

2026年3月時点

事業戦略ビジョン

実施プロジェクト名：CO2からの微生物による直接ポリマー生産技術開発

実施者名：株式会社バックス・バイオイノベーション、代表名：代表取締役 近藤 昭彦

共同実施者：株式会社カネカ（幹事企業）
日揮ホールディングス株式会社
株式会社島津製作所

目次

- 0. コンソーシアム内における各主体の役割分担
- 1. 事業戦略・事業計画
 - (1) 産業構造変化に対する認識
 - (2) 市場のセグメント・ターゲット
 - (3) 提供価値・ビジネスモデル
 - (4) 経営資源・ポジショニング
 - (5) 事業計画の全体像
 - (6) 研究開発・設備投資・マーケティング計画
 - (7) 資金計画
- 2. 研究開発計画
 - (1) 研究開発目標
 - (2) 研究開発内容
 - (3) 実施スケジュール
 - (4) 研究開発体制
 - (5) 技術的優位性
- 3. イノベーション推進体制（経営のコミットメントを示すマネジメントシート）
 - (1) 組織内の事業推進体制
 - (2) マネジメントチェック項目① 経営者等の事業への関与
 - (3) マネジメントチェック項目② 経営戦略における事業の位置づけ
 - (4) マネジメントチェック項目③ 事業推進体制の確保
- 4. その他
 - (1) 想定されるリスク要因と対処方針

0. コンソーシアム内における各主体の役割分担と連携

株式会社カネカ (幹事会社) 研究開発の内容

2. バイオポリマー生産微生物等の開発・改良

- 2-1 PHBH生産微生物開発
- 2-2 ガス収率向上菌株の創出
- 2-3 多様な物性を有するPHA生産微生物開発

3. CO₂を原料に物質生産できる微生物等による製造技術等の開発・実証

- 3-2 CO₂を原料とするPHBHのセミコマースプラントによる生産技術の開発・実証

株式会社 バックスバイオイノベーション 研究開発の内容

- 1. CO₂を原料とするガス発酵バイオファウンドリの確立
 - 1-1 ガス発酵に適した微生物代謝設計技術の開発
 - 1-2 CO₂を原料とする微生物の迅速構築技術の開発
 - 1-3 CO₂を原料とする微生物の多検体かつ高速での生産性評価システムの開発
 - 1-4 育種期間短縮に向けた要素技術の統合によるガス発酵バイオファウンドリ開発

日揮ホールディングス 株式会社 研究開発の内容

3. CO₂を原料に物質生産できる微生物等による製造技術等の開発・実証

- 3-1 安全で高効率なガス発酵プロセスの構築
- 3-2 CO₂を原料とするPHBHのセミコマースプラントによる生産技術の開発・実証
- 3-3 生産プロセス開発基盤による有用物質生産実証

株式会社 島津製作所

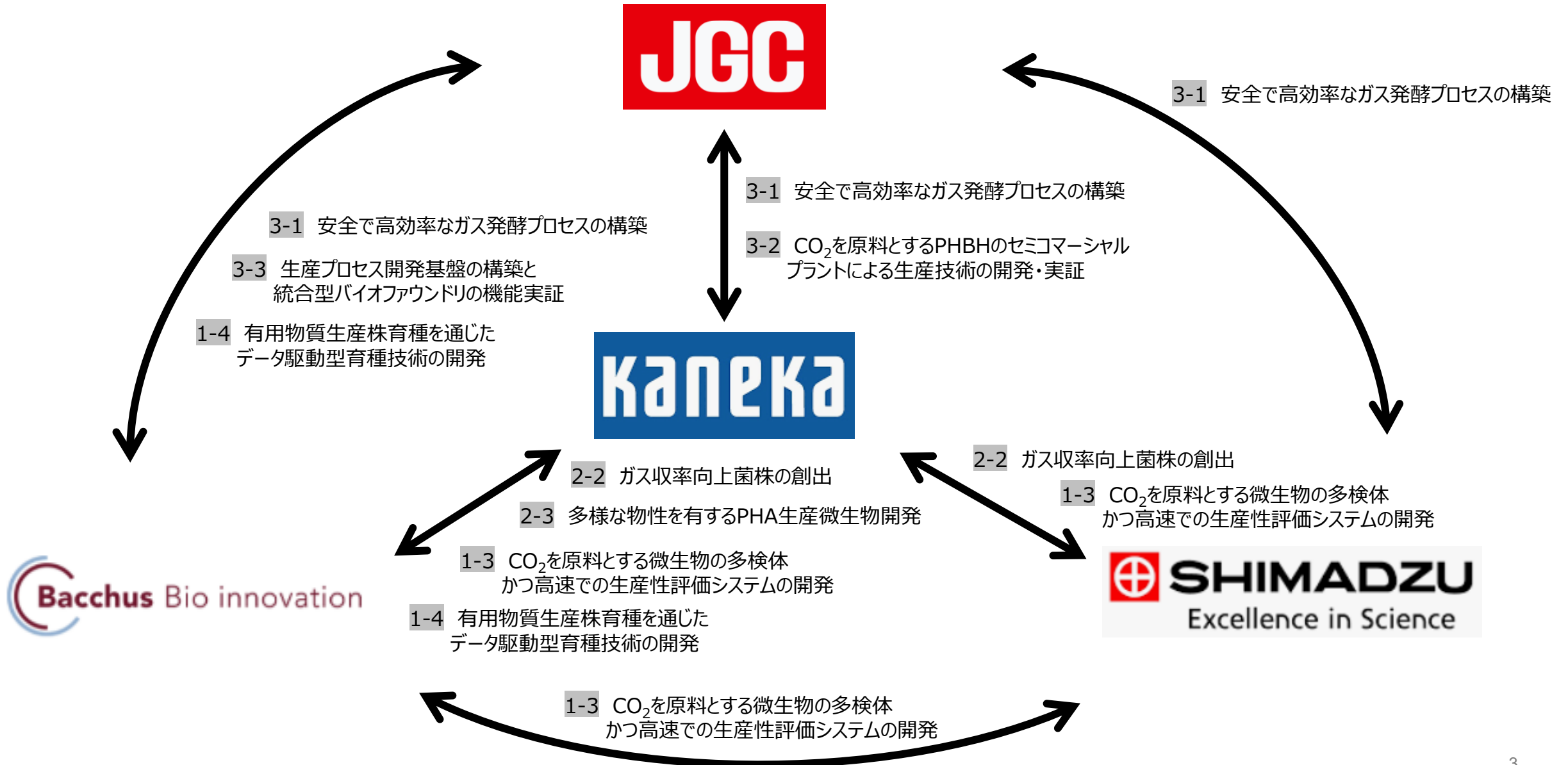
研究開発の内容

- 1. CO₂を原料とするガス発酵バイオファウンドリの確立
 - 1-3 CO₂を原料とする微生物の多検体かつ高速での生産性評価システムの開発

3. CO₂を原料に物質生産できる微生物等による製造技術等の開発・実証

- 3-1 安全で高効率なガス発酵プロセスの構築

0. コンソーシアム内における各主体の役割分担と連携



1. 事業戦略・事業計画

1. 事業戦略・事業計画 / (1) 産業構造変化に対する認識

『水素酸化細菌×バイオものづくり』に向けて追い風となるマクロトレンド

カーボンニュートラルを踏まえたマクロトレンド認識

日本にて『CO₂排出削減』×『水素社会』×『バイオものづくり』の時流あり

(社会面)

