

バイオ研究グループ

グループメンバー(2025 年 4 月)

グループリーダー・主席研究員 乾 将行

副主席研究員 寺本 陽彦
副主席研究員 平賀 和三
副主席研究員 宮本 正人
副主席研究員 畚野 信剛
副主席研究員 北本 幸子
主任研究員 田中 裕也
主任研究員 須田 雅子
主任研究員 北出 幸広
主任研究員 長谷川 智
主任研究員 渡邊 彰
主任研究員 小暮 高久
主任研究員 久保田 健
主任研究員 大井 潔
主任研究員 橋本 龍馬
主任研究員 猿谷 直紀
主任研究員 清水 崇史
主幹 洲上 聡子
研究員 肥後 明佳
研究員 Natalia Maria Theresia
研究員 柏木 紀賢
研究員 Dyah Candra Hapsari Subagyo
研究員 Dita Grinanda
研究員 新宅 みゆき
研究員 黒石川 嵩幸
研究員 田島 直幸

研究員 千葉 夏乃
研究員 Dhira Saraswati Anggramukti
研究員 岩佐 尚徳
研究員 松島 加奈
研究員 大沼 広宜
研究員 西田 志穂
研究員 厨 祐喜
研究員 上田 祐輝
研究助手 渡邊 淳子
研究助手 池永 由布子
研究助手 水口 祥子
研究助手 永守 美雪
研究助手 内藤 香枝
研究助手 池田 永子
研究助手 米田 和代
研究助手 小泉 真夕
研究助手 西 淳子
研究助手 岩島 素巳
研究助手 吉田 佳世
研究助手 岡田 亜弥
研究助手 フォークナー 真紀
研究助手 栢村 里美
研究助手 初谷 良子
研究助手 多郷 友里
研究助手 山口 美幸
研究助手 近藤 蘭子

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

1. はじめに

バイオものづくり技術とは、最先端の遺伝子改変技術等を活用し、微生物の発酵と呼ばれる物質生産能力を高めたり、目的とする物質の生産能力を微生物に新たに付与するキーテクノロジーである。また、微生物が有する分解酵素の機能強化を通じて、原料から目的の分解物を効率的に得る技術もこれに含まれる。これらの技術を用いて行うバイオものづくりは、自然界の生物学的メカニズムを模倣し、工業的な製造プロセスに応用する新しいアプローチであり、次の特徴と利点を有する。

バイオものづくりでは、微生物、細胞、酵素などのバイオプロセスを利用する。このため、化学プロセスでの合成が難しい化合物であっても、微生物酵素による特異性の高いバイオプロセスを用いることにより、副生物の生成を抑えた高収率の合成を行える利点がある。微生物

の細胞の中では、機能の異なる酵素が協調的に働くことで多段階の合成反応が進むため、炭素数の多い複雑な構造を有する物質の合成にも強みがある。バイオものづくりは、これまでもバイオ医薬品や食品等の産業領域で主に活用されてきたが、近年のバイオテクノロジーの急速な進展により、燃料・化学品・繊維等の素材原料など、多様な産業分野への活用の取り組みが広がってきている。

しかしなんといたってもバイオものづくりの最大の利点は、新しい製品開発や製造プロセスの転換という産業活動におけるイノベーションを推進しつつ、環境負荷の低減や持続可能な資源利用という社会課題の解決が可能となることである。例えば現在、産業活動の中心となっている化学プロセスによる製造は、多くの場合、高温高压での反応を必要とする。一方、バイオものづくりは常

温常圧での反応が可能であるため、化学プロセスと比べて CO₂ 排出量の削減が期待できる。また、バイオものづくりでは、バイオマスなど、その成長過程で CO₂ を吸収した植物等の生物由来資源を、原料として利用することが可能なため、石油等の化石資源に依存する化学プロセスとは異なり、気候変動に影響を及ぼす新たな CO₂ の排出を、大幅に抑制することができる。さらに、従来は埋め立てあるいは焼却するしか処理方法のなかった化学製品由来の廃棄物や、これらを焼却して発生する CO₂ そのものを、最先端のバイオものづくり技術によって、産業活動に必要な燃料(バイオ燃料)や、新たな化学品(グリーン化学品)やその出発原料として再生することが、可能となりつつある。

このようにバイオものづくりは、カーボンニュートラルを達成するための重要な手段の一つである。持続可能なバイオものづくりはまた、資源循環型の次世代の産業基盤として、さまざまな産業領域における競争力の源になることから、RITE では早くからバイオものづくり技術に着目し、産業利用に向けた基盤整備に向けて、コア技術等の開発に積極的に取り組んできた。

本概説では、まず、「RITE Bioprocess」※¹ や「スマートセル創製技術」等、RITE が保有するコア技術について紹介する。次に、RITE が参画する国家プロジェクトを通じて、近年進展が著しい“バイオ×デジタル”技術分野における基盤技術開発の取り組み状況について紹介する。最後に、事業化への取り組みと今後の展望について述べる。

2. RITE のコア技術

2.1. 「RITE Bioprocess」

RITE は、微生物では他に類を見ない、高い物質生産能力を有するコリネ型細菌の工業的利用価値に着目し、そのコア技術開発に取り組んできた。RITE 研究の一環で、コリネ型細菌は嫌気的条件下で増殖が抑制される一方、物質生産に必要な代謝機能は維持され、糖類を代謝して有機酸などを効率よく生成する現象を見出した。これを基に、増殖非依存型バイオプロセス「RITE Bioprocess」を確立している。物質生産性に極めて優

