

未来社会を支える温暖化対策技術シンポジウム in 関西
2024年9月19日

カーボンニュートラルに貢献する 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



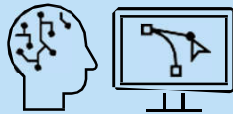
バイオものづくりが可能となる技術的背景

- 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

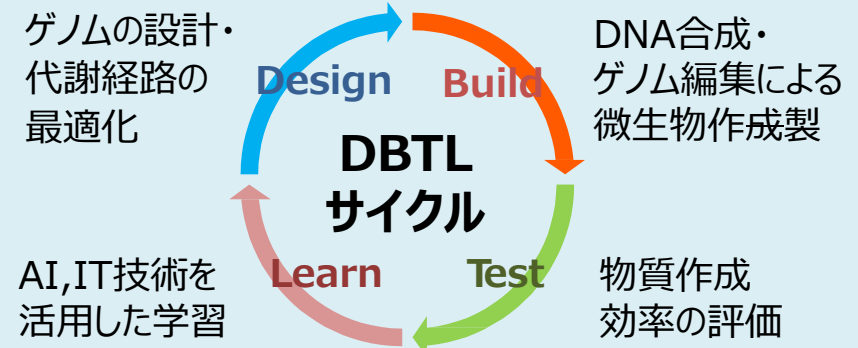


生物機能のデザイン

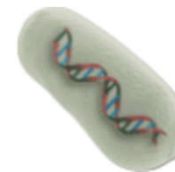
- ③ **ゲノム編集の技術革新「操作する」**
2020年にノーベル化学賞を受賞した
CRISPR/Cas9などにより、
ゲノム編集の難易度が低下
- ④ **DNA合成コストの低下「作る」**
塩基のブロックから、DNAを合成する技術が進展し、
コスト：1/1000に低減（※2000年と2020年の比較）



スマートセルの創出



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

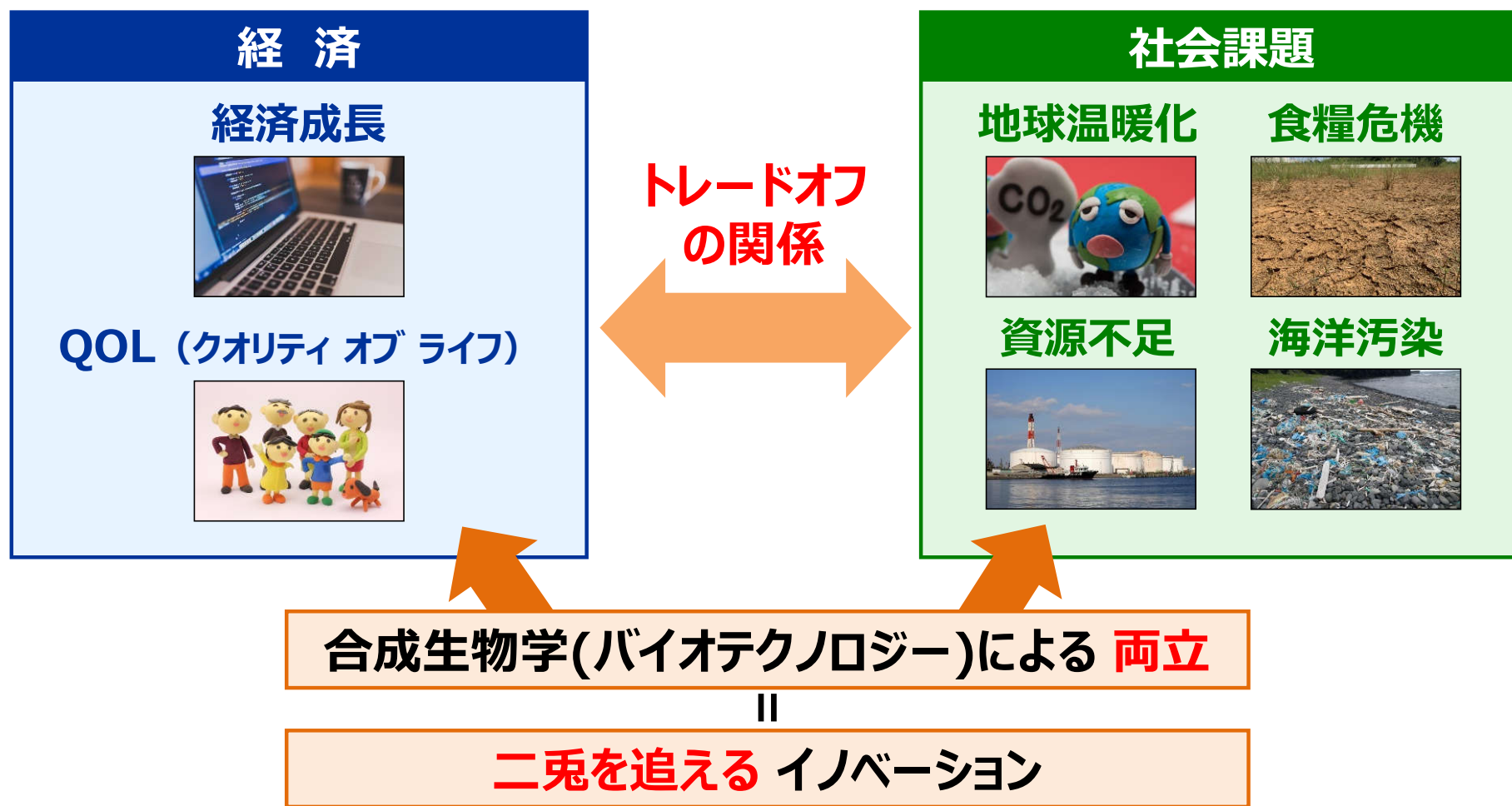


機能性ポリマーなど高機能材料原料

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

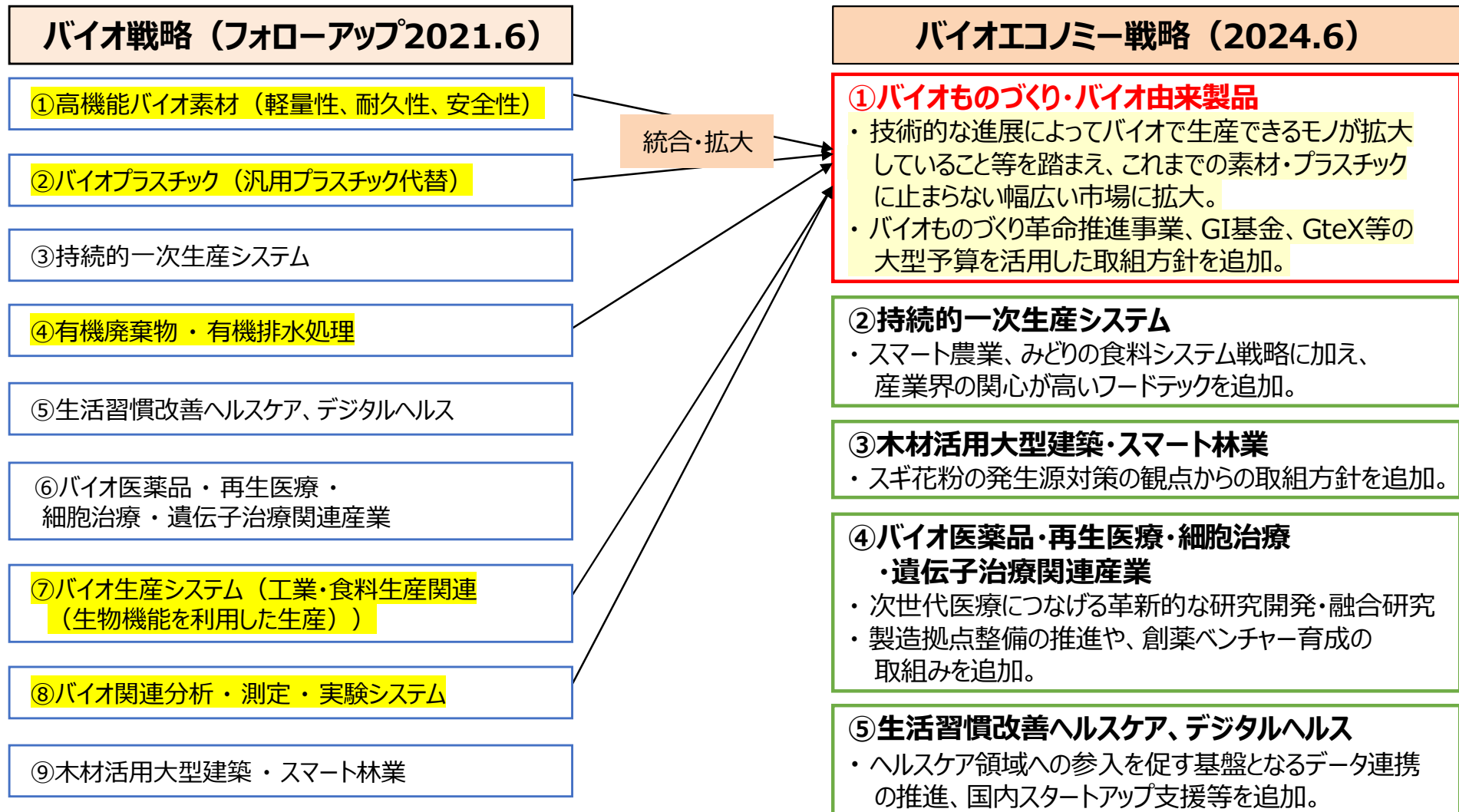
- 日本発のバイオ医薬品等のグローバル展開、医療とヘルスケア産業が連携した健康寿命延伸
- ・次世代の医療技術や創薬につながる革新的シーズ創出のための**基礎研究と橋渡し機能**の強化
 - ・革新的医薬品・医療機器等の開発を進めるための**薬価制度等におけるイノベーションの適切な評価**を検討
 - ・**ヘルスケアサービスの信頼性確保**のため、医学界・産業界が連携したオーソライズの仕事の構築を支援
 - ・安全保障上の観点も含め、CDMO等製造拠点の**国内整備及び現場での製造人材の確保**
 - ・日本と諸外国の**エコシステムの接続の強化**による**創薬ベンチャー支援**
 - ・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

