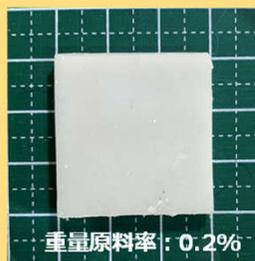
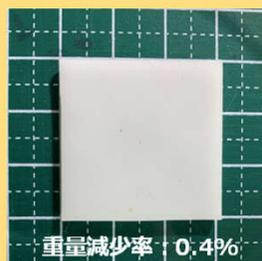
担体のみを混練したプラスチックシート

担持酵素を混練したプラスチックシート

海洋フィールド
試験前



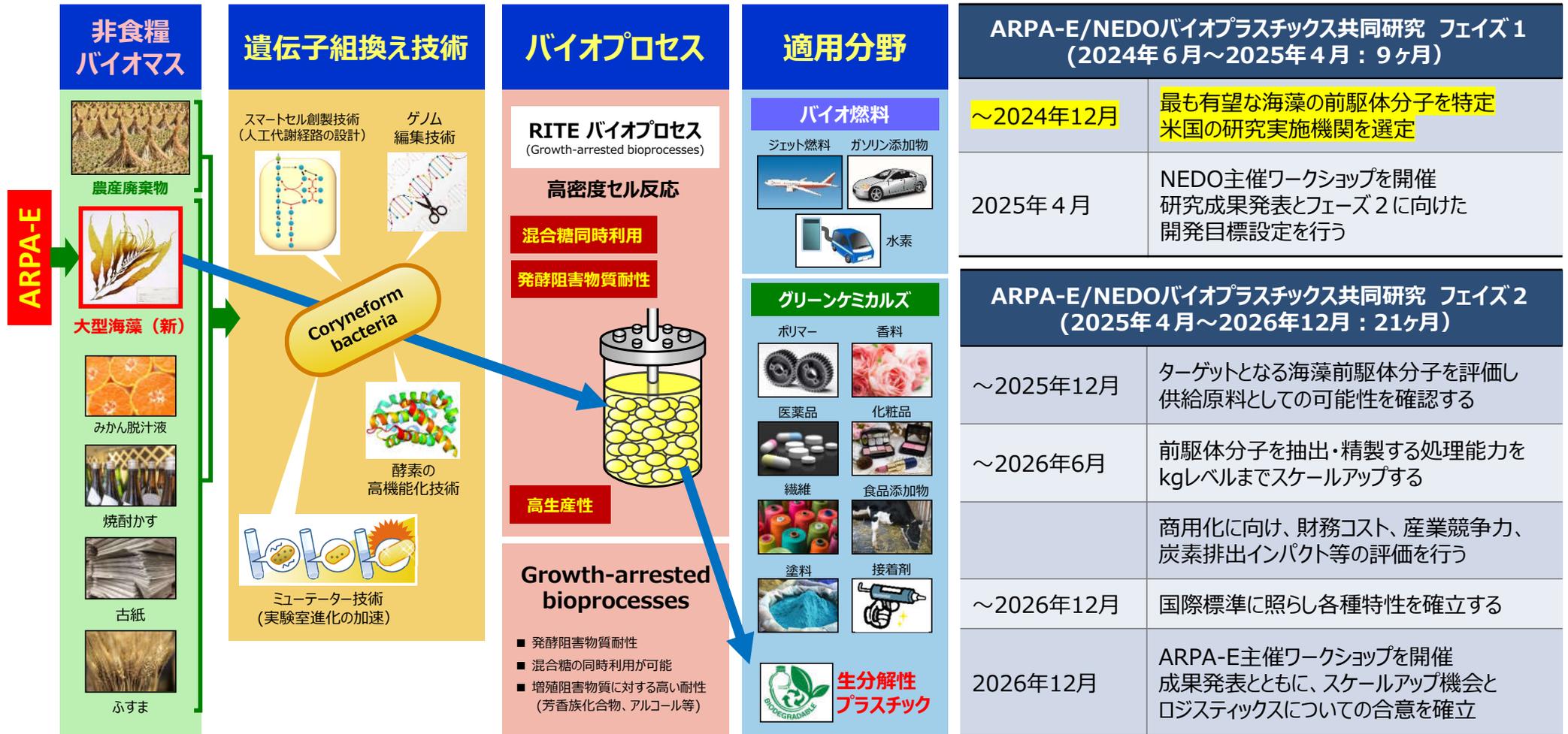
海洋フィールド
試験1か月後



担持酵素の混練シート (3 cm x 3 cm x 2 mm) は、山形大・伊藤浩志教授のご指導の下に作製

米国ARPA-Eとの国際連携

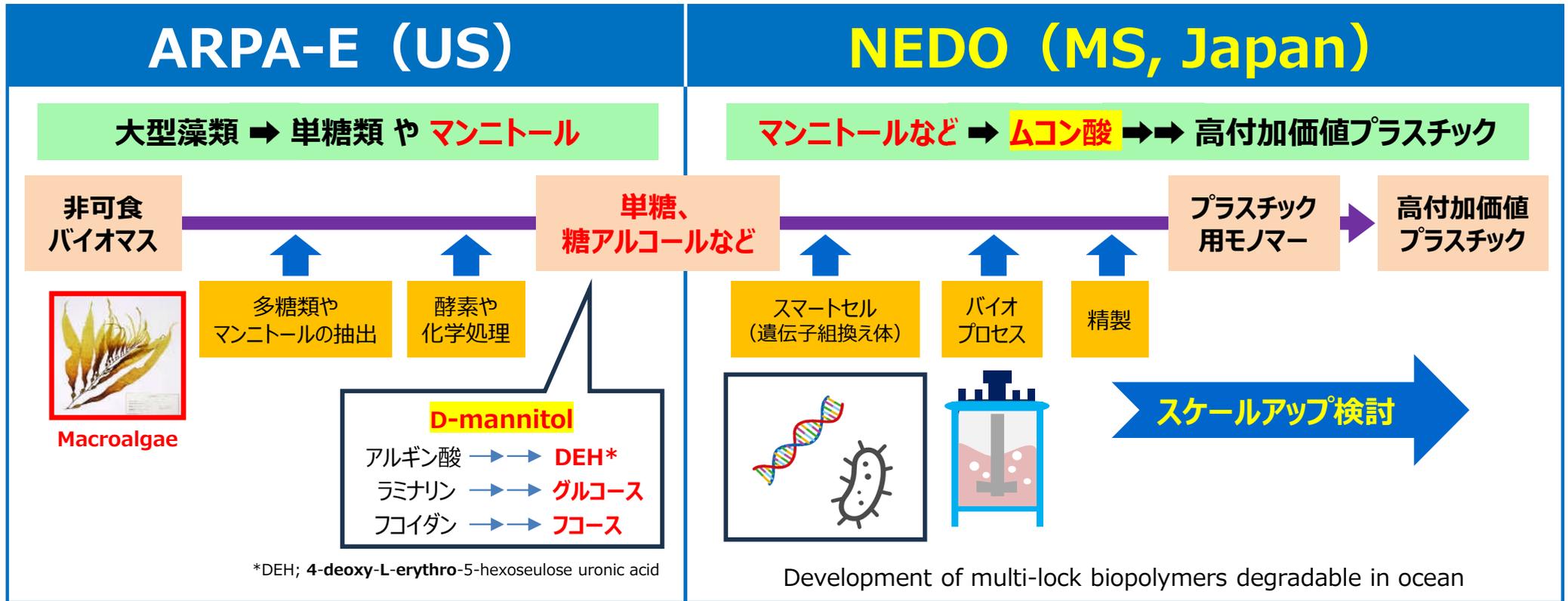
ARPA-E : Advanced Research Projects Agency-Energy (エネルギー高等研究計画局)、DOEプログラム部局



ARPA-E/NEDOバイオプラスチック共同研究 フェーズ1 (2024年6月～2025年4月：9ヶ月)	
～2024年12月	最も有望な海藻の前駆体分子を特定 米国の研究実施機関を選定
2025年4月	NEDO主催ワークショップを開催 研究成果発表とフェーズ2に向けた 開発目標設定を行う
ARPA-E/NEDOバイオプラスチック共同研究 フェーズ2 (2025年4月～2026年12月：21ヶ月)	
～2025年12月	ターゲットとなる海藻前駆体分子を評価し 供給原料としての可能性を確認する
～2026年6月	前駆体分子を抽出・精製する処理能力を kgレベルまでスケールアップする
～2026年12月	商用化に向け、財務コスト、産業競争力、 炭素排出インパクト等の評価を行う
～2026年12月	国際標準に照らし各種特性を確立する
2026年12月	ARPA-E主催ワークショップを開催 成果発表とともに、スケールアップ機会と ロジスティクスについての合意を確立

**2023年10月3日 NEDOとARPA-Eの間でMOUを締結、両国間で技術の重複無し
(両国間で技術の重複無し、ムーンショットに限らないMOUであり、広くNEDOとARPA-Eとで情報交換、連携が可能)**

米国ARPA-Eとの国際連携



- 最も有望な前駆体分子として、大型藻類由来の構成単糖の中からマンニトールを選定
- マンニトールからバイオ生産する標的化合物として、*cis,cis*-ムコン酸を選定