- ・ 製造業を中心にCO₂排出削減のニーズが急増。(排出権、SDGs、企業イメージ)
- ・ 2017年『水素基本戦略』以降、水素社会実現に向けた取組み加速。

(経済面)

- ・ 気候変動の関心への高まりから、CO₂利活用市場が登場。
(世界では2030年時点で700億ドルに達し、2040年には5,500億ドルまで成長) ※米調査会社ラクスリサーチ調べ
- ・ 農業・健康・工業分野を中心として、バイオエコノミー市場が急拡大
(市場規模は約200-400兆円まで拡大と予測) ※McKinsey Global Institute, "The Bio Revolution" (May 2020)

(政策面)

- ・ 「骨太の方針2025」のGXの推進、高市政権「バイオ分野を戦略領域に」地球規模課題解決と経済成長の二兎を追える技術として位置づけ、微生物設計プラットフォームと異分野事業者との共同開発を奨励。

(技術面)

- ・ バイオファウンドリ企業がアメリカを中心に発展。しかしながら、CO₂からの物質生産を行う微生物育種を行うバイオファウンドリは存在しない。

(市場機会)

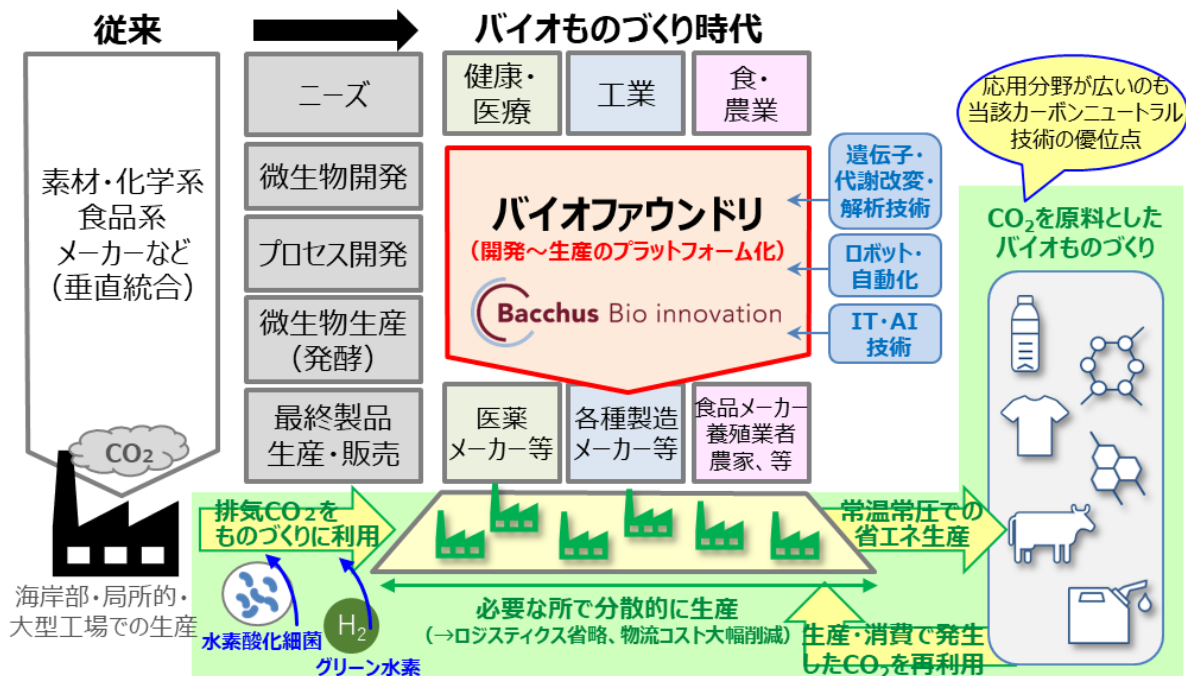
- ・ 各分野の企業で脱化石燃料製品(→バイオ製品)を受け入れる機運が高まる。
- ・ バイオものづくりを導入・拡大したいが、個社での技術開発は困難であり、水平分業の観点からもプラットフォーム企業への高い期待。

(社会・顧客・国民等に与えるインパクト)

- ・ 資源不足の日本での新たな資源調達による経済安全保障の確保。
- ・ CO₂大幅削減による、カーボンニュートラル実現目標への国際的な貢献。

カーボンニュートラル社会における産業アーキテクチャ

バイオものづくりは垂直統合型から、水平分業+プラットフォーム型へ



【当該変化に対する経営ビジョン】

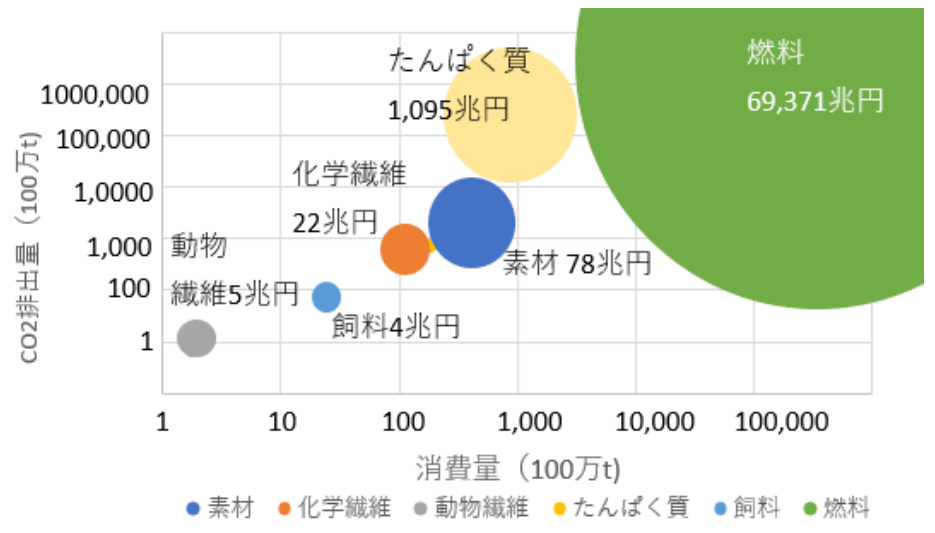
★ CO₂由来バイオものづくりが産業発展するには、微生物を**迅速に高生産株に育種する技術**が必要である。そこで弊社は**世界初の『CO₂を原料とするガス発酵バイオファウンドリ』**を立上げ、微生物開発のプラットフォームとなり、多様な業界の研究開発の中核となって社会全体に貢献する。

1. 事業戦略・事業計画 / (2) 市場のセグメント・ターゲット

高いCO₂削減効果の見込める化学品、農林水産、石油燃料分野のうち、プラスチック原料、合成ゴム添加物、人工水産飼料、SAF(バイオジェット燃料)等をターゲット市場と想定。日本市場の開拓を皮切りにアジア・グローバルへ展開。

セグメント分析

CO₂排出量削減が求められる分野のうち、バイオものづくりでリーチしやすい例えば素材・化学繊維・動物繊維・食肉等のたんぱく質・飼料・燃料分野を想定した。その中でも、付加価値が認められ、バイオ技術に特徴的なものづくり提案が可能な素材分野・飼料分野に優先的に取り組む。消費量、CO₂排出量、市場規模ともに大きい燃料分野については、電動化などに置き換わりにくい航空輸送燃料をターゲットとして開発を進める。