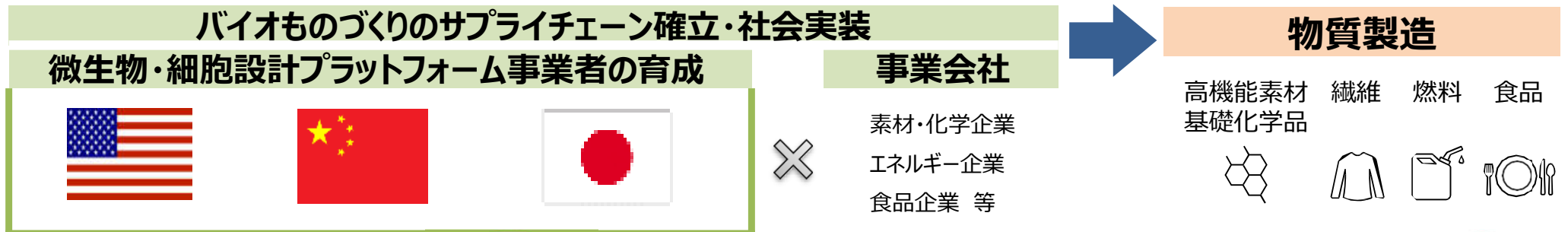
バイオ由来製品の市場創出・拡大や原料安定供給に向けた対応

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

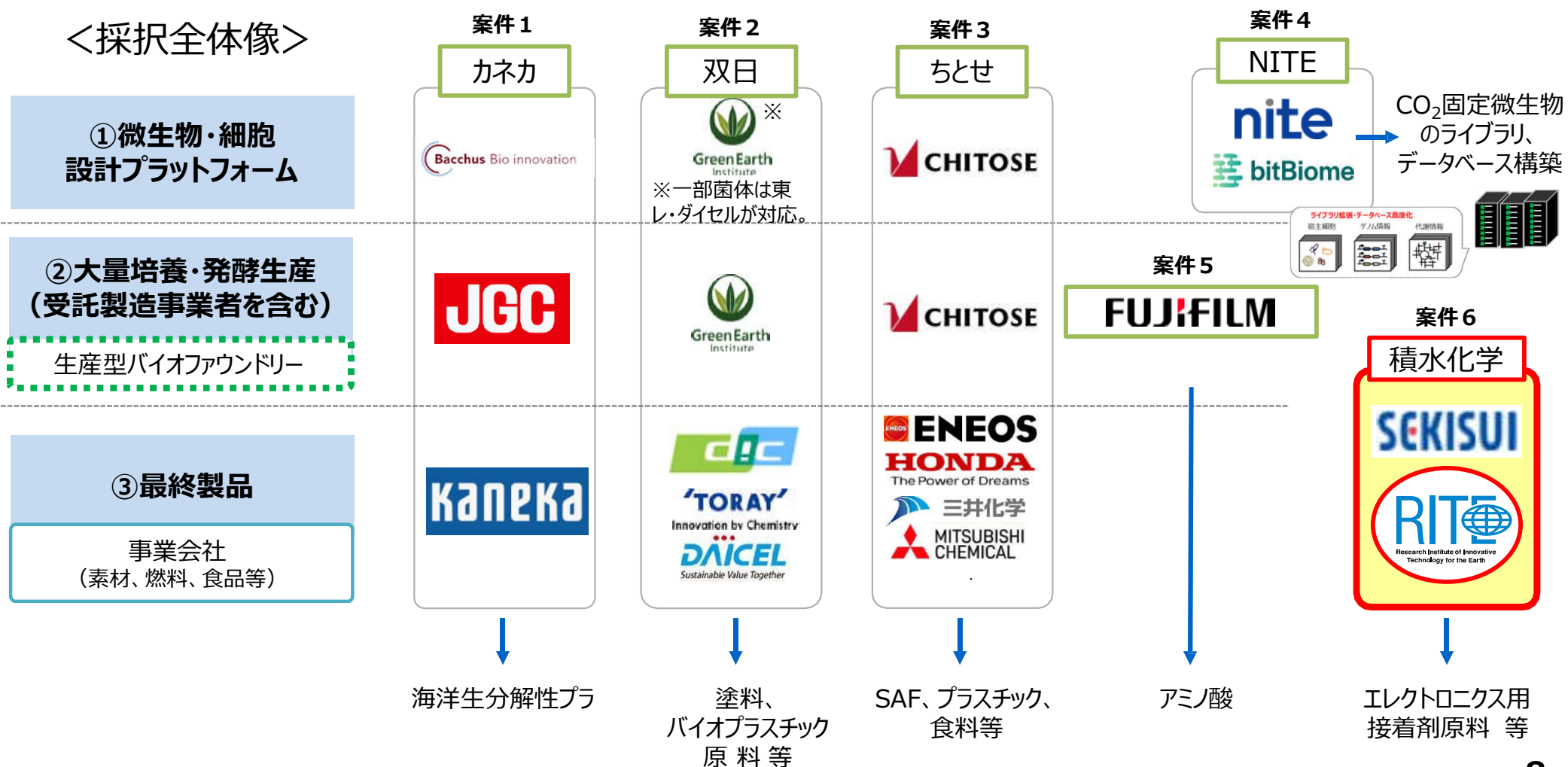
例) 食品残渣 × コリネ菌 = 香料、高機能繊維

建築廃材・パルプ × 酵母 = エタノール（SAF等）

グリーンイノベーション基金（バイオPJ）

- 予算額1,767億円に対して、計6件・国費負担総額1,806億円を採択（令和5年3月）。
- CO₂を原料として、バイオプラスチック原料等、様々な化学品等を生産する。

＜採択全体像＞



バイオものづくり革命推進事業 第一回公募の結果概要

- 第一回公募では、国費負担総額1,454億円（事業総額2,424億円）の提案があり、審査の結果、6テーマ・297億円（事業規模624億円）を採択。
- 食品残渣や廃木材、廃食油等から高付加価値品、汎用品の生産に向けた取組みを開始。

	RITE	大王製紙	大興製紙	東洋紡	ファーマフーズ	
未利用資源	食品残渣	古紙パルプ、ペーパースラッジ	建築廃材	廃食油	卵殻膜	
微生物・細胞設計プラットフォーム	 Research Institute of Innovative Technology for the Earth 【京都府木津川市】	 Green Earth Institute 【東京都新宿区】	 大興製紙株式会社 TAIKO PAPER MFG., LTD. 【静岡県富士市】	 TOYOBO Beyond Horizons 【大阪府大阪市北区】	 Bacchus Bio innovation 【兵庫県神戸市中央区】	 ZACROS 【東京都文京区】
大量培養・発酵生産	 TAKASAGO 【東京都大田区】  TEIJIN 【東京都千代田区】	 大王製紙株式会社 【愛媛県四国中央市】			 PFI 【京都府京都市西京区】	 TOPPAN 【東京都文京区】  SHIMADZU 【京都府京都市中京区】
最終製品関連産業 最終製品	香料メーカー 繊維メーカー ・バイオ由来香料 ・高機能繊維原料	石油元売事業者 化学メーカー ・エタノール (SAF) ・アミノ酸 (日用品) ・バイオプラスチック	石油元売事業者 化学メーカー ・エタノール (SAF) 等	海外農家、飼料製造業者等 ・農業用展着材 ・飼料配合剤 等	アパレル・電子材料メーカー、農家 ・タンパク質繊維 ・電子キャパシタ材料 ・バイオスティミュラント	食品メーカー レストランチェーン ・細胞性食品(牛肉)

バイオものづくりの原料安定供給に向けた検討

- 我が国のバイオものづくりの実用化に向けた**大きな課題の1つは安価かつ安定的な原料の確保**。既存のバイオマス資源に加え、今後、**食料安全保障の制約を受けない非可食バイオマスやCO₂の直接利用、廃棄物**等を原料とするバイオものづくりを追求する。
- 既に基金事業を活用し技術開発には着手。合わせて、**原料に関する環境価値の認証・規格化**や**原料調達に係る環境影響の評価手法**、**関税等の規制**など、バイオものづくりの原料安定供給を実現するための制度面での検討も必要。

バイオものづくり原料

※赤枠は現在技術開発等の支援を実施中



トモロコシ、サトウキビ等

様々な未利用資源 (第2世代)



古紙・パルプ・木質チップ



廃棄衣料



食品残渣

・稲わら
・PKS 等

藻類



第3世代
微細藻類
らん藻類 等

微生物利用



第4世代
光合成細菌
水素細菌 等

資源作物



ソルガムやエリアンサス等

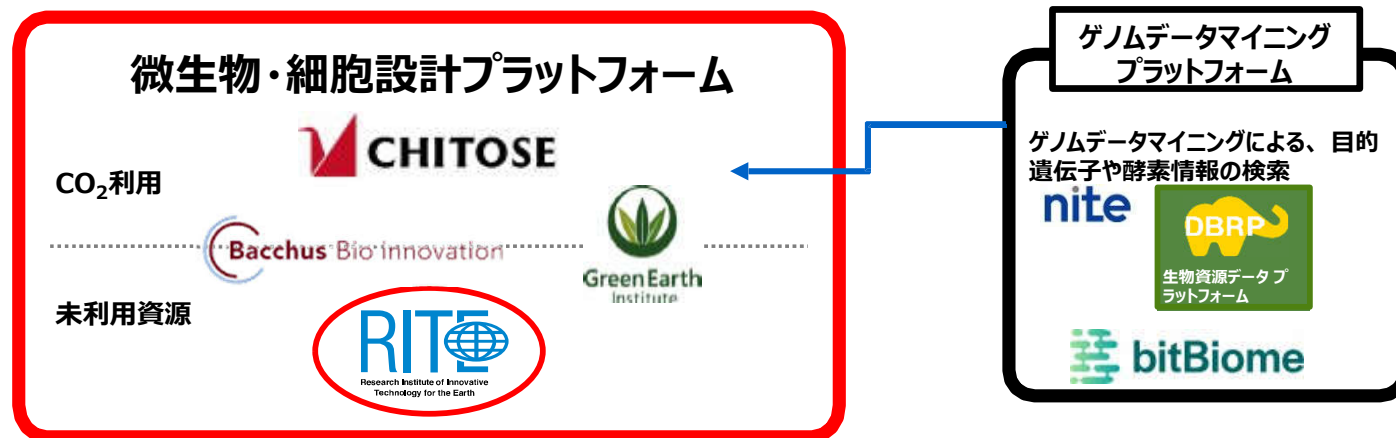
	バイオマス (可食)	バイオマス (非可食)	CO ₂	バイオマス (非可食)
利用可能性	◎	○ (更なる技術開発必要)	△ (技術開発必要)	△ (技術開発必要)
量	○ (食料と競合)	△ (分散存置、少量の可能性あり)	○ (回収技術の開発が必要)	△
コスト	-	やや高い	高い	やや高い
場所	海外	国内・海外	国内 (・海外)	海外 (・国内)

バイオ基金による微生物・ 細胞設計プラットフォーム事業者の支援

- 2つの基金事業を通じて、日本国内で以下のような微生物・細胞設計プラットフォーム技術の開発・実証を進め、事業者の競争力強化を図る。
 - **水素酸化細菌等のCO₂資化できる微生物**の遺伝子改変等を通じたものづくり基盤の提供（バッカス・バイオイノベーション、Green Earth Institute）
 - **微細藻類の非遺伝子組換えゲノム編集**等を通じたものづくり基盤の提供（ちとせ研究所）
 - **CO₂固定微生物及びデータベースの提供**（NITE）
 - **コリネ菌**等の遺伝子改変等を通じた未利用資源からのアップサイクルものづくり基盤の提供（**RITE**、Green Earth Institute）
- まずは、事業を通じてそれぞれの宿主のデータを蓄積しながら、様々な企業との連携を進めていく。

微生物・細胞
設計プラットフォーム
(周辺要素技術を含む。)

※2024年2月時点の基金事業採
択案件を元に整理したもの。



RITE バイオ研究グループのコア技術

原料

非可食
バイオマス

農産廃棄物



未利用
食品廃棄物等



みかん
脱汁液

焼酎粕



古紙

ふすま



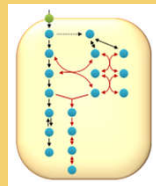
コーヒーかす

CO₂直接利用



遺伝子組換え技術

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



酵素機能
改変技術



ミューター技術
(進化の加速)