<将来展開>

大型藻類由来の様々な原料 →
 様々なプラスチック向けモノマーをバイオ生産 → 様々な高付加価値製品

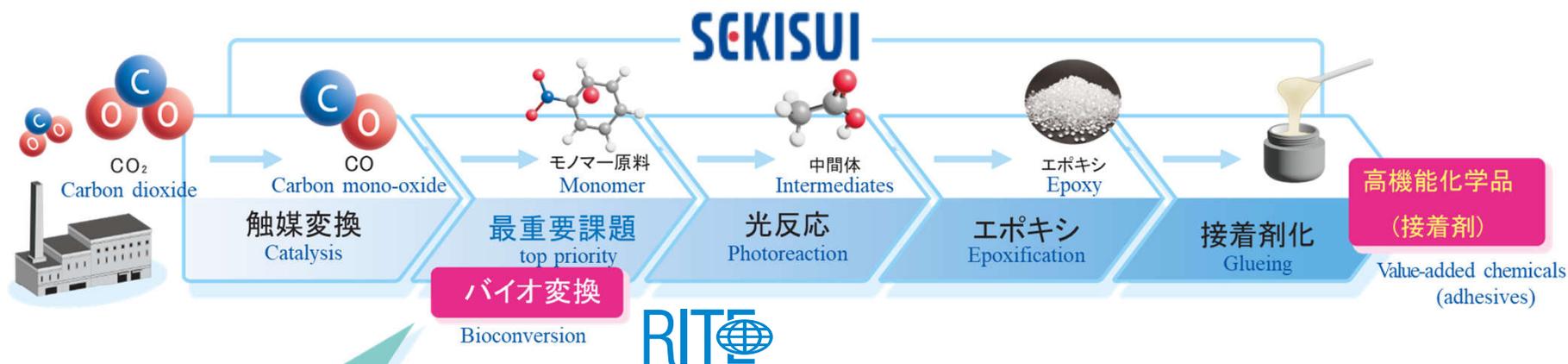
NEDO

グリーンイノベーション基金事業

バイオものづくり技術による
CO₂を直接原料としたカーボンリサイクルの推進

この成果は、NEDO（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）の委託業務の結果得られたものです。

プロセスフローと役割分担



COからポリマー原料に変換可能な菌株開発 Development of monomer-producing strains from CO



宿主探索、酵素開発、培養評価 host screening, enzyme development, cultivation test



宿主探索、生産株育種、酵素開発、培養評価
host screening, strain breeding, enzyme development, cultivation test



酵素開発
enzyme development



CO→有機酸の生産株育種、耐性化、酵素探索・機能改善、培養評価
breeding of strains producing organic acids from CO, tolerance to the compound, enzyme screening and upgrading functionality, cultivation test

バイオプロセスの開発 Development of bioprocess



トータルプロセス設計・最適化 Total process design & optimization



培養生産条件の検討(ラボスケール) Verification of cultivation conditions (lab scale)

