

未来社会を支える温暖化対策技術シンポジウム in 関西
2023年9月21日

バイオものづくり技術による カーボンニュートラル実現に向けた取り組み

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

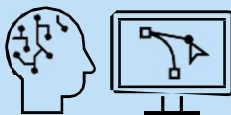
バイオものづくりが可能となる技術的背景

- 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

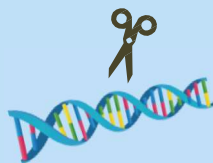
生物情報のデータ化・デジタル化

- 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

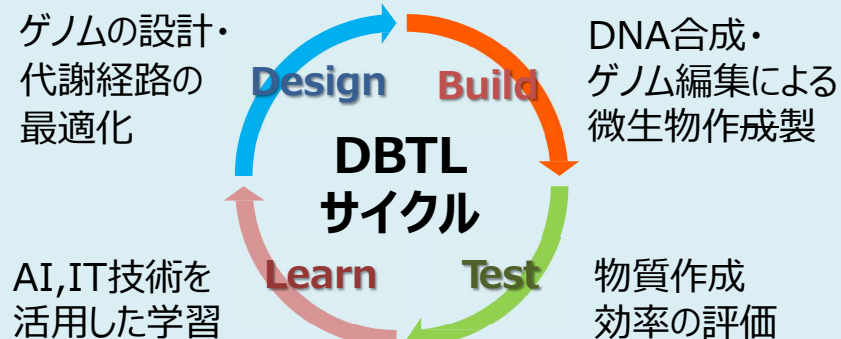


生物機能のデザイン

- 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

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

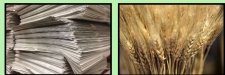


未利用 食品廃棄物等



みかん
脱汁液

焼酎粕



古紙

ふすま



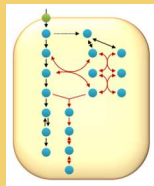
コーヒーかす

CO₂直接利用



遺伝子組換え技術

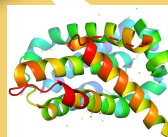
スマートセル創製技術
(人工代謝経路設計)



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

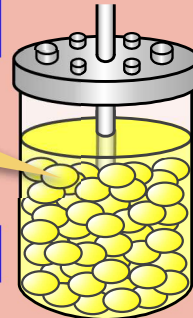
RITE Bioprocess

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



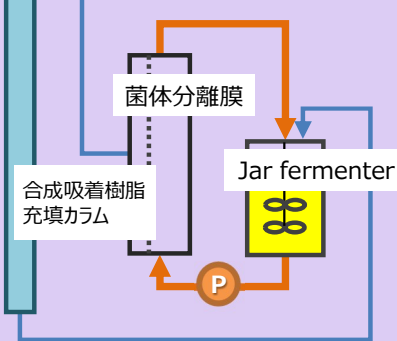
RITEバイオプロセス

- ・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



・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



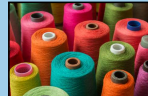
医薬品原料

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

日本におけるバイオものづくりの経緯と現状

【問題意識】

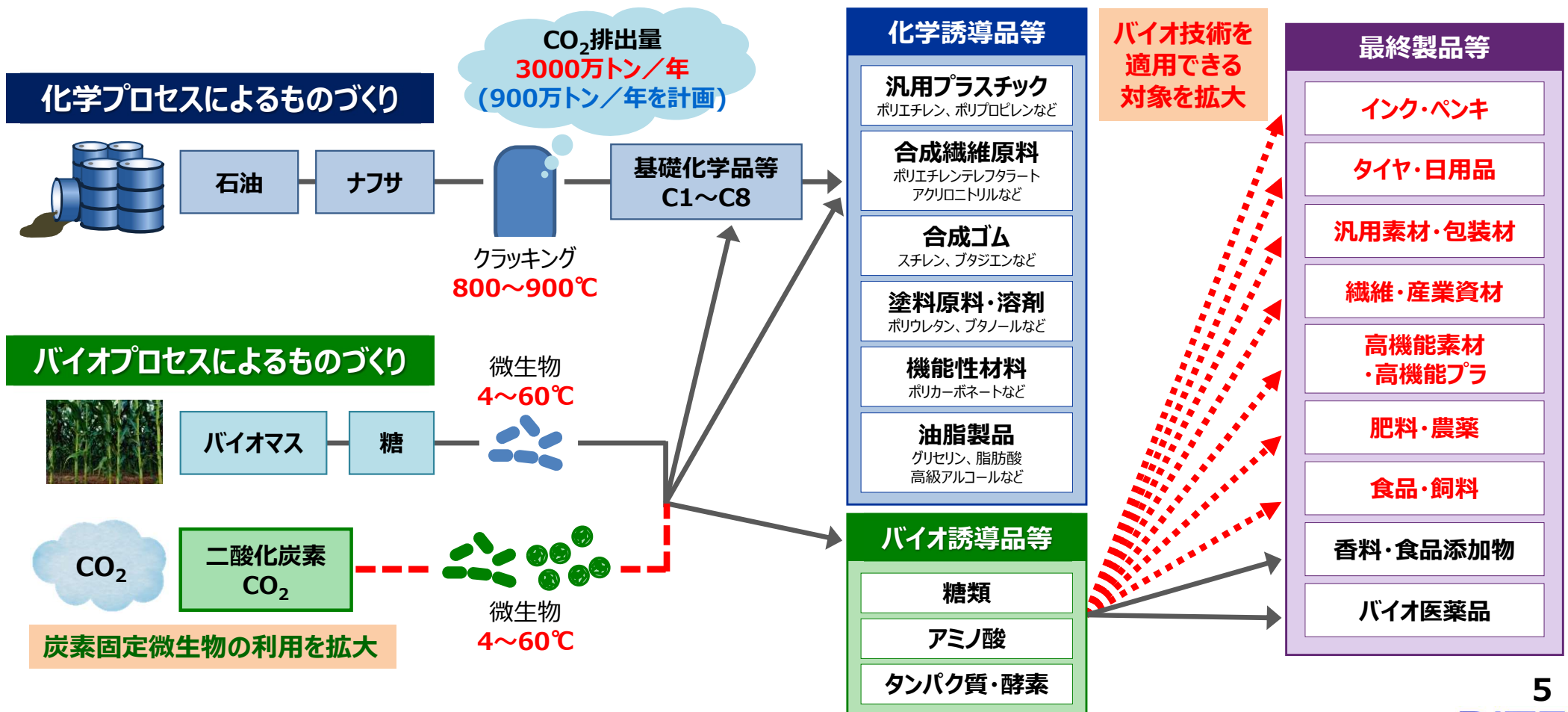
- バイオものづくりは、**資源自律や化石資源依存脱却など地球規模の社会課題解決と経済成長との両立を可能**とするイノベーション。合成生物学、IT・AI等の技術の進展に加えて、地球環境問題への意識の高まりによる化石資源脱却、地政学的リスクによる資源自律の必要性など、実用化に向けて周辺環境が整いつつある中、今後の大幅な市場規模の拡大が見込まれ、**米中でも兆円単位での投資が行われ、競争が激化**。
- 今後、バイオものづくり分野で我が国の産業を興していくためには、**技術開発、具体的なプレイヤー（企業）育成、市場創出のための仕組み作り**等について我が国の強みを精緻に分析・整理した上で、強弱をつけながら、**戦略的に方向性を検討**する必要がある。

【これまでの経緯】

- 政府では、**2019年にバイオ戦略を策定**（2020年に更新）。「2030年に世界最先端のバイオエコノミー社会を実現」することを目標に、「持続的な製造法で素材や資材のバイオ化している社会」を掲げ、各市場領域での取組みを推進。
- 今般、新たな微生物の設計・開発や微生物を用いた製造プロセスの高度化等、必要となる技術開発及び社会実証を行う予算事業として、今般、**グリーンイノベーション基金（GI基金）（1767億円：2023年3月に第一次公募の採択事業者決定）**や**バイオものづくり革命推進基金（3000億円：2023年3月末に公募開始）**を措置。

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

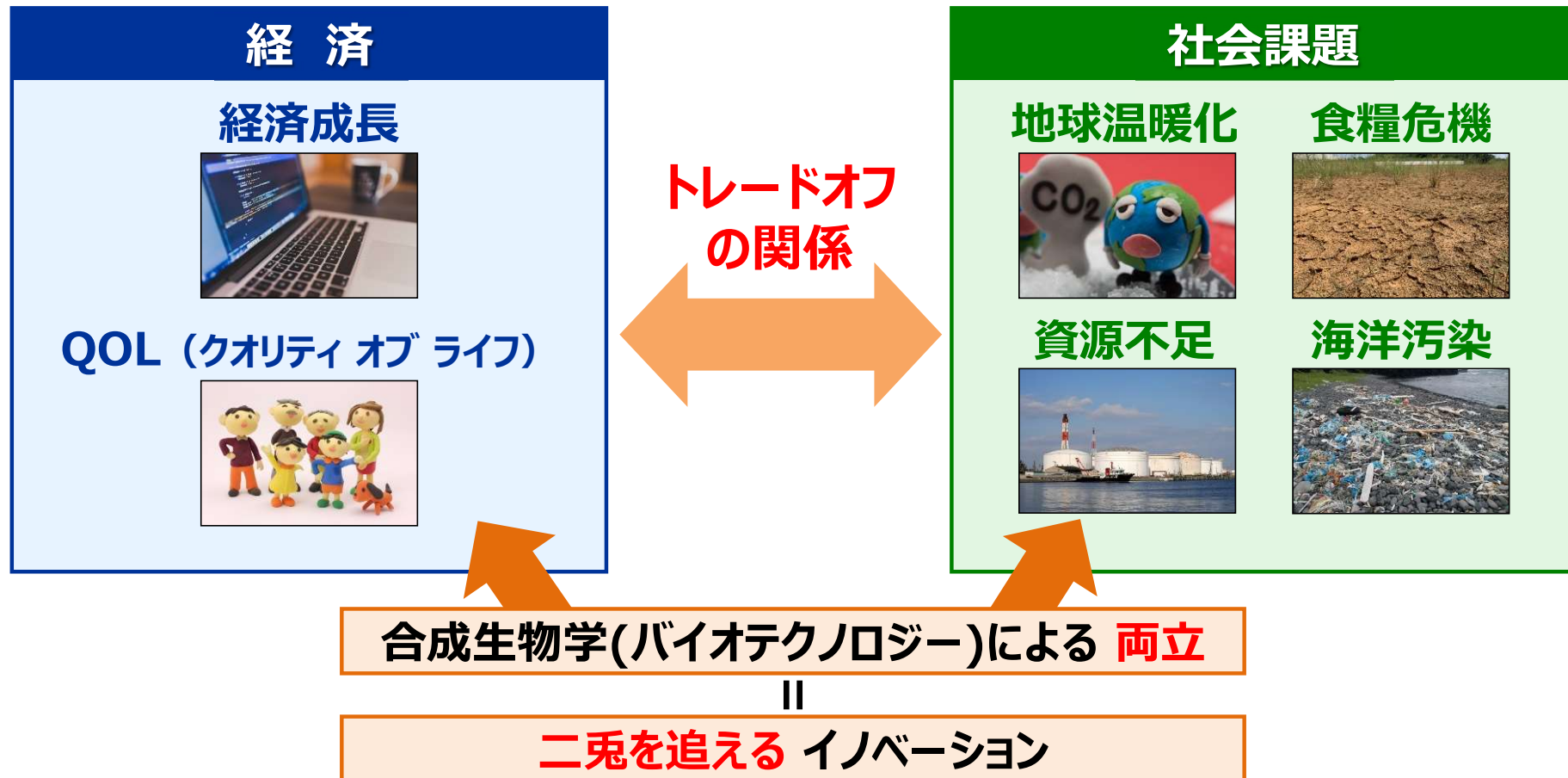
- 化学プロセスは、800℃以上の高温高压条件下でものづくりが行われるが、**バイオプロセス**では、**自然条件下(常温常圧下)**でものづくりが進行し、**CO₂排出量の削減が期待できる**。
- **バイオものづくりでは、化学プロセスとは違い一般的に多段階の反応を重ねる必要がない**ので、**炭素数の多い複雑な物質生産ほど競争力が高い**。一方、バイオで作れる物質数を増やすためには、**目的物質ごとに最適化された微生物の生産株・生産技術を開発する必要がある**。



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)