- ・スマートセル創製技術
(NEDOスマートセルPJ)
- ・酵素機能改変技術
(農研機構 SIP PJ)
- ・ゲノム編集技術
- ・ミューター技術

バイオプロセス

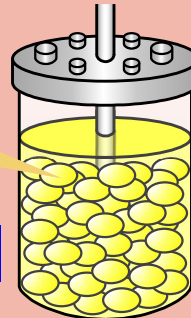
RITE Bioprocess

反応槽に微生物を
高密度充填し反応

混合糖完全同時利用可

発酵阻害
物質耐性

高生産性



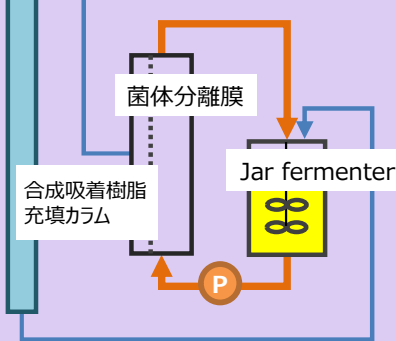
RITEバイオプロセス*

- ・発酵阻害物質耐性
- ・混合糖完全同時利用可
- ・増殖阻害物質
(芳香族化合物、アルコール等)
に対する高耐性

工学的生産手法

(膜透過液)

菌はJar~菌体分離膜
を循環



・連続反応システム

AI制御

並列化



実証

- ・AI制御バイオプロセス
(NEDOものづくりPJ)

適応分野

バイオ燃料

ジェット燃料



ガソリン添加剤



H₂

グリーン化学品

ポリマー原料



香料原料



医薬品原料



化粧品原料



繊維原料



飼料添加剤



塗料原料



接着剤原料



生分解
プラスチック原料

*RITEバイオプロセスはRITEの登録商標です。



国家プロジェクト

NEDO バイオものづくり革命推進事業

知識・機能・生産設備を集約して世界唯一のバイオ生産技術開発拠点を構築



拠点整備



培養技術のDX

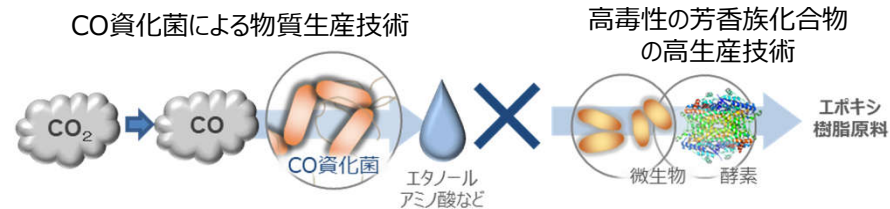


未利用原料対応代謝設計
糖利用能向上設計

高速オミクス解析
高速生産株構築システム

NEDO グリーンイノベーション基金

CO₂を原料としたエポキシ樹脂原料の生産技術の開発



NEDO ムーンショットプロジェクト

非可食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



NEDO ものづくりプロジェクト

芳香族化合物生産技術の開発



NEDO ものづくり実証プロジェクト

■ 抗酸化物質の生産技術の開発

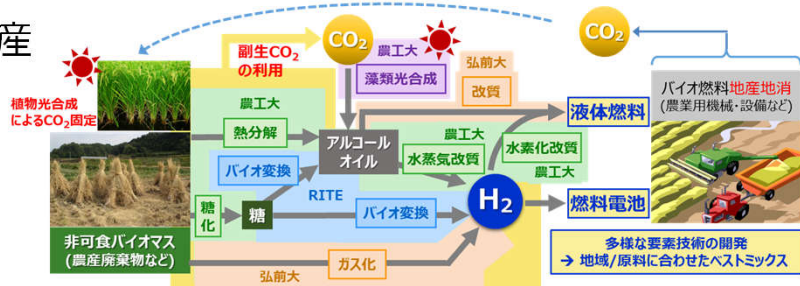


■ 香料原料の生産技術の開発



JST COI-NEXT

バイオ燃料生産技術の開発



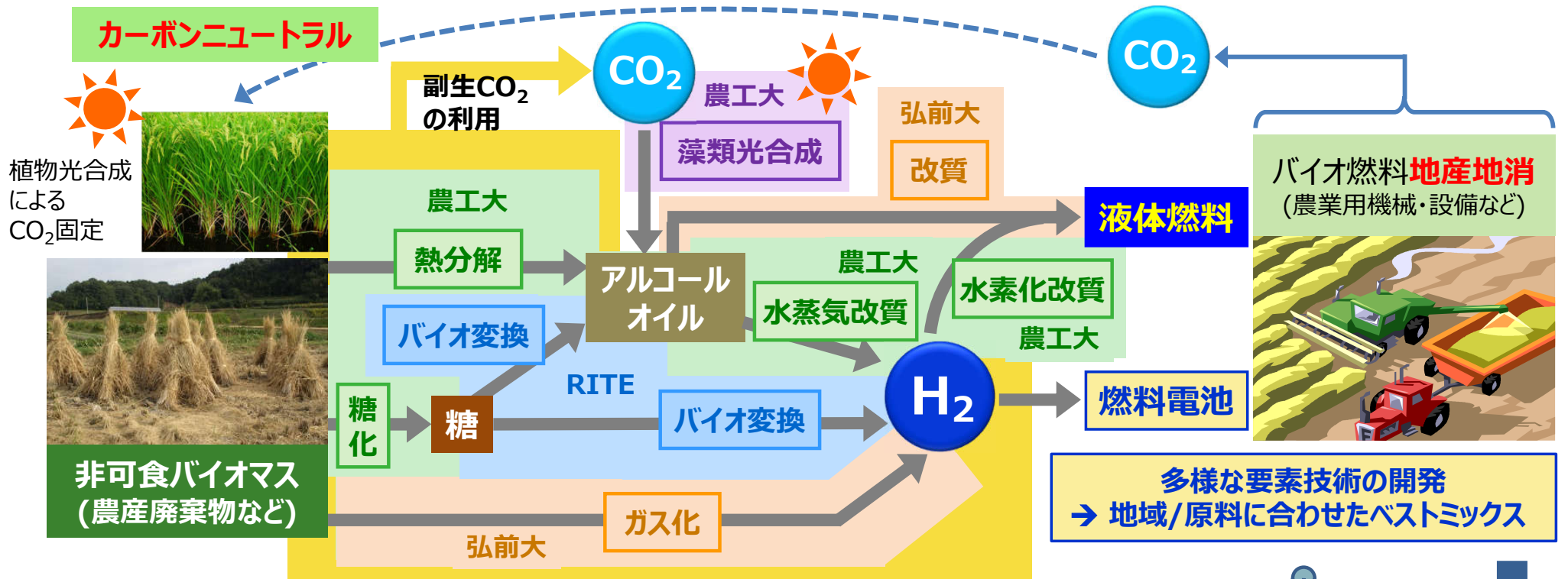
カーボンネガティブの限界に挑戦する炭素耕作拠点

炭素耕作によるカーボンネガティブ社会の実現



■ 大学等：東京農工大学、弘前大学、長岡技術科学大学、早稲田大学、日本工学アカデミー、立命館大学、東京家政学院大学、産業技術総合研究所、森林総合研究所、琉球大学、北陸先端科学技術大学院大学、東京工業大学、**地球環境産業技術研究機構 (RITE)**、海洋研究開発機構、農業・食品産業技術総合研究機構、総合地球環境学研究所 ■ 企業等：AGC、NEWGREEN、イオン、イオンアグリ創造、イオン環境財団、イオン琉球、エフピコ、エンバイオ・エンジニアリング、草野産業、ジャパンインベストメントアドバイザー、スマートアグリ・ソリューションズ、ライケット、星砂 大浜農園、三菱ケミカル、四国計測工業、太平洋セメント、大陽日酸、津軽バイオマスエネルギー、日本バイオデータ、高嶺酒造所、青森県つがる市青森県南津軽郡大鰐町、福島県双葉郡広野町

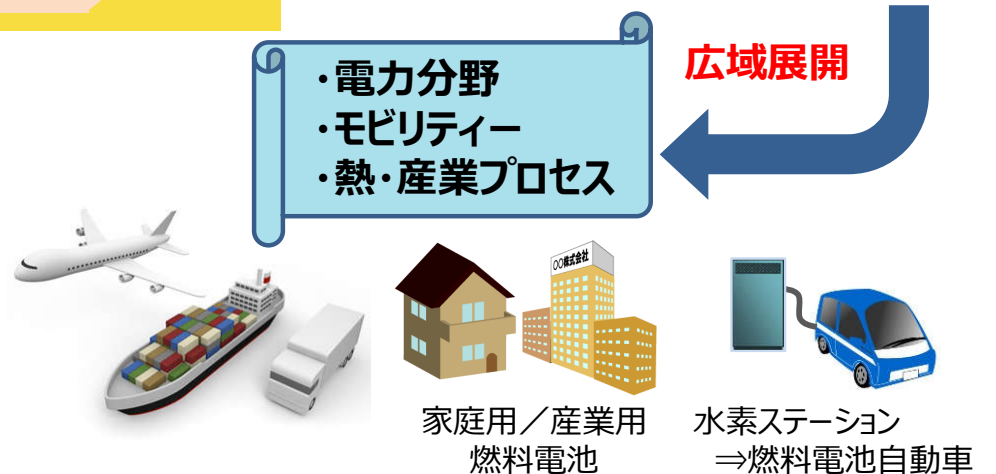
炭素耕作による燃料生産技術の確立



■ 多様なバイオマス変換技術の一体的開発
技術融合・技術革新

- ※中長期：CO₂フリー水素生産プロセス
- ※短中期：液体燃料SAF生産プロセス

東南アジアとの連携による技術実証データに基づき、**経済性・環境性・社会受容性を定量的に評価**し、社会実装の実現性が高いシステムを選抜する。



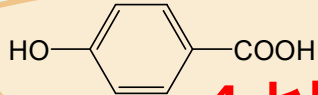
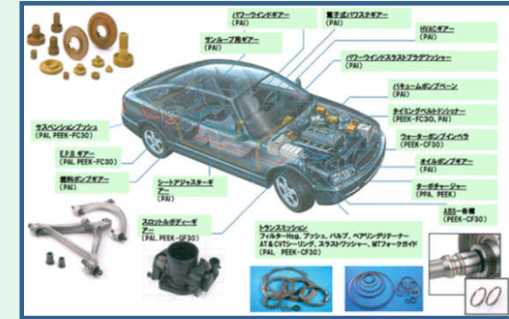
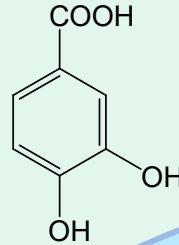
市場分類