れた「RITE Bioprocess」はRITE 独自の技術であり、バイオものづくりの社会実装を推進する上で、最も重要なコア技術の一つと位置付けられる(図 1)。以下にその3つの特長について簡単に述べる。

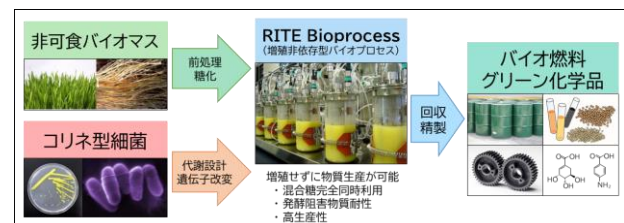


図1 「RITE Bioprocess」を利用した
バイオものづくりの概念

特長① 増殖非依存型バイオプロセス

自然界における発酵生産は、通常、微生物が増殖しながら物質を生産する。しかし、一定の嫌気的条件下や、増殖に適した好氣的条件下であっても増殖に必須の因子を取り除くことで、増殖が停止した状態でも目的とする物質生産が進行するバイオプロセスを確立した(図 2)。従来は微生物の増殖に消費されていた栄養やエネルギーが、RITE Bioprocess では目的物質の生産のみに使用されるため、化学プロセスと同等以上の高い生産性を実現する技術である。

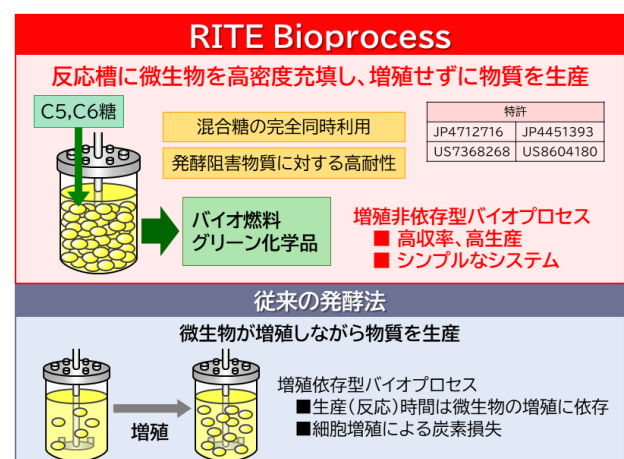


図2 「RITE Bioprocess」の特長①
(増殖非依存型バイオプロセス)

特長② 発酵阻害物質に対する高耐性

バイオものづくりでは、原料とするバイオマスや廃棄物由来の未利用資源の中に、微生物の増殖を阻害する

物質が含まれることが多い。また、微生物に生産させた目的の物質自体が、微生物の増殖を阻害したり、微生物にダメージを与えることも多く、発酵生産可能な物質の種類が限定されてしまう。「RITE Bioprocess」では、微生物の増殖を伴わない生産システムであるため、様々な発酵阻害物質に対する耐性が高いという特長を有する(図 3)。従来は活用できなかった原料を用いて、発酵生産が困難だった様々な物質でも、高い生産性を達成することが可能である。

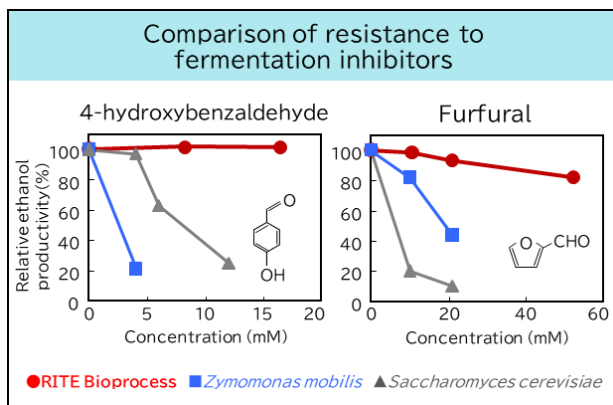


図 3 「RITE Bioprocess」の特長②
(発酵阻害物質に対する高耐性)

特長③ C5&C6糖類の完全同時利用

バイオものづくりで原料に利用されるバイオマスの多くは、非可食のセルロース系バイオマスである。非可食バイオマスからは、グルコースなどの C6糖とキシロースやアラビノースなどの C5糖の混合物が得られる。通常、微生物は物質生産の炭素源として C6糖を優先的に利用するが、C5糖の利用効率は著しく低い。RITE では、C5糖代謝遺伝子ならびに C5糖輸送体遺伝子を微生物に新たに導入することにより、C5糖の利用速度を C6糖並みに高めるプロセスを確立した(図 4)。C5&C6糖類の完全同時利用技術は、非可食バイオマス原料の廃棄物を最小限にしながら、物質生産効率を最大限に高めることができる、バイオものづくりにおいて欠かせないコア技術である。