- Ⅲ. 新しい資本主義に向けた計画的な重点投資
2. 科学技術・イノベーションへの重点的投資
- (3) バイオものづくり

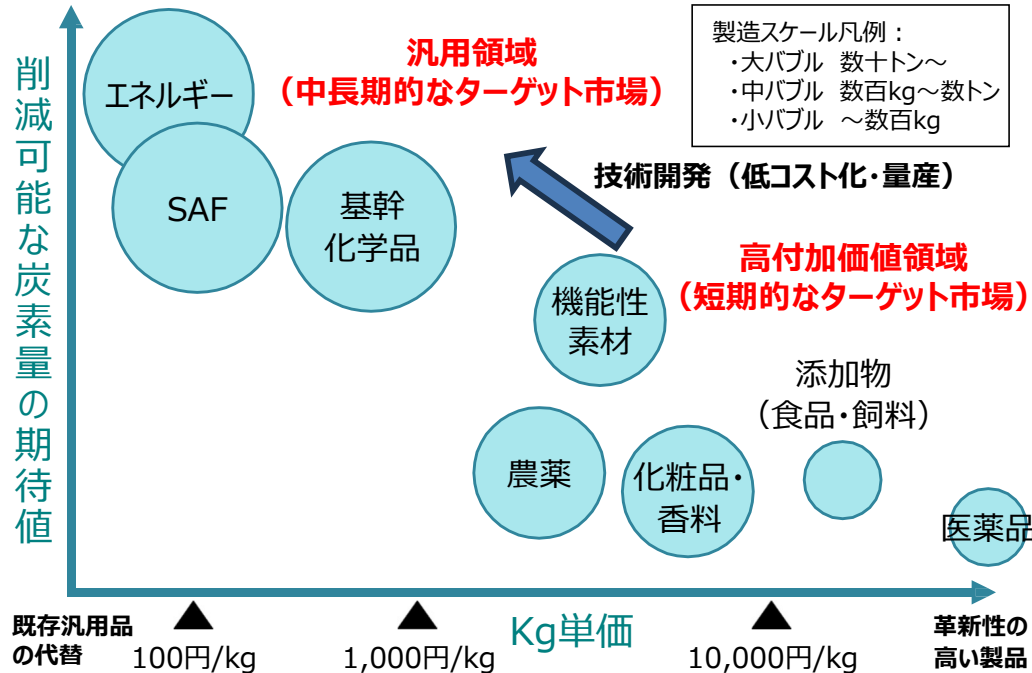
バイオものづくりは、遺伝子技術により、微生物が生成する目的物質の生産量を増加させたり、新しい物質を生産するテクノロジーであり、海洋汚染、食糧・資源不足など地球規模での社会的課題の解決と、経済成長との両立を可能とする、二兎を追える研究分野である。



バイオものづくりによる市場獲得の方向性

- **超大量生産が求められる燃料や基幹化学品等の分野**は、既存の化学品の単価が低く、**当面、バイオプロセスで製造するには投資対効果が見合わない**。一方で、革新的な機能・性能を持つ製品や環境影響等の付加価値が求められる製品等の**高付加価値領域ではバイオ製品のニーズが顕在化**している。
- また、脱炭素に向けて航空燃料からSAFへの転換が求められているように、**社会課題を契機とした規制によって新たに市場が創出され、バイオものづくりの活用につながる**場合もある。
- これらを踏まえると、ターゲットとする市場は、**①まずは高付加価値領域に注力し、②低コスト化や量産・横展開に向けた技術開発と社会課題解決のために必要な規制や市場の在り方の検討を進め、③中長期的に汎用品の市場領域を目指す**ことが重要。

<産業領域別の付加価値インパクト>



重点領域とステップ

- ① 高付加価値領域での製品創出力の強化 (高機能素材・化粧品等)
- ② 技術開発 (低コスト化・量産) 規制や市場の在り方の検討
- ③ 汎用領域 (基幹化学品・エネルギー分野等)

(出所) ADL生物化学産業に係る国内外動向調査を元に経済産業省作成

バイオものづくりを巡る国際競争の活発化

バイオものづくりの分野では、
今後の大幅な市場規模の拡大を見越した巨額の投資が見込まれる。
グローバルでは、**米中で兆円単位の投資が行われる等**、
そうした**投資を自国内に誘導するための産業政策の競争が活発化**している。



米国大統領令（令和4年9月12日）

- バイオものづくりが**今後10年以内に世界の製造業の3分の1を置き換え**、その**市場規模が約30兆ドル（約4000兆円）に達する**と分析。
- **世界中でバイオ分野の技術覇権競争が加速**している状況を踏まえ、バイオものづくりの拡大等に向けて**集中的な投資を行う方針**。

米国における合成生物学ベンチャーへの民間投資額

2019年
約4000億円



2021年
約2兆円
(注1) 1米ドル=110円換算



中国政府によるバイオ関連研究開発の支援例

2021年の米国議会の報告書によれば、中国共産党は、**経済成長及び天然資源不足に対応するため**、バイオ分野の研究開発に**1000億ドル（約11兆円）以上の戦略的な投資**を決定。



山西合成生物産業
エコロジーパーク(山西省)
約1400億円



合成生物技術イノベーション
センター(天津市)
約360億円

欧米における規制誘導等を通じた バイオ製品市場の創設

欧州や米国では、バイオ製品市場の創設を加速化させるため、規制や政府調達を積極的に活用

米国：Bio-Preferred制度



米国農務省では、バイオ由来製品の購買促進を目的に、本制度を、2002年設立、2014年に適用拡大

【政府調達制度】

バイオ由来製品を、連邦政府調達に義務化

USDAが定める97のカテゴリー（139品目）
（洗剤、カーペット、塗料など）について、
全ての連邦政府がバイオ由来製品を購入することを義務づけ。

【表示制度】



欧州：プラスチック・バッグ規制



EU指令により、プラスチック・バッグの規制措置を講ずべきことを指示（2015年）

【フランス】



バイオ素材以外の使用を禁止

2015年再利用可能な厚手のバッグを除き、レジ袋を禁止。野菜・果物の計り売り用のプラスチックバッグは、生分解性かつバイオマス素材のもの※に限り使用可。
※一定量のバイオマス原料使用を義務づけ（2017年30%→2025年60%と含有量増加を義務づけ）
2025/1/1までにプラスチックリサイクル率100%。

【オランダ】

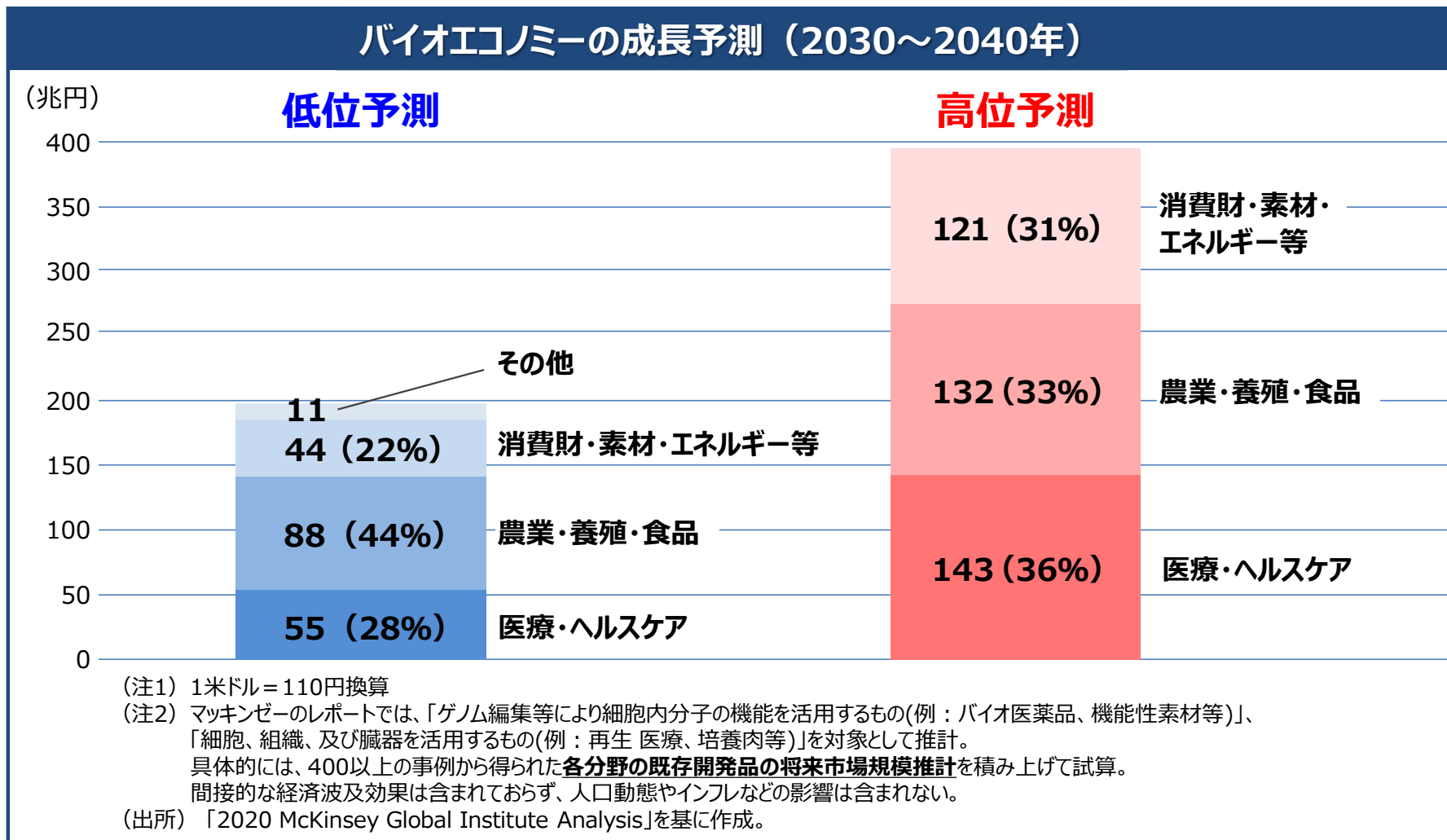


バイオ素材以外に高い課金

課金額として、生分解性のは0.02€以上、ポリエチレン製は0.64€以上とすることを義務づけ。

バイオテクノロジーにより成長が期待される市場分野

- マッキンゼーによる分析では、細胞内分子や細胞、**臓器を活用して物質を生成するバイオエコノミーの世界市場は、2030年～2040年に200兆円から400兆円に達する**と予測している。
- 医療・ヘルスケアに加えて、**素材・エネルギー・食品などの分野でも高い成長**が予測されている。