ターゲットの概要

【市場概要】

- 樹脂製造業 ……生分解性・バイオ由来のニーズ急増。
(国内バイオプラ導入目標；2030年までに200万t)
- 合成ゴム製造業 ……天然ゴム代替として注目、カーボンニュートラル化需要が増加。
- 水産養殖向け飼料 ……高栄養・成長促進・免疫抵抗性ニーズが増加。
(純国内産飼料自給率目標；2030年までに34%)

【シェア目標】

・我が国の2030年のバイオプラ導入目標200万トン/年より、年10%市場拡大が進むとした場合、2040年には518万トン/年に達する。
・2040年時点で84万トン（国内市場の16%、グローバル市場の7%）以上の製造プロセスを手掛ける。

需要家例	主なプレイヤー	消費量	特有の課題	想定ニーズ	ターゲット物質
樹脂製造業	樹脂製造メーカー	数千万トン以上	・不法投棄による海洋汚染、環境破壊 ・資源(原油)の枯渇懸念	・生分解性能(海洋汚染、ごみ問題) ・GHG排出量削減	・樹脂素材原料
合成ゴム製造業	合成ゴム製造メーカー	数百万トン以上	・ゴム原料供給の安定化(タイヤメーカー等) ・廃棄物問題(リサイクル)	・耐熱性・耐添加剤性に優れた素材 ・劣化しにくい素材	・合成ゴム素材原料
飼料製造業	飼料製造メーカー	数千万トン以上	・魚粉原料の不足 ・短期間生育(栄養不足) ・安価な既存品との価格見合い	・栄養補助剤 ・飼料原料の多様化(魚粉の代替)	・タンパク質 ・飼料素材原料
石油製造業	石油関連製品製造メーカー	数億KL以上	・石油製品の需要減少 ・輸入依存率が高い	・SAF(石油由来消費：数百万KL/20年・国内) ・既存石油由来に近い価格のバイオ燃料	・燃料素材原料

出典) 石油化学工業協会『合成樹脂の生産推移』、ゴム報知新聞『合成ゴム生産実績』、日本水産油脂協会『水産油脂統計年鑑』、石油製品需要想定検討会『2021～2025年度石油製品需要見通し(案)』をもとに作成

自社バイオフィアウンドリ技術を発展・進化させた『CO₂を原料とするガス発酵バイオフィアウンドリ』

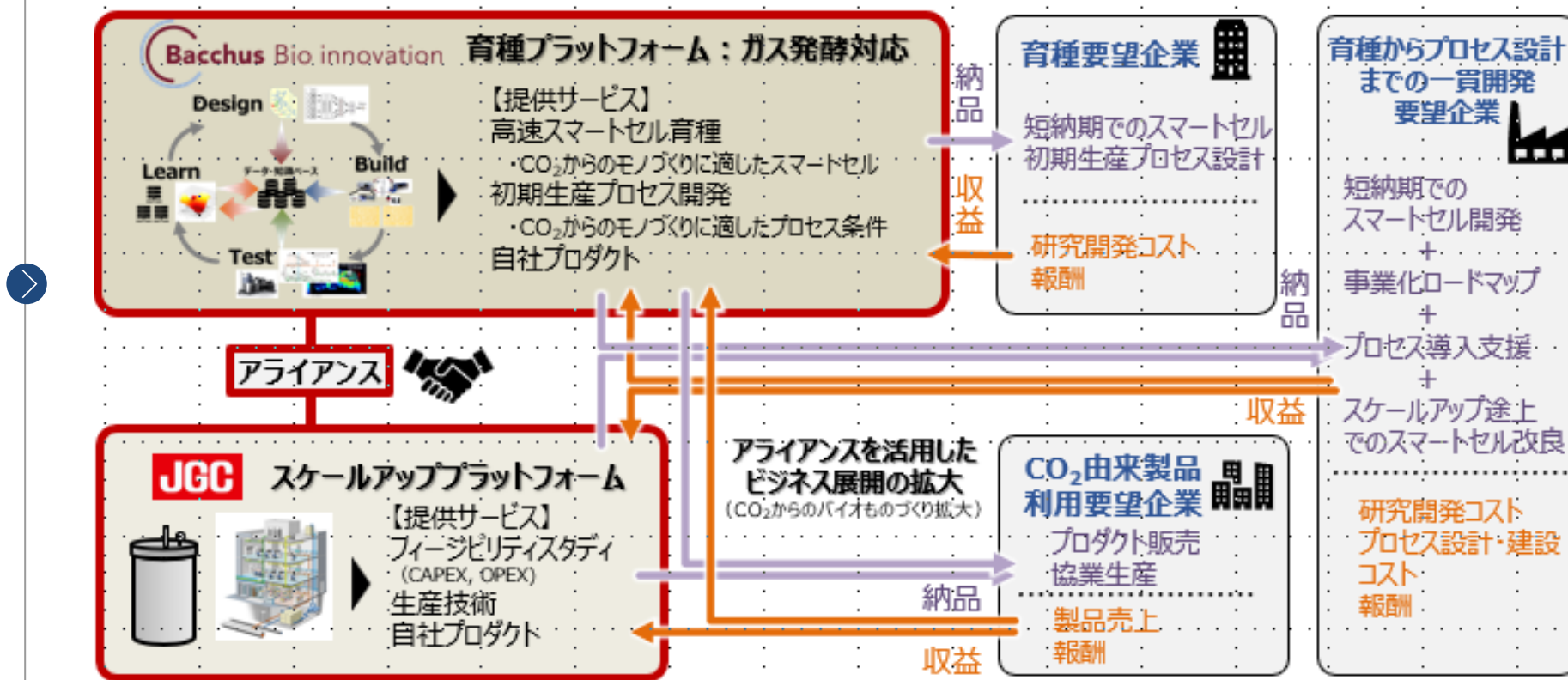
CO₂を原料とし各種有用化合物を生産する水素酸化細菌スマートセルを開発・提供するスピードを従来の1/10に短縮してバイオフィアウンドリを事業化する。さらに、スマートセル育種からプロセス設計・建築までの一貫研究開発を実現して、社会実装を加速するとともに、独自プロダクトの事業化・販売を可能とすることで収益を拡大する。

社会・顧客に対する提供価値

- 従来の1/10という迅速な育種や初期の生産プロセス開発を行うことで、目的物質製造の事業化を世界に先駆けて実現。
- 個社での技術開発が困難な企業に対して、一貫した研究開発（育種から生産プロセス開発・建設まで）を行い、バイオ製造を実現して、バイオものづくりを普及。
- CO₂由来製品利用を要望する企業には独自プロダクトを販売。
- バイオ×デジタル融合領域での研究開発を担う人材を育成。
- CO₂からのバイオものづくりの普及により、大幅なGHG排出削減に繋げ、地球温暖化対策になると共に、持続可能な世界への転換を加速。

