

**革新的環境技術シンポジウム2023**  
**～2050年カーボンニュートラルを支えるイノベーション～**  
**2023年12月20日**

# **カーボンニュートラルの実現を目指した 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**

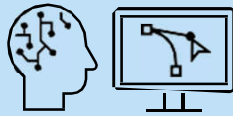
# バイオものづくりが可能となる技術的背景

- 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技術の進展とあいまって、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

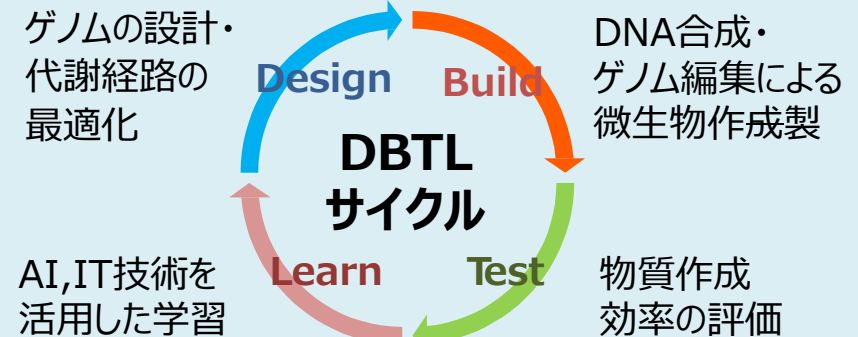


## 生物機能のデザイン

- 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

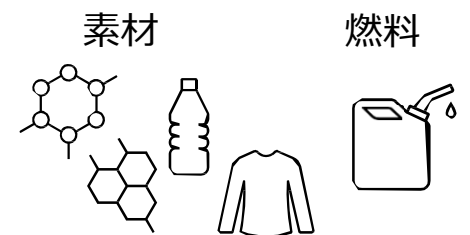


## スマートセル



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

# 日本におけるバイオものづくりの経緯と現状

## 【問題意識】

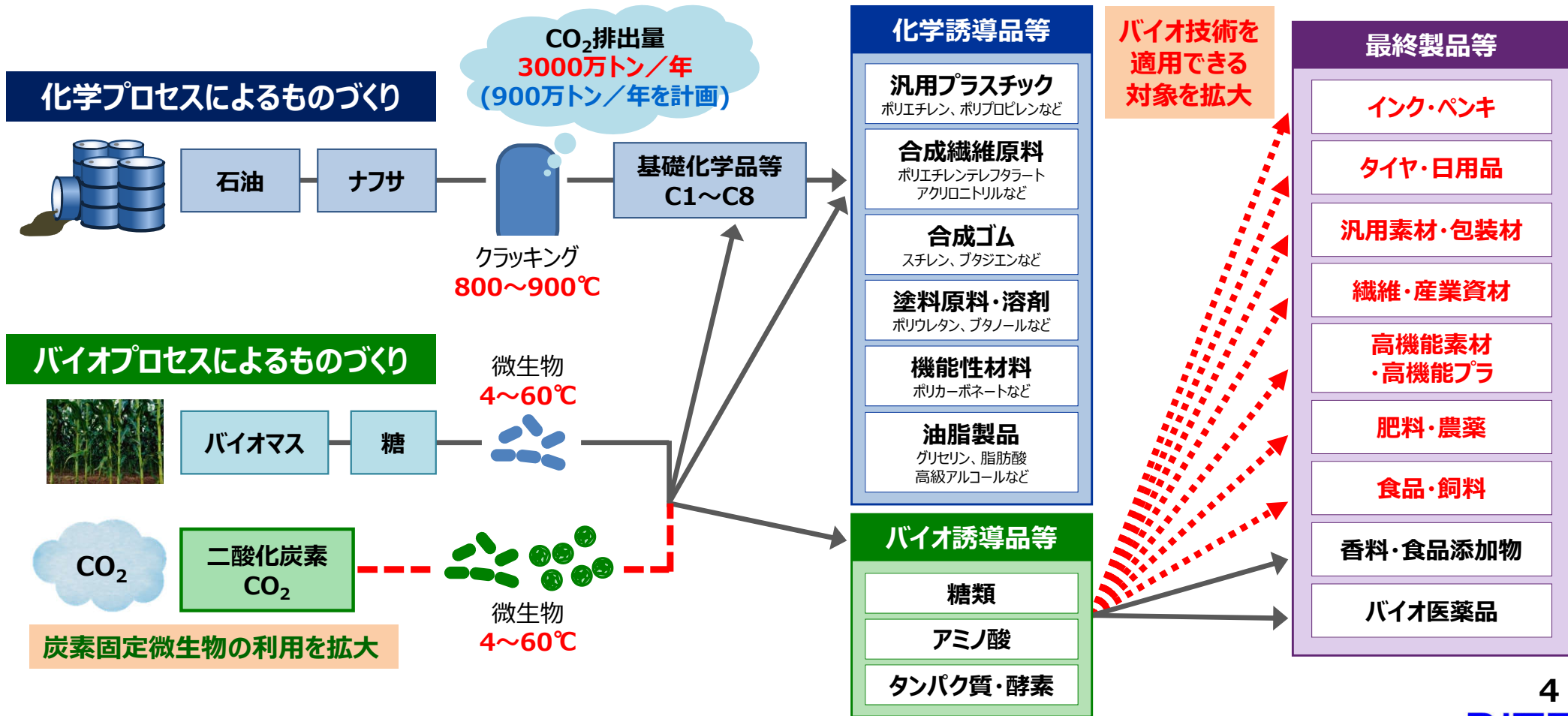
- バイオものづくりは、**資源自律や化石資源依存脱却など地球規模の社会課題解決と経済成長との両立を可能**とするイノベーション。合成生物学、IT・AI等の技術の進展に加えて、地球環境問題への意識の高まりによる化石資源脱却、地政学的リスクによる資源自律の必要性など、実用化に向けて周辺環境が整いつつある中、今後の大幅な市場規模の拡大が見込まれ、**米中でも兆円単位での投資が行われ、競争が激化**。
- 今後、バイオものづくり分野で我が国の産業を興していくためには、**技術開発、具体的なプレイヤー（企業）育成、市場創出のための仕組み作り**等について我が国の強みを精緻に分析・整理した上で、強弱をつ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

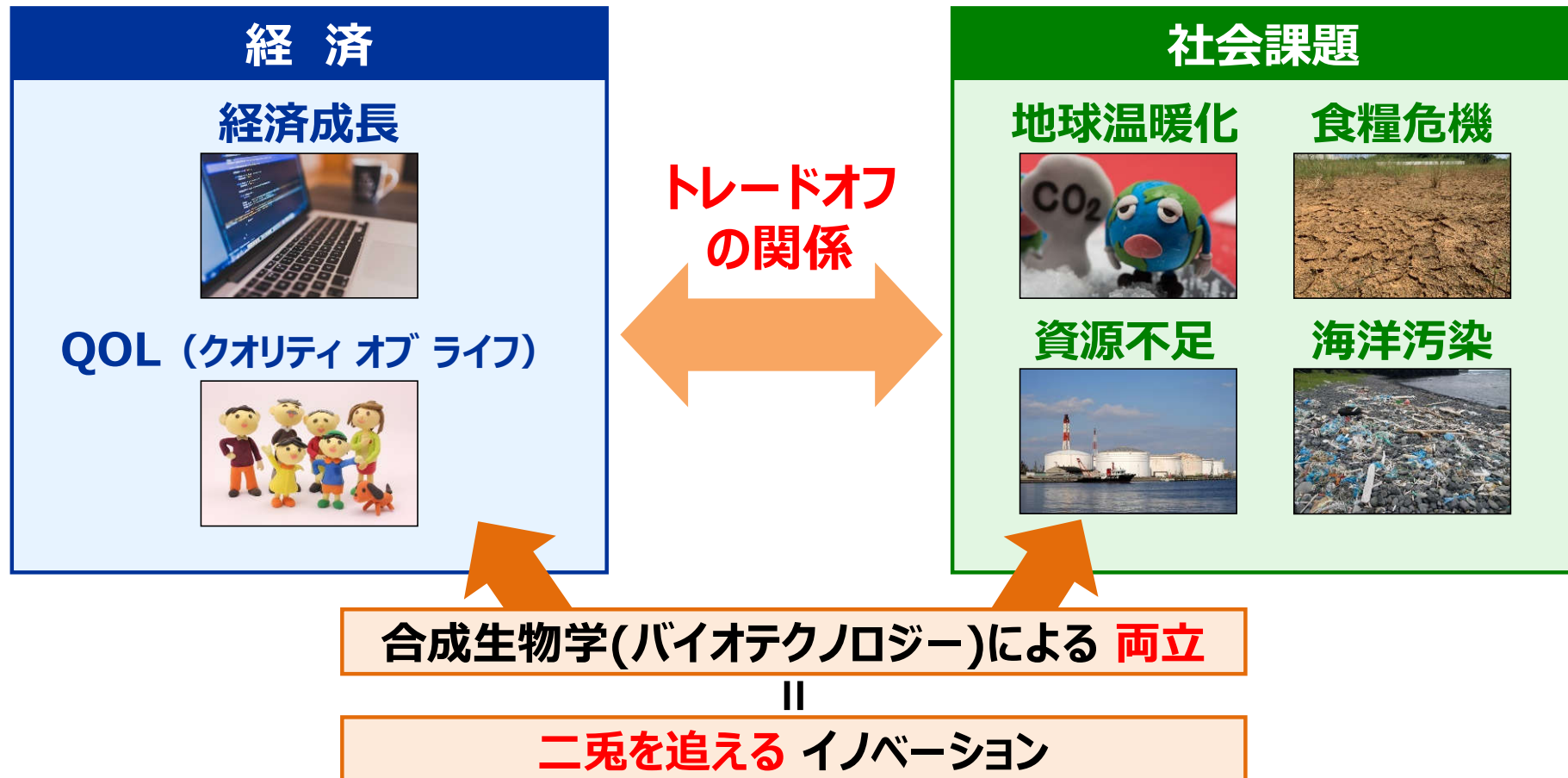
- 化学プロセスは、800℃以上の高温高压条件下でものづくりが行われるが、**バイオプロセス**では、**自然条件下(常温常圧下)**でものづくりが進行し、**CO<sub>2</sub>排出量の削減が期待できる**。
- **バイオものづくりでは、化学プロセスとは違い一般的に多段階の反応を重ねる必要がない**ので、**炭素数の多い複雑な物質生産ほど競争力が高い**。一方、バイオで作れる物質数を増やすためには、**目的物質ごとに最適化された微生物の生産株・生産技術を開発する必要がある**。



# 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

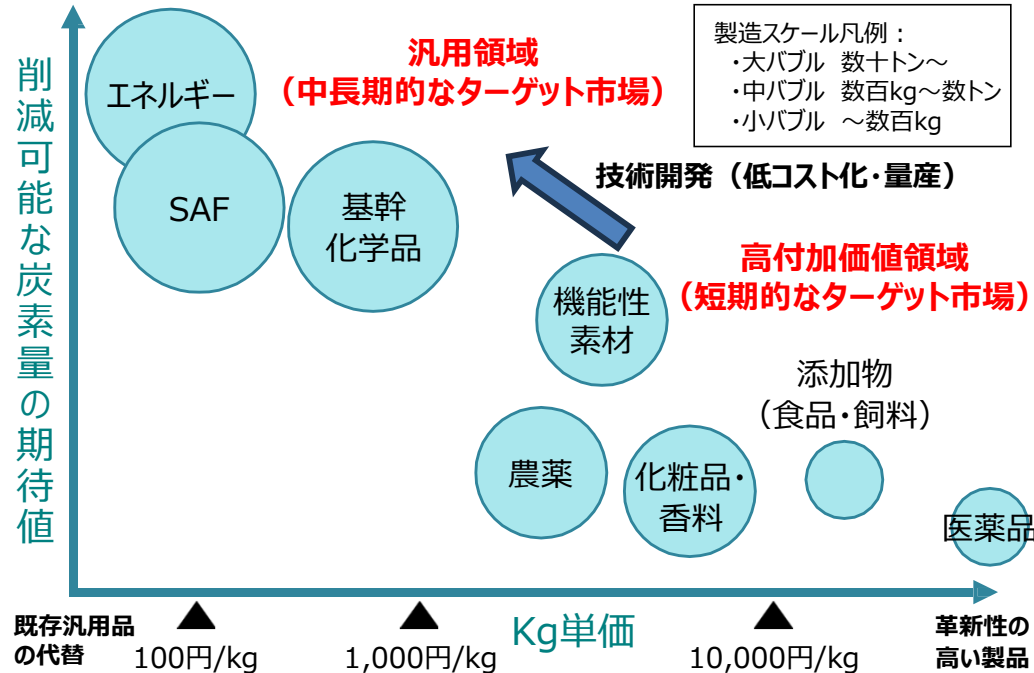
**バイオものづくりは、遺伝子技術により、微生物が生成する目的物質の生産量を増加させたり、新しい物質を生産するテクノロジーであり、海洋汚染、食糧・資源不足など地球規模での社会的課題の解決と、経済成長との両立を可能とする、二兎を追える研究分野**である。