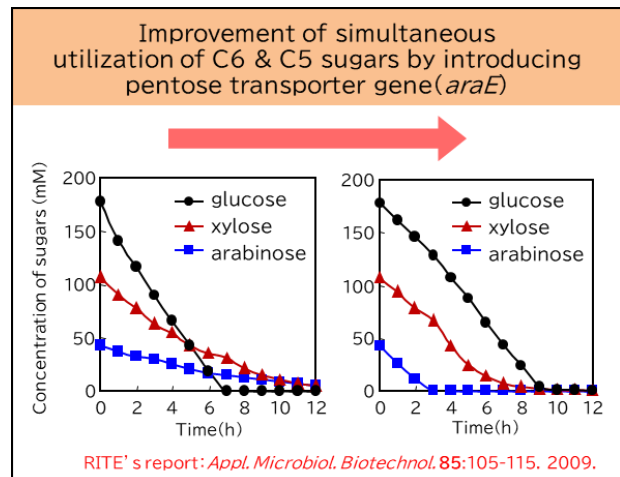


図 4 「RITE Bioprocess」の特長③
(C5&C6糖類の完全同時利用)

2.2. スマートセル創製技術

RITE は、スマートセルプロジェクト(NEDO「植物等の生物を用いた高機能品生産技術の開発」、2016 年度～2020 年度)に参画し、スマートセルを生み出す技術群の開発に携わってきた。スマートセルとは、遺伝子改変により、高度に機能がデザインされ、機能の発現が制御された生物細胞を意味する。より具体的には、最先端のバイオテクノロジーとデジタル技術を融合させることによって、生物細胞の能力を最大限に引き出し、物質生産に最適化された細胞のことを指す。RITE はこのスマートセルを生み出す技術群を開発し、RITE 技術として取り込むことで、生産株の代謝経路設計技術や育種技術、発酵生産技術のレベルアップに成功した(図 5)。また、実際にターゲット化合物を設定し、スマートセル創製技術を活用してその生産株を効率よく生み出すことにも成功した。この技術は他の様々なバイオ燃料やグリーン化学品の生産株開発にも応用可能である。今後もこれらの技術のブラッシュアップを図り、スマートセル創製技術の有効利用を目指す。

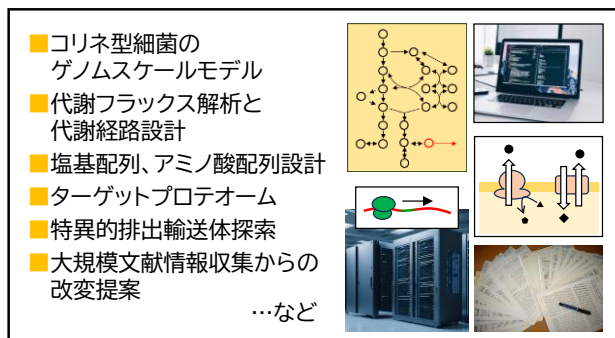


図5 スマートセル創製技術

2.3. 細胞毒性回避システム

RITE では、これまでバイオ技術を駆使して様々な化合物生産に取り組んできたが、生産ターゲットによっては反応液中に蓄積した目的化合物そのものによる細胞毒性によって生産が停止してしまうという課題に直面した。例えば、芳香族化合物の一種であるカテコールは、従来のバッチ法ではある一定の濃度に到達したところで生産が頭打ちとなってしまった。そこで、この細胞毒性の影響を回避して高生産を実現すべく、菌体反応に吸着や抽出などの工学的手法を組み合わせることで、目的化合物を選択的に系外へ除去・回収しながら生産が可能な細胞毒性回避システムを開発した。一例として、図6に膜分離と樹脂吸着を組み合わせたカテコール連続反応法を示す。反応槽内で生成したカテコールを連続的に吸着樹脂で回収し、槽内のカテコールを低濃度に維持したまま生産を行うことで、通常のバッチ法と比べて極めて高効率なカテコール生産が可能となった。すなわち、強い細胞毒性を有するカテコールの影響を回避することで生産株本来の性能が発揮され、カテコールの飛躍的な高生産が実現した。

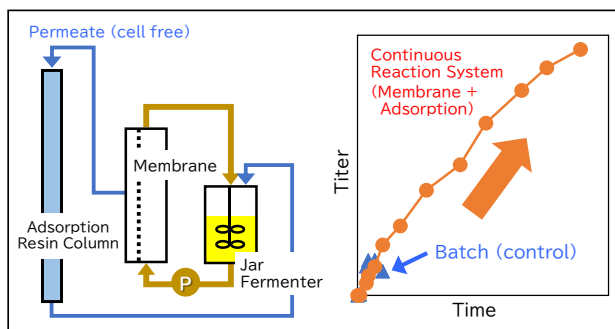


図6 膜分離と樹脂吸着を利用した細胞毒性回避システム
(カテコール生産事例)

2.4. 主な生産物質

RITE が高生産を実現している物質の一部を図7に示す。多くの物質で世界最高レベルの生産性を達成している。バイオ燃料では、エタノールやバイオ水素に加えブタノールや高性能バイオジェット燃料素材、グリーン化学品では、L-乳酸、D-乳酸、アミノ酸に加え、芳香族化合物などの高機能化学品へと幅広い展開を図っている。