エンプラ

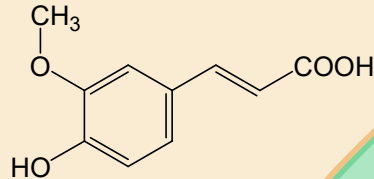
・家電製品の部品
や車載部品等の
機構部分に多用



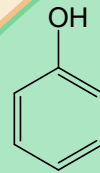
プロトカテク酸



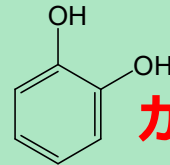
4-ヒドロキシ安息香酸



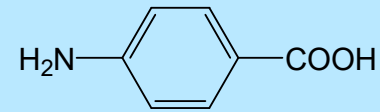
フェルラ酸



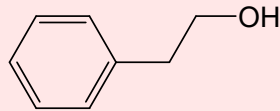
フェノール



カテコール



p-アミノ安息香酸



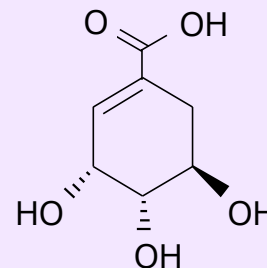
2-フェニルエタノール

香料・化粧品

・高付加価値、
高価格
・市場拡大傾向



シキミ酸



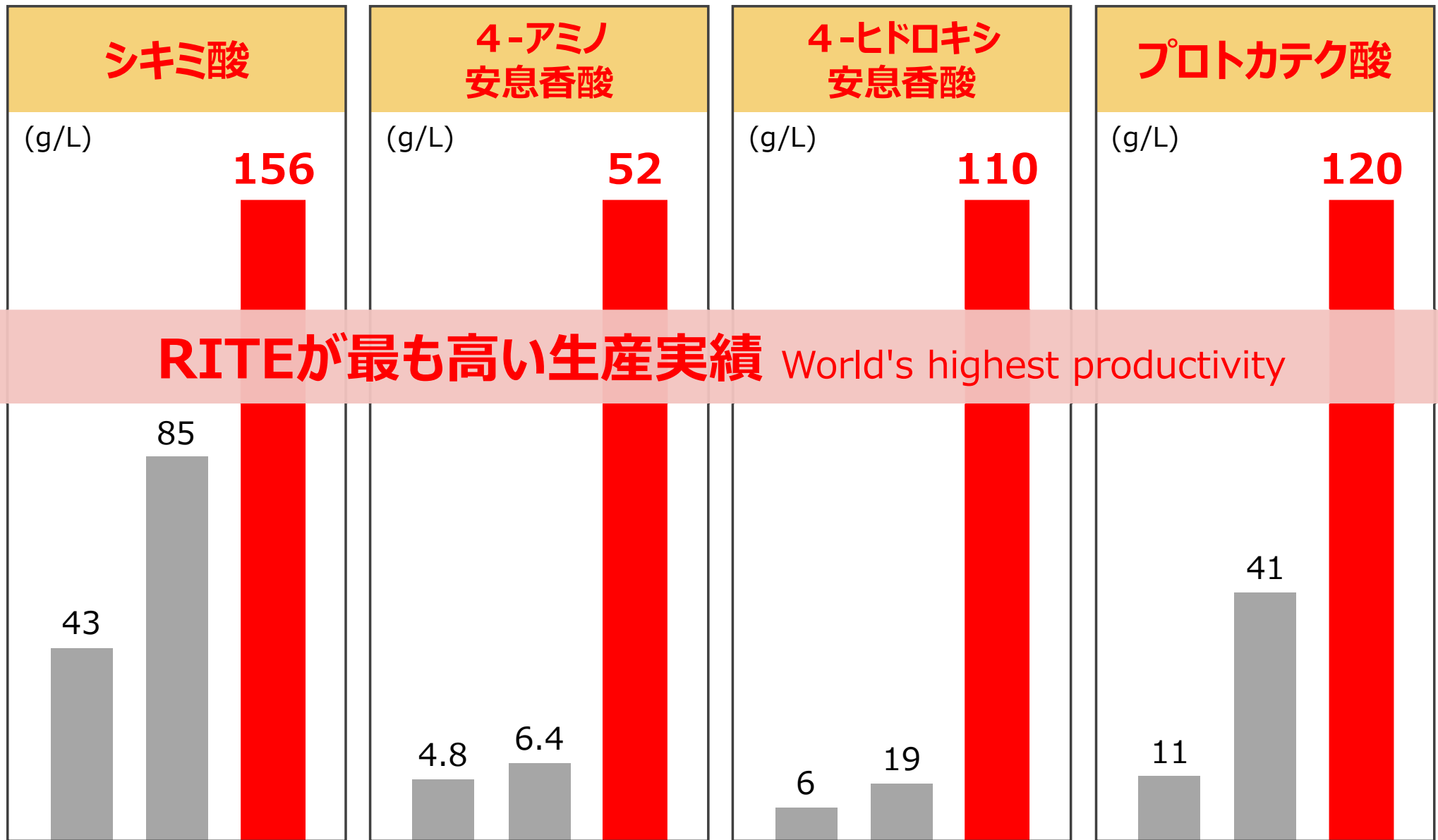
医薬原料

・高付加価値
・ニッチだが、
手堅い



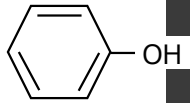
RITEの競争力

(競合研究との生産濃度比較)

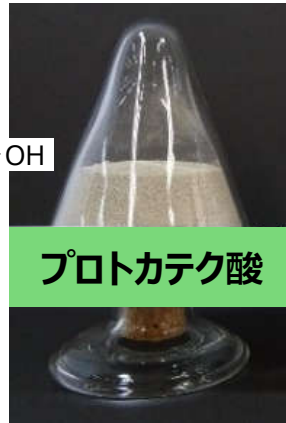
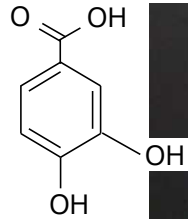


パイロットプラントで生産試験

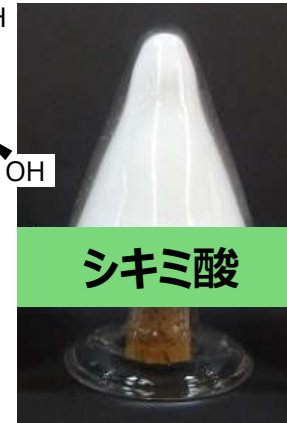
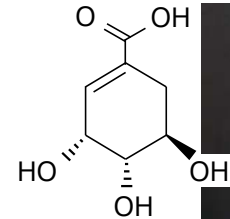
開発品



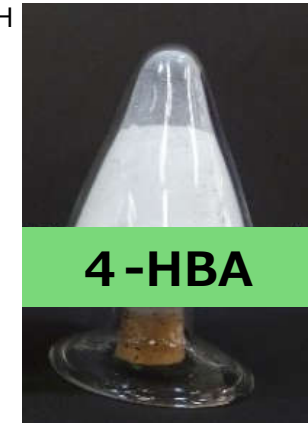
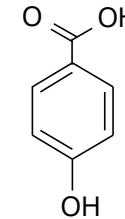
フェノール



プロトカテク酸



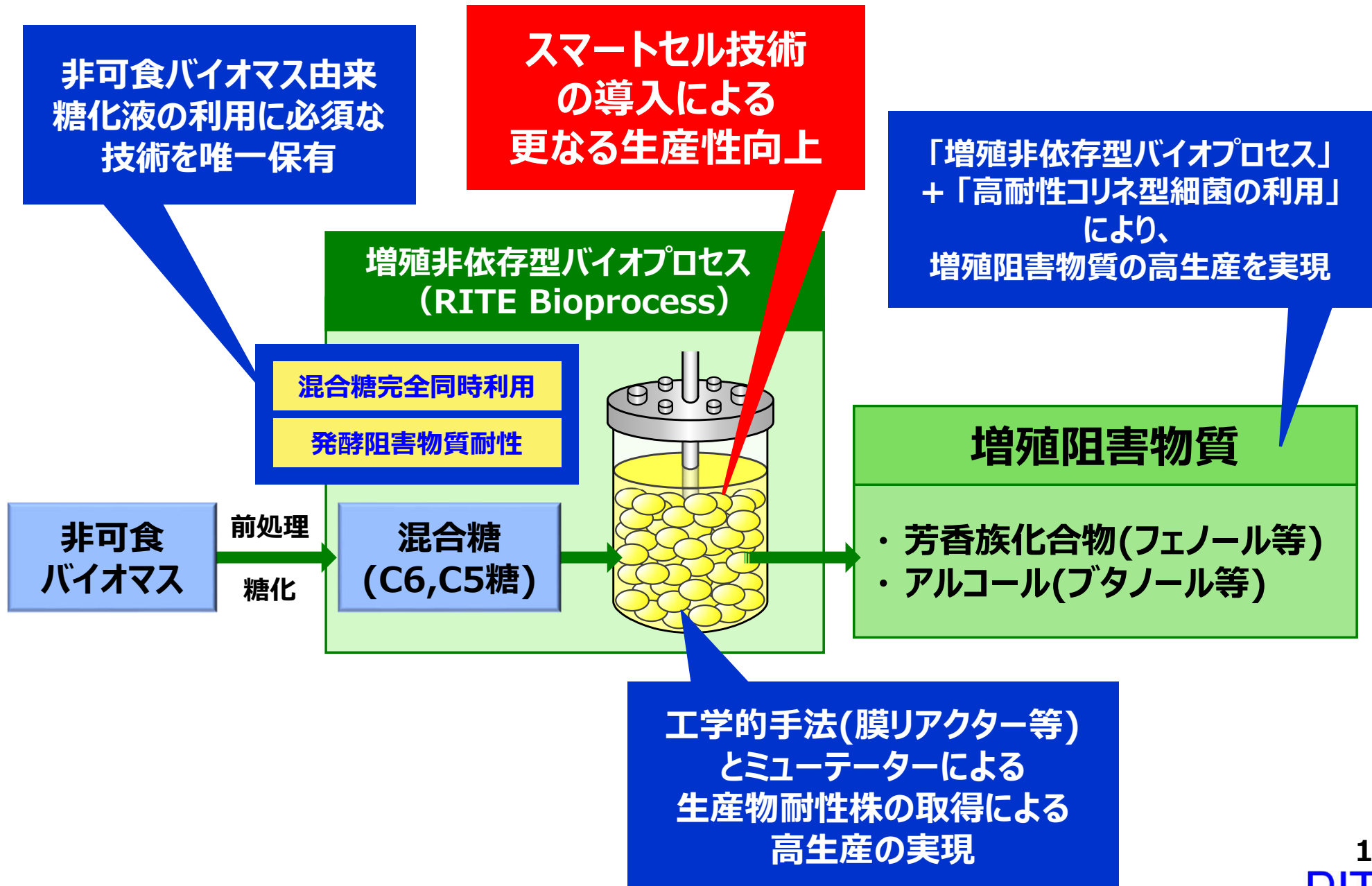
シキミ酸



4-HBA

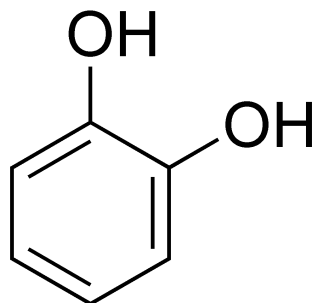


増殖阻害物質の高生産技術開発の戦略

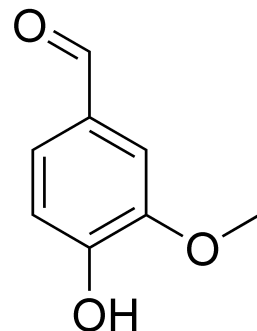


カテコール用途

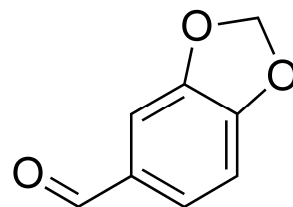
カテコール



香料原料

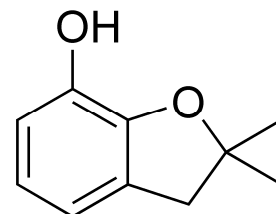


バニリン



ヘリオトロピン

農薬原料



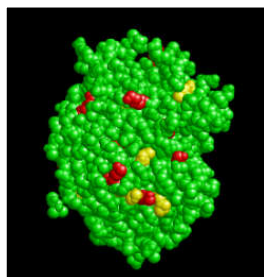
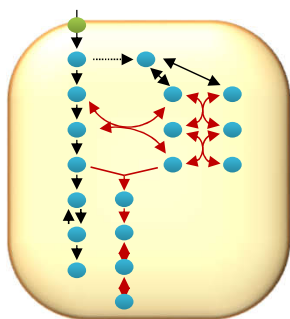
カルボフラン
フェノール