# 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

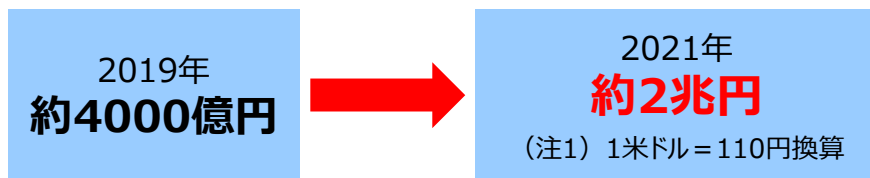
バイオものづくりの分野では、  
今後の大幅な市場規模の拡大を見越した巨額の投資が見込まれる。  
グローバルでは、**米中で兆円単位の投資が行われる等**、  
そうした**投資を自国内に誘導するための産業政策の競争が活発化**している。



## 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



## 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】



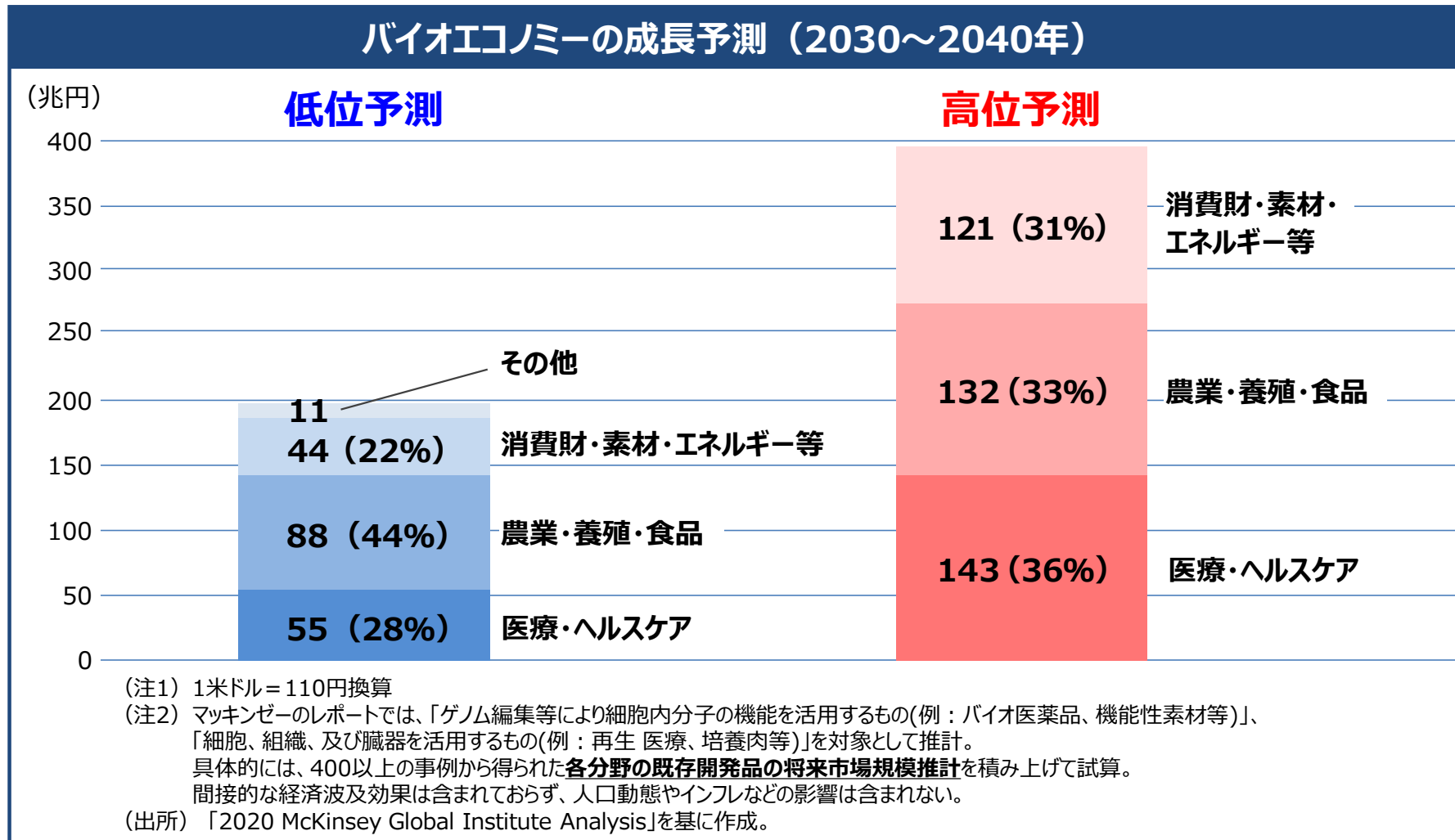
#### バイオ素材以外に高い課金

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。

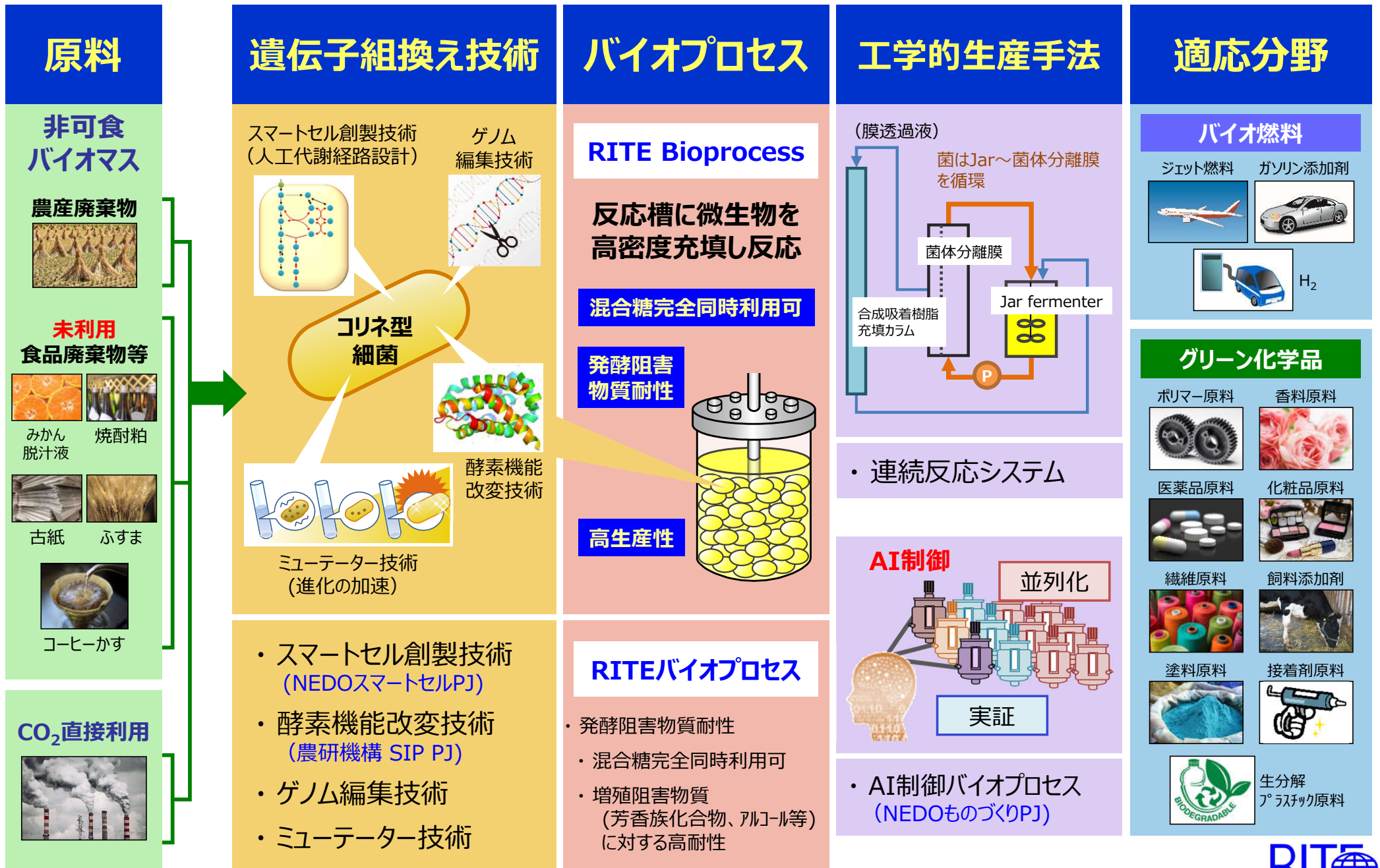


# バイオテクノロジーにより成長が期待される市場分野

- 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。



# RITE バイオ研究グループのコア技術

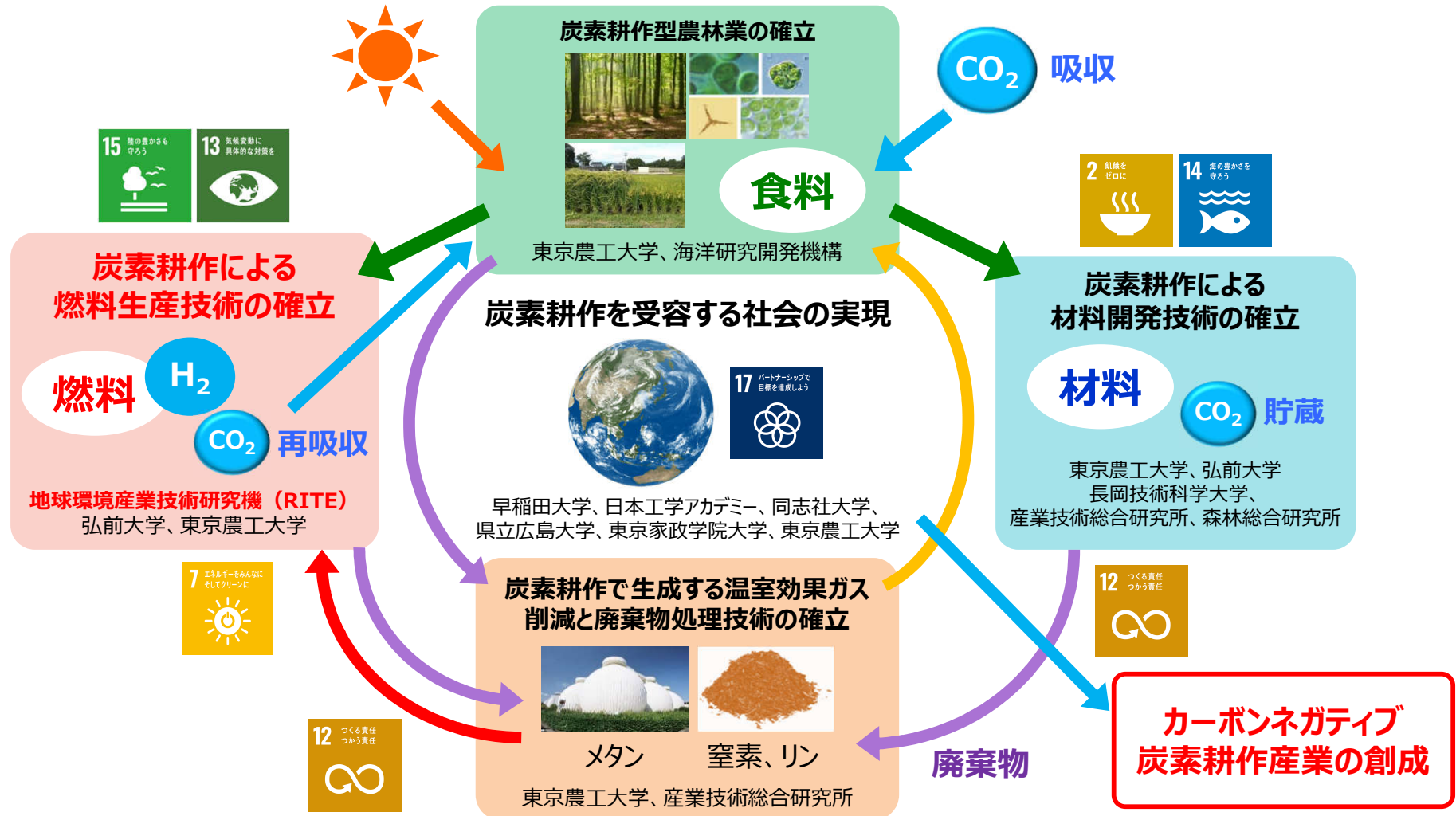


# バイオ燃料 生産技術の開発

# COI-NEXT

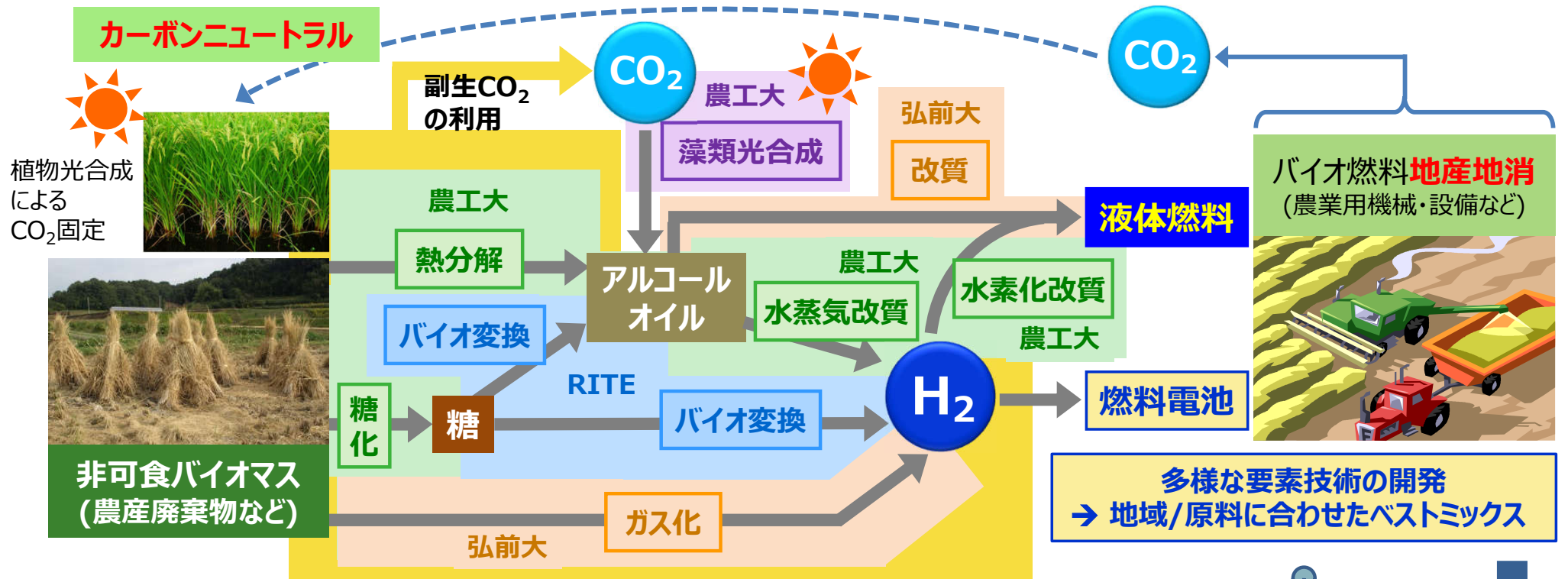
## カーボンネガティブの限界に挑戦する炭素耕作拠点

### 炭素耕作によるカーボンネガティブ社会の実現



(大学等) 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、同志社大学、県立広島大学、東京家政学院大学、産業技術総合研究所、森林総合研究所、  
**地球環境産業技術研究機構 (RITE)**、海洋研究開発機構  
(企業等) 三菱ケミカル株式会社、太平洋セメント株式会社、有機米デザイン株式会社、株式会社バイオマスレジホールディングス、草野産業株式会社、福島県広野町、四国計測工業株式会社、AGC株式会社、株式会社ジャパンインベストメントアドバイザー、株式会社ニチレイフーズ、株式会社日本バイオデータ、株式会社ライケット、株式会社津軽バイオマスエナジー、株式会社エンバイオ・エンジニアリング、大陽日酸株式会社、イオン株式会社、イオンアグリ創造株式会社、公益財団法人イオン環境財団、株式会社エフピコ

# 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

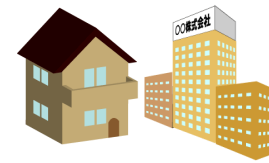