バイオ燃料	グリーン化学品
■ ガソリン混合・代替 ・ エタノール* ■ バイオジェット燃料 ・ イソブタノール* ・ n-ブタノール* ・ C9~C15 飽和炭化水素 + 芳香族化合物 ■ バイオ水素	■ 芳香族化合物 ・ シキミ酸 (インフルエンザ治療薬タミフル原料) ・ フェノール* (フェノール樹脂、ポリカーボネート) ・ 4-ヒドロキシ安息香酸* (ポリマー原料) ・ アニリン* (石油外天然資源タイヤ原料) ・ 4-アミノ安息香酸* (医薬品原料) ・ プロトカテック酸* (化粧品原料) ■ 有機酸 ・ D-乳酸*、L-乳酸* (ステレオコンプレックス型ポリ乳酸) ・ コハク酸* ■ アミノ酸 ・ アラニン (キレート類) ・ バリン (次世代飼料用アミノ酸、医薬品原料) ・ トリプトファン (次世代飼料用アミノ酸、医薬品原料) ■ アルコール ・ イソプロパノール (プロピレン原料) ・ キシリトール (甘味料)
*: ポリマー原料 赤色文字: 世界的高水準生産達成	

図7 「RITE Bioprocess」による主な生産物質

特に芳香族化合物は、ポリマー等の原料として重要な基幹工業化学品である。また、医薬品、機能性栄養素材、香料、化粧品等の原料となる高付加価値の化合物が数多く存在する。芳香族化合物は現在、主には石油、一部は天然の植物等を原料として製造されているが、脱石油依存、環境保全および生産性確保の観点から、バイオものづくりでの生産に期待が寄せられている。微生物の細胞内ではフェニルアラニン、チロシン、トリプトファンといったアミノ酸や葉酸(ビタミン B9)、補酵素 Q など種々の芳香族化合物が生合成されている。これらの化合物は全てシキミ酸経路と呼ばれる代謝経路から派生する。RITE は、バイオものづくり技術を駆使し、コリネ型細菌の代謝経路を自在にデザインすることで、非可食バイオマスを原料にインフルエンザ治療薬タミフルの原料であるシキミ酸、機能性ポリマー原料として有望な 4-アミノ安息香酸、ポリマー、医薬品、化粧品、接着剤、香料(バニリン)の原料として有望な芳香族ヒドロキシ酸等の高生産バイオプロセスの確立に成功している。

3. 基盤技術開発(国家プロジェクト)

RITEの 開発技術		バイオものづくり技術				
		機能解析	機能設計	機能発現・制御	菌株育種	生産株改良
バイオ化学 品	原料/CO ₂	3.1 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CO ₂ を原料とした高付加価値化学品の製品化				
	原料/ バイオマス など	3.2 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				
		3.3 NEDO バイオものづくりプロジェクト 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				
		3.4 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（カロテノイド）				
		3.5 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（ローズ香料）				
		3.6 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				
バイオ燃料		3.7 JST 共創の場形成支援プログラム(COI-NEXT) バイオ燃料生産技術の開発				

図 8 参画する国家プロジェクトと RITE が開発を担うバイオものづくり技術の概要

バイオものづくりは、経済成長と社会課題の解決を同時に追求するイノベーションとして、現在我が国はその基盤技術開発を強力に後押ししている。RITE が参画する国家プロジェクトと、そこで RITE が開発を担うバイオものづくり技術の概要を図 8 にまとめた。RITE は、NEDO グリーンイノベーション基金事業や、NEDO バイオものづくり革命推進基金事業に参画し、CO₂ からの高機能接着剤原料のバイオ生産技術開発や、未利用資源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開発に取り組んでいる(3 章 1 節、3 章 2 節)。また、NEDO「ムーンショット」プロジェクトにも参画しており、非可食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にも取り組んでいる(3 章 6 節)。

さらに、NEDO「バイオものづくり実証」プロジェクトにも参画し、カロテノイドや香料のバイオ生産の事業化に向けた、民間企業との共同開発を実施した(3 章 4 節、3 章 5 節)。その他にも、多様な原料と製品を出口とした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や社会システム実証を行い、製造プロセスの転換と製品の社会実装を推進している。以下に RITE の取り組みについて述べる。

3.1. 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 を原料とした高付加価値化学品の製品化」※2

本プロジェクトは、「2050 年カーボンニュートラル」の目標達成に向け、CO₂ を原料とした新しいバイオものづくり製品の開発と社会実装により、カーボンニュートラル実現に貢献するとともに、CO₂ の資源化による産業構造の変革を目指す。

この中で RITE は、積水化学工業株式会社と共同で本事業を 2023 年度から開始し、実施中である(事業期間:2023~2030 年度の 8 年間(詳細は[こちら](#)))(専用の「バイオものづくり実験棟」(新築)については「特集」を参照)。

RITE/積水化学工業株式会社が行う本事業の研究開発イメージを図 9 に示した。CO₂を、積水化学が化学触媒でエネルギー準位が高い(生物が利用しやすい)CO に高効率変換し、RITE は CO から CO 資化菌などを用いたバイオプロセスによってエポキシ樹脂の原料となるポリマー原料に変換する。得られたポリマー原料は、積水化学が二量化、エポキシ化を経て耐熱性接着剤を製造する。この高付加価値な耐熱性接着剤は、スマートフォン、航空機、自動車などの耐熱性が求められる部材の特殊な接着に用いられる。使用後は、燃焼して CO₂ にして同じスキームで資源循環のサイクルを回すことが可能

である。

RITE は、これまでに培ってきたスマートセル技術とバイオ生産技術を活かし、CO 資化菌などを用いて、最重要課題である①COからポリマー原料に変換可能な菌株の開発(CO 資化菌の遺伝子組換えツールの開発、CO から中間体やポリマー原料の生産株構築など)と、②ポリマー原料の生産を可能とするバイオ生産プロセスの開発(プロセス設計、培養条件の最適化、連続プロセス開発)等について、主にラボスケールで実施中である。