ビジネスモデル

CO₂を原料とするガス発酵に対応した統合型バイオフィアウンドリによる、幅広い顧客ニーズへの対応



CO₂を直接原料とするバイオものづくりの価値観を共有し、認証制度によるルール形成を推進

標準化を活用した事業化戦略 (標準化戦略) の取組方針・考え方

- CO₂由来製品のCO₂削減量の帰属 (CO₂カウント) に関する考え方の整理**
 ⇒取組: 同様の課題を有する合成燃料業界等と協力して、CO₂帰属に関する国内・国際ルール整備を促進する。
 ⇒考え方: CO₂排出の国内、国際間取引、二重カウント問題を整理し、業界を跨いで、官民連携でルール作りに取り組む。
- 「CO₂原料」x「微生物プロセス」製品の規格化、認証制度の整備による、新たな価値創造**
 ⇒取組: JBPA、EuBP等との連携による認証制度を整備する。
 ⇒考え方: トレーサビリティによる原料由来認証制度を提案する。
 「バイオベース」の考え方を原料由来からCO₂ + 生物固定に変える。
- GHG排出削減量計算方法の標準化**
 ⇒取組: 産官学との連携によってインベントリデータを整備する。
 ⇒考え方: CO₂生産方法、排出源の定義とプロセス計算方法を整備し、エコインベントリ等のデータを整備する。

国内外の動向・自社の取組状況

(国内外の標準化や規制の動向)

- メタネーション推進官民協議会等で合成メタンCO₂削減量の帰属 (CO₂カウント) について国際間の基準作りが検討されている。
- NEDO等にてCCU製品製造に関するLCA評価の考え方について検討されている。
- 燃料と比較してCO₂が固定化できる期間が長い素材用途に対するCO₂固定化の価値については、まだ議論されていない。

(これまでの自社による標準化、知財、規制対応等に関する取組)

- 多様な規制・基準に基づくCO₂原料を使用可能とする微生物を開発している。
- 自社が持つ顧客チャンネルを駆使し、認証制度に向けたニーズを調査している。
- バイオプロセス特有の指標を評価できる仕組みを検討している
- バイオものづくりのプロセス設計に基づくGHG排出削減標準化を検討している。

本事業期間におけるオープン戦略 (標準化等) またはクローズ戦略 (知財等) の具体的な取組内容 (※推進体制については、3.(1)組織内の事業推進体制に記載)

標準化戦略

- 「バイオベース」をCO₂直接発酵微生物によるものづくりにも拡張する新定義を提案する。
- CO₂を原料とするバイオモノづくりに対する価値感を認証等で表現し、国内外で共有する。
- 産官学で協議推進する。

知財戦略

- 顧客価値を生み出す「CO₂を直接原料とするバイオものづくりに関する微生物・プロセス開発」の知財は、原則ブラックボックス化する。
- 市場ニーズ解析に基づく、バイオものづくり戦略は、原則ブラックボックス化する。
- 「CO₂原料」x「バイオベース」の特徴を活かしたエシカルなブランド価値を創造する。

1. 事業戦略・事業計画 / (4) 経営資源・ポジショニング

自社が持つバイオファウンドリの基盤を発展・進化させるとともに、ガス発酵に対応した培養プロセス開発・プラント建設機能を付与することで、CO₂を直接利用するバイオものづくり基盤（統合型バイオファウンドリ）を提供し、低炭素化社会の実現に貢献する

自社の強み、弱み（経営資源）

他社に対する比較優位性

様々な有用化合物をCO₂から高効率に生産する菌株を『早く・安く』育種

統合型バイオファウンドリによる迅速な育種機能に加えて、CO₂を直接原料とするガス発酵について商業規模まで対応可能な仕組みを世界に先駆けて構築

ターゲットに対する提供価値

- ターゲット化合物に対して、短期間（従来比1/10）で育種菌株を提供
- 商業スケール生産を目指した生産プロセス開発やプラント建設
- 二つの機能を合わせた「**統合型バイオファウンドリ**」として一気通貫のサービスを提供

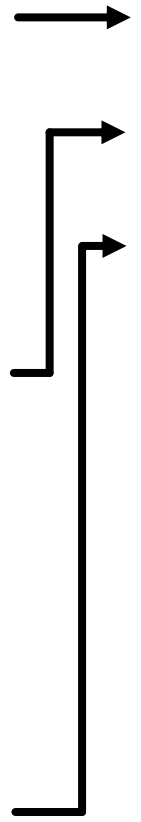


自社の強み

- アジアで唯一のバイオファウンドリ機能
→ 各種微生物を用いたスマートセルの迅速開発
- 独自のデジタル技術やバイオ技術
- バイオものづくりに特化した自社データベース
- 多くの顧客との協業・ネットワーク

自社の弱み及び対応

- ガス発酵に対応したパイロット／セミ商業規模の発酵設備および生産プロセス開発機能の不足
→ 日揮ホールディングス株式会社（JGC）と連携した技術開発により達成



企業	微生物開発能力 (開発速度、対応微生物種)	生産技術開発能力 (培養条件最適化)	エンジニアリング能力 (スケールアップ)	CO ₂ 直接資化 微生物への対応	特記事項
バックス+JGC	実機設備を想定して様々な微生物を用いて迅速な育種が可能	顧客ニーズに合わせてDBTLへのバックキャスト開発が可能	一気通貫でサービス対応が可能	本プロジェクトで対応	育種からプラント建設までの一気通貫でのビジネス展開をリード
バックス	DBTLサイクルで迅速な育種各種バクテリア、各種真菌、藻類に対応	ラボレベル(数10L)でのスケールアップ条件検討が可能	-	本プロジェクトで対応	神戸大・理研での成果を元に日本初の統合型バイオファウンドリとして設立
JGC	-	個々の顧客ニーズに対する開発	多数のスケールアップ実績豊富なプラント建設	本プロジェクトで対応	顧客の要望に対してスケールアップ検討エンジニアリング対応が可能
A社	バイオファウンドリとして本業界をリード	250mLの小規模培養による性能確認まで	-	-	バイオファウンドリのトップランナー
B社	バイオファウンドリとしてGingkoのフォロアー(Gingkoが買収)	250mLの小規模培養による性能確認まで	-	-	パートナー企業と微生物を開発
C社	限定した微生物を用いて、特定ターゲットを開発	パイロットスケールまで	基本設計まで可能	-	基本設計まで自社で開発