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

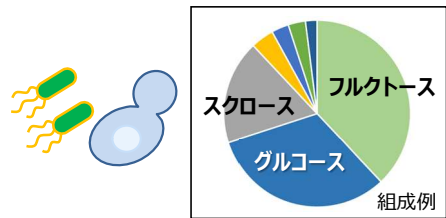
入口の課題

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

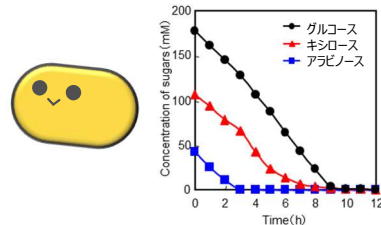
未利用原料は複数糖を含有



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

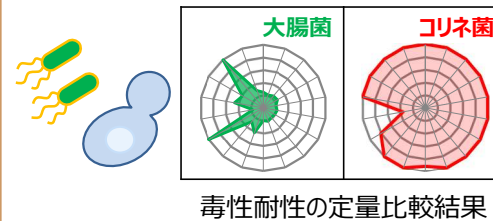
出口の課題

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

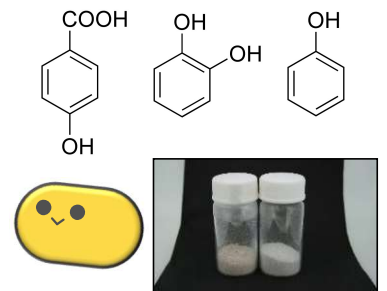
他グループの従来型生産菌

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

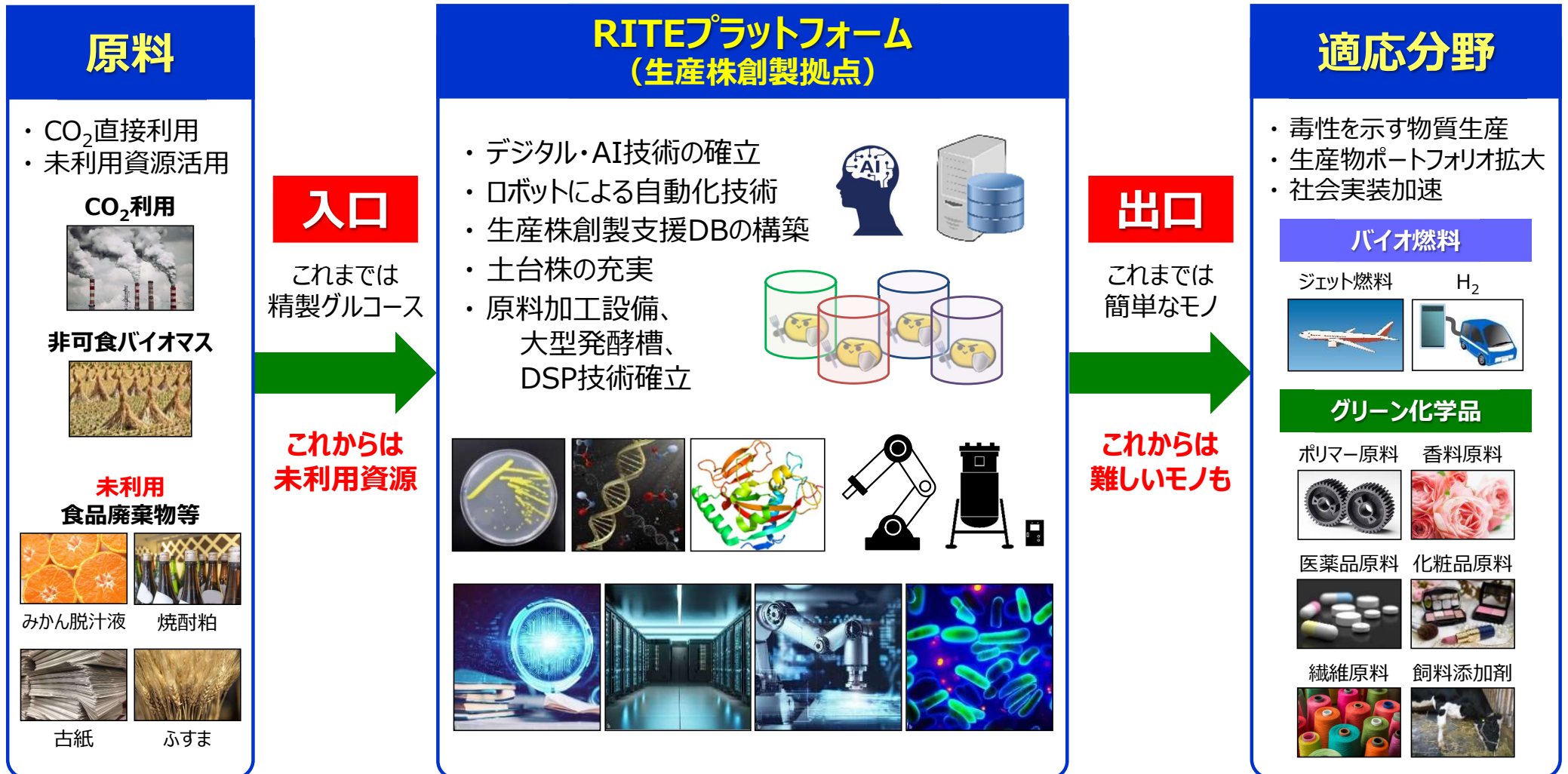


毒性の強い芳香族
化合物の世界最高
濃度生産実績

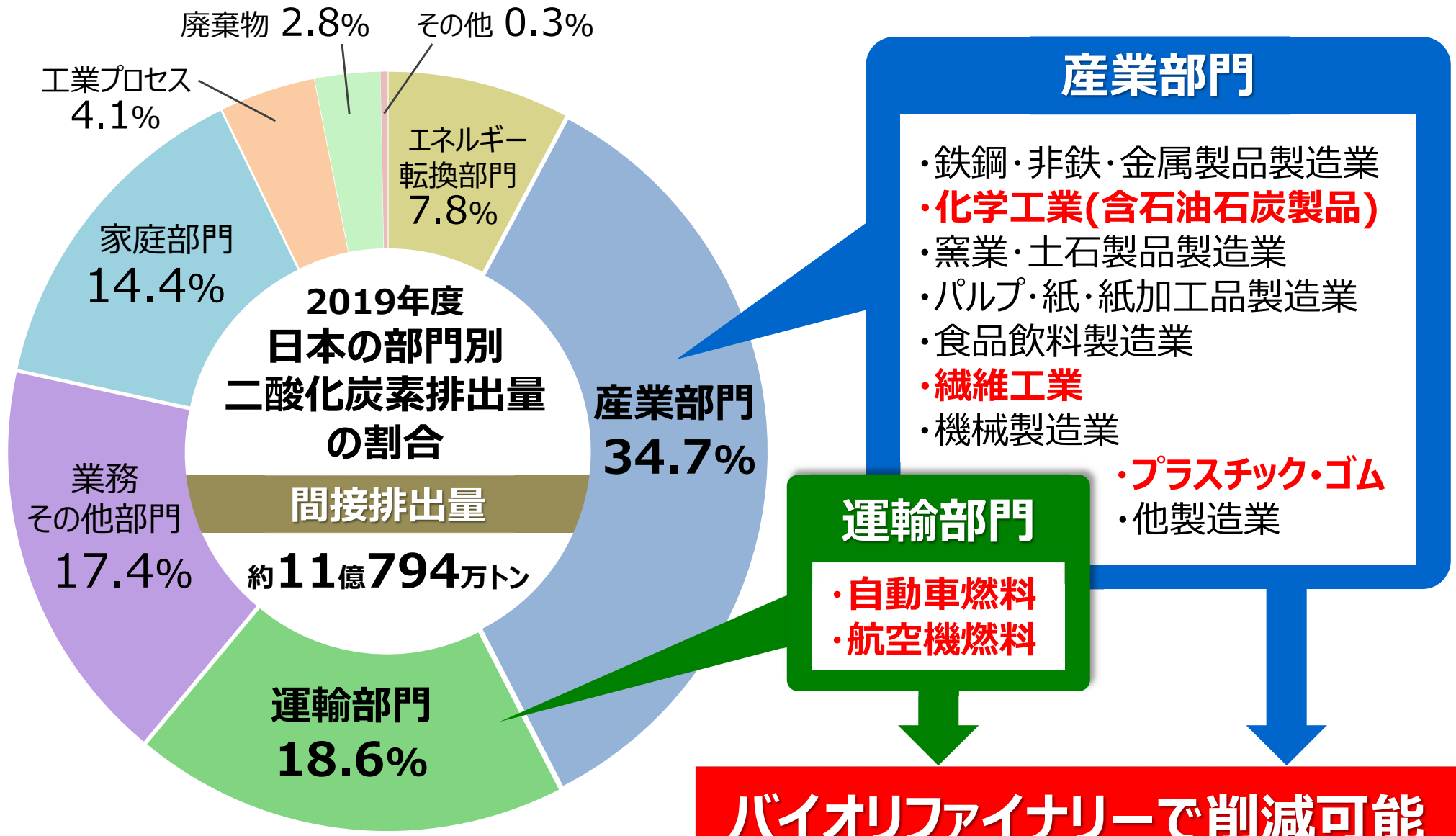
- 2つの課題を解決しない限り真に有用な生産菌の育種と、それを利用した事業化は不可能。
- RITEの生産菌は現時点で優位性有り。
この優位性をさらに高め、**世界唯一の能力を獲得**を目指す。

RITEプラットフォーム

あらゆる未利用資源から、あらゆる有用化学品・燃料を生産する技術を、
従来よりもはるかに短期間で確立可能な**世界唯一のRITEプラットフォーム**の構築を目指す



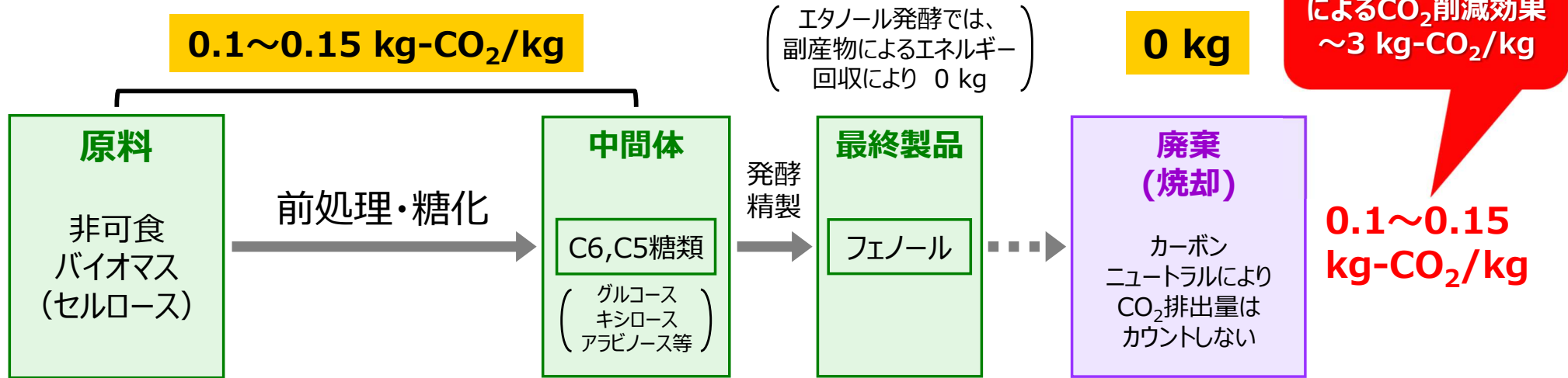
国内CO₂排出量の内訳



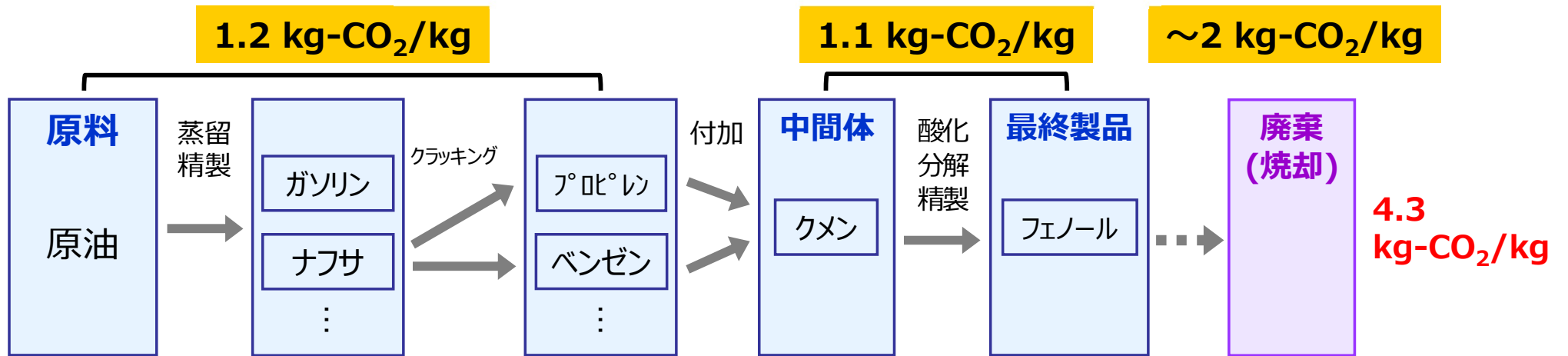
「温室効果ガスインベントリオフィス」資料を参考にRITE作成

グリーンプロセスと石油化学における フェノール製造時のCO₂排出量比

グリーンプロセスによるフェノール製造 1)



石油化学プロセスによるフェノール製造 2)



1) *Journal of Japan Society of Energy and Resources*, **30**:9-14. 2009. AIST論文を参考に作成

2) 経産省 カーボンフットプリント制度試行事業CO₂換算量共通原単位データベースver.4.01 (国内データ) を参考に作成

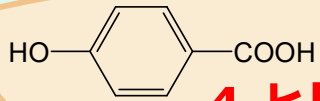
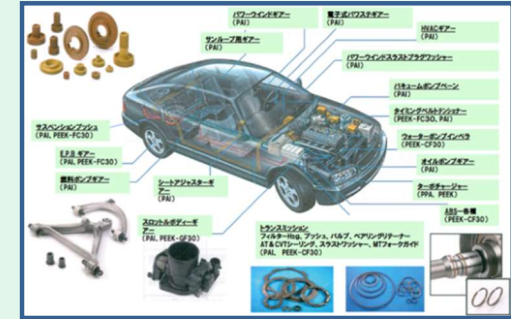
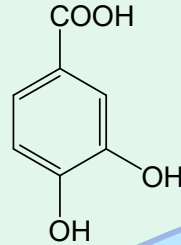
市場分類

エンプラ

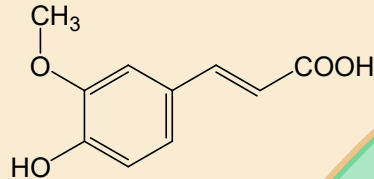
・家電製品の部品
や車載部品等の
機構部分に多用



プロトカテク酸

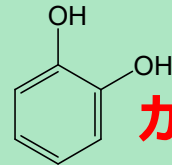
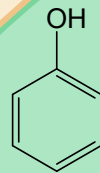