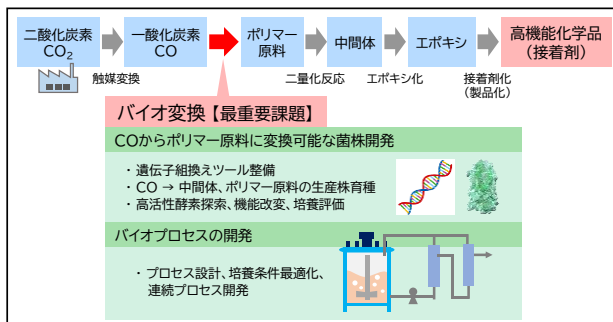


図9 バイオものづくり技術によるCO₂を原料とした高付加価値化学品の製品化イメージ

3.2. 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」※2

持続可能なものづくりへの製造プロセス転換とバイオ由来製品の社会実装推進は次世代の産業基盤を育てるため取り組むべき重要な課題である。また、輸入バイオマスに頼らず国内の未利用資源を原料とするバイオものづくり技術の開発も求められている。これらの状況を受け、2023年度にNEDOは「バイオものづくり革命推進事業」を開始した。この事業では、多様な原料を利用し、多様な製品を生み出すバイオものづくりのバリューチェーン構築を目指すことで日本の産業競争力の強化と社会課題解決を目指している。RITEはこの事業において高砂香料工業株式会社、帝人株式会社と共に課題提起を行い、それを解決する研究開発を開始した(詳細は[こちら](#))。RITEはDry(コンピュータメインの情報解析)とWet(生物学的実験)の両面から新規な高効率生産株育種技術の開発を実施している。開発技術の一例として、代謝設計や生産条件決定を効率化するためのデータベ

ース構築を実施している。RITEが蓄積してきた膨大な生産菌株情報と、新たに取得する未利用資源や生産物による生産阻害効果(化合物による細胞毒性)に関わる情報などを独自のデータベースに収納し、RITEの育種競争力強化につなげる(図10)。

RITEはこれまで様々な物質生産菌株の開発を行ってきた。このような菌株開発は、高度なバイオテクノロジーを要求するため経験のない企業では初期投資や技術者の育成、ノウハウ習得など極めてハードルが高い。その結果、バイオものづくり産業への参入を望みながらためらう企業が数多く存在する。これらの企業が必要とする物質生産菌株の開発を受託し、生産技術を提供する、「微生物開発プラットフォーム」としての役割をRITEが果たすことを目指す。そのための基盤環境として、バイオの専門人材、研究設備、技術、情報等を集約した研究施設を整備する(図10)。「RITE バイオものづくりセンター」と名付けたこの研究棟は2024年12月に着工、2025年11月の完成を予定しており、2025年度中の稼働を目指して準備を進めている。



図10 RITE バイオものづくりセンター

3.3. NEDO バイオものづくりプロジェクト「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」※2

2020 年度から始まった 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」、通称バイオものづくりプロジェクトでは、実験室レベルで最適化されたスマートセルが工業プロセスでもその能力を発揮できるよう、実用化に伴う課題を解決するための技術開発を実施している。RITE は初年度から参画し、バイオものづくり技術の実用化に伴う課題の内、生産物による細胞毒性とスケールアップに起因する問題を解決するための新規技術群の開発を進めている(図 11)。

RITE 研究により、生産ターゲットである化学品が生産に必要な酵素の活性を低下させる例が複数あることがわかった。2024 年度はこれを解消する新たな技術開発を連携研究機関と共に実施した。実験データから活性低下のメカニズムを推定し、適切なアミノ酸を置換することで活性低下を回避できることが分かった。

一方、スケールアップ時には温度や pH、原料、溶存酸素濃度などが局所的に偏った不均一環境になりやすい。このような環境下でも高い生産性を示すことができるロバストな生産株の設計技術開発を目指して連携研究機関と共に研究開発を行った。2024 年度に RITE は、環境変動を再現した条件を見出し、詳細な遺伝子発現データ、代謝物データを取得・提供することで発酵生産シミュレーションモデル構築と検証に貢献した。

このような、実際の生産時に起こりうる問題の解決技術を開発・提供することで生産株開発の手戻りをなくしバイオ由来製品の社会実装を加速することを目指す。

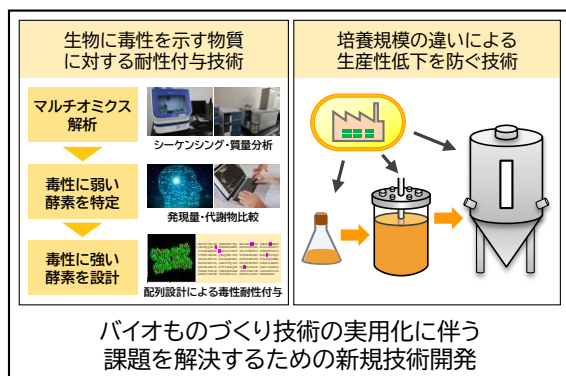


図 11 バイオものづくりプロジェクトでの技術開発

3.4. 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(カロテノイド)※2

カロテノイドは高い抗酸化作用を示す機能性成分である。既存のカロテノイド製品は構造中の二重結合が全てトランス型となったオールトランス型であり、体内への吸収性が非常に低い。RITE では、2022 年から NEDO 産業用物質生産システム実証「高吸収型天然カロテノイドの大量生産システム実証」(代表機関名:ハリマ化成株式会社)に参画し、既存のカロテノイド製品よりも吸収性が格段に優れたシス型カロテノイドのバイオ生産技術の開発を進めている(図 12)。2024 年度はシス型カロテノイド合成酵素を人為的に機能改変することで生産能力を向上させることに成功し、バイオマス由来の糖化液を原料とした高生産にも成功した。今後は培養のスケールアップを進め、バイオ由来高機能性成分の社会実装を目指す。