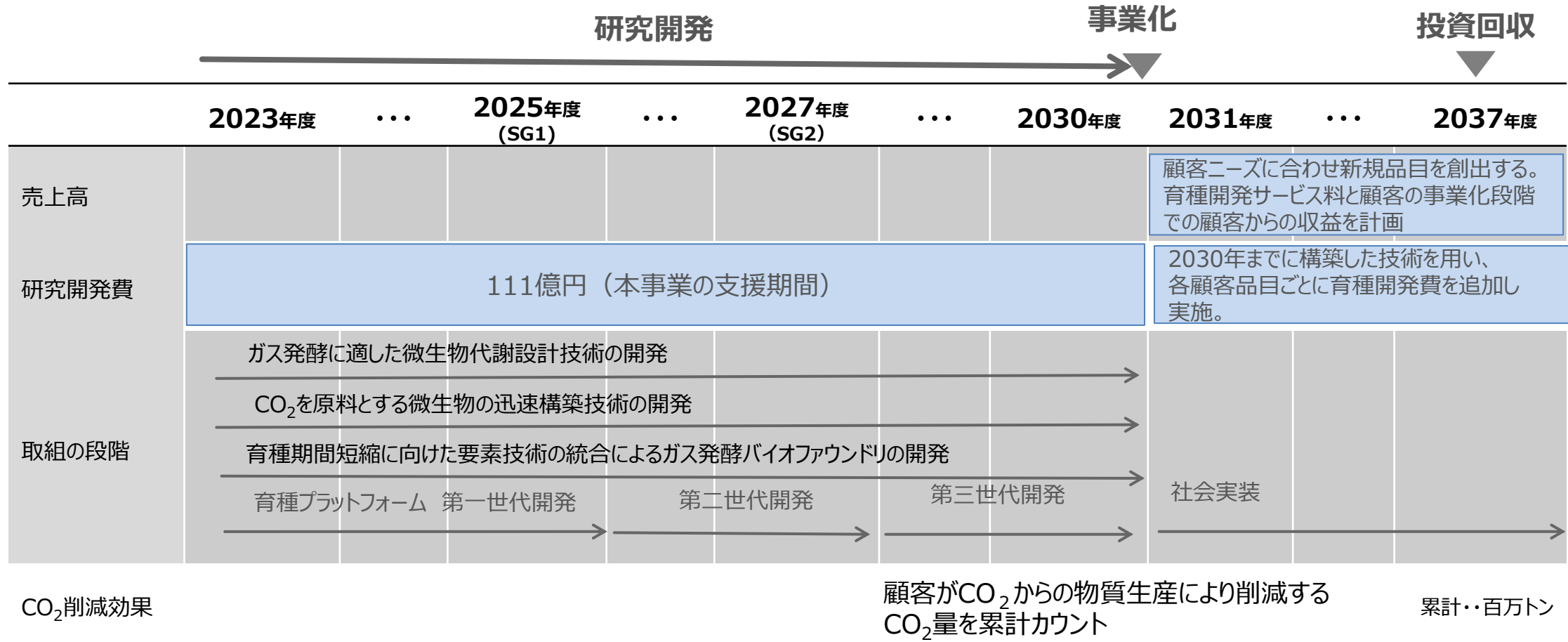
世界初のCO₂からのモノづくりに対応した統合型バイオファウンドリ

1. 事業戦略・事業計画 / (5) 事業計画の全体像

約 8 年間の研究開発の後、2031年頃の事業化、2037年頃の投資回収を想定

投資計画

本事業終了後の2031年度から事業化を計画し、2037年度には投資回収できる見込み。



研究開発段階から将来の社会実装（設備投資・マーケティング）を見据えた計画を推進

	研究開発・実証	設備投資	マーケティング
取組方針	<ul style="list-style-type: none"> CO₂からのバイオものづくりを促進するために、DBTLサイクルの高度化による短期間（従来比1/10）での育種の可能性を実証する。 育種から生産プロセスまでの一貫開発（統合型バイオファウンドリ）について、多様な顧客のニーズに応えられるように、育種から生産プロセス開発までの技術を実証する。 CO₂からのバイオものづくりの加速のために、神戸大学を中心としたアカデミアや、優れた技術をもつ企業との連携などでオープンイノベーションを推進する。 	<ul style="list-style-type: none"> CO₂から各種物質生産を迅速に実現するバイオファウンドリの微生物育種設備と生産プロセス開発設備を設置する。 バイオファウンドリの高度かつハイスループットな分析システムを開発・設置する。 広く世の中に活用可能とすべく、利便性の高い場所として、海路・陸路・航路に便利な神戸市のポートアイランドに設置する。 	<ul style="list-style-type: none"> グローバル展開の観点で、中国、東南アジア、欧州、米国に営業開発拠点を設置、さらにバイオファウンドリ開発海外拠点を設置、データ及びノウハウを集約し開発を高速化。また、商社と連携して顧客を獲得する。 神戸（既存拡張）に微生物開発～パイロット生産設備までの一貫通貫の技術開発拠点設置する。（～2030年）
進捗状況	<ul style="list-style-type: none"> C. necatorの育種基盤プロトタイプを活用 C. necatorのガス培養を実施 	<ul style="list-style-type: none"> 研究棟の詳細仕様の設計を完了して立ち上げ 自動化分析システムとの連携方法を設定中。 	<ul style="list-style-type: none"> 既存業務の顧客などに対し、ガス発酵への取り組みを説明。
国際競争上の優位性	<ul style="list-style-type: none"> 多様な顧客に対して研究開発サービスを提供できる優位性を生かして、世界初のCO₂からのバイオものづくりを事業化することで、バイオマス資源に限りがある日本の産業力を強靱化する。 日本の発酵産業で培われてきた技術や、化学品原料・燃料・食品等の生産を担ってきた技術を持つ企業などと連携をすることで、ものづくりの様々な知見やノウハウを活用する。 	<ul style="list-style-type: none"> 育種～プラント開発までを集約・連携した技術開発が可能で、一貫したデータを蓄積する仕組みで、データ駆動型の技術開発を推進する。 ガス培養での研究開発に適したオリジナルのハイスループット研究開発設備を設置する。 顧客利便性の向上により、顧客との密な対話を実現する。 	<ul style="list-style-type: none"> 人口が密集し、今後市場拡大が見込めるアジア地域に対し、先行する欧米勢よりも地理的に優位である。 米国勢と比較してFTE（full-time-equivalent）の人材単価が安く、また機械化/自動化による効率化によりサービス価格を既存相場の数分の一へ低減する。 欧米勢の先行研究を分析し、選択と集中により事業開発コストを削減する。

1. 事業戦略・事業計画 / (7) 資金計画



国の支援に加えて、31年度以降に研究開発費の自己負担を予定

資金調達方針

	2023年度	...	2030年度	...	2035年度
事業全体の資金需要	1 1 1 億円				
うち研究開発投資	1 1 1 億円				
国費負担※ (委託又は補助)	1 1 1 億円				
自己負担					

本事業期間にてガス発酵バイオファウンドリの技術を構築した後、31年度より事業化を行う。事業化においては、各顧客のニーズ化合物に合わせた育種開発を実施する。顧客化合物を生成する微生物の育種は、構築したガス発酵バイオファウンドリを活用し、目的化合物ごとに微生物育種開発を行う。そのため研究開発費を自己負担として投資する。

※インセンティブが全額支払われた場合

2. 研究開発計画

研究開発項目 1

2. 研究開発計画 / (1) 研究開発目標

育種期間1/10を実現するために必要なKPIを設定

研究開発項目

1. CO₂を原料とするガス発酵バイオファウンドリの確立

研究開発内容

1-1 ガス発酵に適した微生物代謝設計技術の開発

1-2 CO₂を原料とする微生物の迅速構築技術の開発

アウトプット目標

CO₂を原料とする微生物の育種を迅速に行うために、高精度かつ高速な代謝設計技術、ロボティクスによって多様性をもった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する。これらの要素技術をデータベースによって相互に連携して、さらにデータから知識を創出するAI技術を開発して、育種の期間を1/10へ短縮する第三世代のCO₂バイオファウンドリを確立する。

KPI

[1-1-1] ガス代謝に最適なゲノムスケールの代謝反応モデルの開発：実験値との乖離が●●%以内(2025年)、●●%以内(2027年)、●●%以内(2030年)

[1-1-2] 人工代謝経路設計・酵素設計・細胞設計の迅速化技術の開発：設計時間を●/●(2025年)、●/●(2027年)、●/●(2030年)に短縮

[1-2-1] 高度な育種を実現するための多様な遺伝子パーツの創出：●●種以上(2025年)、●●種以上(2027年)、●●種以上(2030年)