4-ヒドロキシ安息香酸

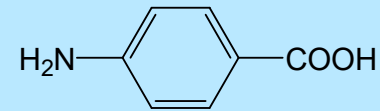


フェルラ酸

フェノール



カテコール



p-アミノ安息香酸



医薬原料

・高付加価値
・ニッチだが、
手堅い



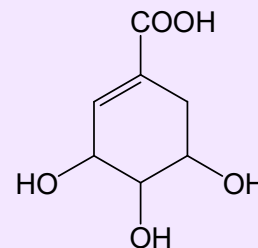
2-フェニルエタノール

香料・化粧品

・高付加価値、
高価格
・市場拡大傾向

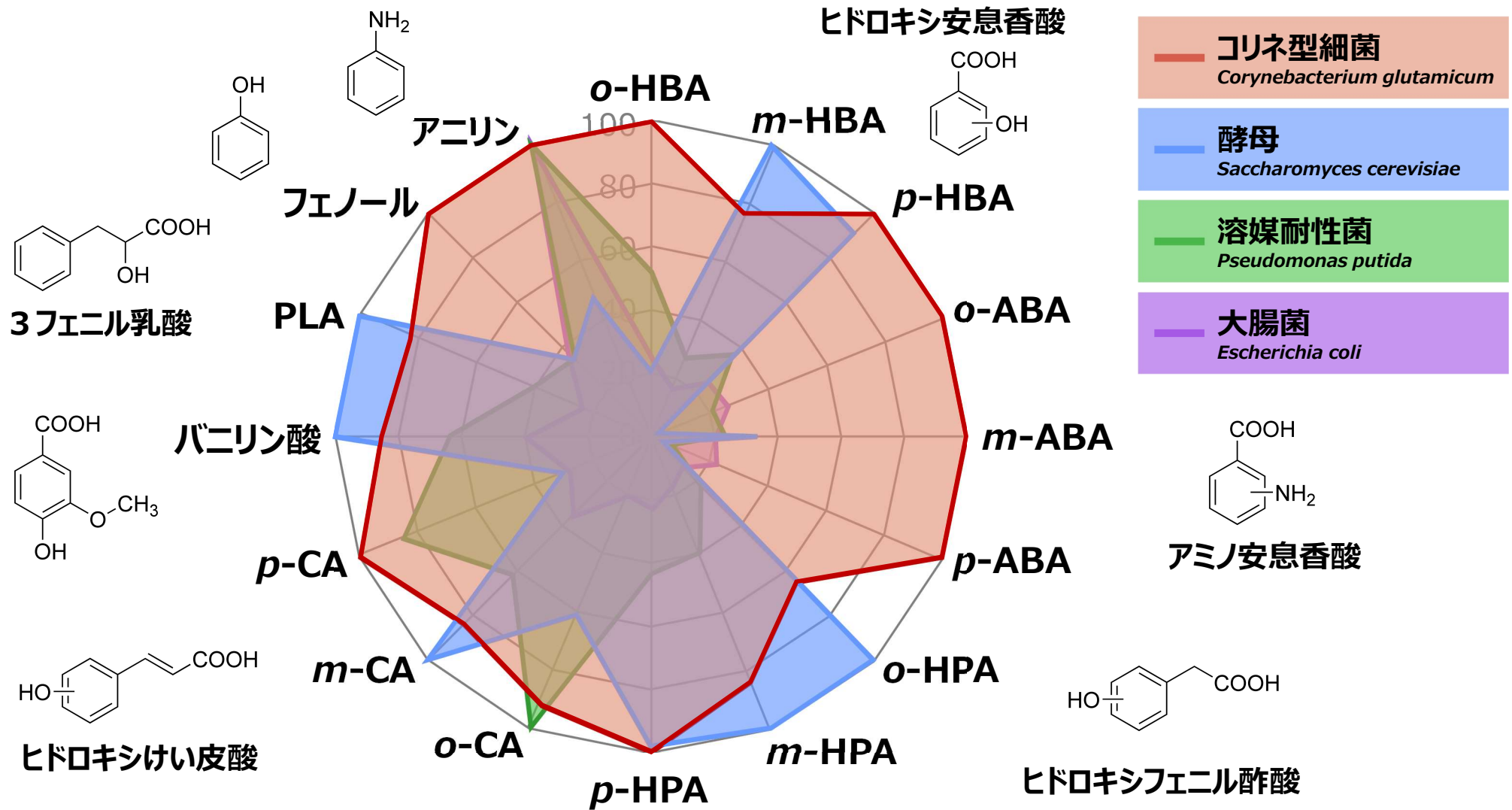


シキミ酸



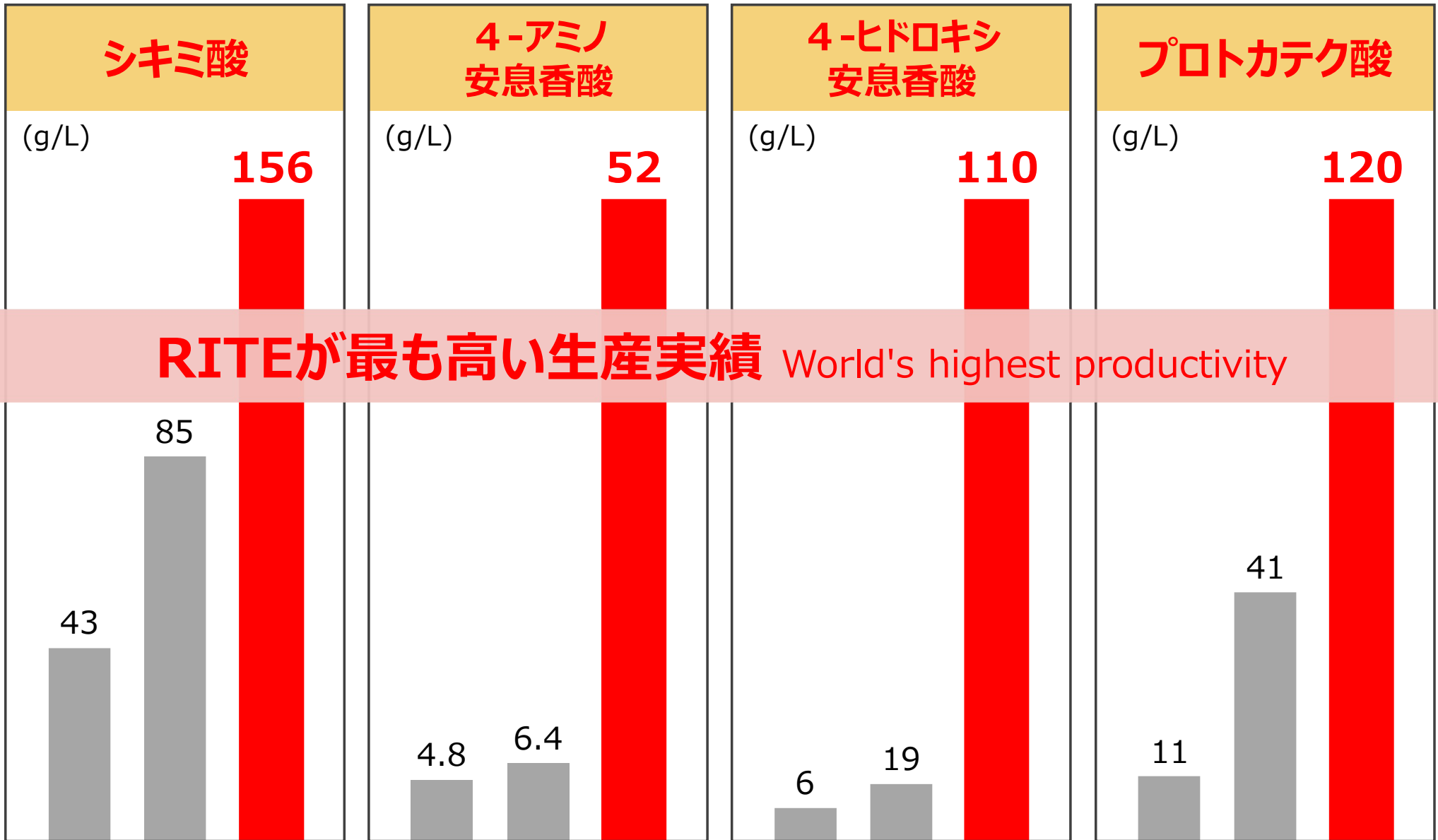
各微生物の芳香族化合物耐性(相対評価)

方法: 最も耐性が高かった微生物を100%とし、残りの微生物の値を縮尺して作成



**コリネ型細菌(*C. glutamicum*)は
 全体的に高いレベルでの耐性を示した**

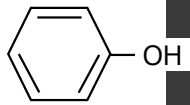
RITEの競争力 (競合研究との生産濃度比較)



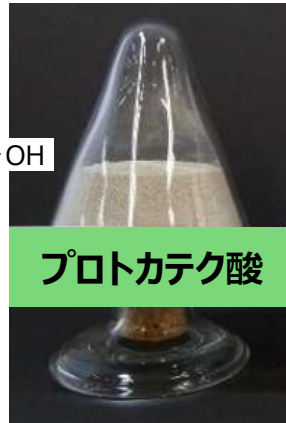
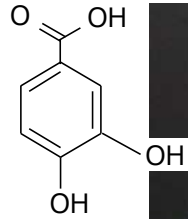
RITEが最も高い生産実績 World's highest productivity

パイロットプラントで生産試験

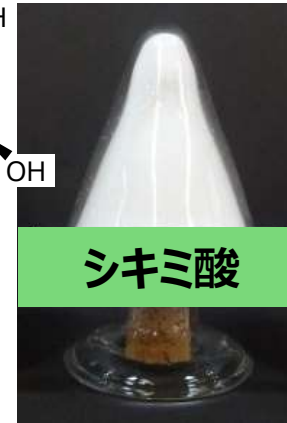
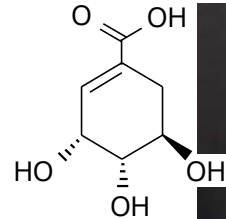
開発品



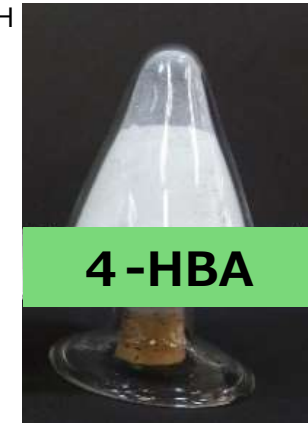
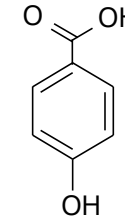
フェノール