特にバイオ由来香料に高い需要がある

カテコール生産

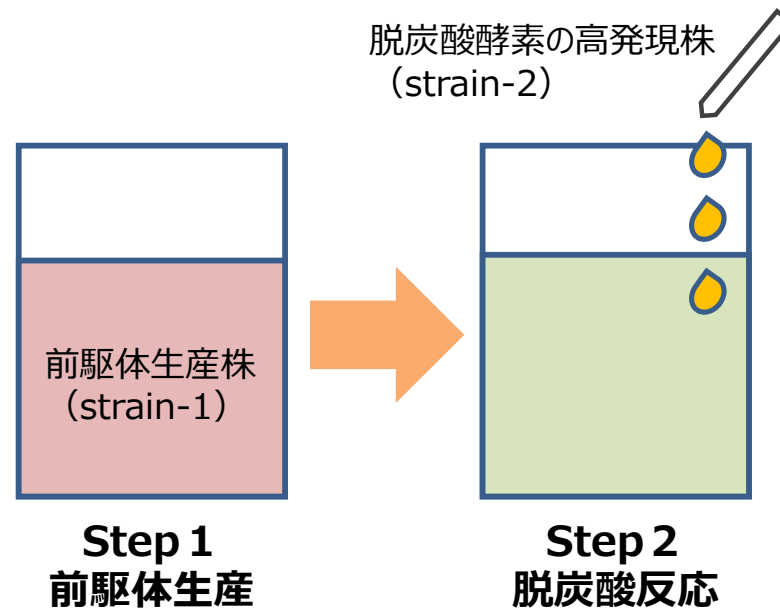
スマートセル育種技術



- 代謝経路設計
- 配列設計
- ターゲットプロテオーム
- 輸送体探索
- 文献情報からの改変提案 など

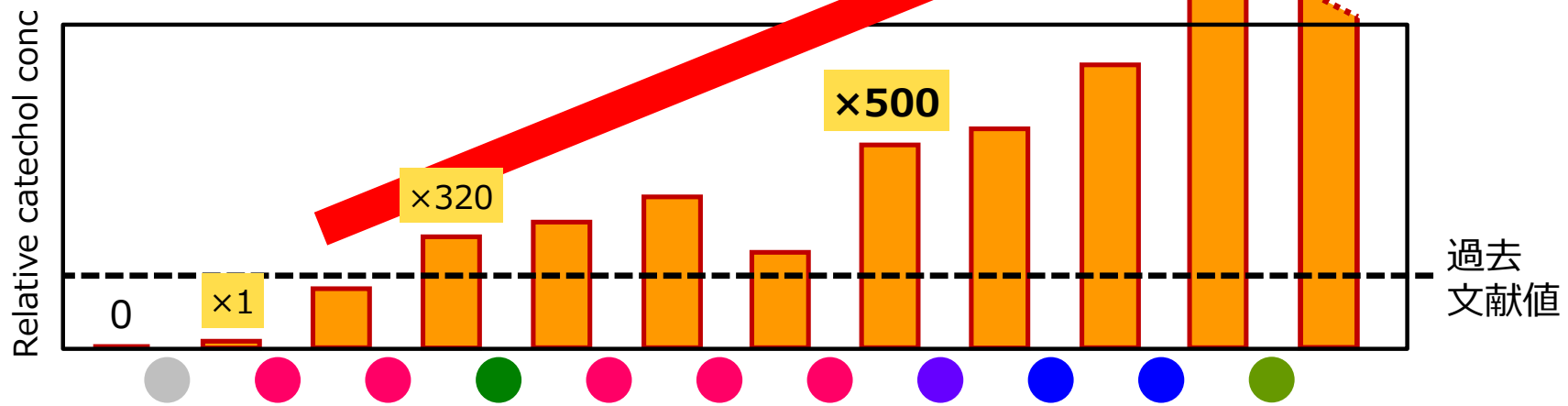
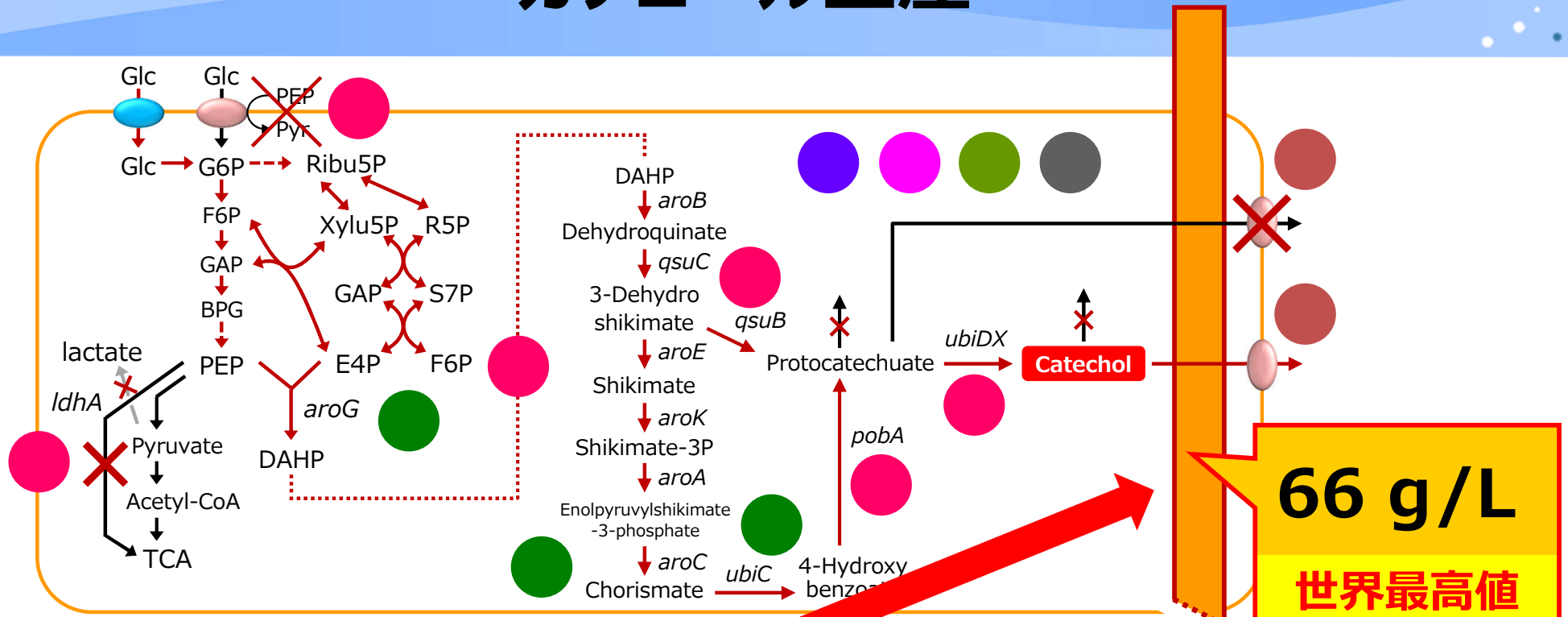
工学的プロセス技術

(二段階反応の例)



化合物毒性耐性に優れたコリネ型細菌を宿主として、
スマートセル育種技術と工学的プロセス技術の組み合わせにより
細胞毒性が極めて強いカテコールの飛躍的な高生産を実現

カテコール生産



生産技術を順次積み重ねることにより
66 g/Lのカテコール生産を達成

カテコールの生産性比較

遺伝子構成	手法	生産濃度	グループ、報告例
<i>Escherichia coli</i>	フラスコ	2.0 g/L	Draths KM and Frost JW, <i>JACS</i> , 1995.
<i>Escherichia coli</i>	ジャーファーマンター	4.2 g/L	Li W et. al, <i>JACS</i> , 2005.
<i>Escherichia coli</i>	ジャーファーマンター 樹脂吸着	8.5 g/L	Li W et. al, <i>JACS</i> , 2005.
<i>Escherichia coli</i>	フラスコ Batch	0.4 g/L	Balderas-Hernández VE et. al., <i>Microb. Cell Fact.</i> , 2014.
<i>Escherichia coli</i>	ジャーファーマンター Fed-batch	4.5 g/L	3 Balderas-Hernández VE et. al., <i>Microb. Cell Fact.</i> , 2014.
<i>Corynebacterium glutamicum</i>	ジャーファーマンター 2段	66 g/L	RITE バイオ研究グループ

最も高い生産濃度を達成

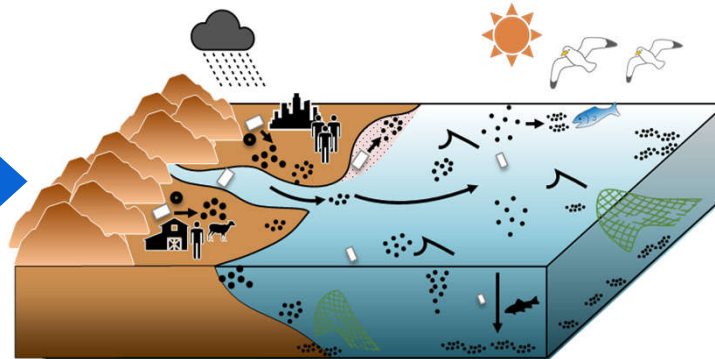
ムーンショット型研究開発事業

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 プラスチック 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