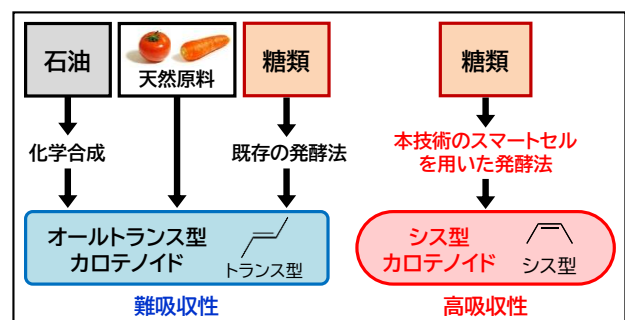


図 12 高吸収型カロテノイド生産の社会実装

3.5. 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(ローズ香料)※2

RITE では、2022 年から NEDO 産業用物質生産システム実証「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」(代表機関名:高砂香料工業株式会社)に参画し、産業用スマートセルの開発と同時に、香料素材が有する微生物の発酵阻害を回避するバイオ生産システムの開発を進めている(図 13)。2024 年度は、生産株の開発と生産条件の検討により上記生産システムを用いて生産性を高め、実験室レベルにおいては、実用化に必要な生産性を達成できた。また、90 L 培養槽までのスケールアップに成功した。今後は、実用化に向けてさらなるスケールアップ検討や

改良を進め、国産初の合成生物学による香料素材製造の社会実装を目指す。

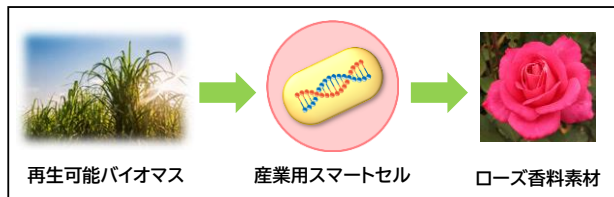


図 13 ローズ香料素材の生産実証

3.6. 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」※2

本プロジェクトでは、プラスチックの分解に「マルチロック機構」を導入すべく研究開発を行っている(図 14)。すなわち分解の際に、光、熱、酸素、水、酵素、微生物、触媒などの複数の刺激を同時に必要とすることで、使用時にはマルチロック機構によって分解を抑えて耐久性・強靱性を保って劣化を防ぎ、海洋環境中に誤って拡散した際にはマルチロックが外れて高速なオンデマンド分解を実現可能とする。

本プロジェクトにおいて実用化を目指す製品は、使用時に 2 次的な微細粉などを発生するタイヤ、農業資材、ゴーストフィッシングの要因となる漁網や釣具であり、いずれも海洋への流出による海洋生物や環境への悪影響が懸念されている。

RITE では、2024年度までに、マルチロック型プラスチックの分解開始のタイミングを人工的に制御可能とする技術の開発(分解酵素を活用した新技術開発への展開)を含めた研究開発を実施した。まず、耐熱性のプラスチック分解酵素を生分解性の担体に静電的に結合させることで、酵素の耐熱性を飛躍的に向上させることに成功した。次に、これを熱溶解によってプラスチックに練りこんだフィルムを作製して海水にさらした結果、速やかに酵素分解(オンデマンド分解)が生じることをラボレベルで証明することに成功した。さらに海洋フィールド試験によって、短期間に分解が生じることを確認した。

今後はプラスチック分解酵素の高機能化や、担体の微細化、プラスチックとの混練条件の最適化などを通じて、

さらに高速なオンデマンド分解を目指す。また、米国エネルギー省 ARPA-E との国際共同研究を新たに開始し、海洋由来の非可食資源からのバイオものづくりを進めている。