プロトカテク酸



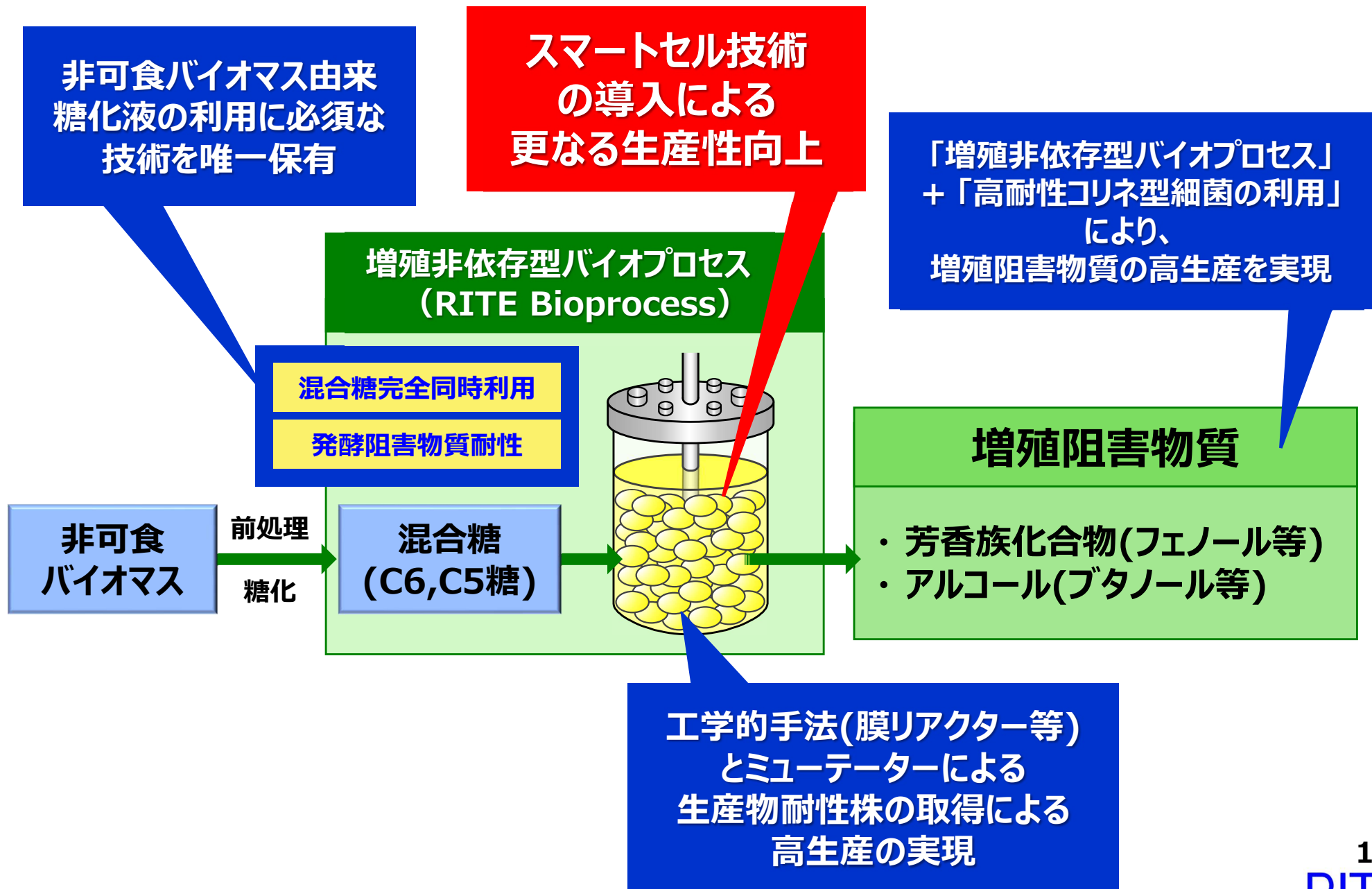
シキミ酸



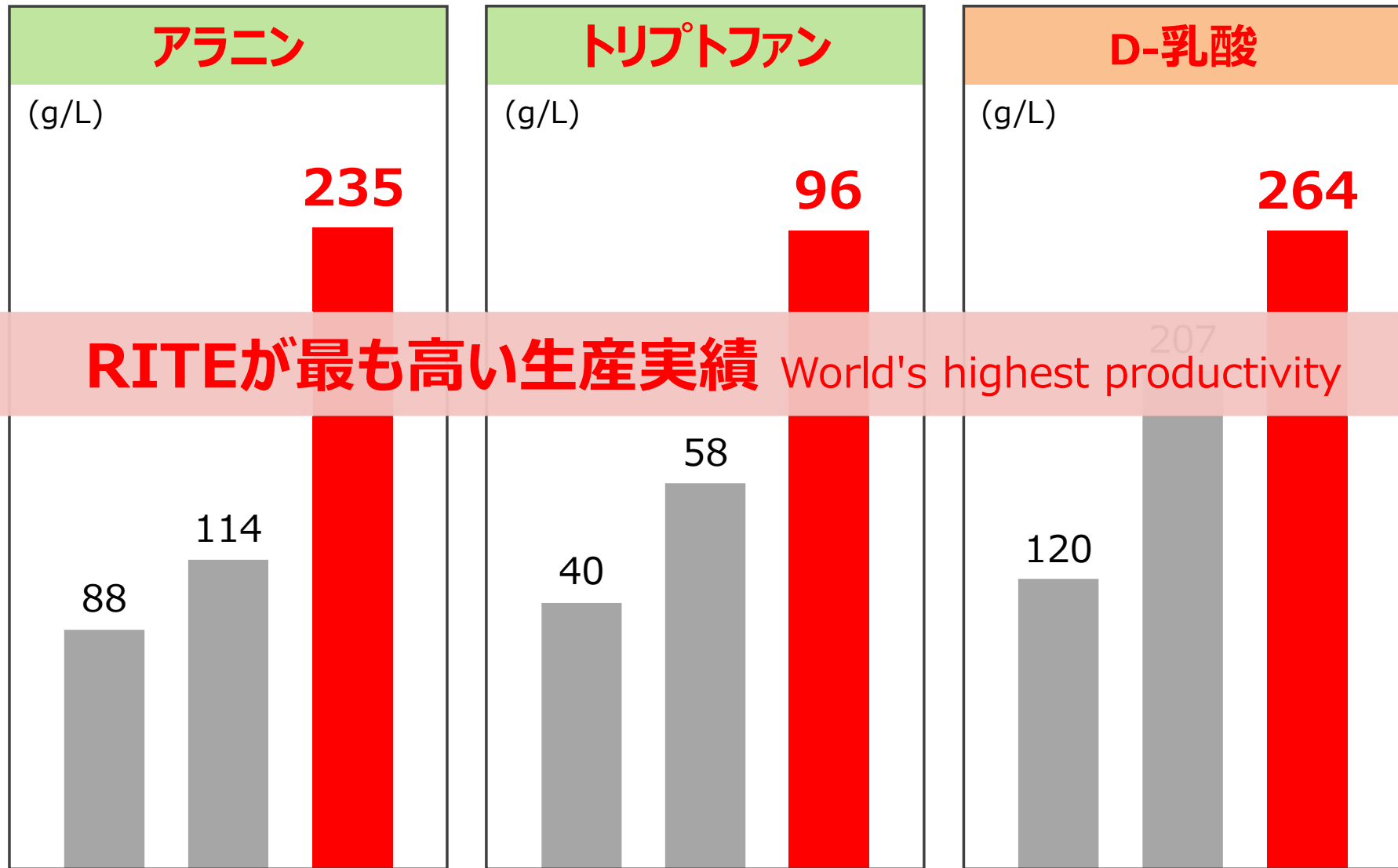
4-HBA



増殖阻害物質の高生産技術開発の戦略



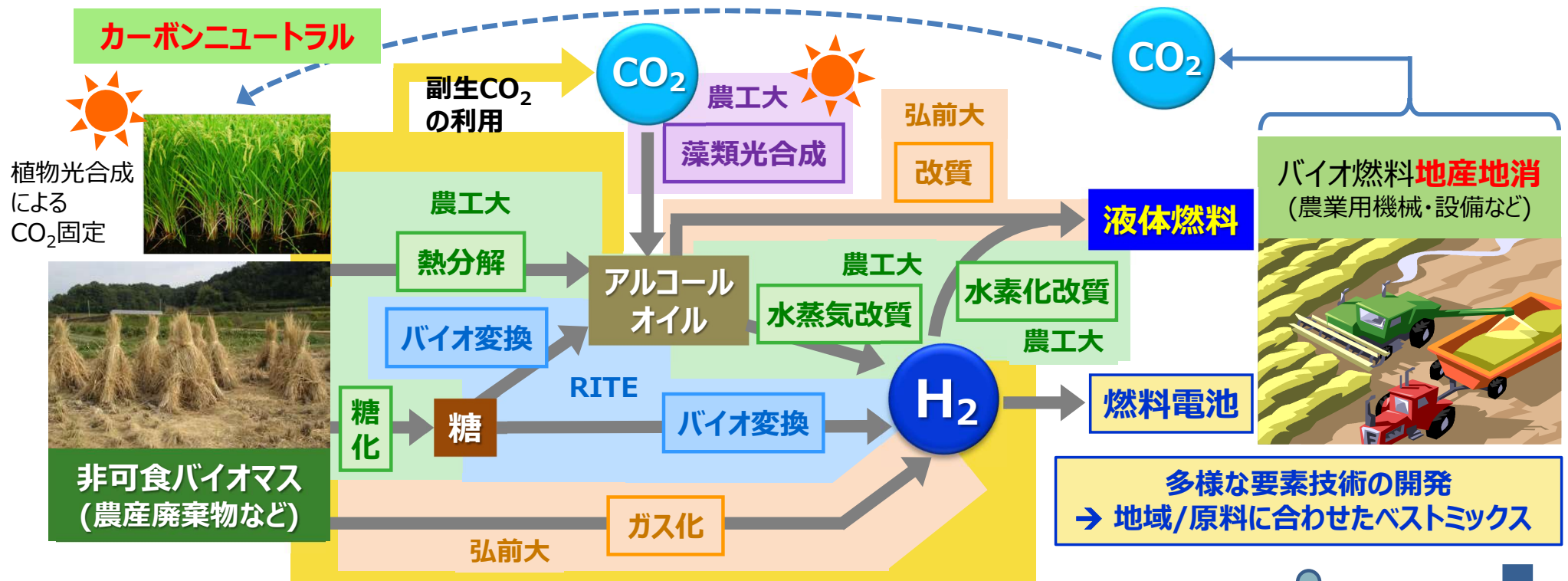
グリーン化学品の微生物生産



RITEが最も高い生産実績 World's highest productivity

海外での商用生産の実績

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

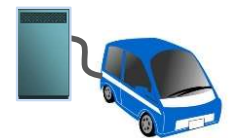
東南アジアとの連携による技術実証データに基づき、
経済性・環境性・社会受容性を定量的に評価し、
社会実装の実現性が高いシステムを選抜する。

広域展開

・電力分野
・モビリティ
・熱・産業プロセス



家庭用/産業用
燃料電池



水素ステーション
⇒燃料電池自動車

バイオマス燃料生産の進捗状況

■ イネ残渣 (東京農工大)

- ※実証水田 (福島、東京)
- ・**モンスター農工大1号**
- ・さくら福姫



■ バイオマスガス化 (弘前大)

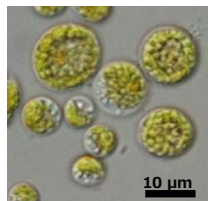
- イネ (モンスター農工大1号) と、青森産ジャイアントミスカンサスの**ガス化試験を実施**

■ エネルギー作物

- ※津軽バイオマスエナジー (青森)
- ※長和町エネルギー作物研究会 (長野)
- ・**ジャイアントミスカンサス (青森、長野)**
- ・**エリアンサス (長野)**
- ・**ススキ (長野)**

■ バイオマス糖化 (東京農工大)

- ・イネ (モンスター農工大1号とさくら福姫) の**糖化試験を実施予定**
- ・微細藻類の**糖化試験計画を調整中**



■ 微細藻類 (東京農工大)

■ バイオ液体燃料生産 (RITE)

- ・長野産ジャイアントミスカンサス/エリアンサス/ススキの**アルカリ処理-酵素糖化試験を実施**
- ・**エタノール生産試験を実施予定**

エタノールからのジェット燃料 (SAF) 生産 (東京農工大)

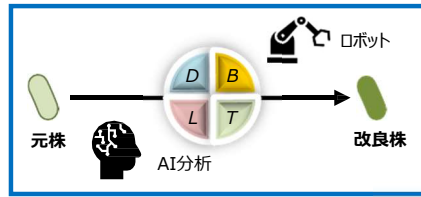
グリーンイノベーション基金事業 CO₂を直接原料としたカーボンリサイクルの推進

事業の目的・概要

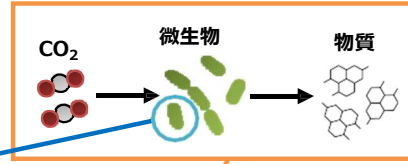
- 原料のCO₂供給から製品製造までのバリューチェーンを構築、商用生産までのスケールアップや製造技術の高度化を推進
- CO₂を原料とした新しいバイオものづくり製品の社会実装とCO₂の資源化による産業構造の変革

- 事業規模 : 約2530億円
- 支援規模* : 約1767億円
*インセンティブ額を含む。今後ステージゲートでの事業進捗などに応じて変更の可能性あり
- 事業期間 : 2023~2030年度
- 補助率など (インセンティブ率は10%)
項目1 : 9/10委託、項目2 : 委託 → 2/3助成
項目3 : 委託 → 2/3助成 → 1/2助成 (一部内容を除く)

研究開発項目1 : 有用微生物の開発を加速する微生物改変プラットフォーム技術の高度化



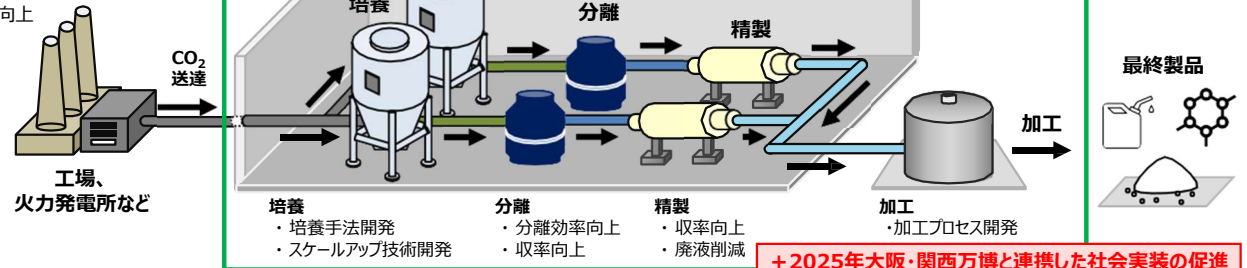
※微生物の開発効率を向上



研究開発項目2 : CO₂を原料に物質生産できる微生物等の開発・改良技術の開発

※プラットフォームとも連携しながら微生物の物質生産性を大幅に向上

研究開発項目3 : CO₂を原料に物質生産できる微生物等による製造技術の開発・実証



(株)カネカ※、日揮ホールディングス(株)、(株)バツカス・バイオイノベーション、(株)島津製作所 (項目1、2、3を実施)