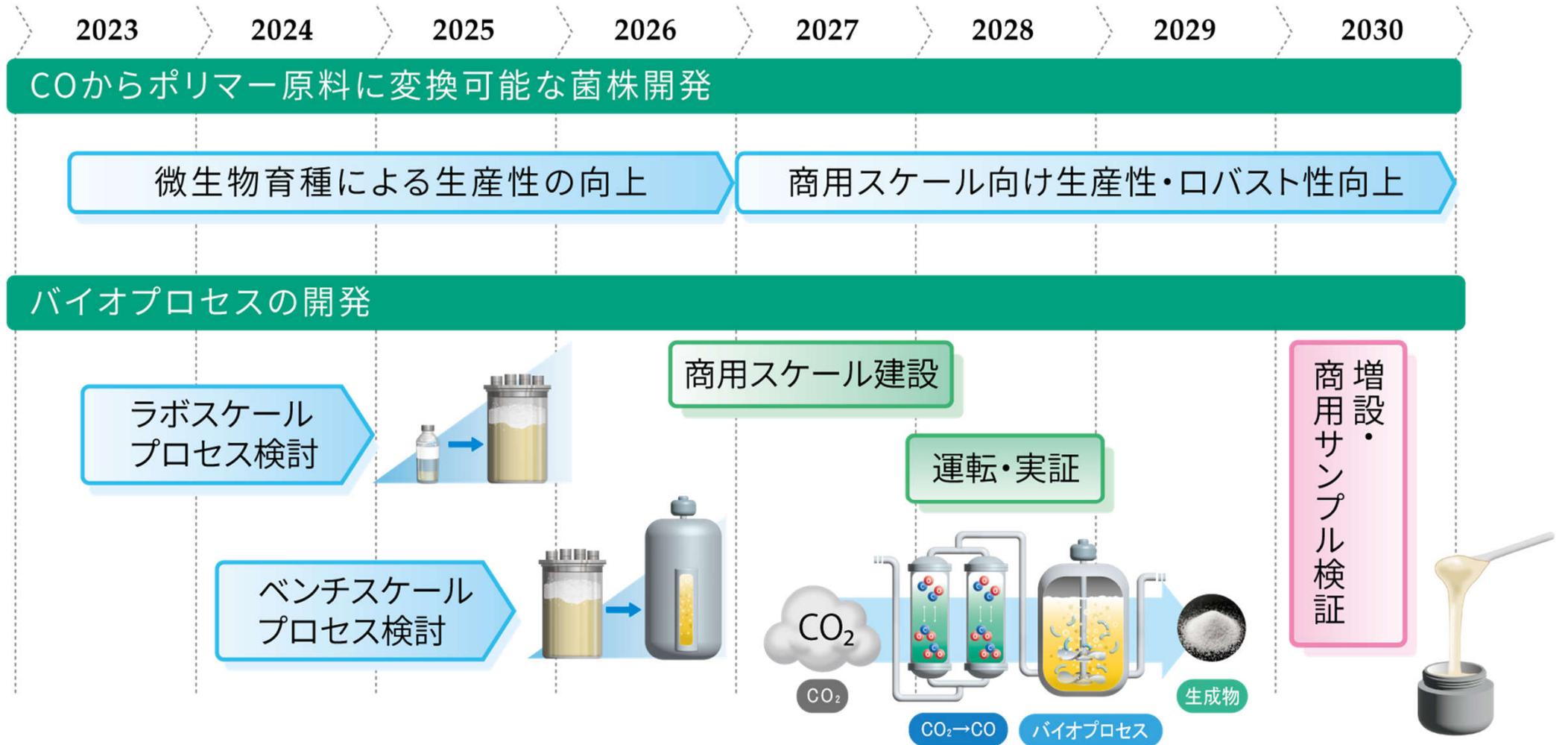


シンプル酵素触媒法の開発(ラボスケール) Development of simple biocatalyst method (lab scale)



ラボ～ベンチスケール、商用スケールのプロセス設計・培養条件最適化
Process design & optimization of cultivation in lab-scale, bench-scale and commercial scale

実施スケジュール



今後の展開

積水化学工業株式会社のサプライチェーンを活かして、
CO₂由来の接着剤の早期上市を目指していく

バイオものづくり実験棟

- ガス発酵拠点（ガス原料から高付加価値品のバイオものづくり）
- 遺伝子組換え菌の作製、生産条件最適化

RITE本部(木津川市)



< 2024年度内に稼働予定 >

NEDO

バイオものづくり革命推進事業

未利用原料から有用化学品を産み出す
バイオアップサイクリング技術の開発

この成果は、N E D O（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）の委託業務の結果得られたものです。

バイオものづくり革命推進事業 (2023~)