[1-2-2] 高度な育種と迅速なライブラリ構築・評価を可能とする基盤技術の開発：●●株以上(2025年)、●●株以上(2027年)、●●株以上(2030年)

KPI設定の考え方

目的化合物の高生産に繋がるシミュレーションを高精度に実行して試行錯誤の削減に繋げる観点で、代謝反応モデルの精度を目標値として設定

目的化合物の高生産に繋がる各種設計において、個人の経験に依存(属人化)していた作業を、*in silico*技術でシステム化・パイプライン化するにあたり、時間の短縮を目標値として設定

育種の成否を左右する遺伝子パーツ(非天然型を含む)について、代謝酵素群の発現レベルや発現特性の多様性を生み出す上で、遺伝子パーツ数を目標値として設定

目的遺伝子・遺伝子パーツの最適な組み合わせを一つ一つ試行錯誤していた従来手法から、大幅な時間短縮をする観点で、ライブラリ構築・評価数を目標値として設定

2. 研究開発計画 / (1) 研究開発目標

育種期間1/10を実現するために必要なKPIを設定

研究開発項目

1. CO₂を原料とするガス発酵バイオファウンドリの確立

研究開発内容

1-3 CO₂を原料とする微生物の多検体かつ高速での生産性評価システムの開発

アウトプット目標

CO₂を原料とする微生物の育種を迅速に行うために、高精度かつ高速な代謝設計技術、ロボティクスによって多様性をもった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する。これらの要素技術をデータベースによって相互に連携して、さらにデータから知識を創出するAI技術を開発して、育種の期間を1/10へ短縮する第三世代のCO₂バイオファウンドリを確立する。

KPI

[1-3-1] 第一世代 CO₂を原料とする微生物の生産性評価システム基盤の開発：
●●●株 (2025年)

[1-3-2] 第二世代 CO₂を原料とする微生物の生産性評価システムの多検体化技術の開発：●●●株 (2027年)

[1-3-3] 第三世代 CO₂を原料とする微生物の生産性評価システムの高精度化・高速化技術の開発：●●●株 (2030年)

KPI設定の考え方

ガス培養を通じたCO₂固定能力や、様々な化合物の生産能力を評価する方法の確立が重要であり、さらに防爆等の安全面に対応できる系を開発する観点で、評価検体数を目標値として設定

現行の技術では生産能力の評価に膨大な時間を要しており、多検体化および高速化に向けた自動化技術が重要であることから、スループット向上の指標として評価検体数を目標値として設定

1-2-2で目標値としているライブラリ構築数を評価するために、培養工程を削減することが重要であることから、更なるスループット向上の指標の指標として評価検体数を目標値として設定

2. 研究開発計画 / (1) 研究開発目標

育種期間1/10を実現するために必要なKPIを設定

研究開発項目

1. CO₂を原料とするガス発酵バイオファウンドリの確立

研究開発内容

1-4 育種期間短縮に向けた要素技術の統合によるガス発酵バイオファウンドリの開発

アウトプット目標

CO₂を原料とする微生物の育種を迅速に行うために、高精度かつ高速な代謝設計技術、ロボティクスによって多様性をもった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する。これらの要素技術をデータベースによって相互に連携して、さらにデータから知識を創出するAI技術を開発して、育種の期間を1/10へ短縮する第三世代のCO₂バイオファウンドリを確立する。

KPI

[1-4-1] 育種プラットフォームの高度化：
第一世代（2025年；育種期間●/●）、
第二世代（2027年；育種期間●/●）、
第三世代（2030年；育種期間1/10）

[1-4-2(1)] CO₂からのポリマー生産収率・
生産速度向上を実現するための育種プラットフォーム開発：（研究開発項目2-2のKPIを参照）

[1-4-2(2)] 育種プラットフォームの進化・
実証のための菌株開発：CO₂から化合物
●種以上（2025年）、化合物●種以上
（2027年）、化合物●種以上
（2030年）合成する菌の育種

KPI設定の考え方

育種期間を1/10に短縮する最終目標に向けて、各要素技術を統合して、データ・知識を集積することで、育種プラットフォームを段階的に高度化していくために、各世代での育種期間短縮を目標値に設定

CO₂からのポリマー生産菌育種では、ポリマー性状の制御とポリマーの対ガス収率を向上を同時に達成していく必要があるため、ゲノムスケールでの代謝設計技術と酵素最適化技術を組合せた育種プラットフォームが必要となるため設定

多くの育種を実際に行い、データや知識を集積して、育種プラットフォームを進化させるために、ハブ化合物を経由した有用化合物生産株の種類を目標値として設定

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (全体像)

各KPIの目標達成に必要な解決方法

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
1-1 ガス発酵に適した微生物代謝設計技術の開発	[1-1-1] ガス代謝に最適なゲノムスケールの代謝反応モデルの開発：実験値との乖離が●%以内（2025年）、●%以内（2027年）、●%以内（2030年）	ゲノムスケールの代謝反応モデルの構築技術を開発済み(TRL3) 現状(TRL3)	実験値との乖離が●%以内の精度(TRL5)	<ul style="list-style-type: none"> ● 水素酸化細菌のゲノム情報解読を行い、ドラフト代謝反応モデルを構築 ● 様々な培養条件における実験データを活用して、精密代謝反応モデルを構築 ● 研究開発項目1-4の育種で得られる実験データを活用して、代謝反応モデルを改良・高精度化 	95%以上
	[1-1-2] 人工代謝反応設計・酵素設計・細胞設計の迅速化技術の開発：設計時間を●/●（2025年）、●/●（2027年）、●/●（2030年）に短縮	人工代謝設計技術、人工酵素選定技術プロトタイプ開発済み、GSM開発済み設計●日/サイクル（項目1-1-1） 現状(TRL3)	人工代謝反応設計・酵素設計・細胞設計に要する時間を●日/サイクル以内に短縮(TRL5) →2030年度KPIは修正予定	<ul style="list-style-type: none"> ● 人工代謝反応設計アルゴリズムに、生物が持つ情報を組み込むことで、実現性の高い反応を提案する技術を開発 ● ハイスループットなデータ取得により、所望の高活性酵素を高速提案する技術を開発 	95%以上
1-2 CO ₂ を原料とする微生物の迅速構築技術の開発	[1-2-1] 高度な育種を実現するための多様な遺伝子パーツの創出：●種以上（2025年）、●種以上（2027年）、●種以上（2030年）	大腸菌・酵母等での遺伝子発現用パーツ創出技術は開発済み(TRL3) 現状(TRL3)	●種以上の遺伝子パーツ創成(TRL5)	<ul style="list-style-type: none"> ● 遺伝子パーツをカタログ化 ● 発現on/off制御を実現する遺伝子スイッチをラインナップ化 ● メタボライトセンサをラインナップ化 	95%以上
	[1-2-2] 高度な育種と迅速なライブラリ構築を可能とする基盤技術の開発：●株（2025年）、●株（2027年）、●株以上（2030年）	大腸菌等でのライブラリ構築技術は開発済み(TRL3) 現状(TRL3)	●株以上でのライブラリ創出(TRL5)	<ul style="list-style-type: none"> ● 形質転換効率向上や効率的な標的遺伝子破壊を可能とする株を開発 ● 各種ベクターの開発 ● ロボティクス支援型のライブラリ高速構築・評価システムを開発 	95%以上