※中長期：CO<sub>2</sub>フリー水素生産プロセス

※短中期：液体燃料SAF生産プロセス

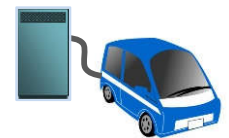
東南アジアとの連携による技術実証データに基づき、  
**経済性・環境性・社会受容性を定量的に評価**し、  
社会実装の実現性が高いシステムを選抜する。

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

# グリーン化学品 生産技術の開発

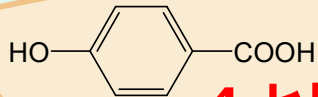
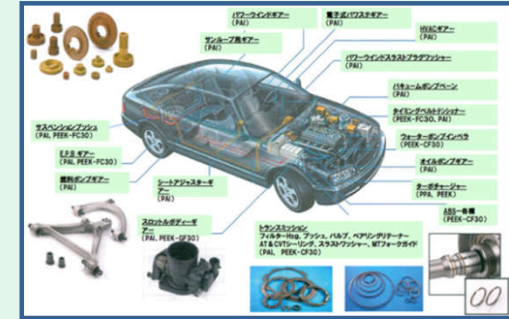
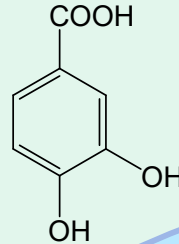
# 市場分類

## エンプラ

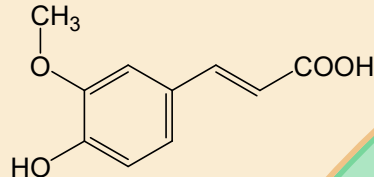
・家電製品の部品  
や車載部品等の  
機構部分に多用



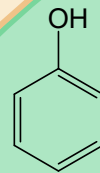
## プロトカテク酸



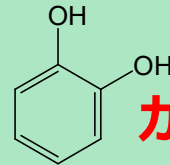
## 4-ヒドロキシ安息香酸



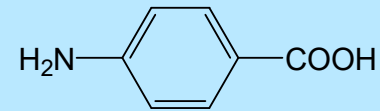
## フェルラ酸



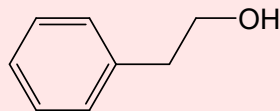
## フェノール



## カテコール



## p-アミノ安息香酸



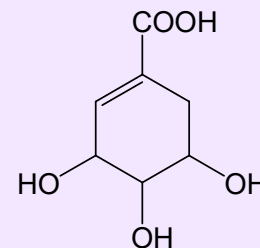
## 2-フェニルエタノール

## 香料・化粧品

・高付加価値、  
高価格  
・市場拡大傾向



## シキミ酸



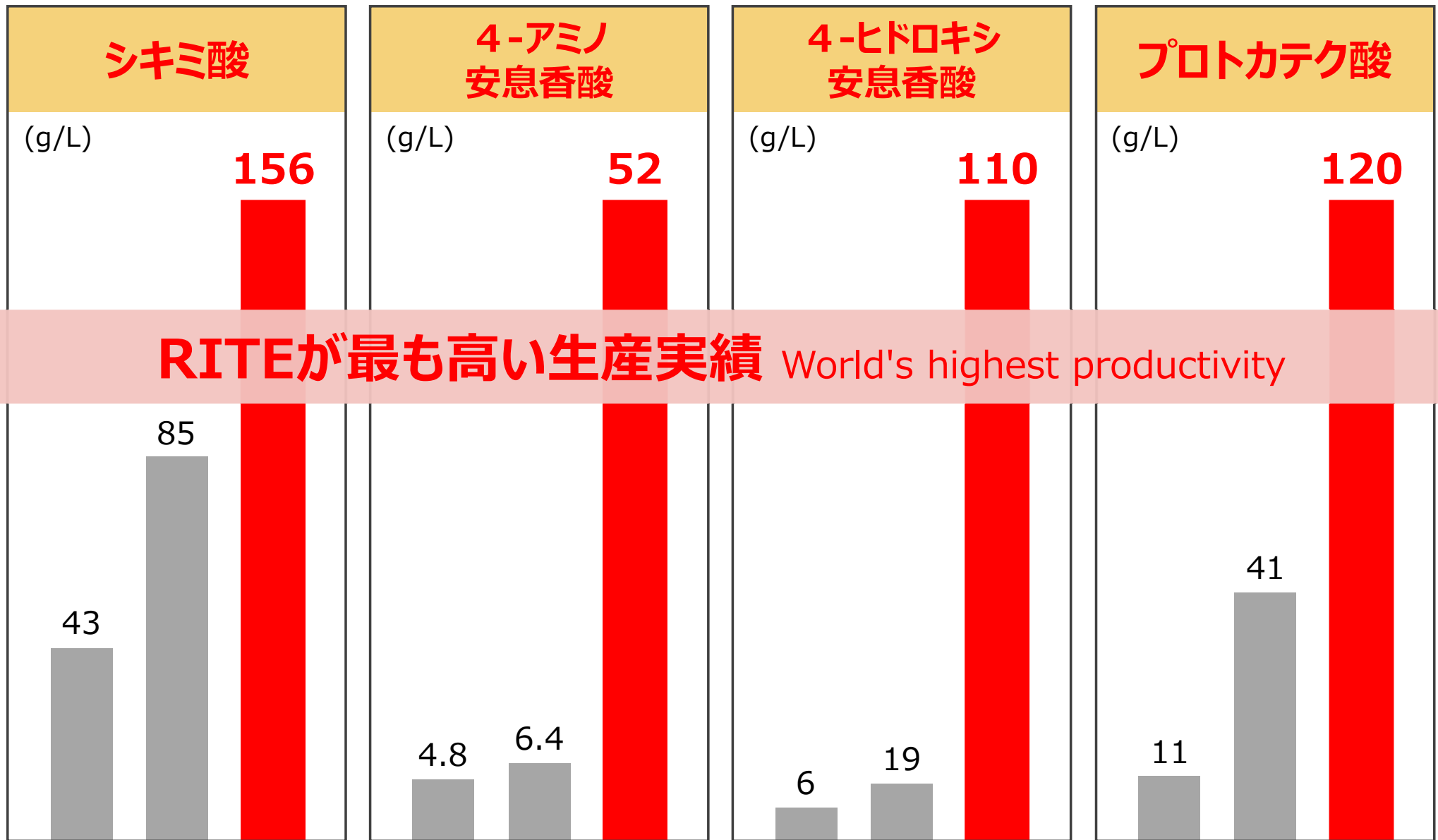
## 医薬原料

・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)

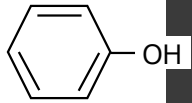


**RITEが最も高い生産実績** World's highest productivity

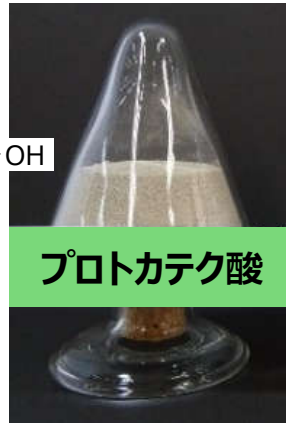
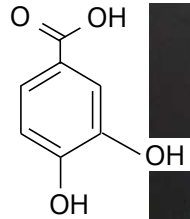


# パイロットプラントで生産試験

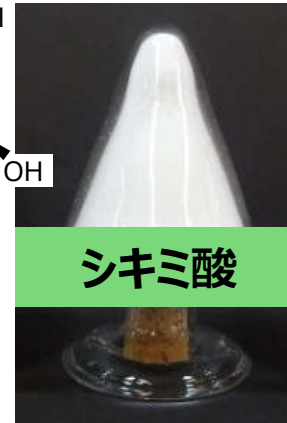
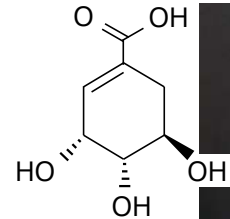
## 開発品