RITE

早稲田大学、高砂香料工業株式会社、
医薬基盤・健康・栄養研究所、
大阪大学、産業技術総合研究所



**バイオものづくり
プラットフォーム技術開発**

高砂香料工業株式会社



**バイオ香料素材
生産技術開発**

帝人株式会社



**バイオ高機能繊維原料
生産技術開発**

3 機関がそれぞれ得意分野でバイオものづくり関連事業を展開

RITEバイオものづくりプラットフォーム（仮称）



未利用バイオマス資源をバイオ製品に生まれ変わらせる
産業基盤を構築

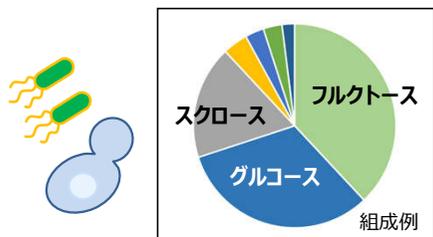
未利用資源を利用した バイオ製品社会実装における技術課題

入口の課題

**未利用バイオマス資源由来原料に含まれる
多種糖源の利用効率が低い**
(未利用原料はグルコース以外の糖も含む)

他グループの従来型生産菌

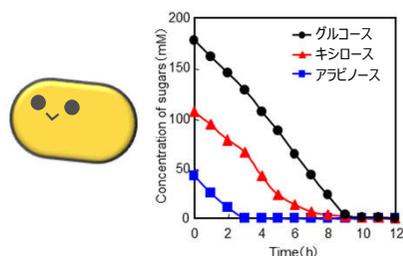
未利用原料は複数糖を含有



効率良く利用できる糖は
グルコースに限定

RITEの現状の生産菌

RITEのコリネ菌は
3種の混合糖を同時利用可能



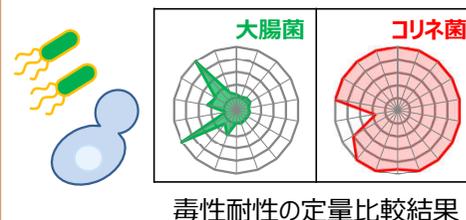
混合糖同時利用能付与
発酵阻害物質耐性

出口の課題