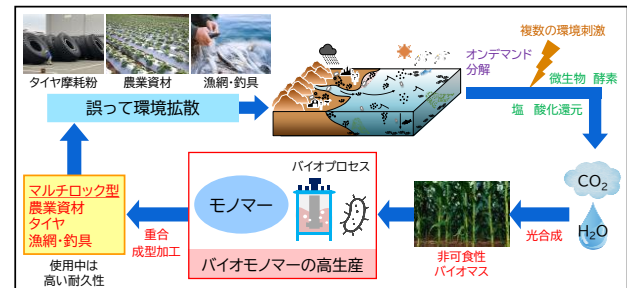


図 14 マルチロック型生分解性プラスチックの開発による資源循環の実現イメージ

3.7. JST 共創の場形成支援プログラム(COI-NEXT)「バイオ燃料生産技術の開発」

RITE は、2023 年度に始まった JST(国立研究開発法人科学技術振興機構) COI-NEXT(共創の場形成支援プログラム)「カーボンネガティブの限界に挑戦する炭素耕作拠点」に参画し、研究開発課題3(炭素耕作による燃料生産技術の開発)の中で、バイオ水素生産技術とバイオ液体燃料生産技術の開発を進めている(図 15)。本拠点ビジョンの達成に向け、光合成による CO₂ 固定量の大幅な増大を目指してバイオマス生産技術の開発を実施する参画機関と連携し、多様なバイオマスから高効率で燃料を生産するためのバイオ変換技術の確立を目指す。究極のクリーンエネルギーとして期待されており、カーボンニュートラル／カーボンネガティブの鍵となる CO₂ フリー水素生産プロセスの開発を中長期的な課題とし、これと共通の基盤技術を利用した液体燃料生産プロセスの開発を短中期的な課題として設定している。バイオマス燃料生産技術の社会実装には、生産コストの低減が課題である。また、バイオマス原料の成分は多様であり、その組成は原料の種類によって大きく異なるため、画一的な技術で広範な需要を満たすのは難しい。これらの課題を解決するため、本拠点では、多様な熱化学および生物学的変換技術の開発を一体的に進めることで技術融合・技術革新を実現し、経済性・環境性・社会受

容性の観点から社会実装の実現性が高いシステムを選抜する。

RITE では、これまでに開発した高速バイオ水素生産プロセスを基盤とし、バイオマス由来糖類からの水素収率の大幅向上に向けた微生物触媒の開発に取り組んでいる。新規高収率水素生産微生物を構築するため、異なる反応機構を有する複数の水素生成酵素の利用について比較検討を進めており、水素生産能の向上に有効な酵素活性化条件について新たな知見が得られている。また、RITE は、非可食バイオマスに由来する C6&C5 混合糖を高効率にエタノールに変換できるバイオプロセスを確立している。各種非可食バイオマス糖化液からのエタノール生産試験で、試薬糖を用いた場合と同等以上の生産性を示しており、この技術で、エネルギー作物や炭素固定量の多いイネ、糖含量の多い微細藻類等から可能な限り全ての糖類を回収、エタノールに変換し、これを化学反応によりジェット燃料に変換する SAF（持続可能な航空燃料）製造技術の確立を目指す。

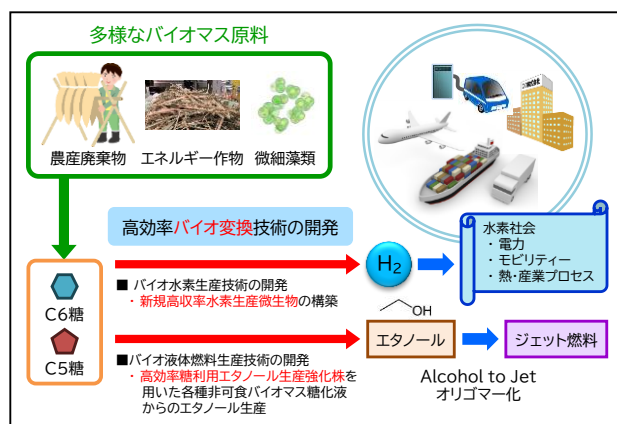


図 15 バイオ燃料生産技術の開発

4. 実用化への取り組み

4.1. グリーンケミカルズ株式会社(GCC)

(本社・京都研究所:RITE 本部内、静岡拠点:住友バークライト株式会社静岡工場内)

(GCC ホームページは[こちら](#))

2010 年 2 月、RITE は、住友バークライト株式会社と共同で、非可食バイオマスを原料として、バイオプロセスによるフェノール生産およびフェノール樹脂製造に関わる基盤技術開発を進めるため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(GP 組合)を設立した。2014 年 5 月、同組合をグリーンフェノール開発株式会社(GPD)へ改組し、これが技術研究組合の株式会社化第 1 号となった。2018 年 4 月には、同社の技術はフェノール生産以外にも有用な化合物を並行的に生産可能であるため、グリーンケミカルズ株式会社(GCC)へ社名を変更した。

GCC では、グリーンフェノール生産技術開発で培った量産技術とノウハウを活用し、従来は高生産が難しいと考えられていた芳香族化合物などのグリーン化学品の量産技術を確立している。中でも付加価値の高い 4-ヒドロキシ安息香酸(4-HBA)、プロトカテク酸、シキミ酸(図 16)については、高い量産技術を有している。また、いずれの物質についても、その生産株の産業利用を目的とした遺伝子組換え生物等の第二種使用に関して、経済産業大臣の確認(大臣確認)を取得し、グリーン化合物の商品化や、事業化に向けたプロモーション活動を進めている。

現在、国内外の数多くの企業からの引き合いがあり、事業化に向けた商談が進んでいる。各ニーズに応じて、生産コストの更なる低減や製品の品質向上など、バイオものづくりの実用化に向けた取り組みを一層加速させていく。