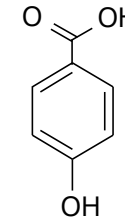
フェノール



プロトカテク酸



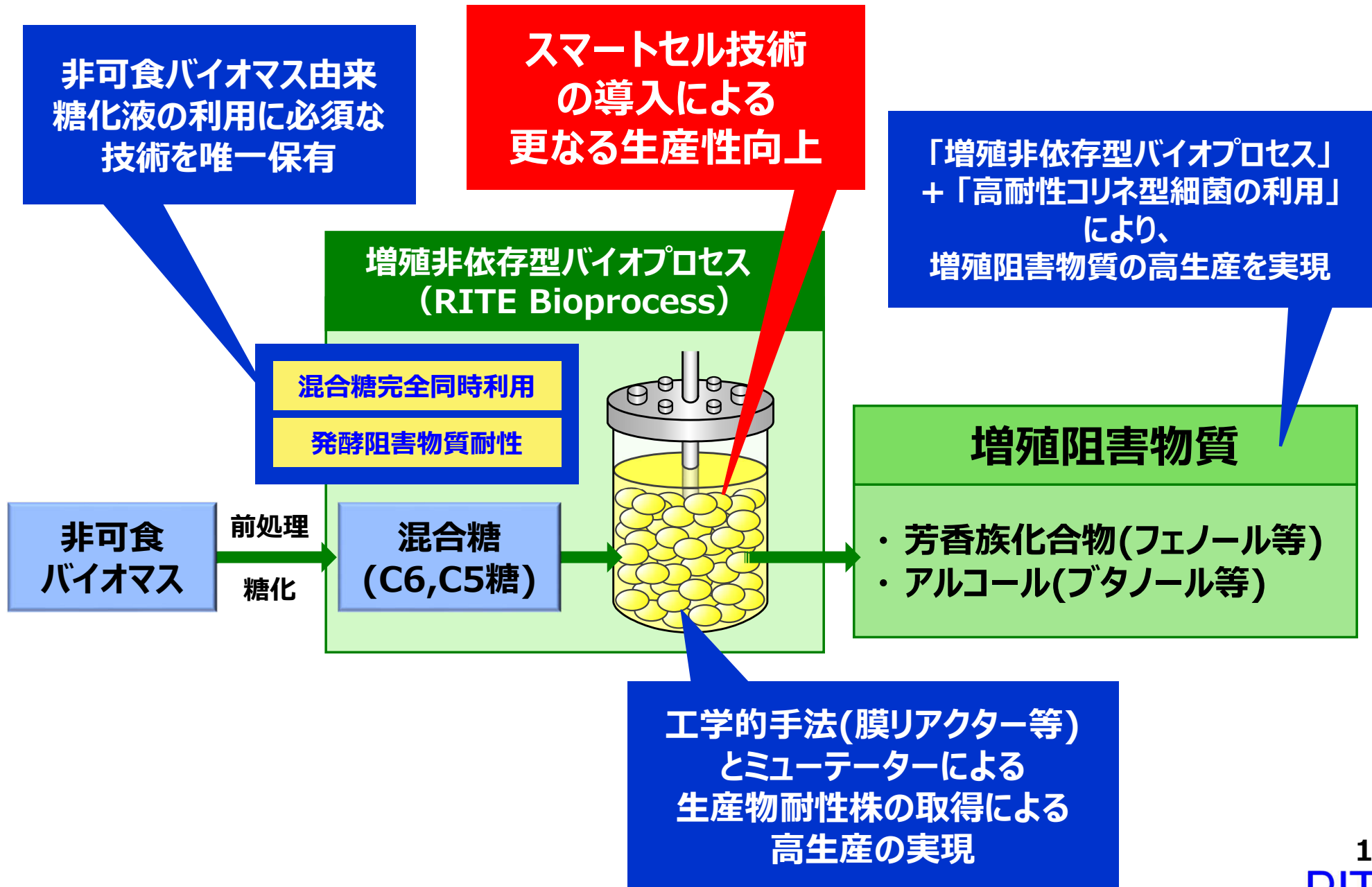
シキミ酸



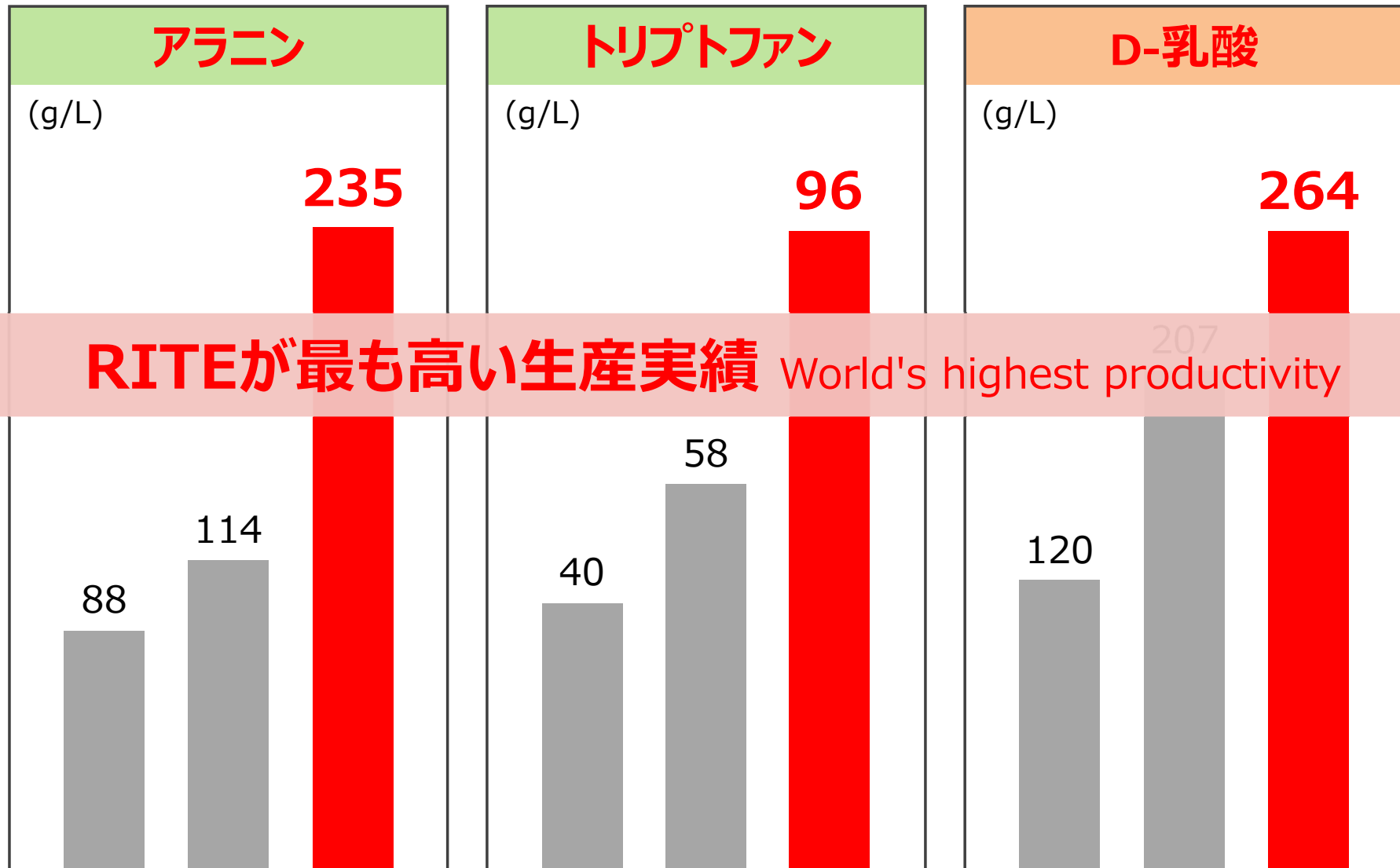
4-HBA



# 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



海外での商用生産の実績

# NEDO

## 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

データ駆動型統合バイオ生産マネジメントシステム  
(Data-driven iBMS) の研究開発

培養データ駆動型産業用  
スマートセル構築技術の開発

# 合成生物学によるスマートセルの創製

## 従来型細胞育種

発見(discover)



解析(analysis)



設計(design)



組換え(build)



試験(test)

## スマートセル

(高度に機能がデザインされた生物細胞)の創製

システム生物学ツール  
新規遺伝子クラスター同定  
統合オミクス解析  
ゲノム解析  
転写制御解析

合成生物学ツール  
人工代謝パス構築  
統合プラットフォーム構築  
遺伝子クラスター合成  
ゲノム編集

設計(Design)

構築(Build)

DBTLサイクル

学習(Learn)

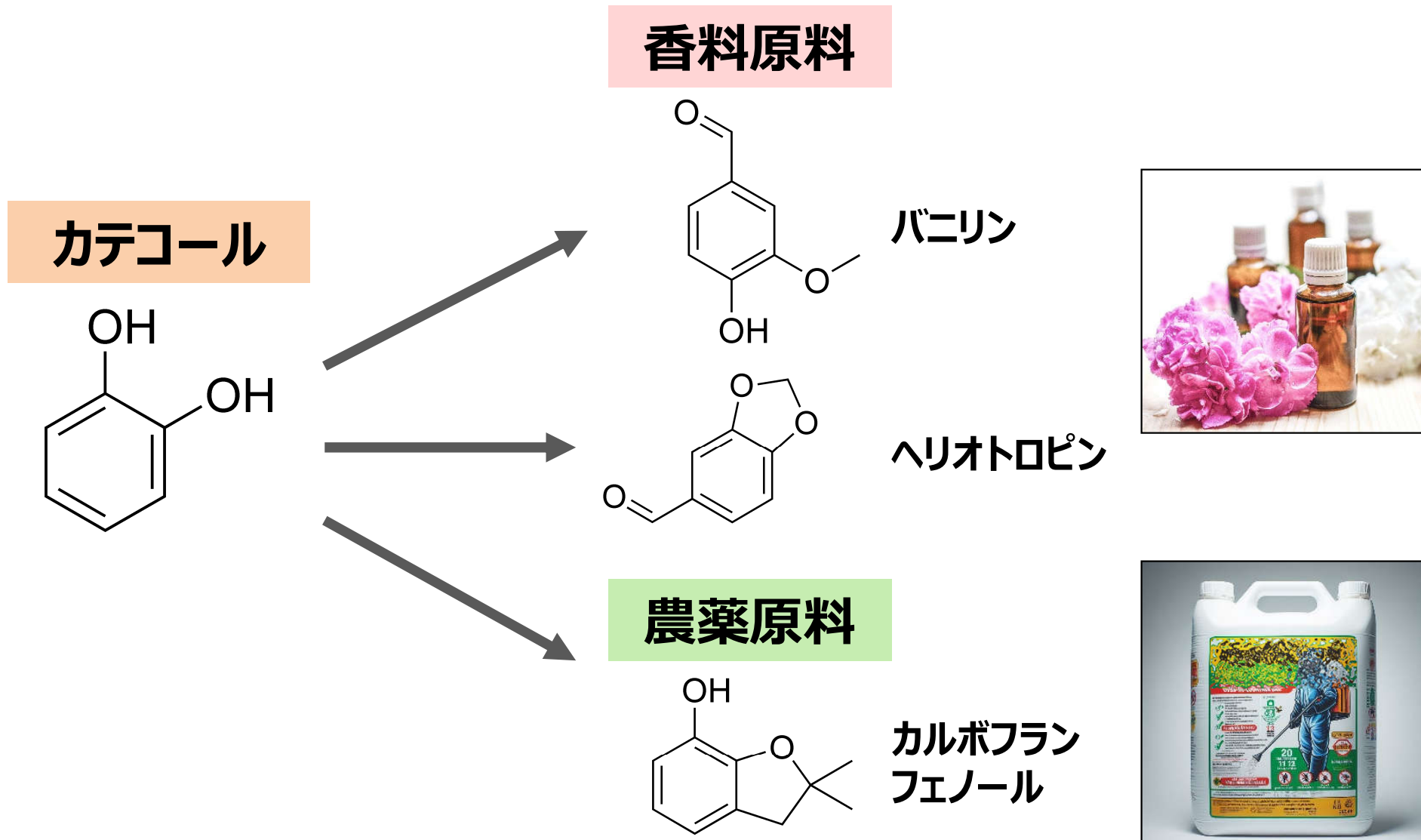
試験(Test)

人工知能(AI)  
機械学習等

自動ハイスループット  
アッセイ

人工的な代謝経路・遺伝子回路を計算機科学的に設計し、合成生物学により設計通りに遺伝子を合成・編集し生産細胞を創製

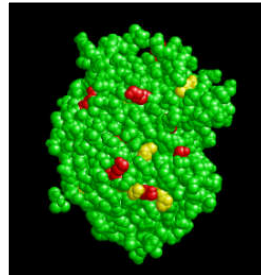
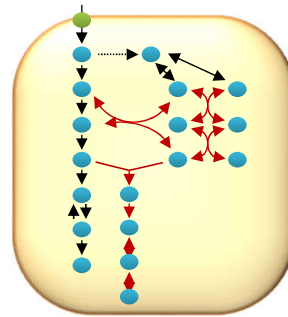
# カテコール用途