生産可能な物質の種類が少ない
様々な化学品が生産ターゲットとして望まれるが、
微生物に毒性を示すためごく一部に限定

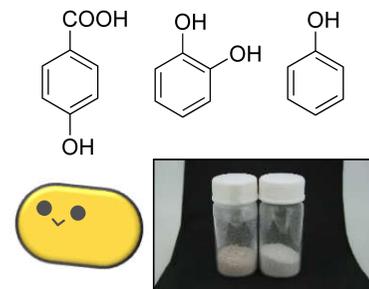
他グループの従来型生産菌

コリネ菌は他の工業微生物の中で
最も芳香族化合物に耐性が高い



耐性が低く
高生産できない

RITEの現状の生産菌

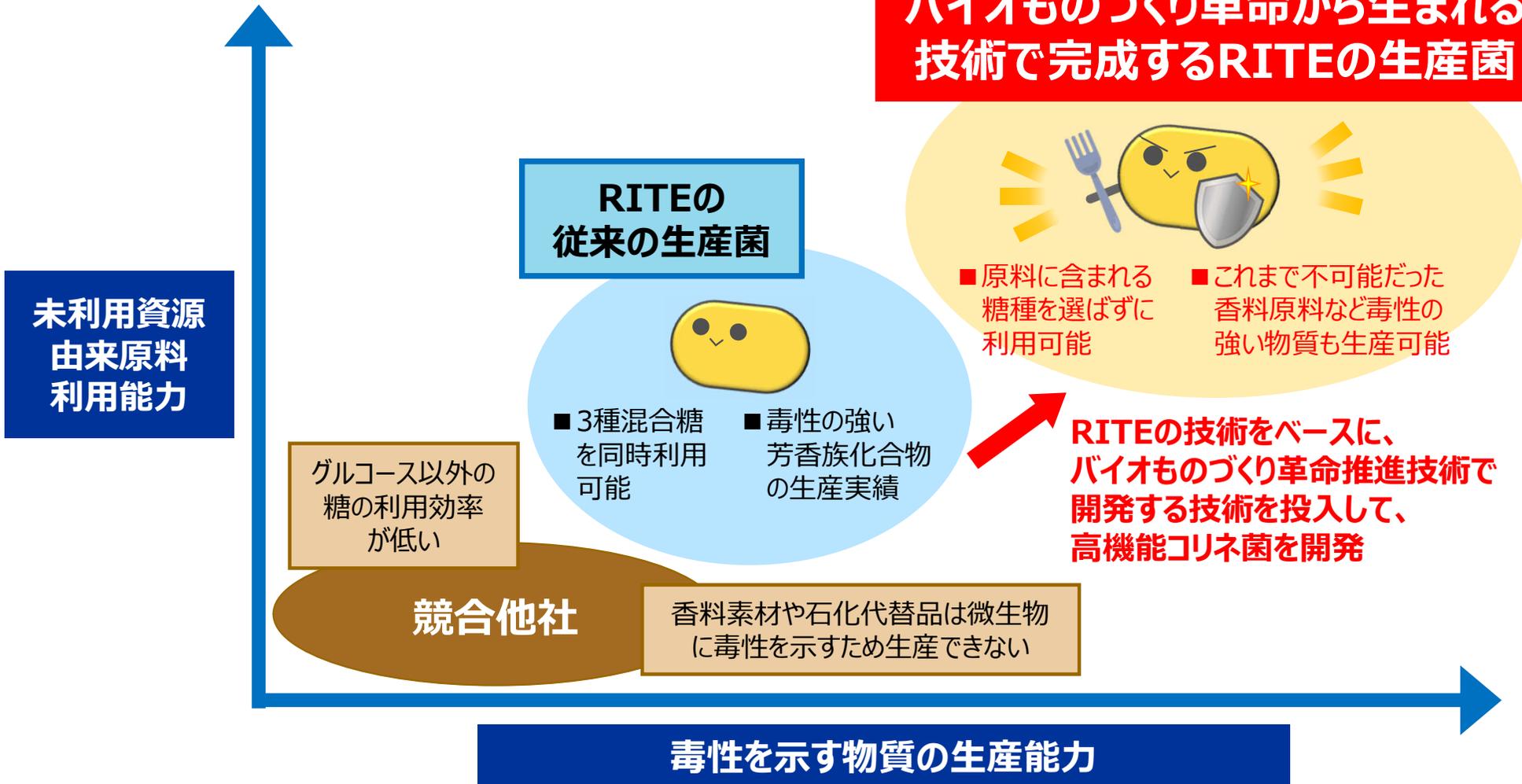


毒性の強い芳香族の
世界最高濃度生産実績

**2つの課題を解決しない限り、真に有用な生産菌の育種と、
それを利用した事業化は不可能**

技術課題の解決策

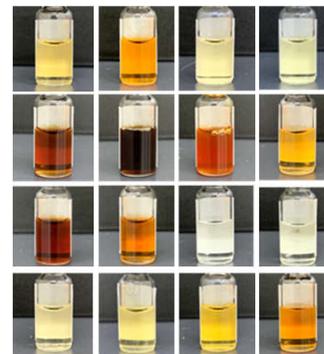
バイオものづくり革命から生まれる
技術で完成するRITEの生産菌



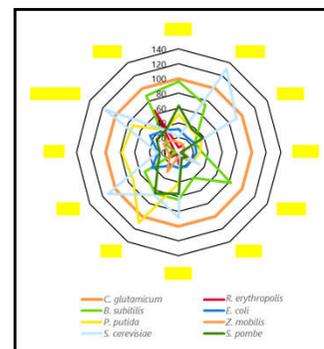
現時点で優位性あり
バイオものづくり革命で、さらに能力を引き上げる

DBと情報処理を活用した独自の生産株創製支援システム

未利用資源の活用技術	未利用資源DB
	未利用資源対応代謝モデル
	未利用資源利用酵素開発
毒性のため生産が困難な物質も生産可能にする技術	化合物毒性DB
	耐性変異DB
	バイオ合成ポテンシャル評価