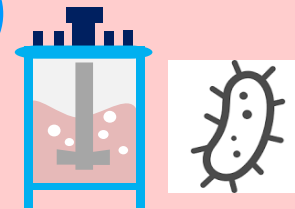
マルチロック型
プラスチック
タイヤ
漁網・釣具

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

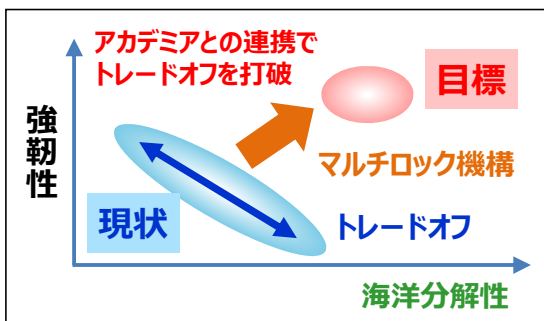


非可食性
バイオマス

光合成

CO₂

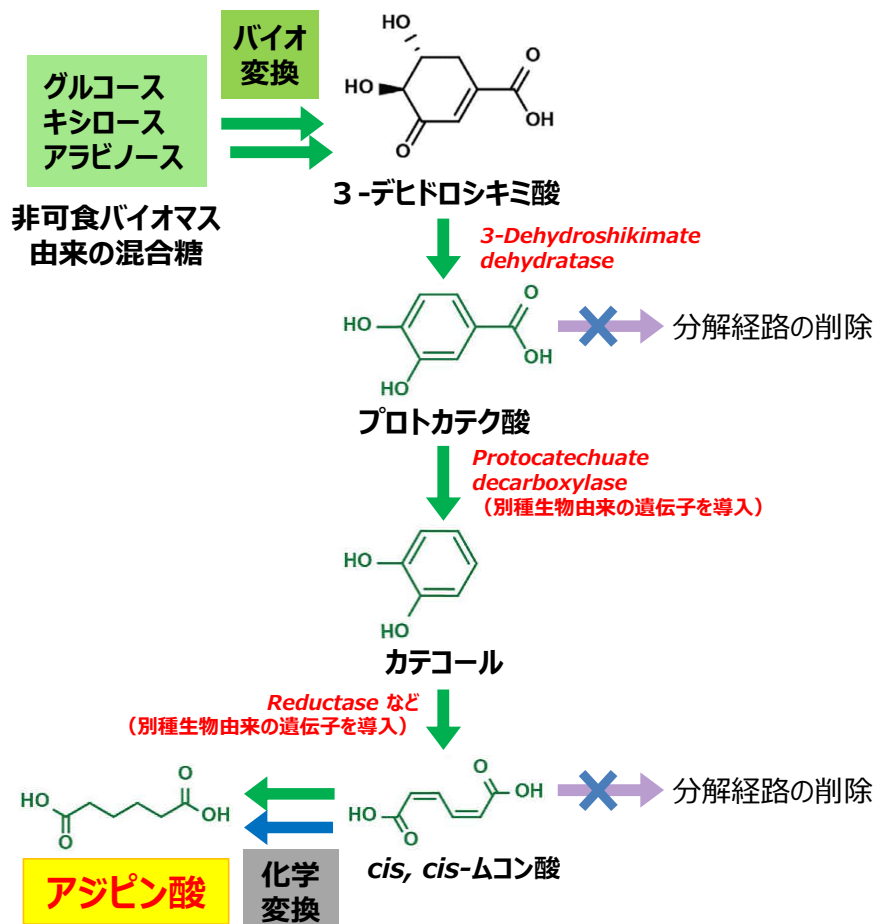
H₂O



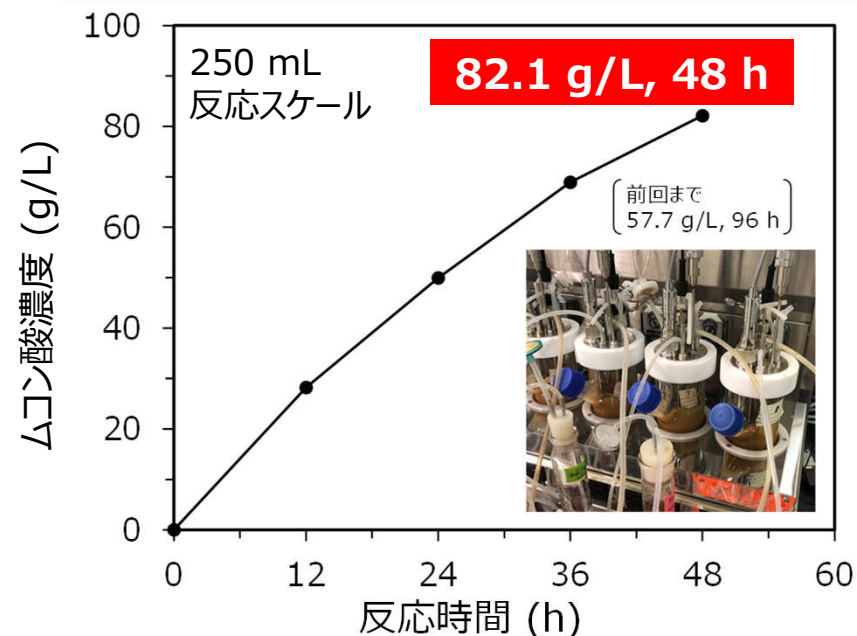
非可食性バイオマス原料からアジピン酸 前駆体であるcis,cis-ムコン酸のバイオ生産

- 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。

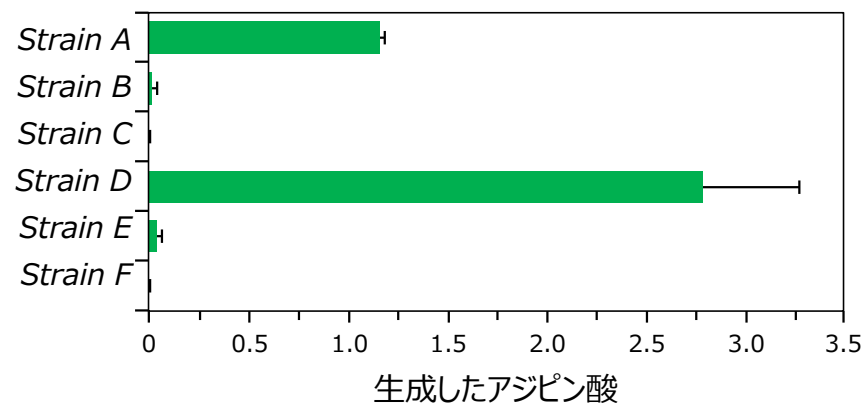
アジピン酸の人工代謝経路



前駆体cis,cis-ムコン酸の生産



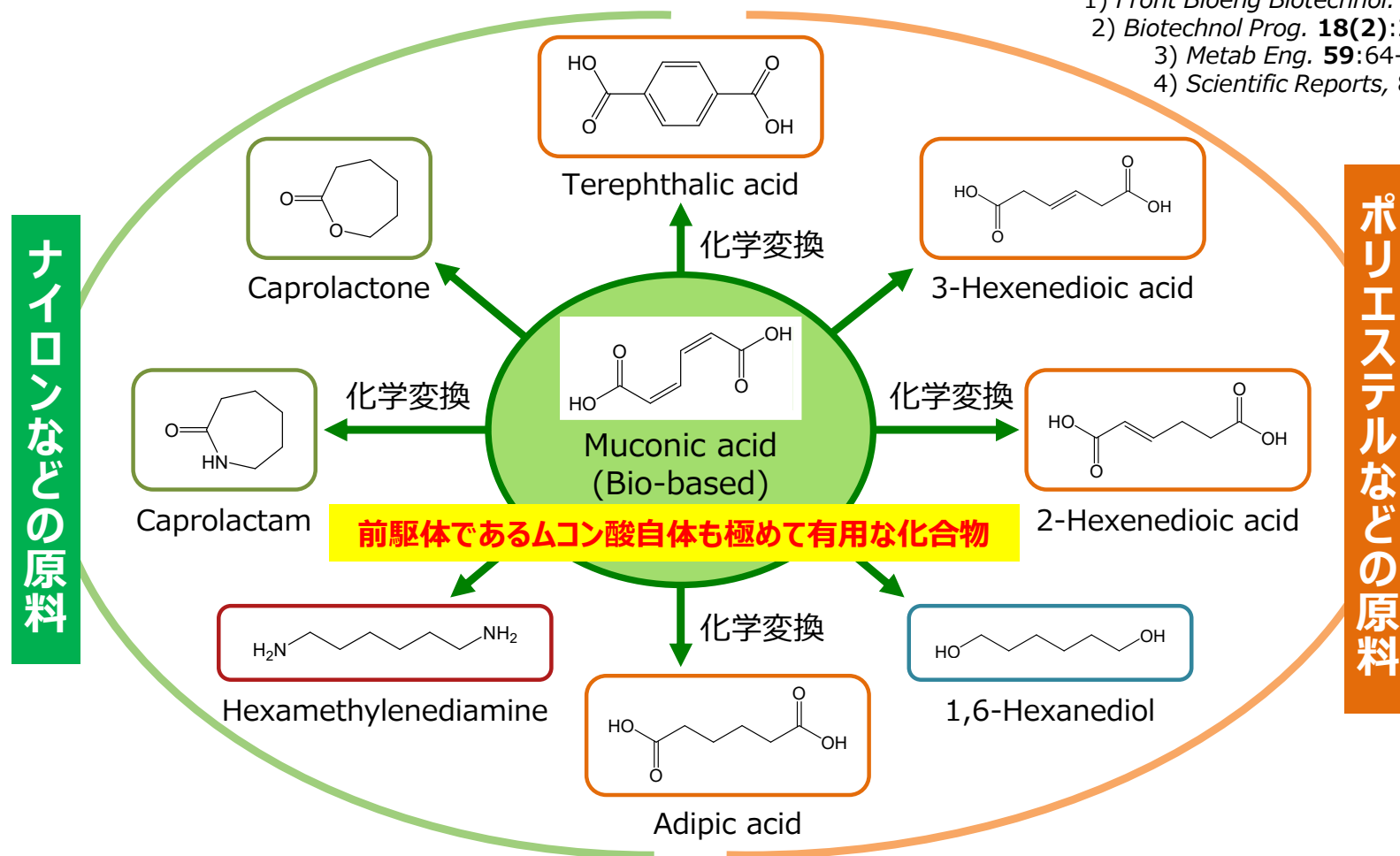
アジピン酸生成酵素の探索



cis, cis-ムコン酸の生産性比較と広い用途

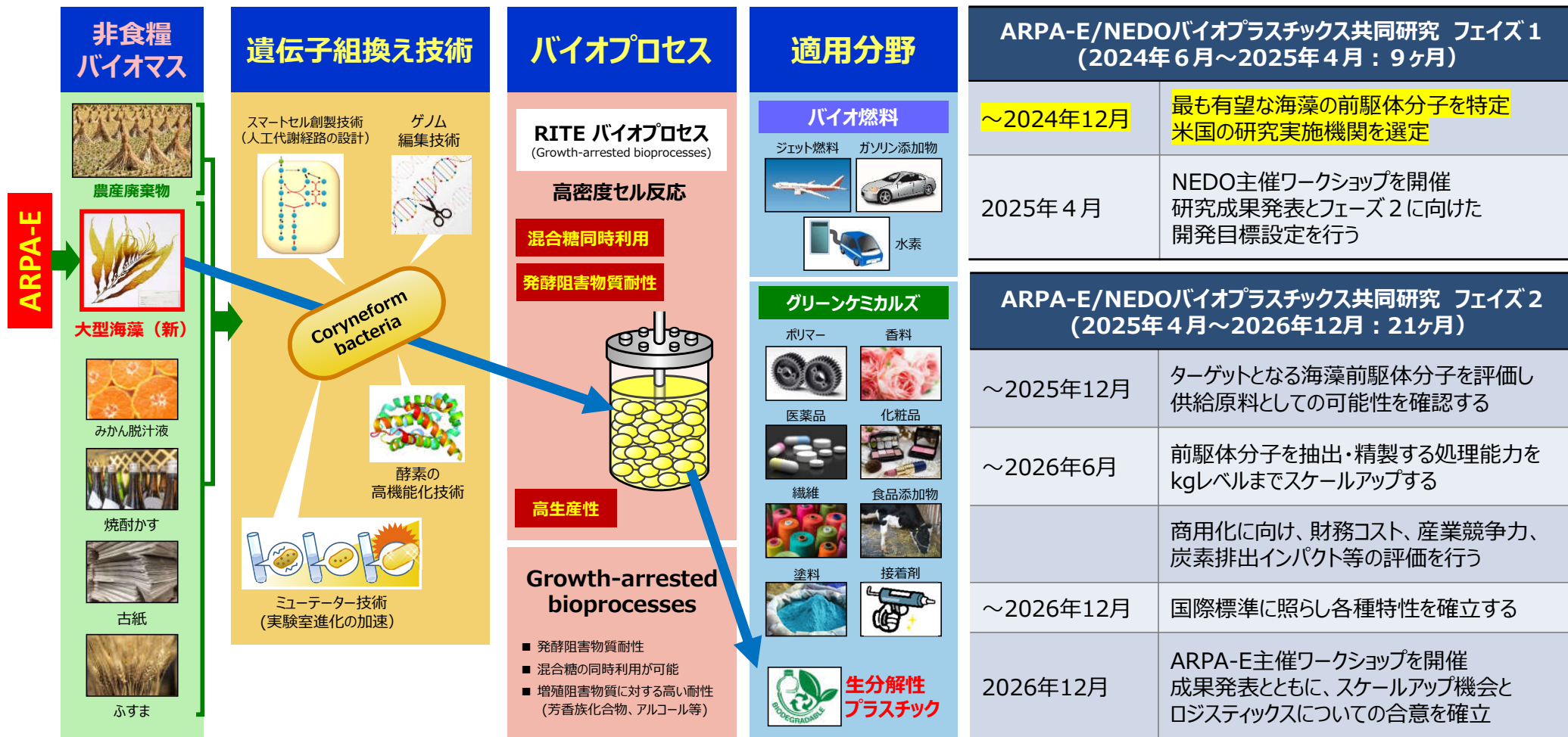
宿主	生産量	時間	研究グループ
<i>Escherichia coli</i> ¹⁾	64.5 g/L	120 h	Choi <i>et al.</i> , 2019. (インハ大、韓国)
<i>Escherichia coli</i> ²⁾	36.8 g/L	48 h	Niu <i>et al.</i> , 2002. (ミシガン州立大、アメリカ)
<i>Pseudomonas putida</i> ³⁾	22 g/L	104 h	Bentley <i>et al.</i> , 2020. (国立再生可能エネルギー研究所、アメリカ)
<i>Corynebacterium glutamicum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