特にバイオ由来香料に高い需要がある

# カテコール生産

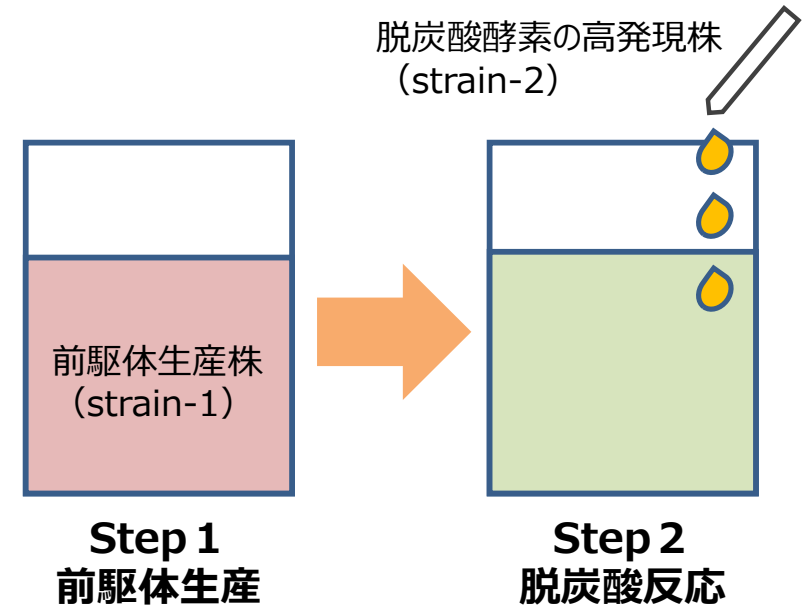
## スマートセル育種技術



- 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

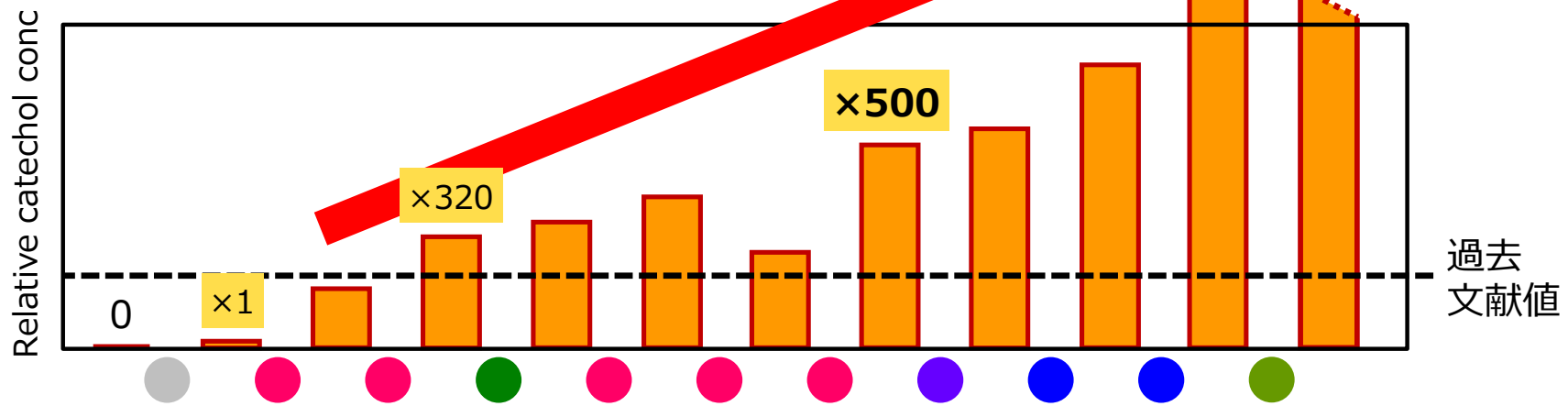
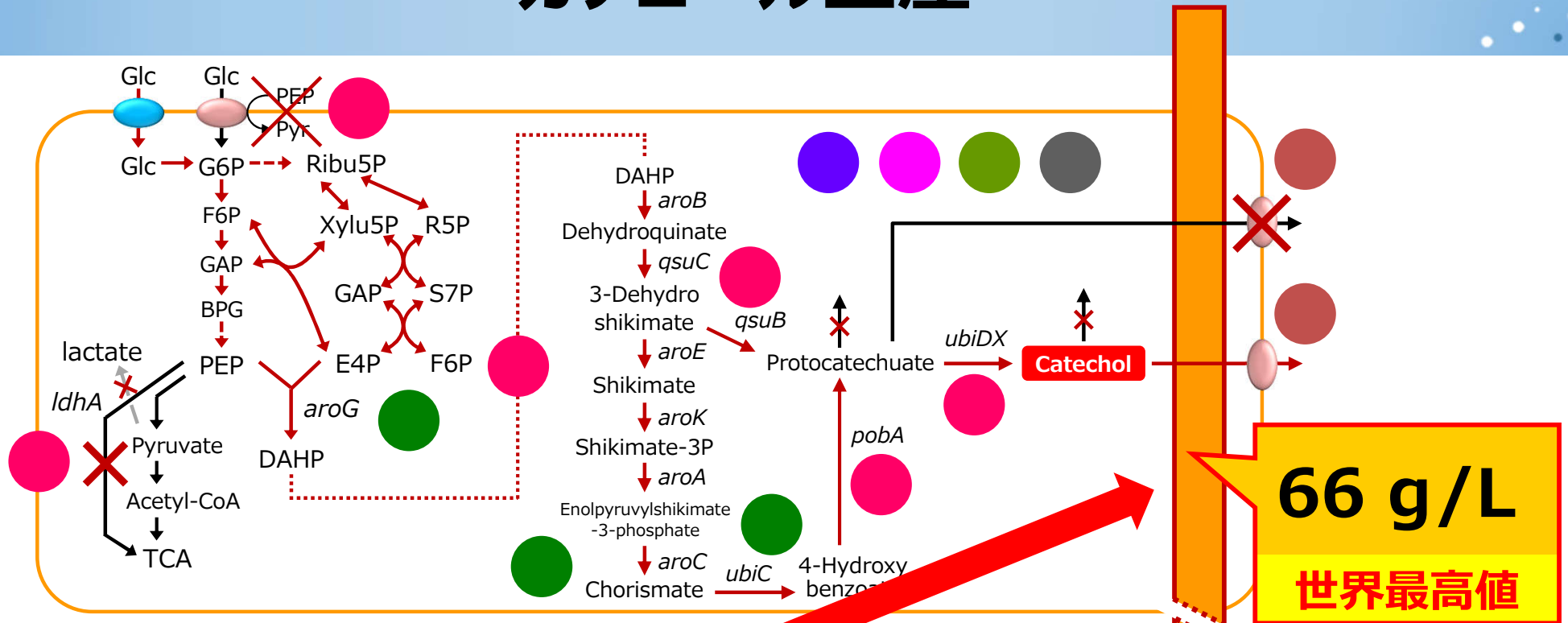
## 工学的プロセス技術

(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.
<b><i>Corynebacterium glutamicum</i></b>	<b>ジャーファーマンター 2段</b>	<b>66 g/L</b>	<b>RITE バイオ研究グループ</b>

最も最も高い生産濃度を達成

# NEDO ムーンショットプロジェクト

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

# ムーンショットプロジェクト

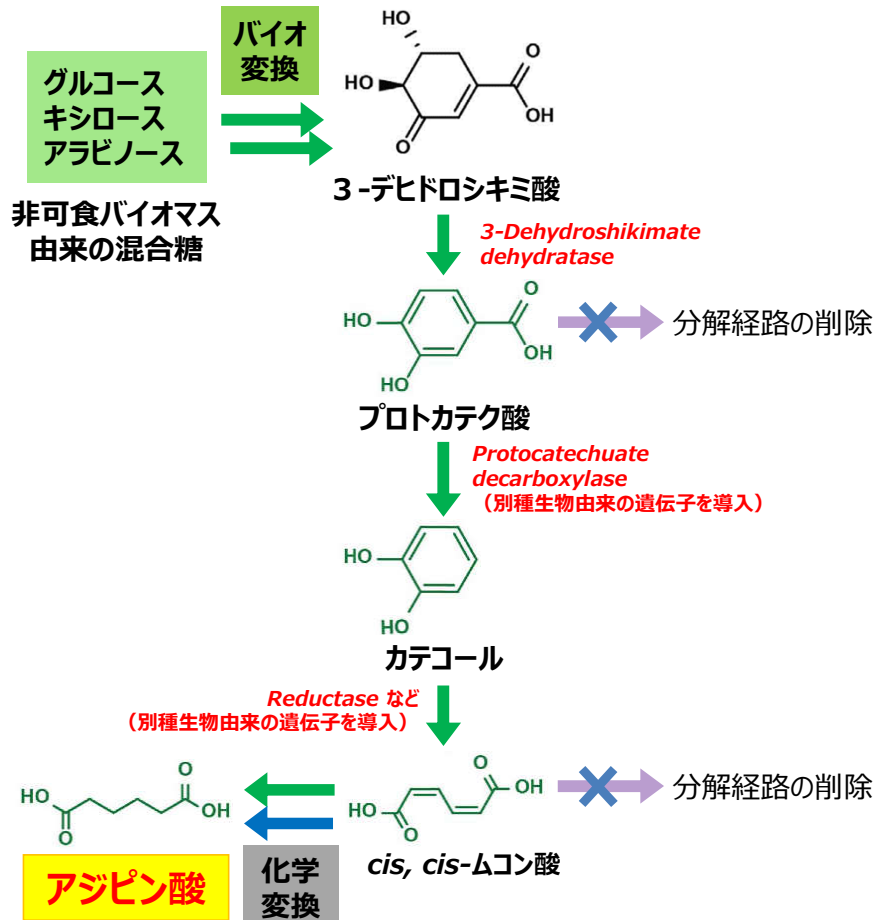
## 非可食性バイオマス为原料とした海洋分解可能なマルチロック型バイオポリマーの研究開発



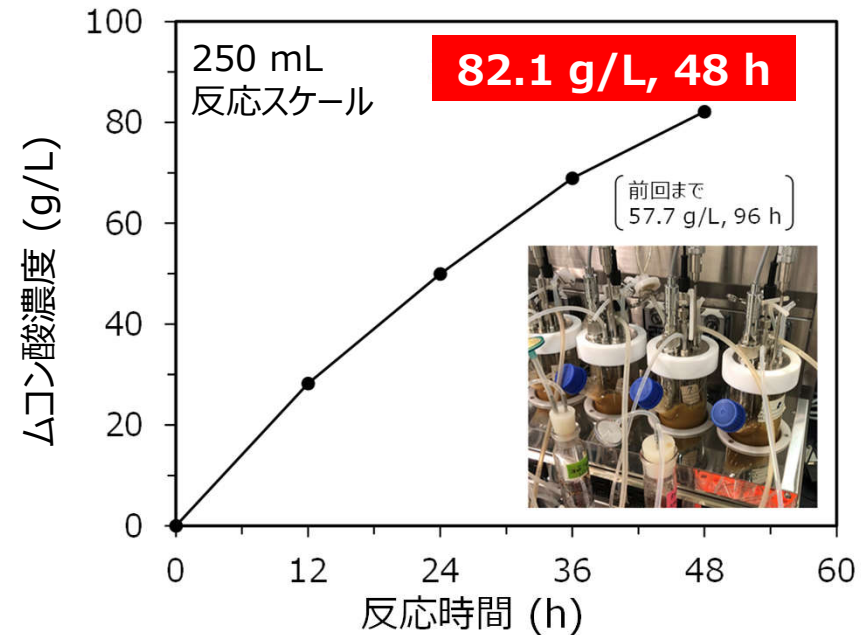
# 非可食性バイオマス原料からアジピン酸 前駆体であるcis,cis-ムコン酸のバイオ生産