未利用資源の例



化合物毒性評価の例

統合運用

RITE独自の生産株創製支援システム

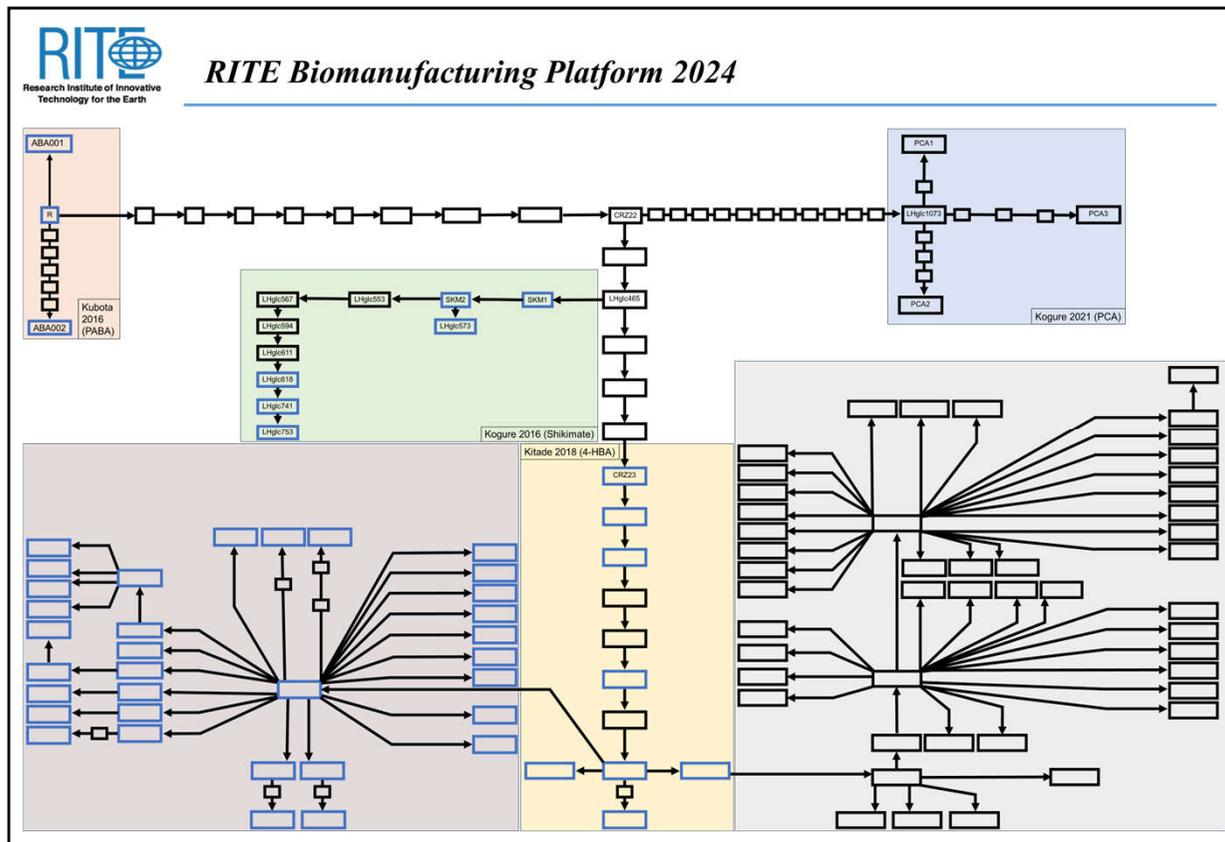
情報をリンクさせて統合活用

- これまで蓄積した生産株情報
- 育種支援、機械学習アプリ実装

2つの技術課題を解決するための独自システムを構築：育種効率化に直結

生産株創製支援システムの一例

RITE構築株の系譜



これまで積み上げてきた
数千の構築株の履歴を
DB上で再現

- 株の系譜と評価結果を可視化。
- 効果の大きい改変を検索・抽出。
- 機械学習を利用し次の改変候補、検討候補の導出。

生産株育種の効率化に直結

実用化につながるバイオ生産技術開発の高速化

短期間 開発

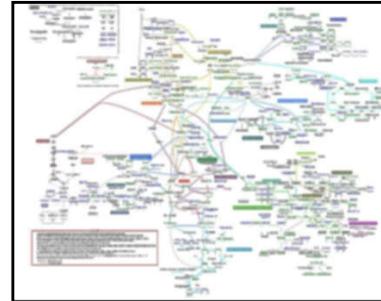
生産土台株ラインナップ

高速メタボローム解析

バイオセンサー型HTP評価

ロボット導入／作業効率化

生産プロセス開発



RITE専用代謝マップ



90リットルジャー

菌株開発プロセス開発 高速化

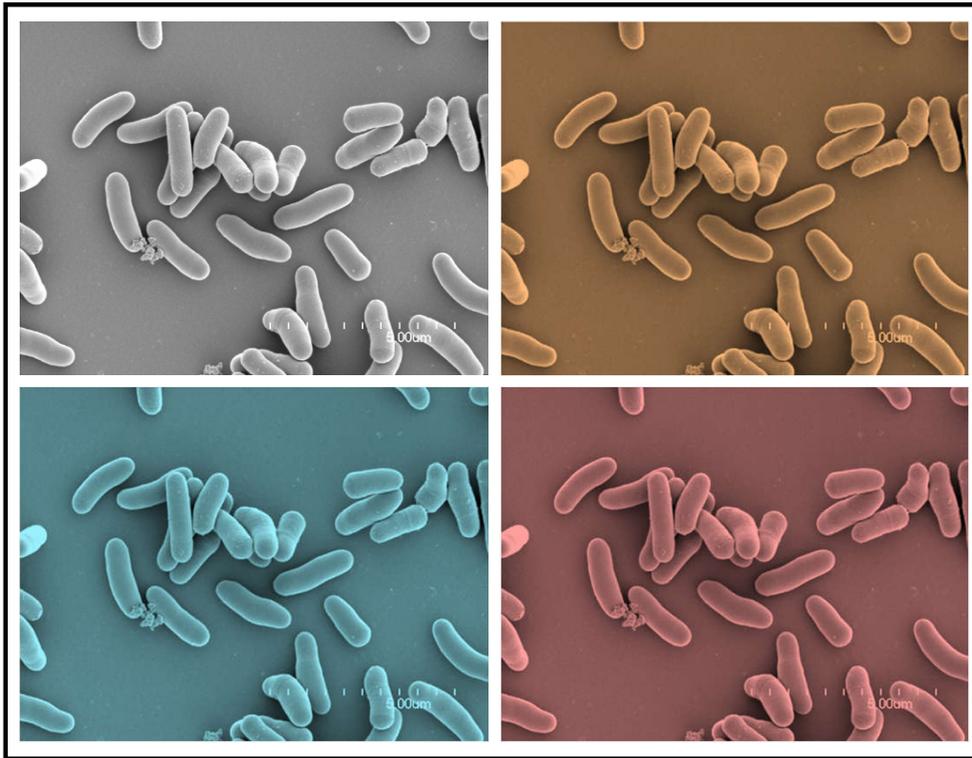
生産性評価、生産条件検討、
耐性株取得、育種等のルーチン作業
をロボットにより効率化