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (全体像)

各KPIの目標達成に必要な解決方法

1-3 CO₂を原料とする微生物の多検体かつ高速での生産性評価システムの開発

KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
[1-3-1] 第一世代 CO ₂ を原料とする微生物の生産性評価システム基盤の開発：●●●株以上(2025年)	液体培養向け評価システムや超臨界抽出システム開発済み (提案時TRL3 →現状TRL3)	ガス発酵型微生物の生産性評価システム(TRL5)	<ul style="list-style-type: none"> ● CO₂/O₂/H₂の混合ガスによる静置培養・攪拌培養を可能にするために、防爆に対応したラボスケールガス培養デバイスを開発 ● 培養液中へのガス交換を行い培養促進させるために、検体(ウェルまたは試験管)ごとのバブリング懸濁培養システムなどを開発 ● ガス培養を迅速に評価できるワークフローの開発 	90%以上
[1-3-2] 第二世代 CO ₂ を原料とする微生物の生産性評価システムの多検体化技術の開発：●●●株以上(2027年)	液体培養向け評価システムや超臨界抽出システム開発済み (提案時TRL3 →現状TRL3)	ガス発酵型微生物の多検体生産性評価システム(TRL5)	<ul style="list-style-type: none"> ● 生産性評価の高速化の実現のために、多検体を同時培養可能なガス発酵型インキュベーターを開発 ● 培養から評価までの工程を自動化し、連続運転を可能にするために、コローピッキング装置、インキュベーターや検出器など各種機器間の検体搬送をロボティクスで自動搬送するシステムを開発(2-2、3-1-4と連携) 	90%以上
[1-3-3] 第三世代 CO ₂ を原料とする微生物の生産性評価システムの高精度化・高速化技術の開発：●●●株以上(2030年)	液体培養向け評価システムや超臨界抽出システム開発済み (提案時TRL3 →現状TRL3)	ガス発酵型微生物の多検体・高速生産性評価システム(TRL5)	<ul style="list-style-type: none"> ● 蛍光プローブを用いない汎用性のある分析法、テスト工程の培養回数を削減することによるスループット向上を目的として、イメージング評価技術などを活用した高精度・高速システムを開発(2-2、3-1-4と連携) 	90%以上

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (全体像)

各KPIの目標達成に必要な解決方法

1-4 育種期間短縮に向けた要素技術の統合によるガス発酵バイオファウンドリの開発

KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
[1-4-1] 育種プラットフォームの高度化：第一世代（2025年；育種期間●/●）、第二世代（2027年；育種期間●/●）、第三世代（2030年；育種期間1/10）	糖からのモノづくりを中心とした育種プラットフォーム (TRL3) 現状(TRL3)	データ駆動からAI駆動型育種を実現する第三世代プラットフォーム (育種期間1/10) (TRL5)	<ul style="list-style-type: none"> データベース基盤を開発して、要素技術を統合して、第一世代育種プラットフォームを開発 改良された要素技術の統合と共に、データから知識を創出するための技術を開発して、第二世代育種プラットフォームを開発 最終的な要素技術の統合と共に、創出した知識を検証して、高知能化していくことにより、第三世代育種プラットフォームを開発 スケールアップロバスト性の高い菌株を構築する技術を開発して、育種プラットフォームに組み込む (3-3と連携) 	90%以上
[1-4-2(1)] CO ₂ からのポリマー生産収率・生産速度向上を実現するための育種プラットフォーム開発：(研究開発項目2-2のKPIを参照)	糖からのモノづくりを中心とした育種プラットフォーム (TRL3) 現状(TRL3)	CO ₂ からのポリマー生産菌の短期間育種プラットフォーム(TRL5)	<ul style="list-style-type: none"> 各種酵素の性能向上に加えて、代謝経路を最適化 (2-2と連携) 	85%以上
[1-4-2(2)] 育種プラットフォームの進化・実証のための菌株開発：CO ₂ から化合物●種以上 (2025年)、化合物●種以上 (2027年)、化合物●種以上 (2030年) 合成する菌の育種	糖からのモノづくりを中心とした育種プラットフォーム (TRL3) 現状(TRL3)	CO ₂ から化合物●種以上合成する菌(TRL5)	<ul style="list-style-type: none"> 基盤となる株に、高活性酵素群を導入して、目的化合物高生産株を迅速に育種 スケールアップデータにより、実用株育種に向けた株の改変案を提案 (3-3と連携) 	90%以上

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (これまでの取組)

微生物育種の高速化による開発期間1/10への短縮 各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

研究開発内容	直近のマイルストーン	これまでの (前回からの) 開発進捗	進捗度
1-1 ガス発酵に適した微生物代謝設計技術の開発	[1-1-1] ガス代謝に最適なゲノムスケールの代謝反応モデルの開発：実験値との乖離が●%以内 (2025年)	[1-1-1] 熱力学的情報をもとに、モデルを改良した。 ・ゲノム配列情報から、モデルを改良した。	○
	[1-1-2] 人工代謝経路から細胞設計までに要する時間を●/●以内 (2025年)	[1-1-2] 生産化合物候補●種を対象とした物質生産菌の代謝設計を実施した。設計に要した時間を計測することで開発期間短縮を実証した。	○
1-2 CO ₂ を原料とする微生物の迅速構築技術の開発	[1-2-1] 高度な育種を実現するための多様な遺伝子パーツの創出：●種以上 (2025年)	[1-2-1] 水素酸化細菌で使用可能な●種のパーツを開発した。	○
	[1-2-2] 高度な育種と迅速なライブラリ構築を可能とする基盤技術の開発：●株以上 (2025年)	[1-2-2] ライブラリ構築手法を確立した。	○

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (これまでの取組)

微生物育種の高速化による開発期間1/10への短縮 各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

1-3 CO₂を原料とする微生物の多検体かつ高速での生産性評価システムの開発

直近のマイルストーン

[1-3-1] 第一世代 CO₂を原料とする微生物の生産性評価システム基盤の開発：
●●●株以上(2025年)

[1-3-2] 第二世代 CO₂を原料とする微生物の生産性評価システムの多検体化技術の開発：●●●株以上(2027年)

[1-3-3] 第三世代 CO₂を原料とする微生物の生産性評価システムの高精度化・高速化技術の開発：●●●株以上(2030年)



これまでの(前回からの)開発進捗

- 多検体培養装置を増やし、●●●検体分の同時培養を実施。成育の再現性や株間差比較を確認。
- 100mLスケール多連培養槽での培養により、多検体培養装置(バイアルスケール)との比較に用いる条件データを収集し、比較した。
- バッカス社にて多検体・高速生産性評価システムを設置完。●●生産株の●●●検体の同時培養を実施。

まずは、1-3-1の●●●株以上を目指す。
(1-3-1にて、将来的な拡張性を念頭に置いて開発を進めている。)

まずは、1-3-1の●●●株以上を目指す。
(1-3-1にて、将来的な拡張性を念頭に置いて開発を進めている。)

進捗度

○

—

—

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (これまでの取組)

微生物育種の高速化による開発期間1/10への短縮 各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

研究開発内容

直近のマイルストーン

これまでの (前回からの) 開発進捗

進捗度

1-4

育種期間短縮に向けた要素技術の統合によるガス発酵バイオファウンドリの開発

[1-4-1] 育種プラットフォームの高度化：第一世代 (2025年；育種期間 ●/●)