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)**

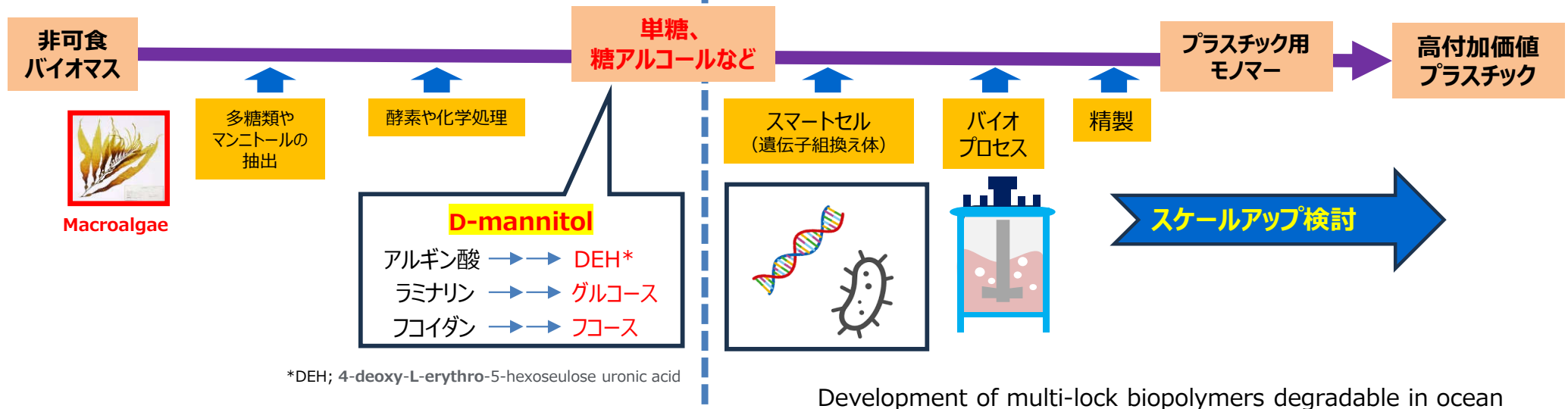
米国ARPA-Eとの国際連携

ARPA-E (US)

大型藻類 → 単糖類 や マンニトール

NEDO (MS, Japan)

マンニトールなど → **ムコン酸** → 高付加価値プラスチック

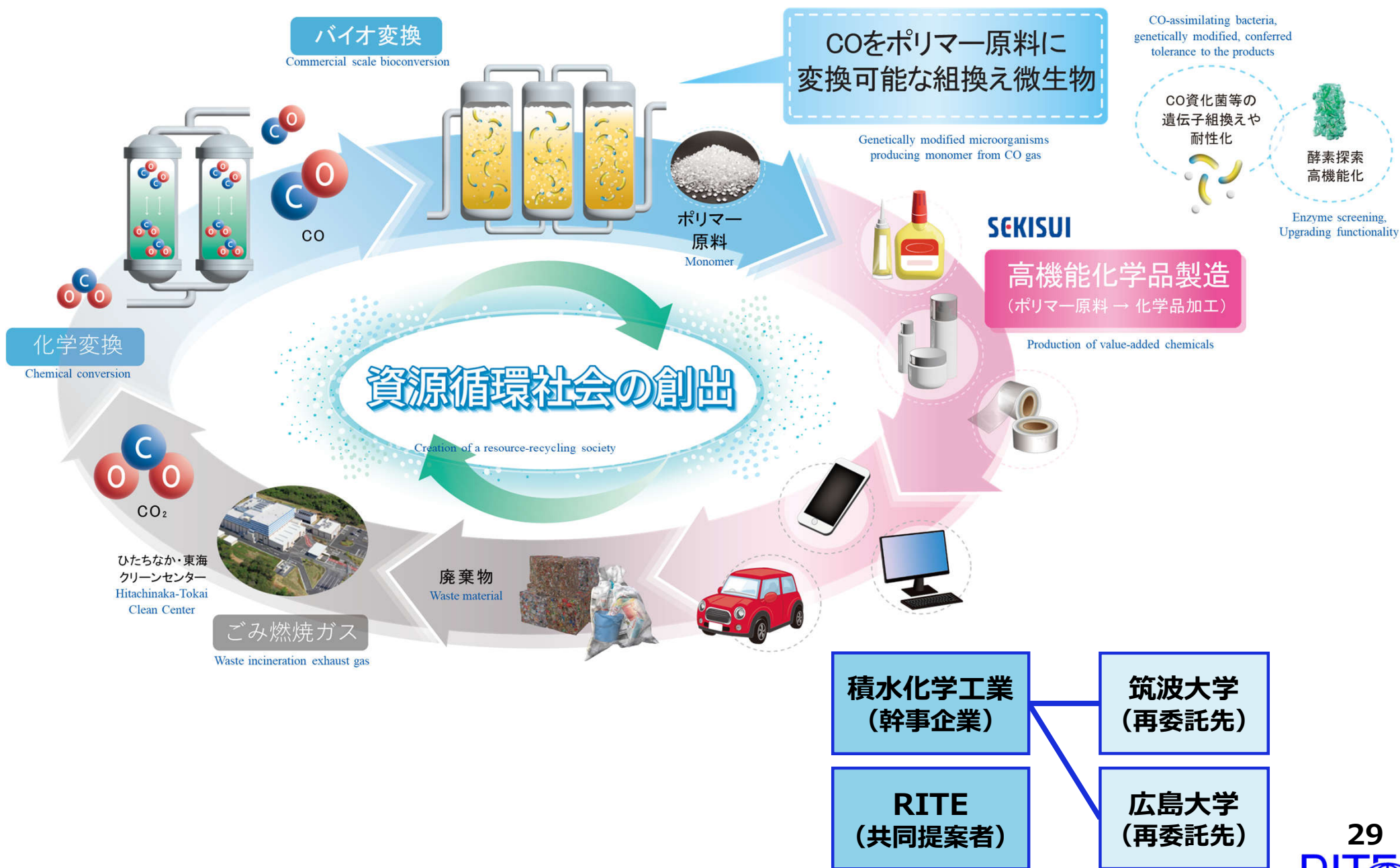


- 最も有望な前駆体分子として、大型藻類由来の構成単糖の中からマンニトールを選定
- マンニトールからバイオ生産する標的化合物として、*cis,cis*-ムコン酸を選定