- * 高精度かつ高速な代謝設計技術、微生物ライブラリの迅速構築および高品質データの迅速集積技術を開発。要素技術をデータベースによって相互に連携し、データから知識を創出するAI技術を開発 (項目1)
- * CO₂固定化能力が5倍に向上したポリマー生産微生物開発、Tgの異なる3種類以上のバイオポリマー生産微生物育種 (項目2)
- * PHBHのセミコマースプラントによる生産実証、多様な製品開発に対する統合型バイオファウンドリの機能実証 (項目3)

積水化学工業(株)※、(公財)地球環境産業技術研究機構 (項目2、3を実施)

- * CO₂→CO変換プロセスを活用したエポキシ原料生産微生物を開発し、CO₂由来エポキシ接着剤生産を実現 (項目2)
- * 接着剤の製造コスト現行品比1.2倍以下を実現 (項目3)

(株)ちとせ研究所※ (項目1、2、3を実施)

- * 実用微細藻類を従来比1/10期間で非組換えゲノム編集・ゲノム調整できる基盤を開発 (項目1)
- * 高効率なゲノム編集・ゲノム調整を駆使し、非組換えで脂質生産性を5倍以上向上 (項目2)
- * 製造コストを代替候補品と同程度以下にできる生産プロセスを開発・実証 (項目3)

双日(株)※、(一財)電力中央研究所、Green Earth Institute(株)、DIC(株)、(株)ダイセル、東レ(株) (項目2、3を実施)

- * CO₂とH₂を利用して増殖する水素細菌のPHB蓄積代謝経路等を改変し、生来は生産されない低分子化合物を生産できる組換え株を創製 (項目2)
- * 高度培養技術を確認し、世界最高水準の菌体生産速度を達成。大型培養規模で実証 (項目3)

(独)製品評価技術基盤機構※、東京大学、茨城大学、京都大学、(国研)海洋研究開発機構、国立遺伝学研究所、ライフサイエンス統合データベースセンター、bitBiome(株) (項目1を実施)

- * CO₂固定微生物の菌株情報および関連情報を網羅的に収載し、情報を効率的に検索できるデータベースとツールを登録したプラットフォームを構築。

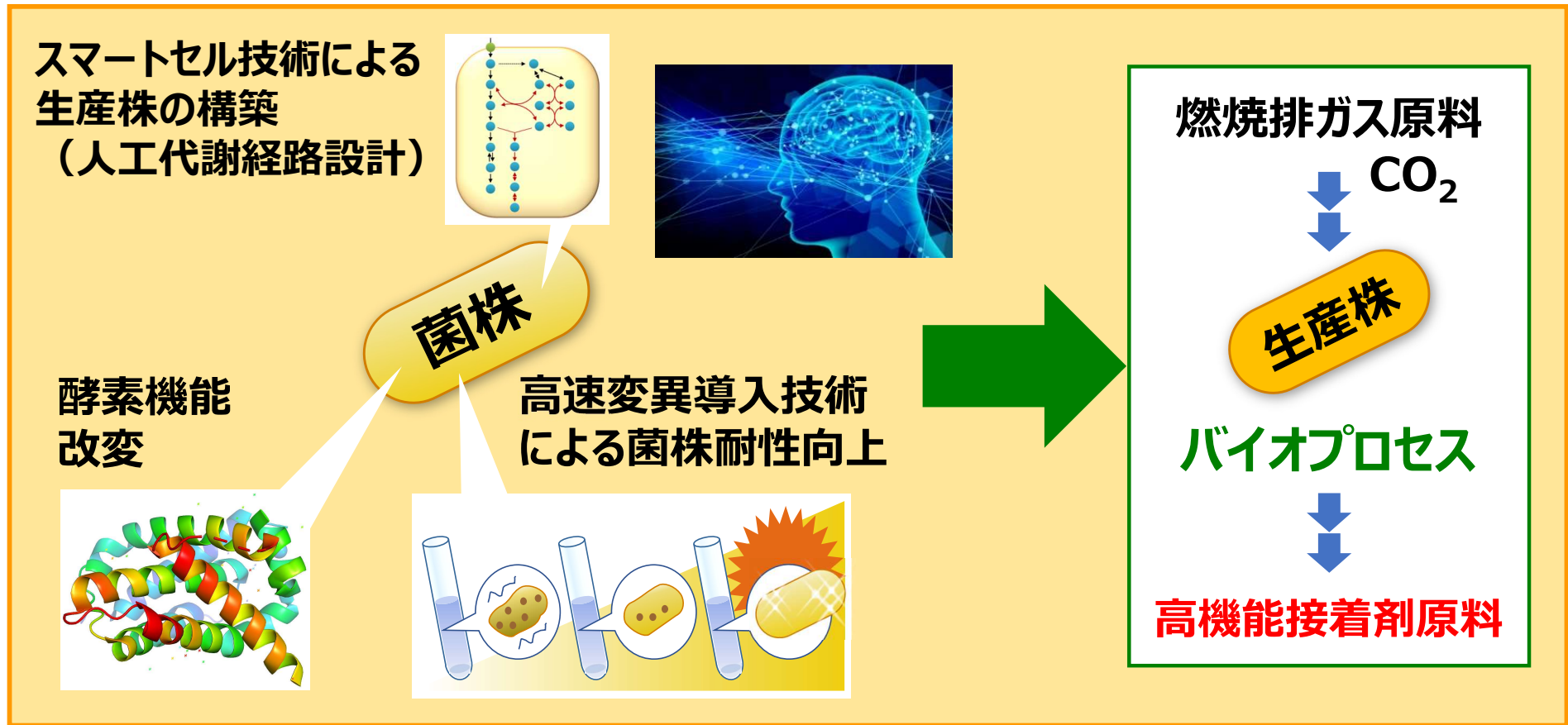
富士フイルム(株)※ (項目3を実施)

- * 水素細菌の物質生産能に影響する要因を解明する評価分析システムを開発。
- * 複合ガス (CO₂、H₂、O₂) から、有機物を安全かつ高効率に生産できるガス培養システム・スケールアップ技術を開発し、量産化スケールで実証。

※ = 幹事企業

CO₂を原料とするバイオものづくり技術開発

燃焼排ガスを原料とする高付加価値化学品のバイオものづくり



積水化学工業株式会社と共同で、廃棄物処理施設から排出される燃焼排ガス（CO₂）を原料として最終的に高付加価値化学品を製造する革新的なものづくり手法を構築し、カーボンニュートラル社会の実現に貢献します。RITEは、これまでに培ってきたスマートセル技術、酵素改変技術、菌株耐性化技術、バイオ生産技術などを活かし、**燃焼排ガス原料から高付加価値化学品（高機能接着剤）の原料を生産する微生物生産株開発とバイオプロセス開発をスタート**しました。

ムーンショットプロジェクト

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



非可食性バイオマスを原料とした バイオモノマー生産プロセスの開発



漁網



衣類



プラスチック



タイヤ

ポリマー

ポリアミド
ポリグリコール酸
など

ポリエステル
ポリアミドなど

ポリエステルなど

ポリイソプレン
ポリブタジエン
ポリウレタンなど

モノマー

グリコール酸
アジピン酸
ε-カプロン酸など

コハク酸
1,4-ブタンジオール
アジピン酸など

テレフタル酸
フタル酸
2,5-フランジカルボン酸
エチレングリコールなど

イソプレン
ブタジエン
ポリオール
イソシアネートなど

RITE Bioprocess (増殖非依存型バイオプロセス)

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



*Corynebacterium
glutamicum*

高生産性

バイオモノマー
生産プロセス

再生可能
な原材料

非可食
バイオマス



C6糖 6

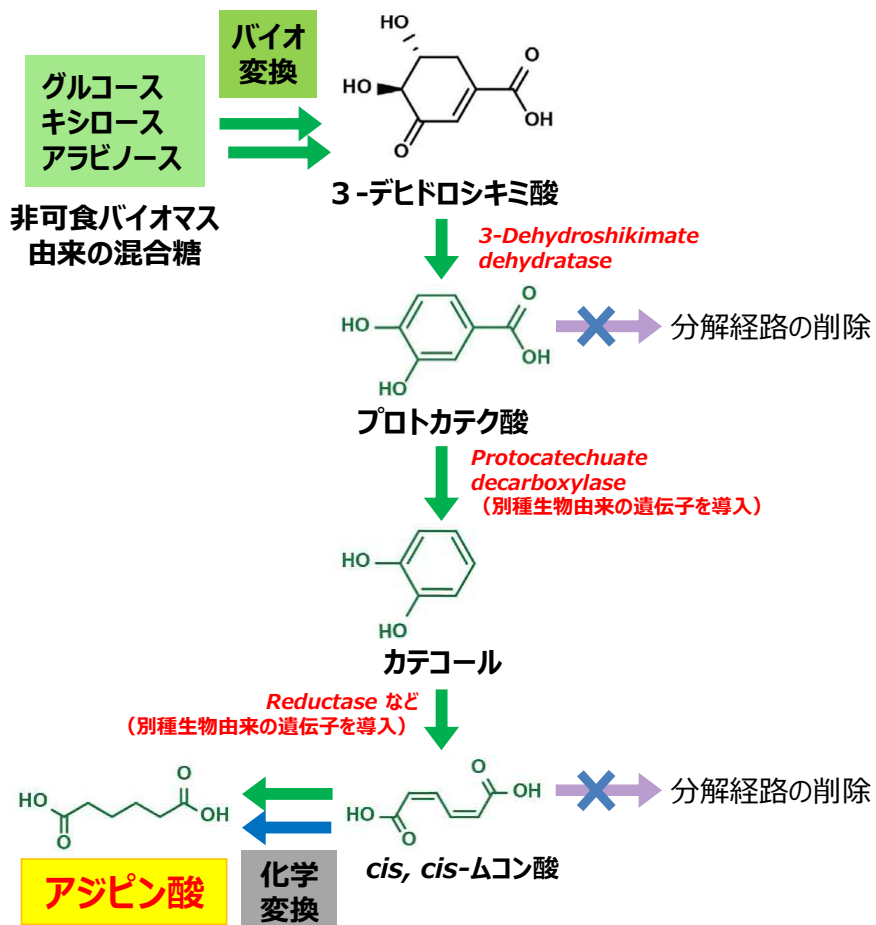
C5糖 5

生産したバイオモノマーはマルチロック型バイオポリマー原料として使用

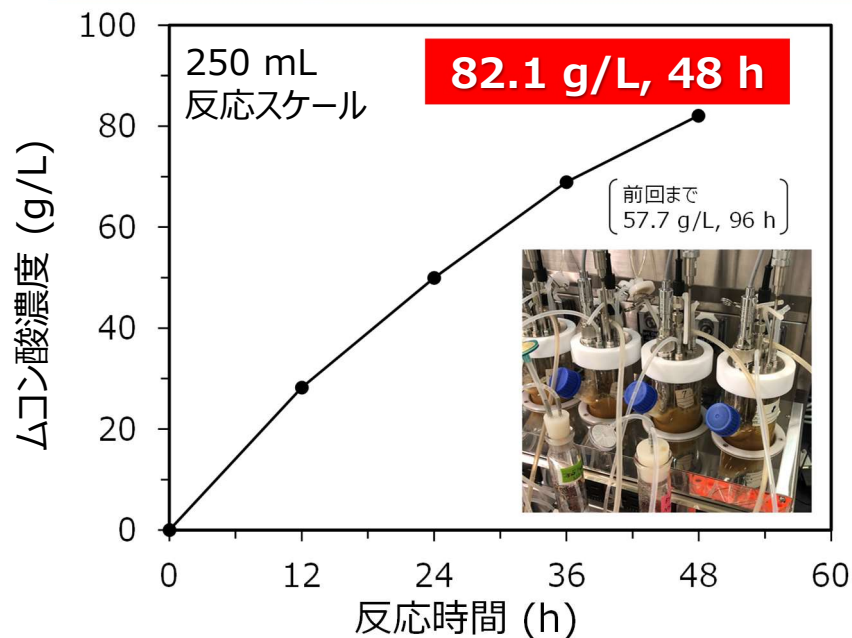
非可食性バイオマス原料からアジピン酸 前駆体であるcis,cis-ムコン酸のバイオ生産