- 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。

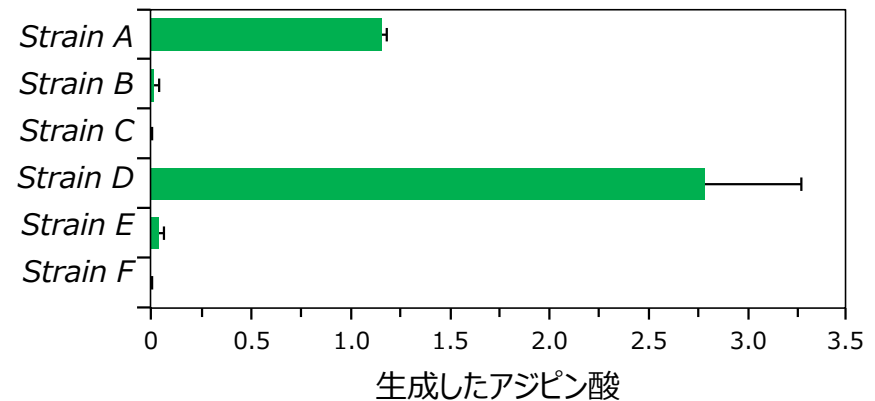
## アジピン酸の人工代謝経路



## 前駆体cis,cis-ムコン酸の生産



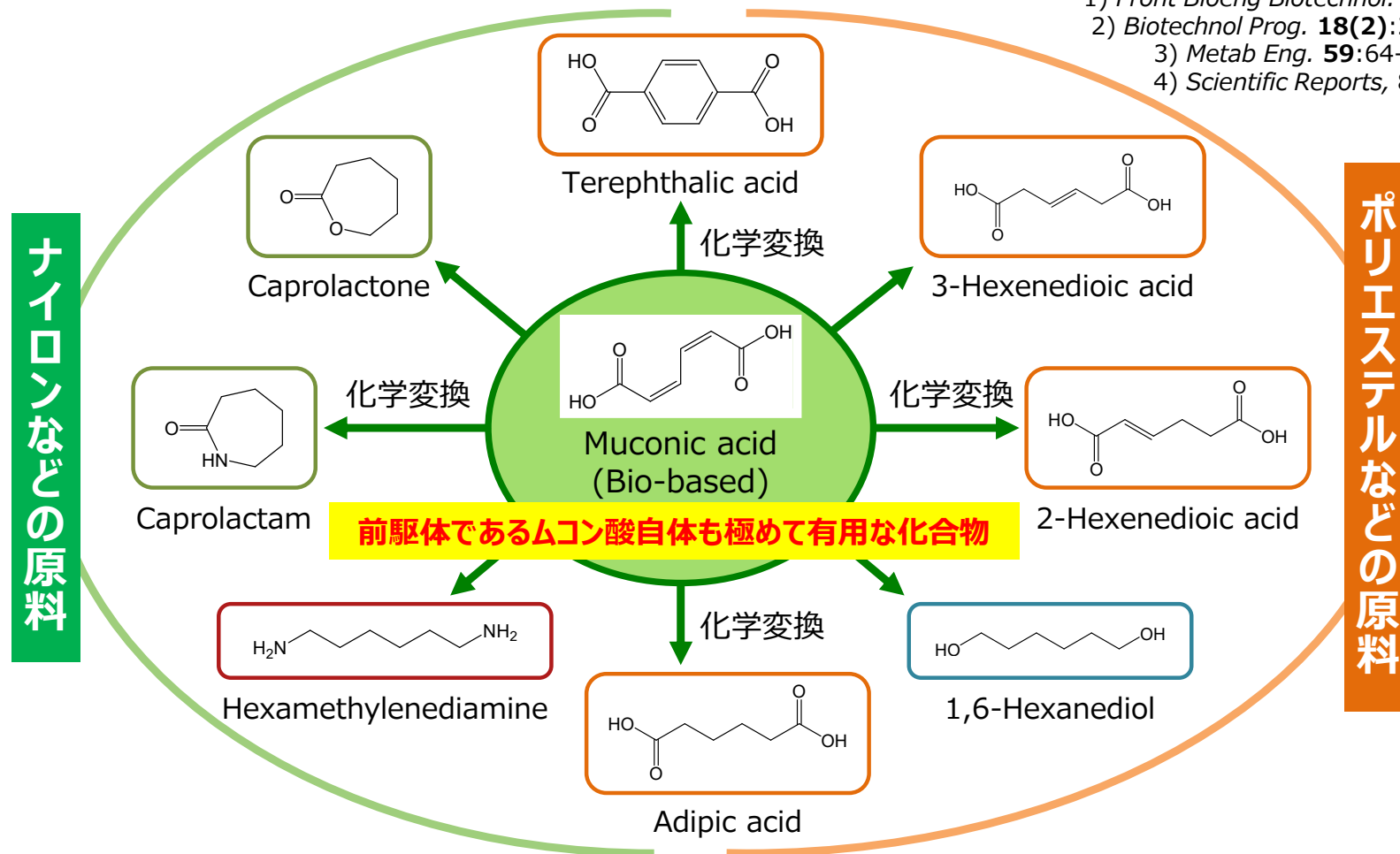
## アジピン酸生成酵素の探索



# cis, cis-ムコン酸の生産性比較と広い用途

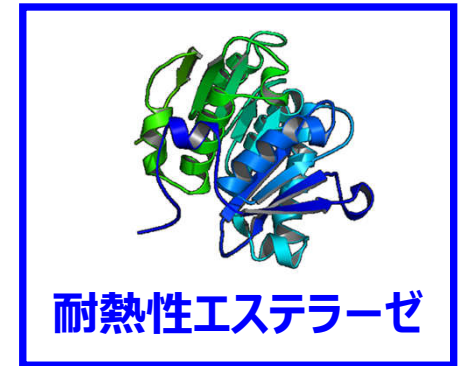
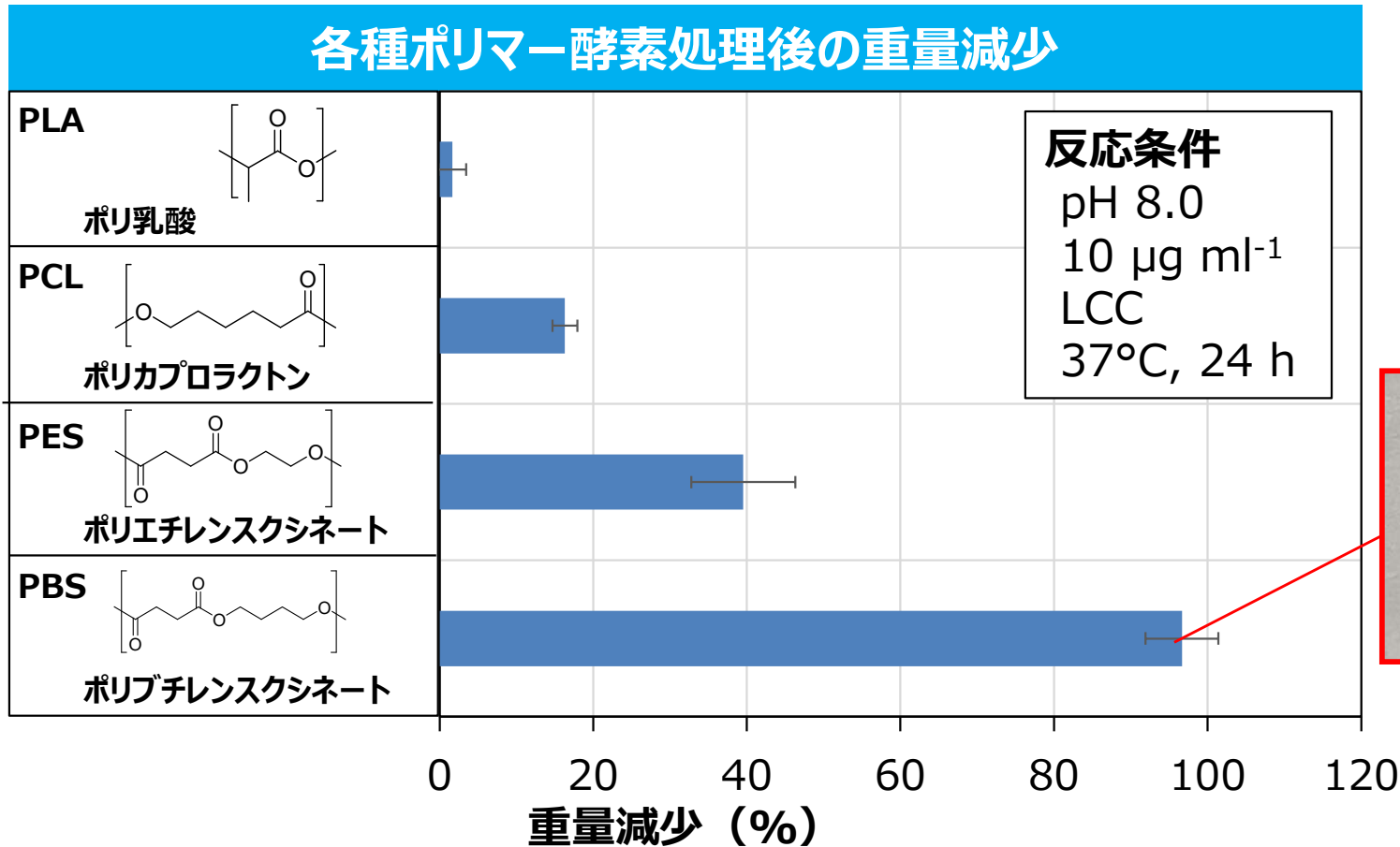
宿主	生産量	時間	研究グループ
<i>Escherichia coli</i> <sup>1)</sup>	64.5 g/L	120 h	Choi <i>et al.</i> , 2019. (インハ大、韓国)
<i>Escherichia coli</i> <sup>2)</sup>	36.8 g/L	48 h	Niu <i>et al.</i> , 2002. (ミシガン州立大、アメリカ)
<i>Pseudomonas putida</i> <sup>3)</sup>	22 g/L	104 h	Bentley <i>et al.</i> , 2020. (国立再生可能エネルギー研究所、ア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

- 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



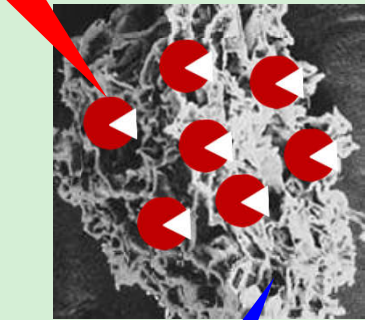
**PBSは24時間でほぼ  
100%の重量減少**

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

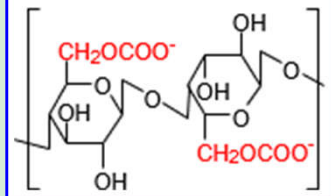
### ポリマー分解酵素



### 海洋分解性担体

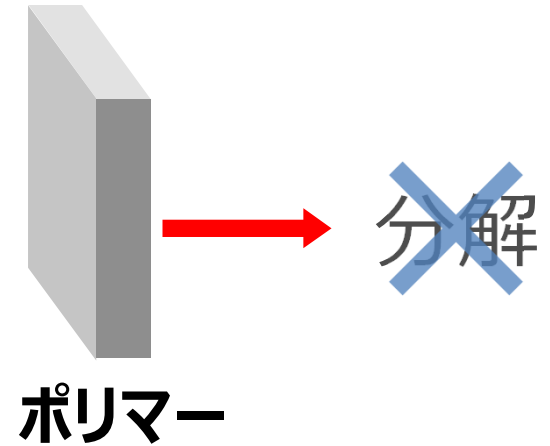
(多数の微小孔とマイナス電荷)

#### マイナス電荷



## 塩なし条件

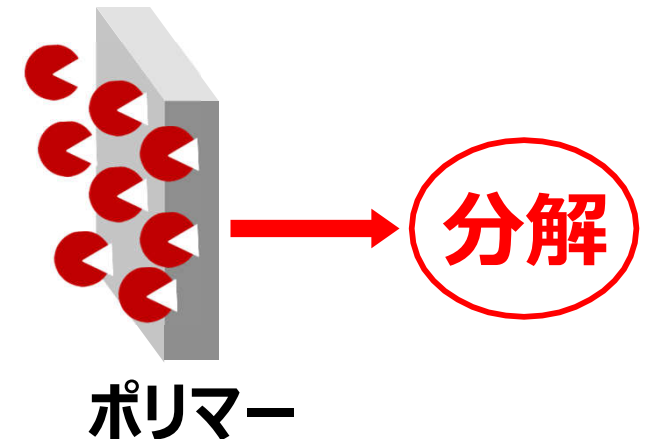
分解酵素は担体から溶出されないため、ポリマーは分解されない。



ポリマー

## 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）



ポリマー

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

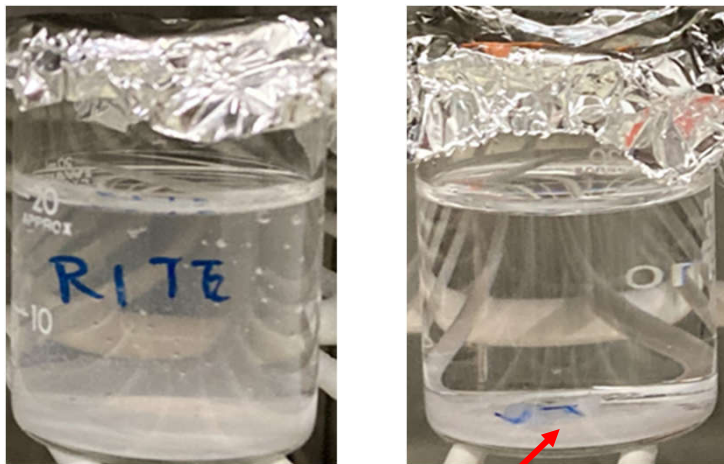
# 実海水での塩濃度スイッチ機構の検証

+ 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



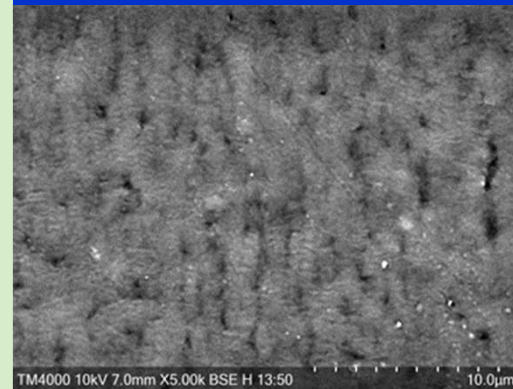
37°C, 48 h



ビーカーの底に崩壊したフィルム

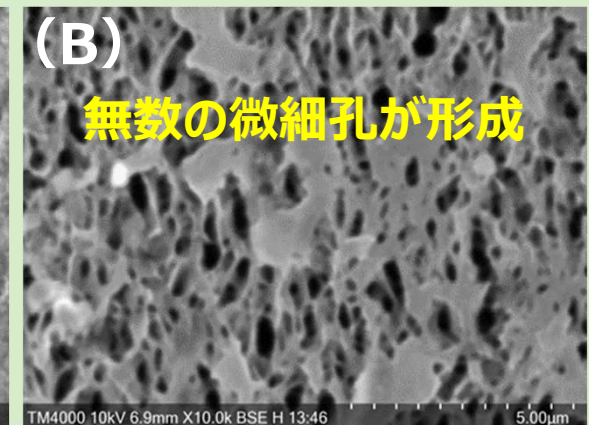
電子顕微鏡観察(24h反応後)