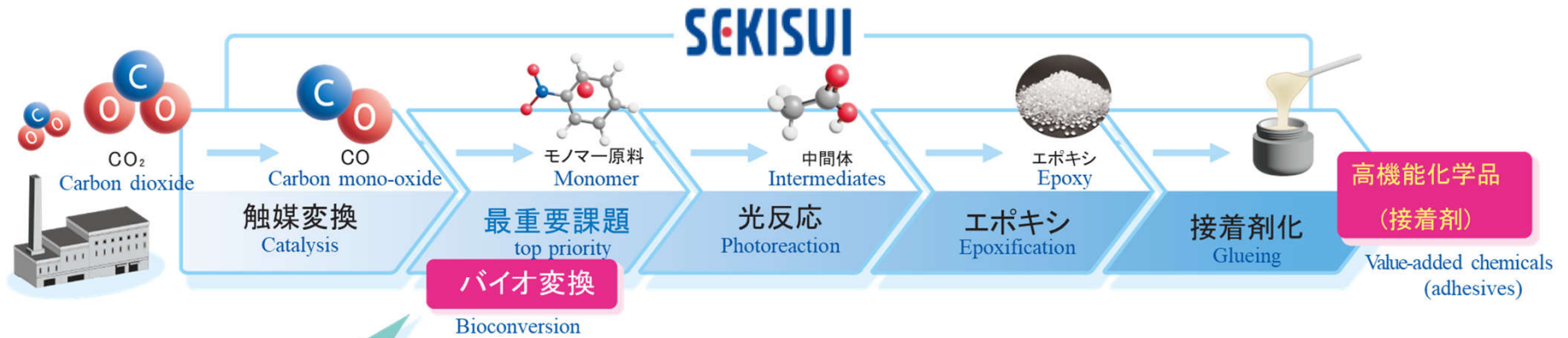
<将来展開>

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 ごみ焼成ガスCO₂から高機能接着剤製造



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

SEKISUI

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

筑波大学
University of Tsukuba

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

広島大学

酵素開発
enzyme development

RITE
Research Institute of Innovative Technology for the Earth

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

SEKISUI

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

筑波大学
University of Tsukuba

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

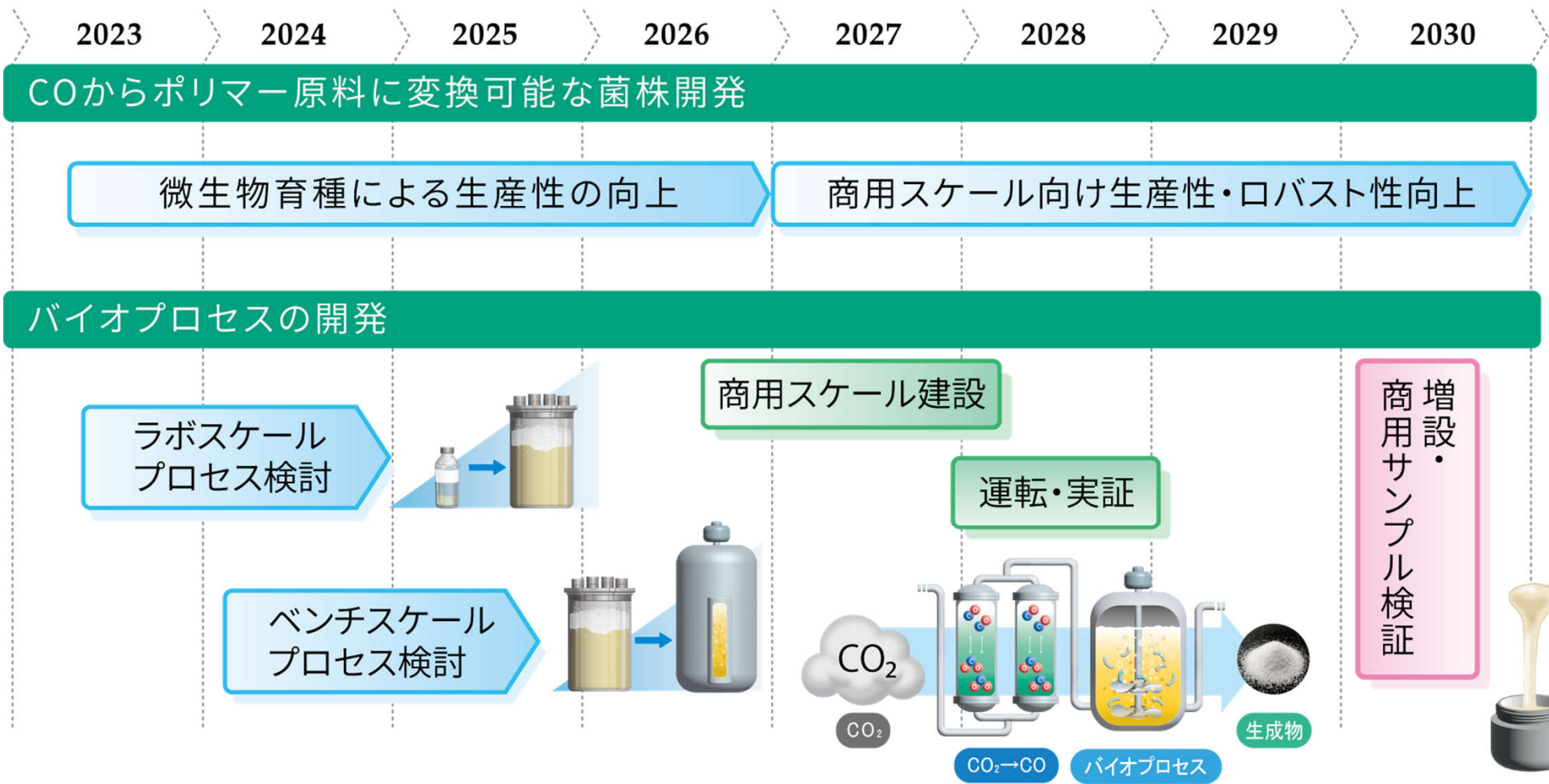
広島大学

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)

RITE
Research Institute of Innovative Technology for the Earth

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10月末完成予定 >

NEDO バイオものづくり革命推進事業

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

NEDO バイオものづくり革命推進事業

事業イメージ

未利用資源から生産困難バイオ製品へのバイオアップサイクリング技術を確立
⇒ 日本のバイオものづくり産業の発展と持続可能な社会づくりに貢献



バイオアップサイクリング

未利用資源

に含まれる多種糖
(従来は効率的利用が困難)

コリネ菌を活用した有用物質変換



高付加価値化合物

従来は細胞毒性により
バイオ生産が困難

未利用資源を利用したバイオものづくり製品の 社会実装における2つの技術課題

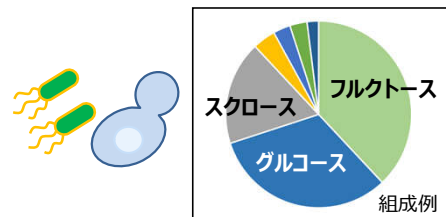
入口の課題

未利用資源由来原料に含まれる 糖源の利用効率が低い

未利用原料: キシロース、フルクトース、スクロース、その他を
グルコース以上に含む。発酵阻害物質を含む。

他グループの従来型生産菌

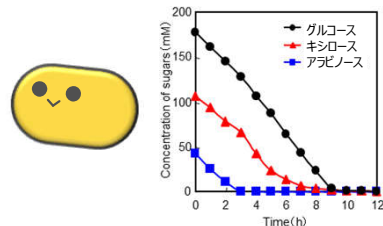
未利用原料は複数糖を含有



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技術
発酵阻害物質耐性

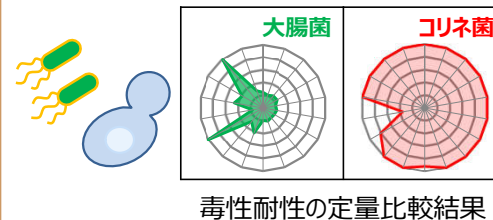
出口の課題

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。
→ 微生物に毒性を示すためごく一部に限定。

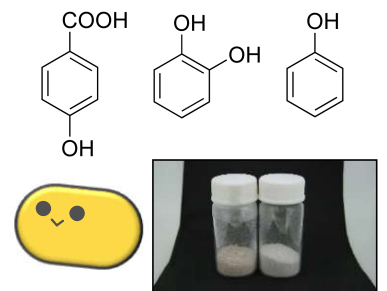
他グループの従来型生産菌

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、代謝設計は
できても高生産ができない

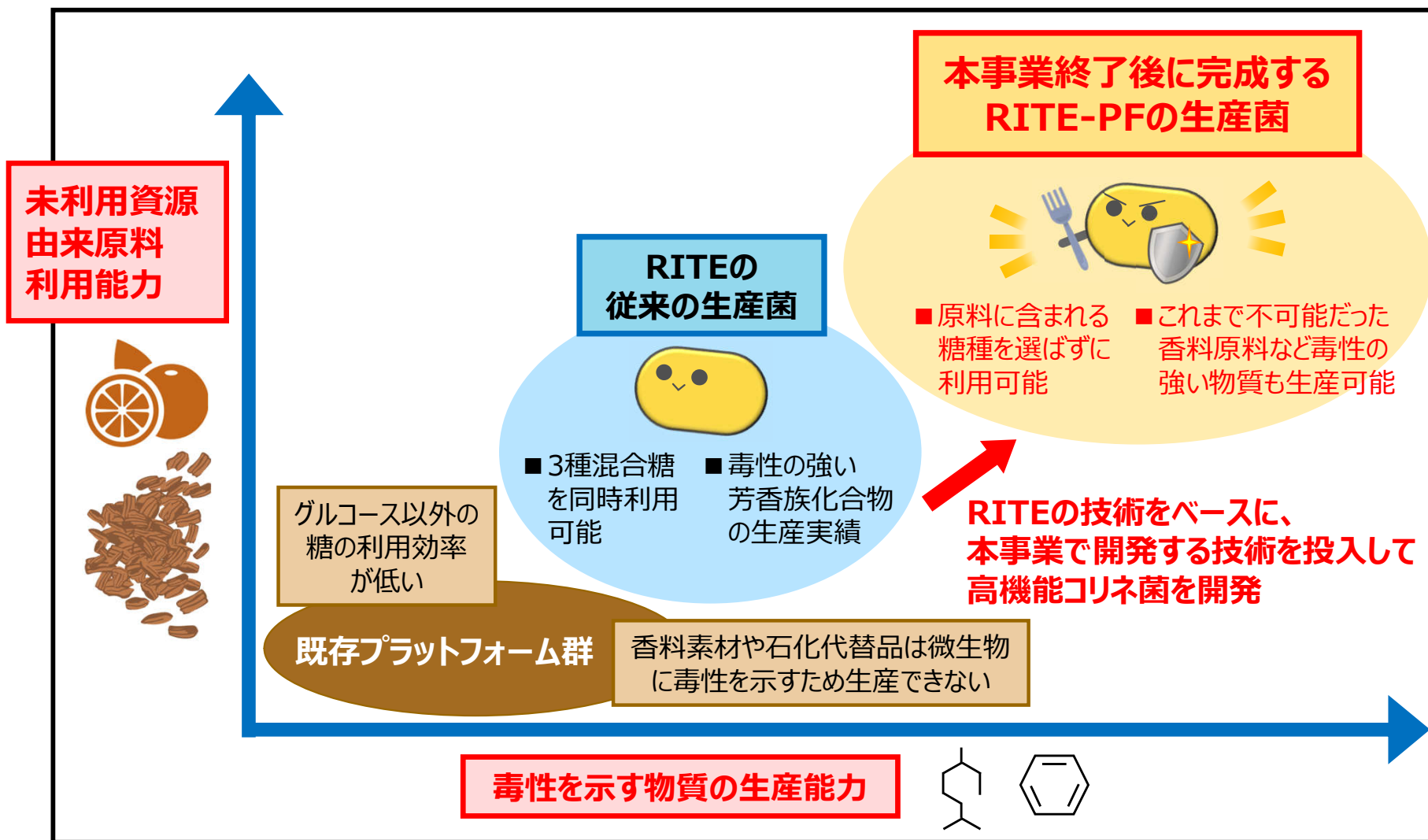
RITEの現状の生産菌



毒性の強い芳香族
化合物の世界最高
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。
- RITEの生産菌は、現時点で優位。
本事業でこの優位性をさらに高め、**世界唯一の能力を獲得。**

NEDO バイオものづくり革命推進事業： 目指す技術



競合他社は真似できない技術的競争力を本事業で確保する

NEDO バイオものづくり革命推進事業

菌株開発プラットフォームを整備

あらゆる未利用資源から、あらゆる有用化学品
を生産する技術を短期間で確立可能

世界でも類を見ない
RITEプラットフォームだけの能力

知識・機能・生産設備を集約して世界唯一のプラットフォームを構築



拠点整備



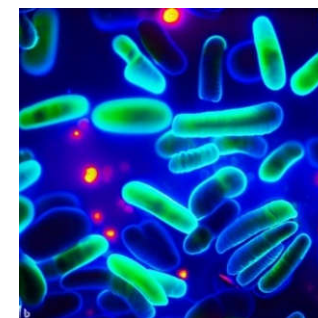
培養技術のDX



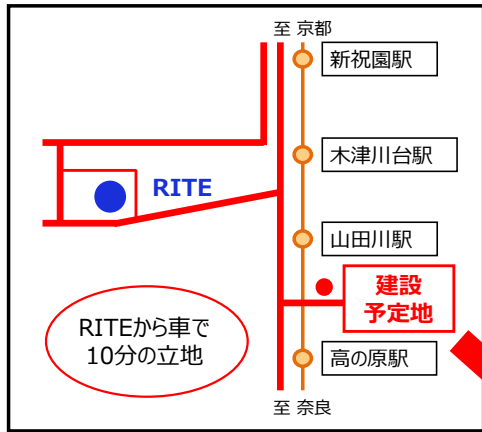
未利用原料対応代謝設計
糖利用能向上設計



高速オミクス解析
高速生産株構築システム



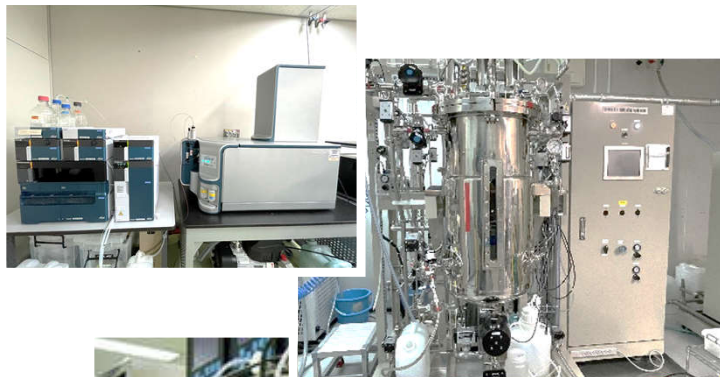
RITE バイオものづくりプラットフォーム拠点



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

< 2025年稼働予定 >

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