- 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。

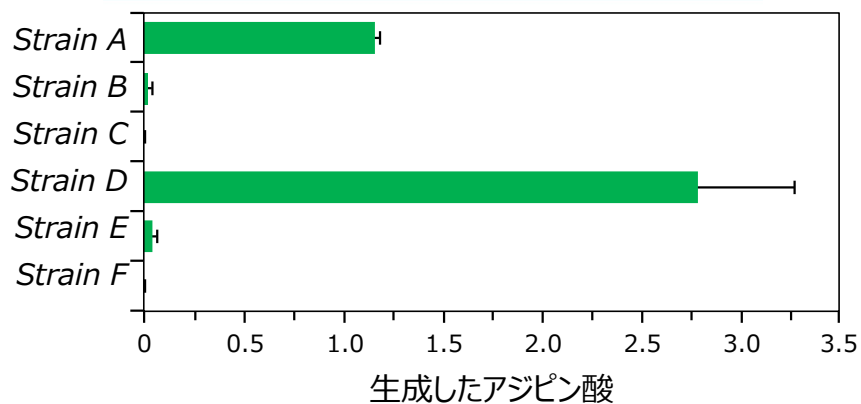
アジピン酸の人工代謝経路



前駆体cis,cis-ムコン酸の生産



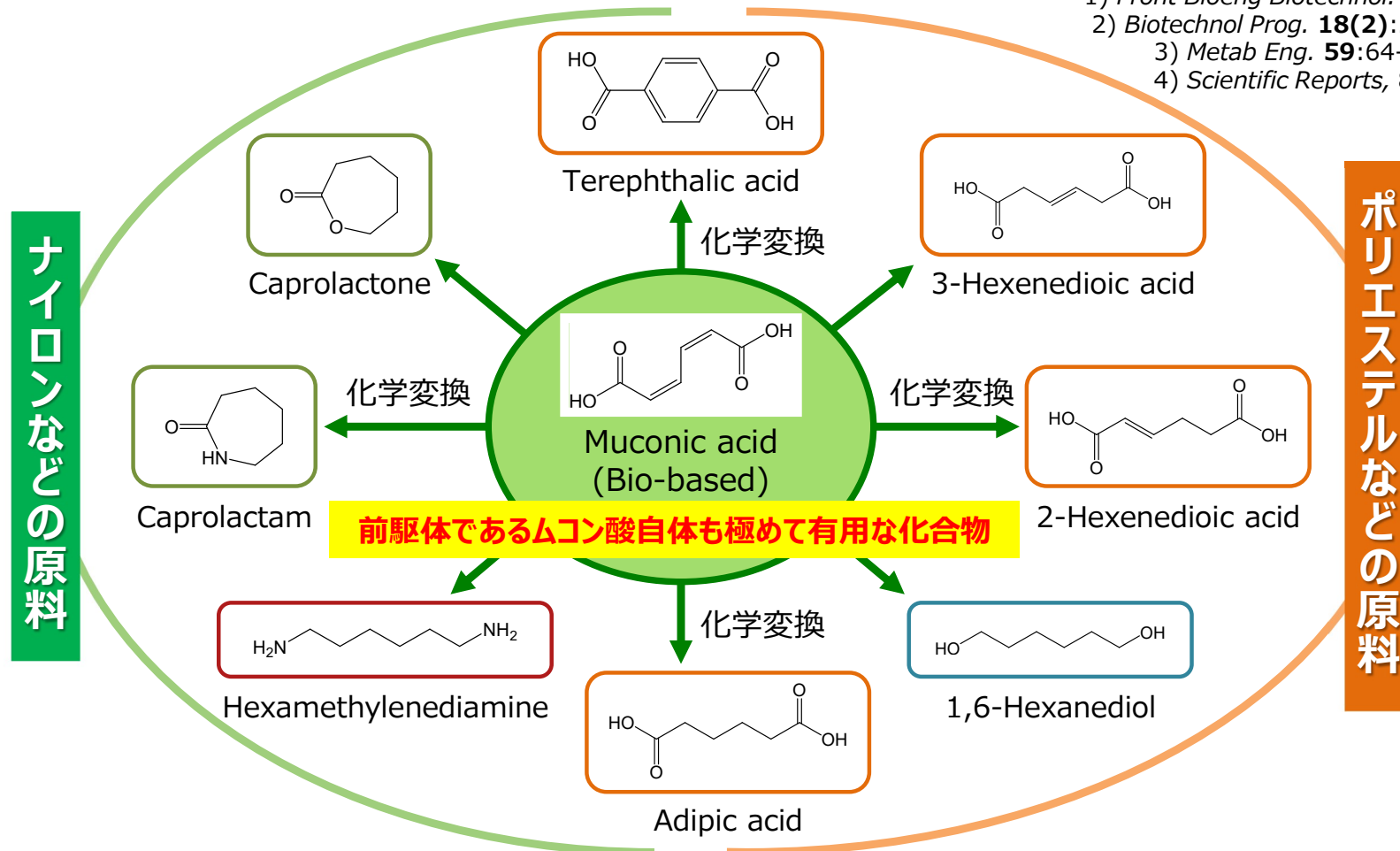
アジピン酸生成酵素の探索



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. (イン八大、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. (イン八大、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.



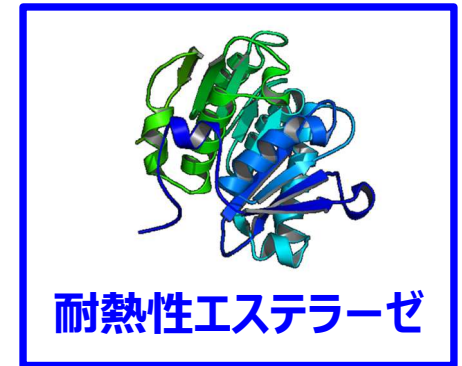
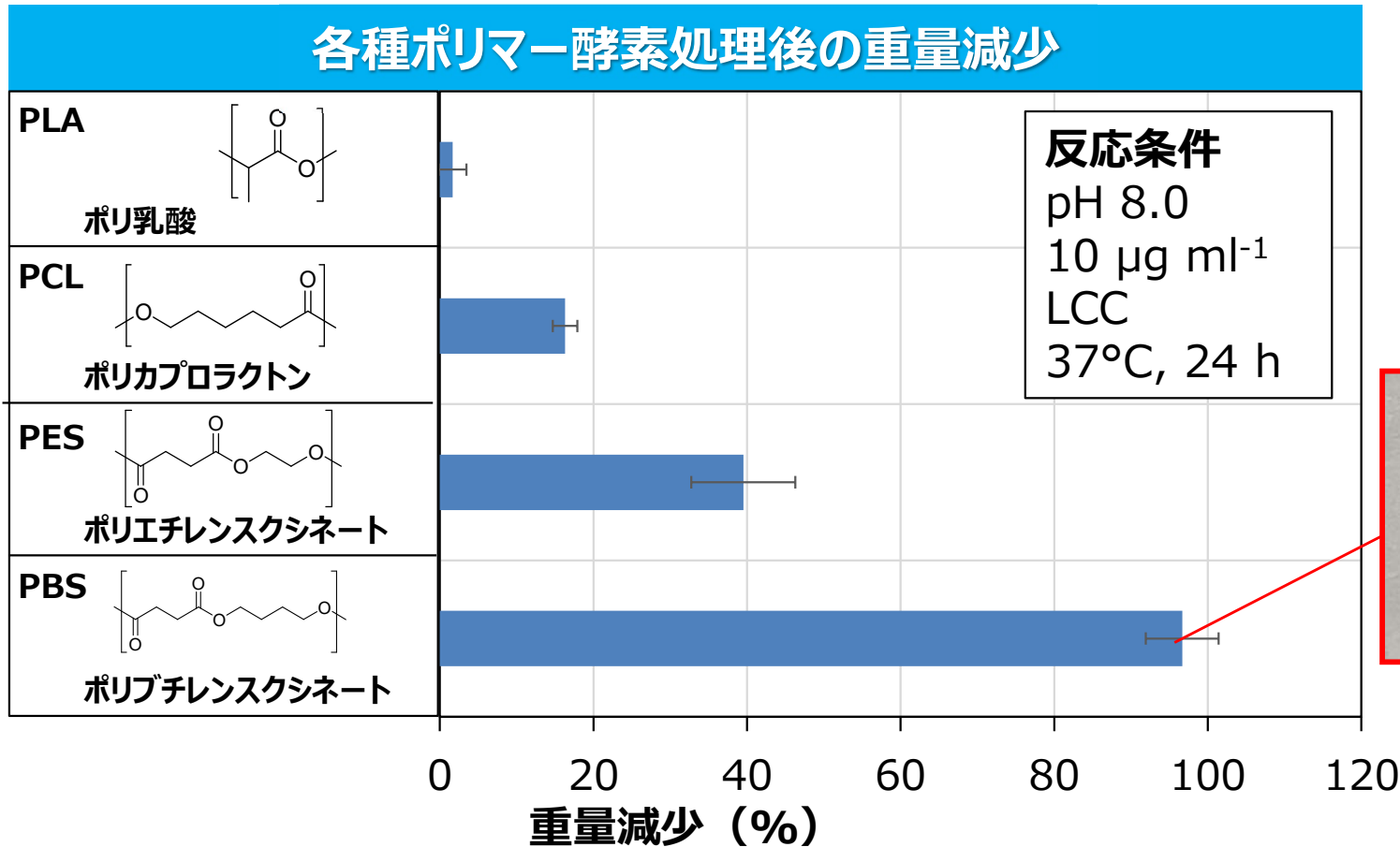
ポリマーと分解酵素のコンビネーション例

	ポリマー（例）	分解酵素（例）
プラスチック全般	ポリエステル	エステラーゼ、リパーゼ、クチナーゼ、PETaseなど
	ポリアミド	プロテアーゼ、ナイロン分解酵素など
漁具・釣具	ポリグリコール酸	エステラーゼ、リパーゼ
	ポリアミド	プロテアーゼ、ナイロン分解酵素など
繊維	ポリエステル	エステラーゼ、リパーゼ、クチナーゼ、PETaseなど
タイヤ	ポリイソプレン ポリブタジエン ポリウレタン	ゴム分解酵素、ウレタン分解酵素など

候補となるポリマーと分解酵素のコンビネーションを検討し、スイッチ機構の開発を推進する

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



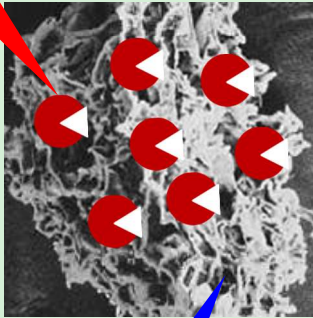
PBSは24時間でほぼ
100%の重量減少

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

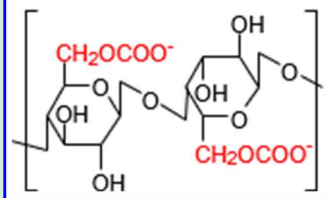
ポリマー分解酵素



海洋分解性担体

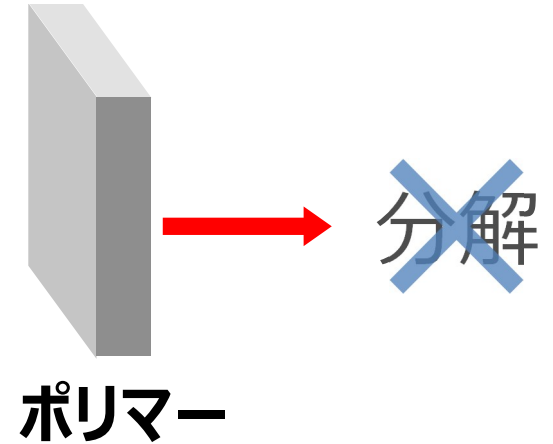
(多数の微小孔とマイナス電荷)