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



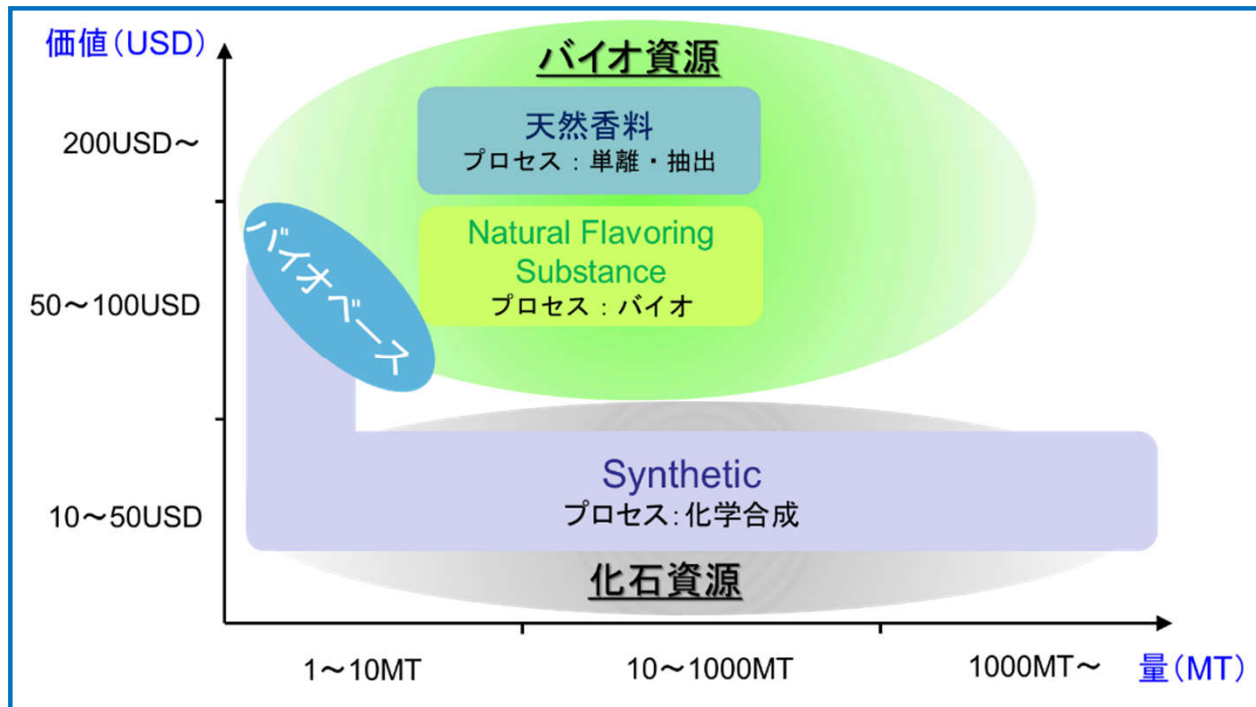
# NEDO

## 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

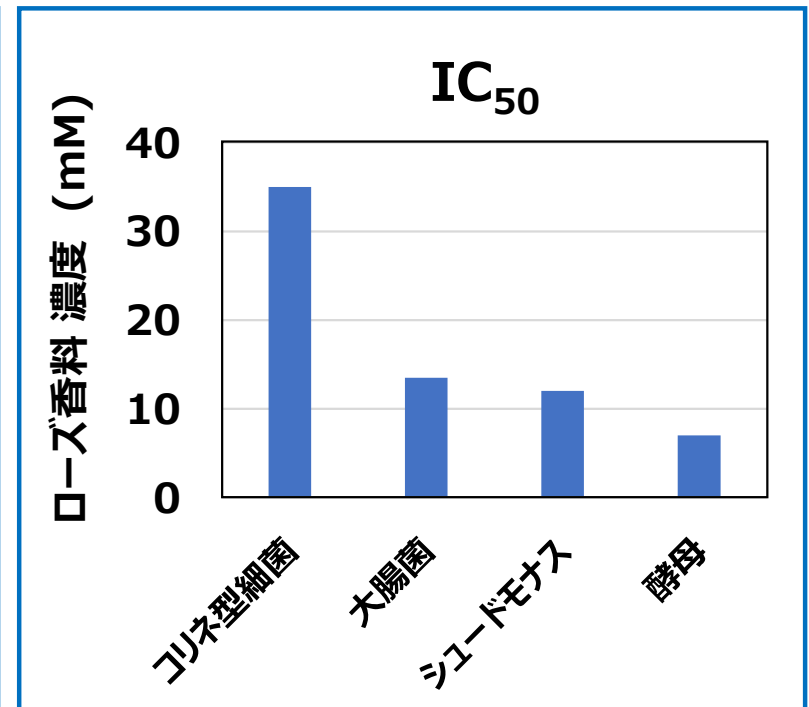
フロー連続単離法と増殖非依存型バイオプロセスによる  
ローズ香料の生産システム実証

高砂香料工業株式会社  
公益財団法人地球環境産業技術研究機構

# フロー連続単離法と増殖非依存型バイオプロセスによる ローズ香料の生産システム実証



香料素材の分類



ローズ香料に対する  
耐性比較 (IC<sub>50</sub>値\*)

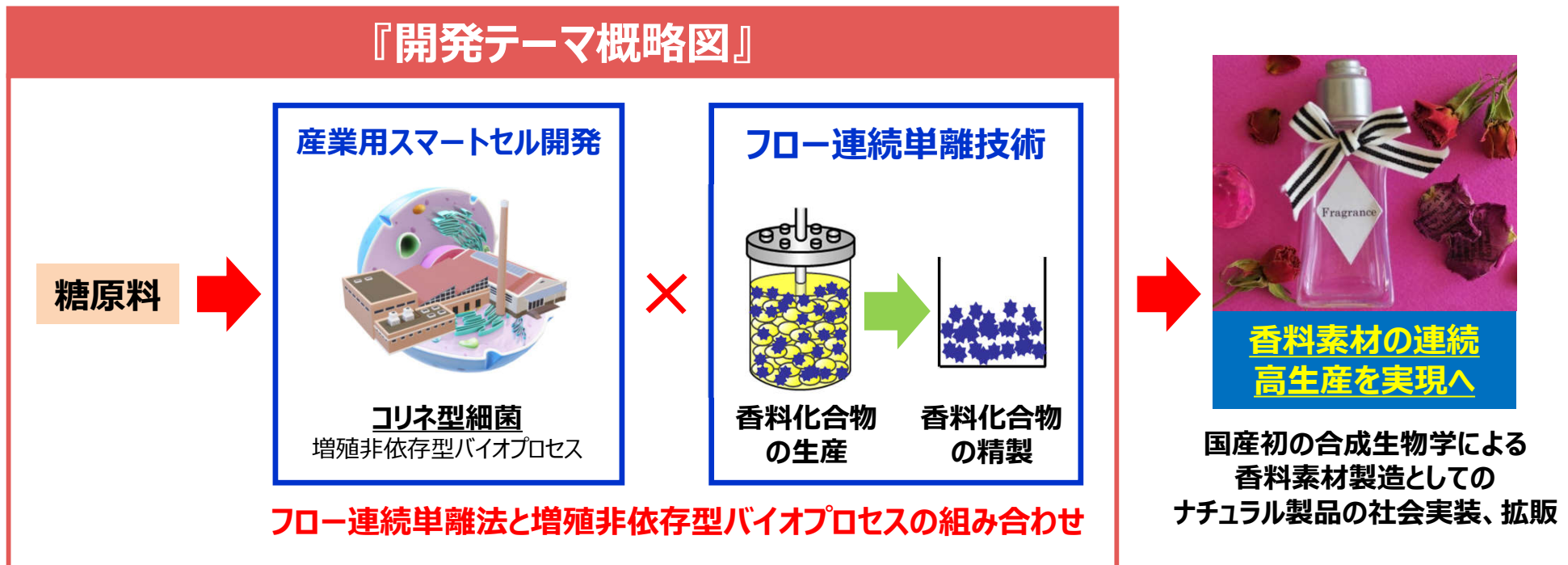
\*IC<sub>50</sub>: ここでは各微生物の増殖を半分  
抑えるために必要な化合物の濃度

# フロー連続単離法と増殖非依存型バイオプロセスによる ローズ香料の生産システム実証

## 開発テーマ概要

- **ローズ香料**は、年間数千トン規模で製造されている。
- 菌体への**毒性が強い**香料素材は多く、  
未だ合成生物学によるバイオ生産の成功事例が見られない。
- RITEでは、**微生物に対する毒性を回避するバイオ生産システム**の開発を進めている。

### 『開発テーマ概略図』



# NEDO

## 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

高吸収型天然カロテノイドの大量生産システム実証

ハリマ化成株式会社

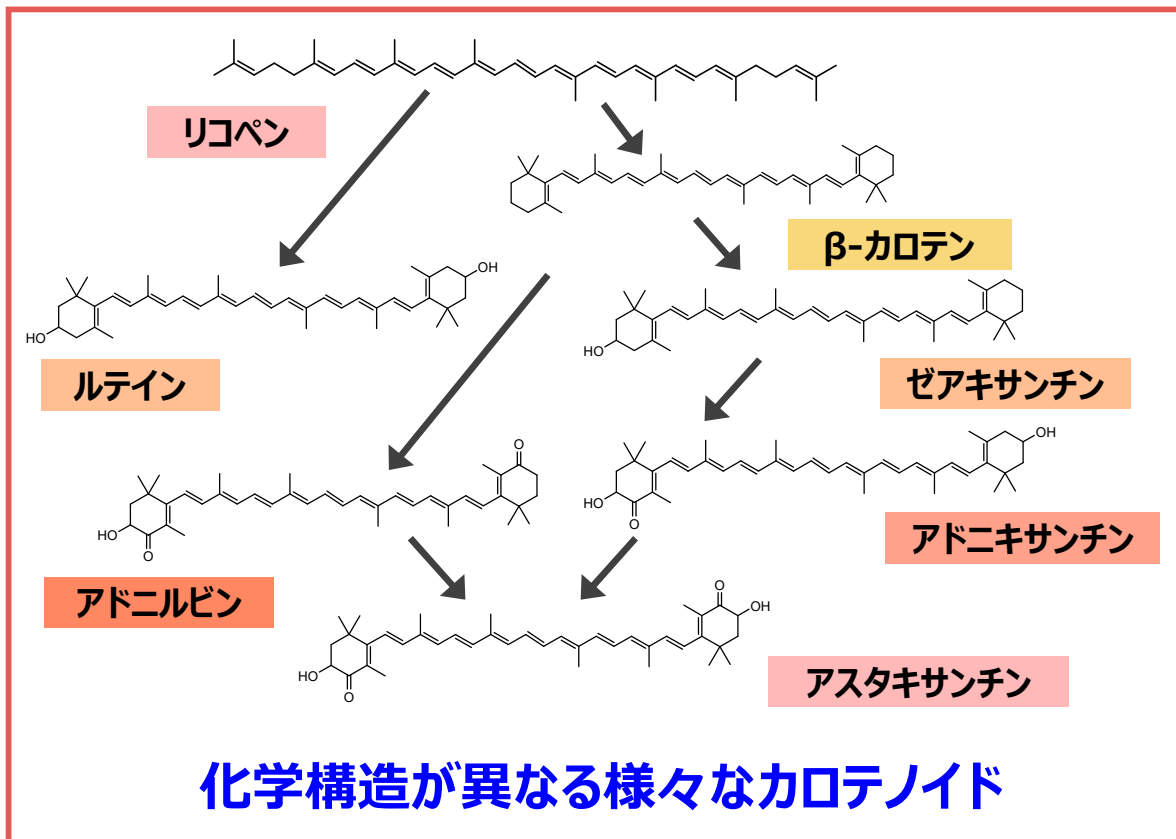
公益財団法人地球環境産業技術研究機構

# 高吸収型天然カロテノイドの大量生産システム実証

## 事業目標

希少な高吸収型カロテノイドを微生物によって大量生産する技術の開発

⇒ 有効性の高い機能性成分の市場投入と、希少成分の大量供給を実現



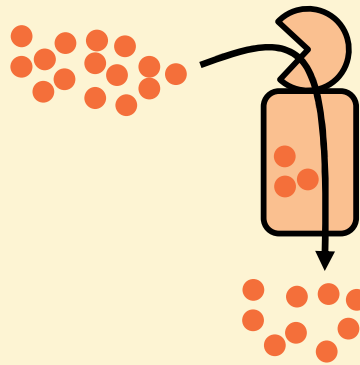
- ・ 色素成分としての飼料添加物以外に、高い抗酸化活性を有するサプリメントとしての需要も伸びている。
- ・ 天然原料中の含量が非常に低く、市場には化学合成品が大半を占める。

# 高吸収型天然カロテノイドの大量生産システム実証

## 事業内容

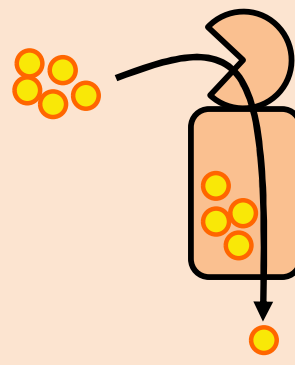
- ・カロテノイドは化学構造によって体内吸収性が異なり、流通している製品は吸収性が極めて低い。
- ・本事業で製造する高吸収型の希少カロテノイドは化学合成でも高収率での製造は困難。

### 流通している既存カロテノイド



体内吸収性が極めて低い

### 本事業で製造するカロテノイド



体内吸収性が高い



開発済みの  
既存カロテノイド  
高生産株

生合成経路の再設計

高吸収型希少カロテノイド  
特異的生産株

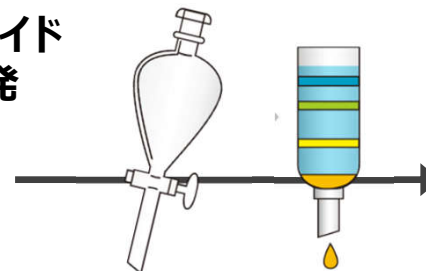
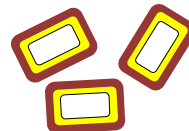
## 本事業の概要

バイオマス  
由来の糖



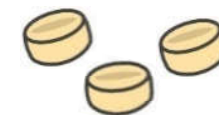
2. 大量培養技術の確立

1. 高吸収型カロテノイド  
特異的生株の開発



3. 抽出・精製法の確立

高吸収型  
希少カロテノイド



**NEDO**

**グリーンイノベーション基金事業**

CO<sub>2</sub>を直接原料としたカーボンリサイクルの推進

# NEDO グリーンイノベーション基金事業

## CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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
- CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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

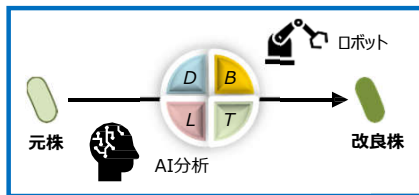
■ 事業期間 : 2023~2030年度

■ 補助率など (インセンティブ率は10%)

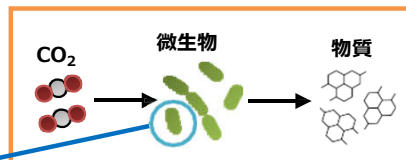
項目1 : 9/10委託、項目2 : 委託 → 2/3助成

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



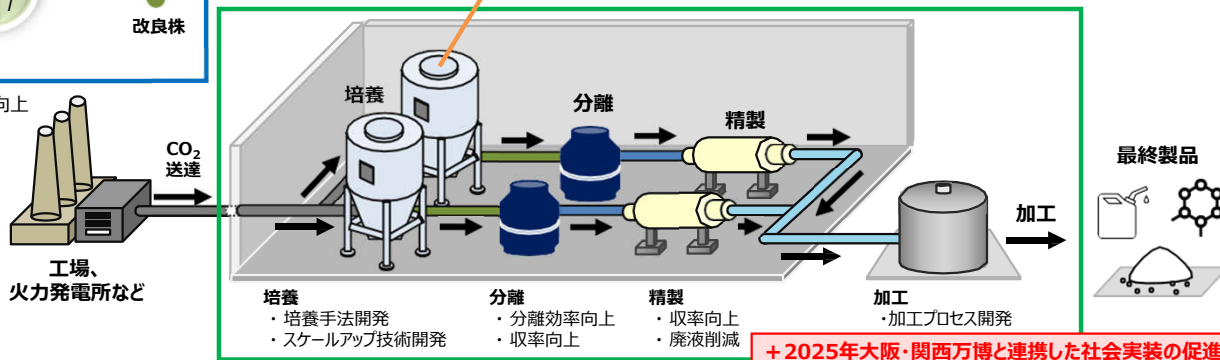
※微生物の開発効率を向上



#### 研究開発項目2 : CO<sub>2</sub>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 : CO<sub>2</sub>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)
- \* CO<sub>2</sub>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)