ベンチスケール
発酵槽、濃縮・精製設備



実用化株の高速育種のための 土台株、評価技術、一貫生産実証設備を実装

生産土台株を複数準備



生産ターゲットとなる
頻度の高い化合物群に対応

短鎖系

テルペン系

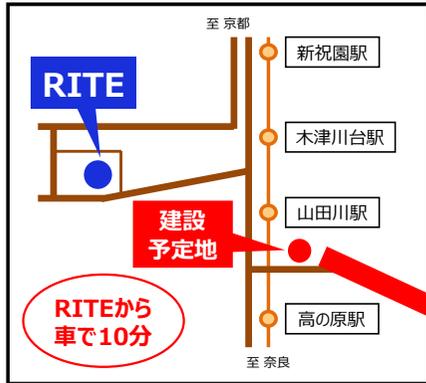
芳香族系

アミノ基を含む芳香族系

- 数十ステップの組換えをスキップ
- 未利用資源に含まれる糖の利用能付与
- 生産ターゲットへの耐性付与
- 有用物質の代謝中間体までの経路強化

生産土台株を準備しておくことで、
数ステップの組換えで目的物生産株に到達

RITEのバイオものづくり拠点構想



< 2025年稼働予定 >



開発を高効率に行うためのデータベース、情報解析システム、自動化システムなどを集約した専用研究拠点の構築

バイオ製品事業化例の導出



バイオ香料素材



バイオ高機能繊維原料

バイオで、経済成長と 環境問題解決を目指しませんか



バイオものづくりに参入したいが、
何から始めればいいのか分からない。

- ・ バイオ生産可能な化学品の提案
- ・ 調査研究から着手可能



自社製品をバイオ化したいが、
バイオテクノロジーの専門技術・設備がない。

- ・ 情報解析技術を利用した代謝設計可能
- ・ 菌株開発に必要な組換え、評価設備を完備



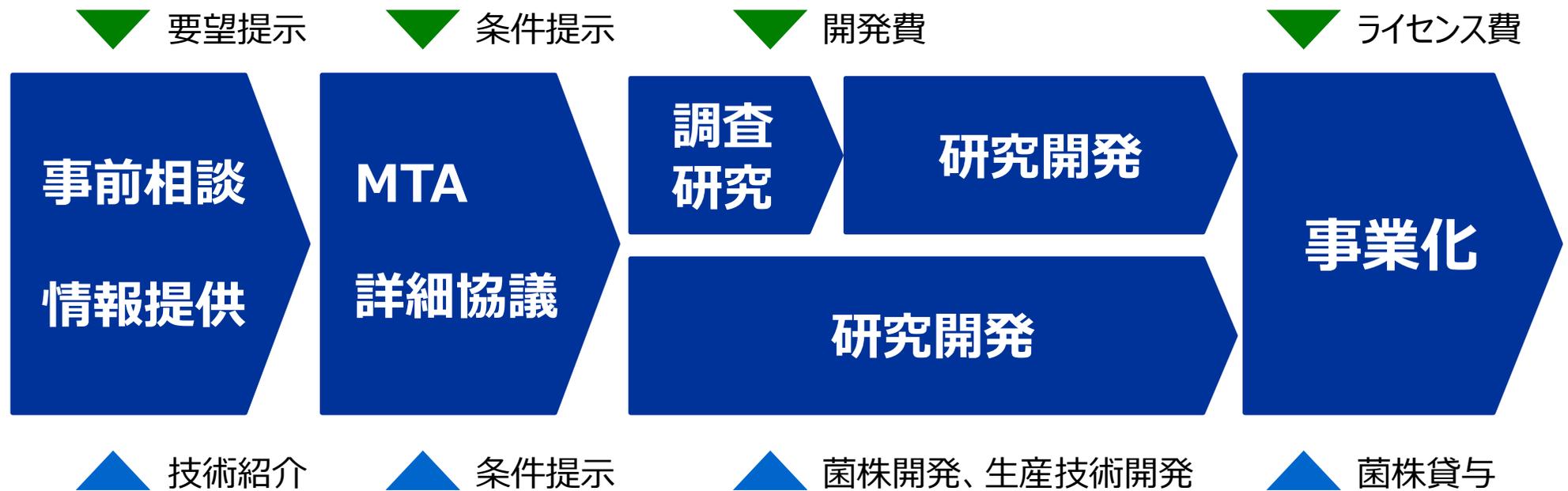
未利用バイオマス資源を保有しており、
活用法を探している。

- ・ 様々な未利用資源を
利用可能な生産土台株を開発
- ・ 超高生産株の開発実績が豊富



共同研究の流れ

企業様



RITE

RITE バイオ研究グループ



↑ RITE
バイオ研究グループメンバー

←
奈良先端科学技術大学院大学
教育連携研究室
微生物分子機能学
(乾研究室) メンバー

ご清聴ありがとうございました

公益財団法人地球環境産業技術研究機構（RITE）
バイオ研究グループ

〒619-0292 京都府木津川市木津川台9-2
TEL : 0774-75-2308
FAX : 0774-75-2321
代表E-mail : mmg-lab@rite.or.jp