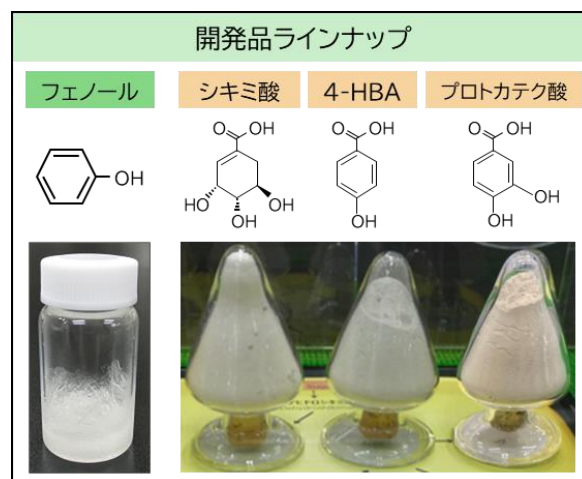


図 16 GCC の主な開発品ラインナップ

4.2. Green Earth Institute 株式会社(GEI)

(本社:東京都新宿区新宿三丁目 5 番 6 号 キュープラザ新宿三丁目 6 階、研究開発拠点:千葉県木更津市かずさアカデミアパーク)

(GEI ホームページは[こちら](#))

2011 年 9 月、RITE は、「RITE Bioprocess」を事業化するため、Green Earth Institute 株式会社を設立した。2021 年 12 月、業績の発展に伴い、同社は東京証券取引所(マザーズ)に上場、2022 年 4 月、市場再編により東京グロース市場に移行した。

2025 年 2 月に、同社は、木質バイオマスを原料とするバイオエタノール等の製造販売を行う会社を合併で設立することを発表した。

その他にも、同社では、NEDO より受託したバイオファウンドリ事業、グリーンイノベーション基金事業、バイオものづくり革命推進事業等、国内外のパートナー企業等との研究開発および事業化を推進させている。

4.3. 企業との共同研究

NEDO バイオものづくり実証事業のハリマ化成株式会社および高砂香料工業株式会社以外にも、多くの企業からの要望に応じて、共同研究を実施している。本概説で紹介している主な生産物質(第2章第4項)以外にも、数多くの物質についてバイオものづくりが可能であり、個社のニーズに応じた共同研究を展開している。化石資源由来の製品を、できるだけ早期にバイオ由来の生産に転換したい、主力製品や主要原料を、中長期的に化石資源由来からバイオ由来に転換したいなど、寄せられる要望は様々である。RITE はこれまでに培った高度な専門性と豊富な経験に基づき、個社に寄りそうバイオものづくりの提案を行っている。

5. おわりに

RITE では、3章で紹介した国家プロジェクトへの取り組みも活用して、スマートセル創製技術をはじめとするバイオものづくり技術の高度化を、今後も継続して推進していく。特に、「バイオ×デジタル」分野の技術革新は日進月歩であり、スマートセル開発は今後飛躍的に発展す

ると見込まれる。一方で、高度なバイオものづくり技術が必要とする産業用スマートセル創製は、技術難度、最先端の研究設備、コストパフォーマンス、競争力の維持等の観点から、個社のみでの取り組みは難しくなりつつある。また、一定の規模を必要とする生産プロセスの開発も、設備投資やバイオプロセスに通じた専門人材の確保等の観点から、開発を担う専門のプラットフォームが必要となる。近い将来、バイオプラットフォームによるスマートセルインダストリーの振興により、エネルギー分野、化学産業分野等において、バイオものづくりの社会実装が根付くことが期待されている(図 17)。

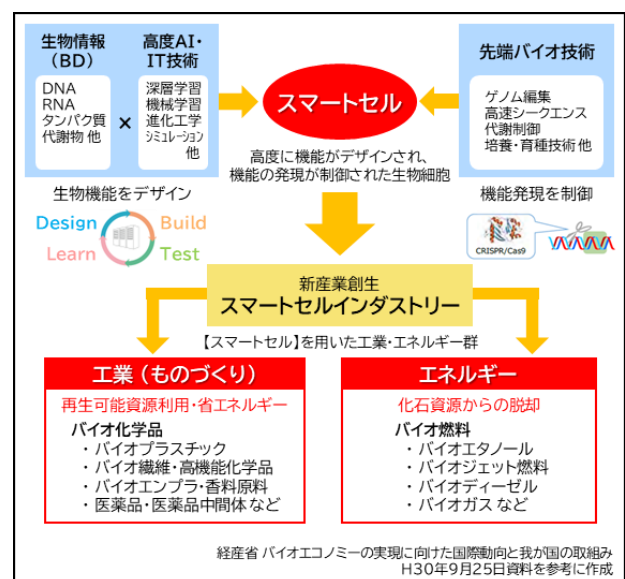


図 17 「バイオ×デジタル」が拓く世界

RITE では、今後も「RITE Bioprocess」や「スマートセル創製技術」をベースに、製品ごとに最適なバイオものづくり技術開発サービスを提供する RITE バイオプラットフォームの整備を進めていく。積極的にご活用いただきたい。2020 年 10 月の我が国の「2050 年カーボンニュートラル」宣言以降、企業からの問い合わせや引き合いが急増し、企業との共同研究の件数も増加している。また、一緒にバイオものづくり技術を開発する人材も募集している。微生物や酵素を用いたバイオプロセスの設計・開発に興味があり、最新のバイオテクノロジーとデジタル技術を駆使して新しい製品やプロセスを創出する意欲のある方を求めている。これまで微生物生産が難しいとされる化合物も、RITE の最新技術により高生産を実

現する可能性がある。バイオ転換を試みたい化合物をお持ちの方、RITE のバイオものづくりに魅力を感じた方は、ぜひ RITE にご連絡いただきたい。

※1 「RITE Bioprocess」は、RITE の登録商標（商標登録第 5796262 号）

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