- \* CO<sub>2</sub>→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、CO<sub>2</sub>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等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)

- \* CO<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>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)

- \* CO<sub>2</sub>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)

- \* 水素細菌の物質産生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 (CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>) 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



# NEDO グリーンイノベーション基金事業 ごみ焼却ガスCO<sub>2</sub>から高機能接着剤製造

これまでに培ってきたスマートセル技術、菌株耐性化技術、酵素高機能化技術、バイオ変換技術などを活かし、  
**燃焼排ガス原料から高付加価値化学品（高機能接着剤）の原料である  
芳香族モノマーを生産する微生物生産株開発とバイオプロセス開発**  
を、積水化学工業株式会社と共同で実施。



# 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

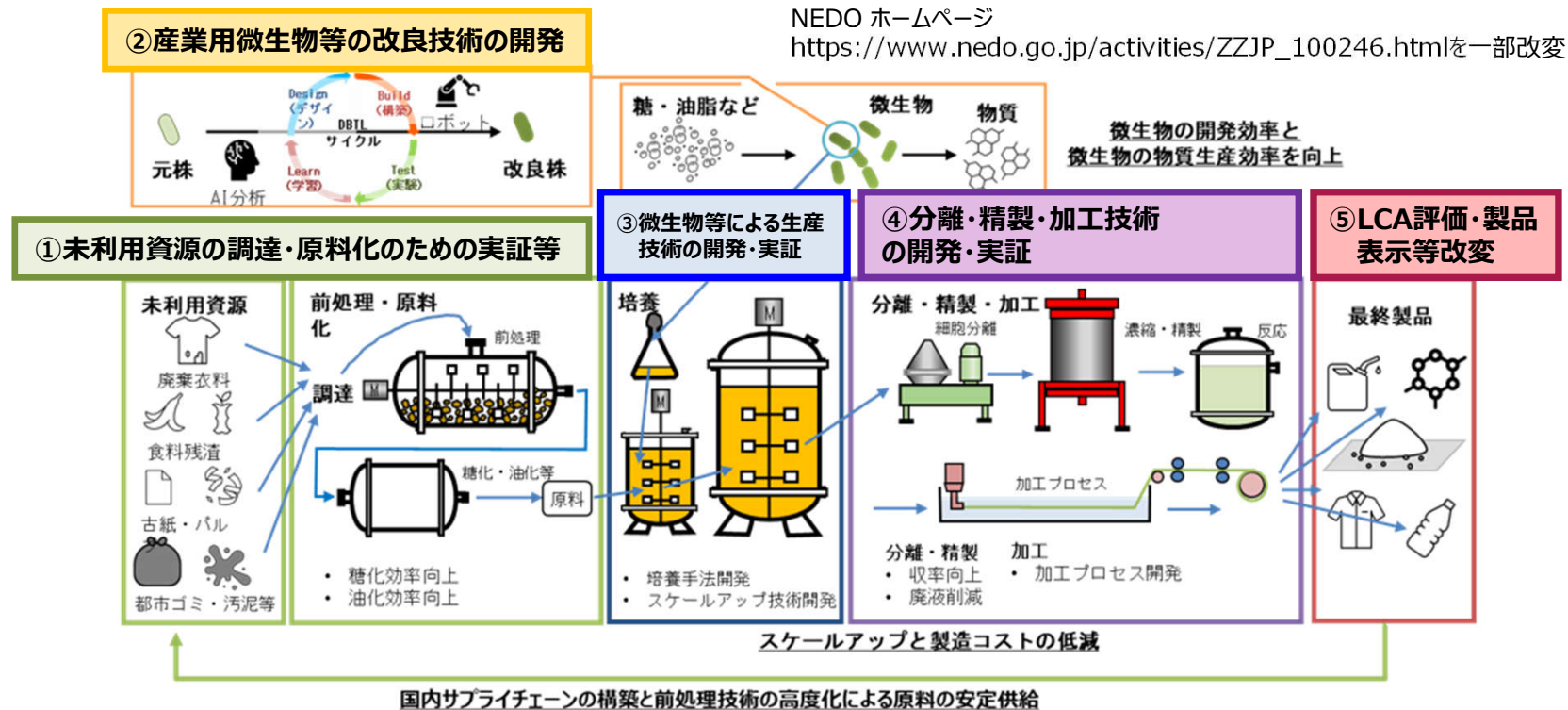
# NEDO バイオものづくり革命推進事業

事業期間

2023～2022年度

予算額

約3000億円（事業期間総額）



- 未利用資源の収集・原料化、微生物等の改変技術、生産・分離・精製・加工技術、社会実装に必要な制度や標準化等のバイオものづくりのバリューチェーン構築に必要な技術開発及び実証を一貫して支援します。
- **多様な原料** と **多様な製品** を出口としたバリューチェーンの構築に必要な技術や社会システム実証を行い、バイオものづくりへの製造プロセスの転換とバイオものづくり製品の社会実装を推進し、ひいては我が国の産業競争力の強化と社会課題解決を目指します。

# 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

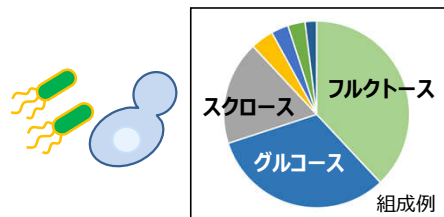
## 入口の課題

### 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

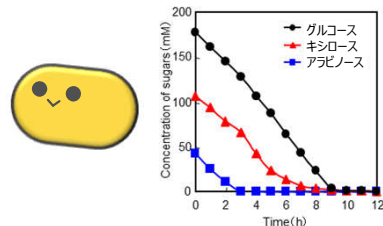
未利用原料は複数糖を含有



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

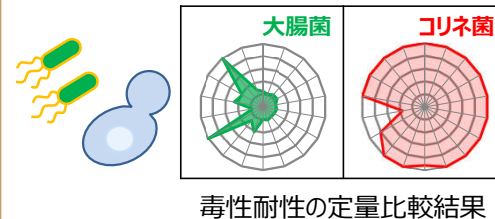
## 出口の課題

### 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。

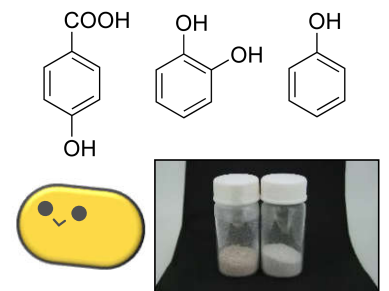
#### 他グループの従来型生産菌

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

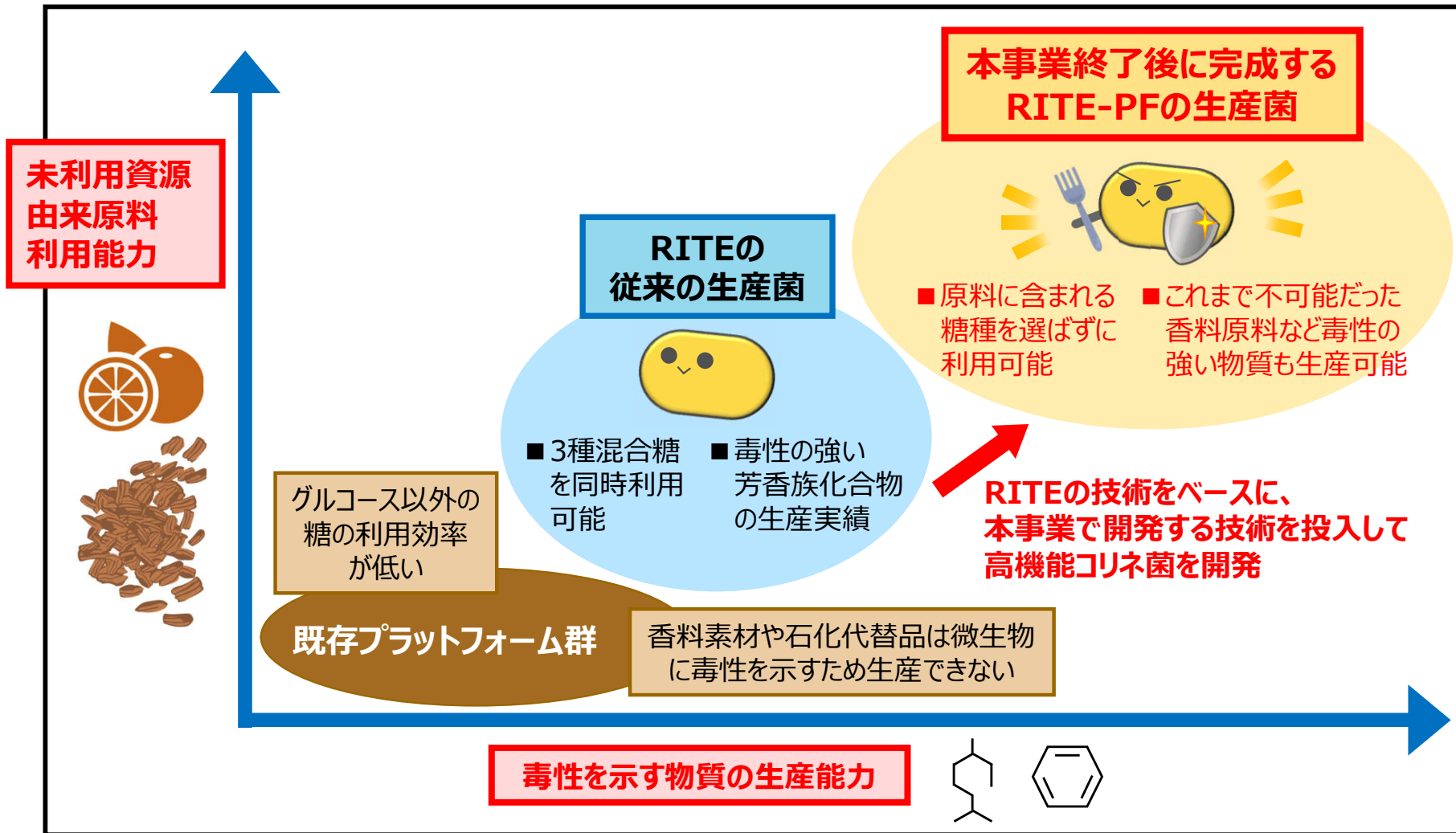


毒性の強い芳香族  
化合物の世界最高  
濃度生産実績

- 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

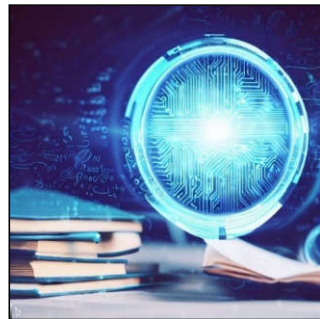
### 知識・機能・生産設備を集約して世界唯一のプラットフォームを構築



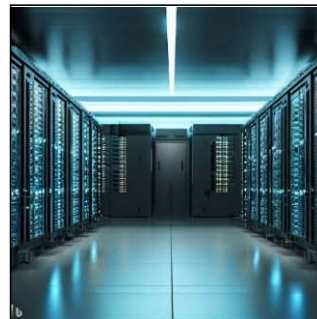
拠点整備



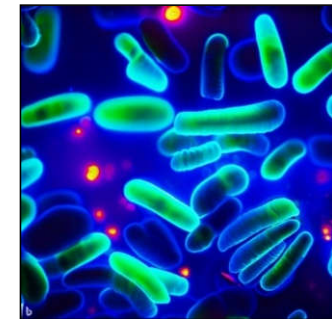
培養技術のDX



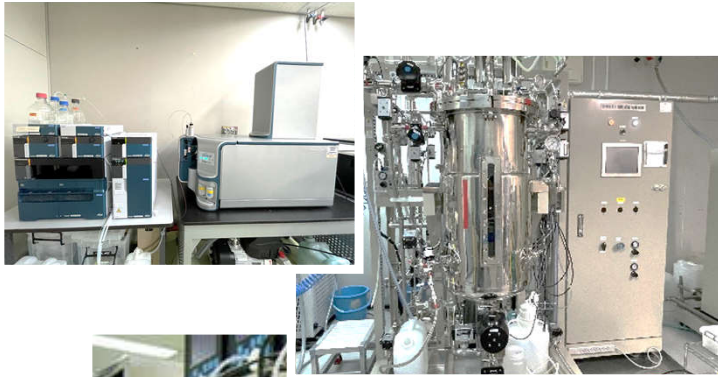
未利用原料対応代謝設計  
糖利用能向上設計



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](mailto:mmg-lab@rite.or.jp)