マイナス電荷



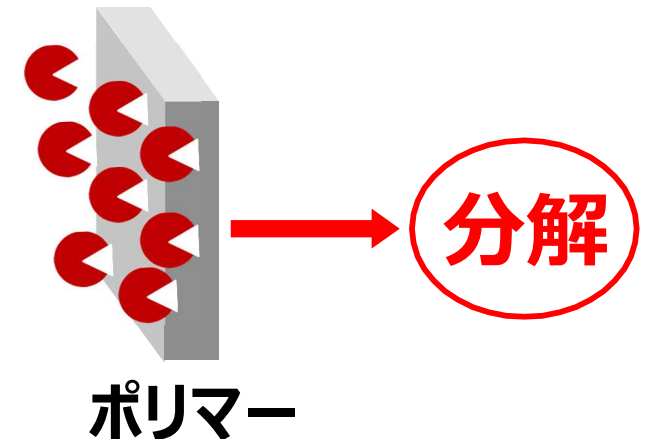
塩なし条件

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。



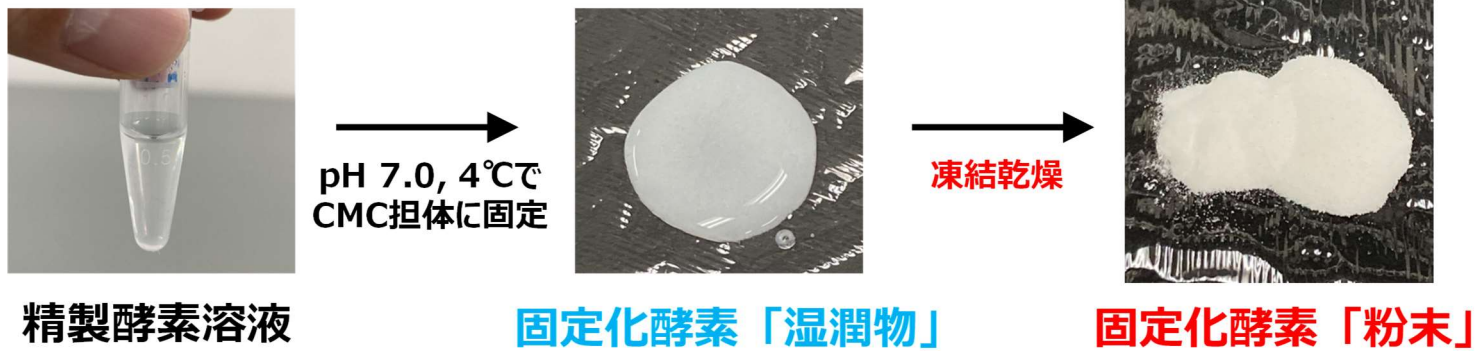
塩あり（海洋）条件

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）

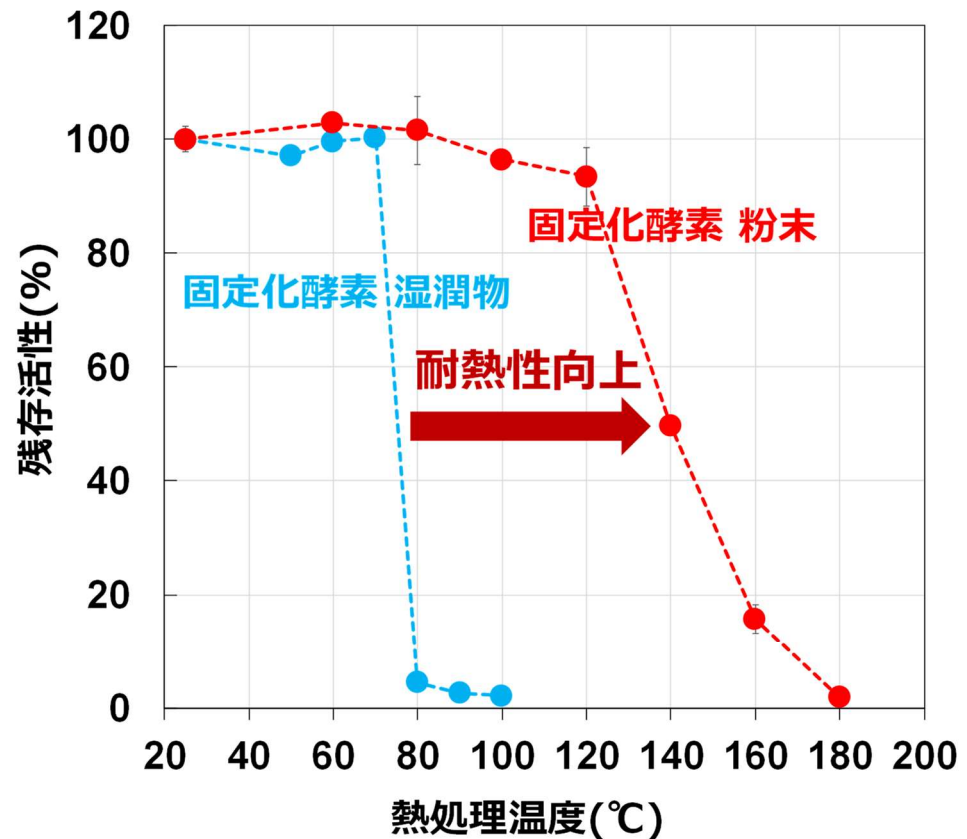
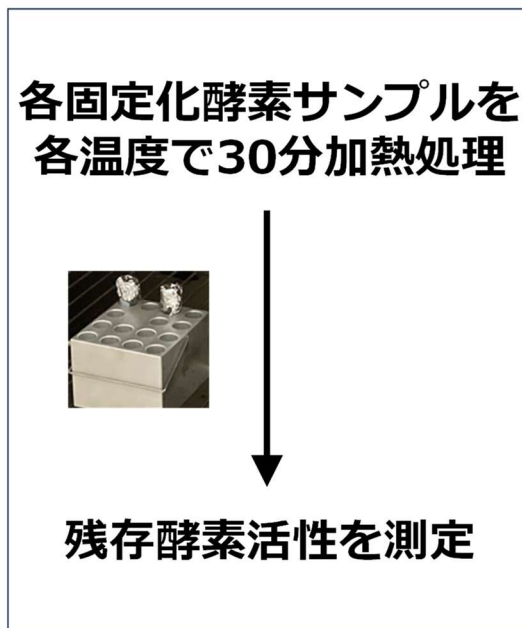


海洋分解性担体を利用した水と塩によるスイッチ機構を考案

固定化酵素の乾燥粉末化による安定化



固定化酵素（耐熱性エステラーゼ）を凍結乾燥処理して粉末化することで耐熱性が飛躍的に向上



実海水での塩濃度スイッチ機構の検証

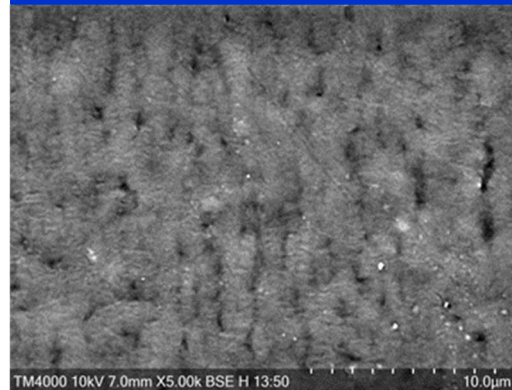
PBSフィルムを、**水道水**、
または**実海水***に懸濁し、
固定化酵素粉末を添加

↓ 37°C、24 h

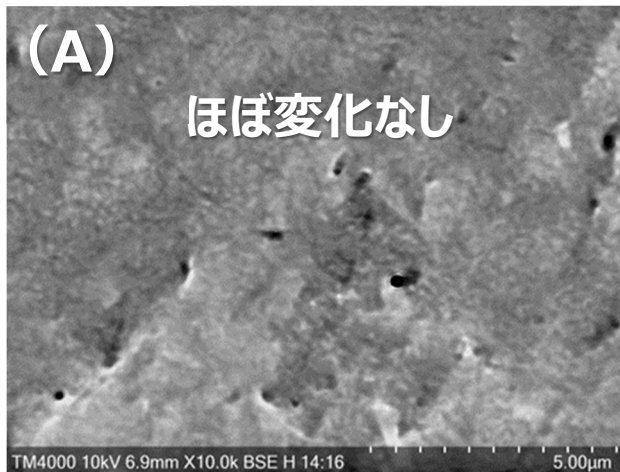
電子顕微鏡観察
(SEM、10,000倍)

*愛媛県沖 実海水

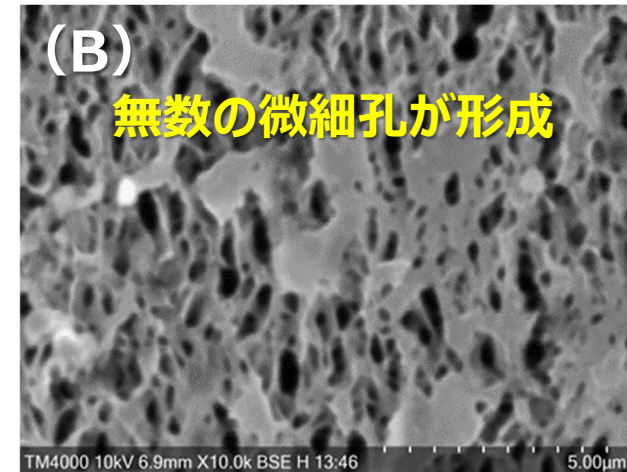
未処理PBSフィルム



+ **水道水** (塩なし)
+ 固定化酵素粉末



+ **実海水** (約0.5 M NaCl)
+ 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

実海水での塩濃度スイッチ機構の検証

+ 実海水 (約0.5M NaCl)

+ 水道水 (塩なし)

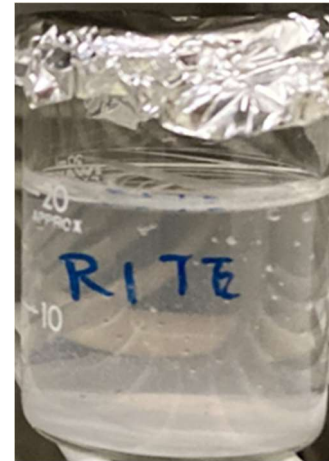


ビーカーに入れたPBSフィルム
(RITEの青文字をフィルムに記入)
1 mg/mL (終濃度) 固定化酵素を添加

37°C, 48 h

37°C, 48 h

ビーカーの底に
崩壊したフィルム



実海水中、37°C、48時間でPBSフィルムは崩壊した



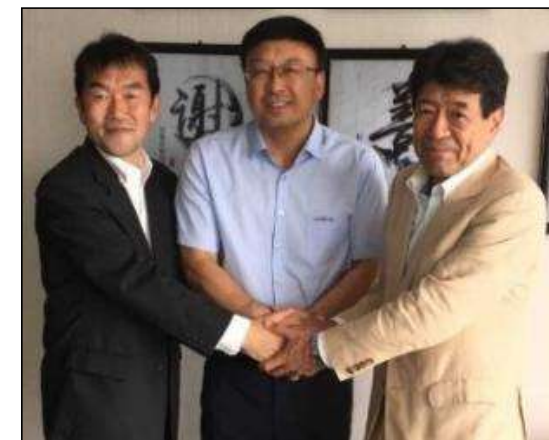
Green Earth Institute(株) (GEI)



設立目的	RITE Bioprocess の事業化
設 立	2011年9月1日
代表取締役	伊原 智人
本 社	東京都新宿区新宿三丁目5番6号
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	非可食バイオマス为原料としたバイオ燃料・化学品の生産
製 品	<p>【アミノ酸】 工業用、食品用アミノ酸 (アラニン、バリン) 海外での商用生産の実績</p> <p>【バイオ燃料】 ブタノールを原料とした、 「JALバイオジェット燃料フライト」プロジェクト 国産バイオジェット燃料の製造に成功</p> <p>【化粧品原料】 化粧品用エタノールの国内販売実施</p>



Green Earth Research Center






海外メーカーとのコラボレーション

右：RITE本庄専務理事
左：GEI伊原代表取締役

グリーンケミカルズ(株) (GCC)

(グリーンフェノール開発(株)から社名変更)

設立目的	グリーン化学品の事業化
設立	2014年5月27日 (RITEと住友ベークライト(株)で設立したグリーンフェノール・高機能フェノール樹脂製造技術研究組合を組織変更して設立)
代表者	代表取締役社長 林 茂 (住友ベークライト(株))
本社	京都府木津川市木津川台9-2 (RITE内)
拠点	<ul style="list-style-type: none"> ・ RITE内 ・ 住友ベークライト(株) 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	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <chem>O=C(O)c1ccc(O)c(O)c1</chem>  プロトカテク酸 </div> <div style="text-align: center;"> <chem>O=C(O)C1C(O)C(O)C(O)C1</chem>  シキミ酸 </div> <div style="text-align: center;"> <chem>O=C(O)c1ccc(O)cc1</chem>  4-HBA </div> </div>



パイロット生産設備



グリーンフェノールモノマー／樹脂



グリーンフェノール樹脂材料成形品


 地球環境産業技術研究機構(RITE)




住友ベークライト株式会社
 住友ベークライト(株)




グリーンケミカルズ(株)(GCC)

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