・基盤データベースの開発が完了した。
・Jarを用いたガス培養系を確立した。

○

[1-4-2(1)] CO₂からのポリマー生産収率・生産速度向上を実現するための育種プラットフォーム開発：(研究開発項目2-2のKPIを参照)

[1-4-2(1)]
・ゲノムスケールモデルを利用した代謝改変候補を提案した。
・ガス収支データを取得できるようになった。

○

[1-4-2(2)] 育種プラットフォームの進化・実証のための菌株開発：CO₂から化合物●種以上 (2025年) 合成する菌の育種

[1-4-2(2)]
●●生産株の育種を継続し、最大● g/Lの生産を達成した。

○

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (今後の取組)

個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

研究開発内容	直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
1-1 ガス発酵に適した微生物代謝設計技術の開発	[1-1-1] ガス代謝に最適なゲノムスケールの代謝反応モデルの開発：実験値との乖離が●%以内（2025年）	[1-1-1] ・直近のマイルストーン(MS)は達成済みで残課題なし	・残課題なし
	[1-1-2] 人工代謝反応設計・酵素設計・細胞設計の迅速化技術の開発：設計時間を●/●（2025年）	[1-1-2]今年度のMSについては達成済み。	・残課題なし
1-2 CO ₂ を原料とする微生物の迅速構築技術の開発	[1-2-1] 高度な育種を実現するための多様な遺伝子パーツの創出：●種以上（2025年）	[1-2-1]今年度のMSについては達成済み。	・残課題なし
	[1-2-2] 高度な育種と迅速なライブラリ構築を可能とする基盤技術の開発：●株以上（2025年）	[1-2-2]ライブラリ構築の再現性に課題	ワークフローの見直しにより解決する。

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (今後の取組)

個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

1-3 CO₂を原料とする微生物の多検体かつ高速での生産性評価システムの開発

直近のマイルストーン

[1-3-1] 第一世代 CO₂を原料とする微生物の生産性評価システム基盤の開発：
●●●株以上(2025年)

[1-3-2] 第二世代 CO₂を原料とする微生物の生産性評価システムの多検体化技術の開発：●●●株以上(2027年)

[1-3-3] 第三世代 CO₂を原料とする微生物の生産性評価システムの高精度化・高速化技術の開発：●●●株以上(2030年)

残された技術課題

- 今年度のMSについては達成済み

- 生産性評価の高速化の実現のための、多検体を同時培養可能なガス発酵型インキュベーターの開発
- 培養から評価までの工程を自動化し、連続運転を可能にするために、コローピッキング装置、インキュベーターや検出器など各種機器間の検体搬送をロボティクスで自動搬送するシステムを開発(2-2、3-1-4と連携)

- 蛍光プローブを用いない汎用性のある分析法の確立
- テスト工程の培養回数を削減することによるスループット向上を目的として、イメージング評価技術などを活用した高精度・高速システムの開発(2-2、3-1-4と連携)

解決の見通し

- 残課題無し

- 1-3-1の多検体対応版を並行配置する。
- 開発実績のある「自律型実験システム (Autonomous Lab)」の設計を踏襲する。

- 2-2、3-1-4と連携させる。

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (今後の取組)

個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

研究開発内容

直近のマイルストーン

残された技術課題

解決の見通し

1-4 育種期間短縮に向けた要素技術の統合によるガス発酵バイオファウンドリの開発

[1-4-1] 育種プラットフォームの高度化：第一世代（2025年；育種期間 ●/●）

[1-4-1]今年度のMSについては達成済み。

・残課題無し。

[1-4-2(1)] CO₂からのポリマー生産収率・生産速度向上を実現するための育種プラットフォーム開発：（研究開発項目2-2のKPIを参照）

[1-4-2(1)]今年度のMSについては達成済み。

・残課題無し。

[1-4-2(2)] 育種プラットフォームの進化・実証のための菌株開発：CO₂から化合物●種以上（2025年）合成する菌の育種

[1-4-2(2)] 今年度のMSについては達成済み。

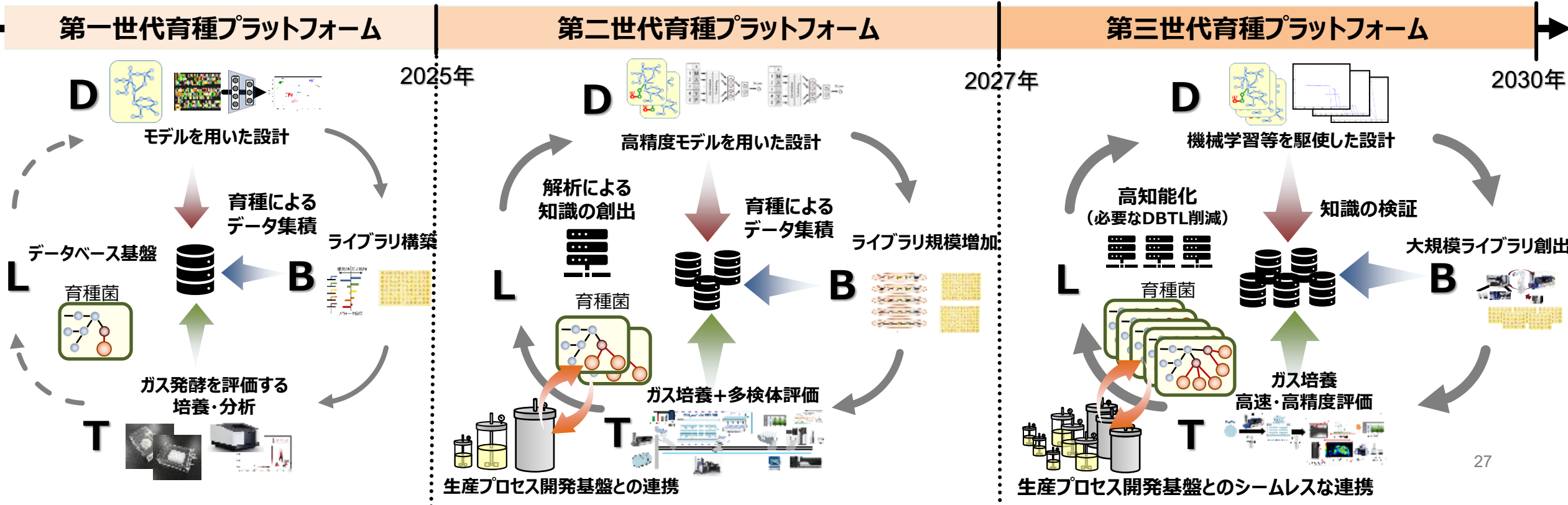
・残課題無し。

(参考資料) 研究開発項目 1 CO₂を原料とするガス発酵バイオファウンドリの確立

開発の概要：育種期間短縮に向けた要素技術の統合によるガス発酵バイオファウンドリの開発

【目的・達成手段】

各研究開発項目における要素技術を統合して機能化したガス発酵バイオファウンドリを構築する。そして、ガス発酵バイオファウンドリをデータ駆動からAI駆動にするために、段階的に育種プラットフォームを進化させる。(第一世代育種プラットフォーム、第二世代育種プラットフォーム、第三世代育種プラットフォーム：ガス発酵バイオファウンドリを通じた有用化合物を生産する菌の迅速な育種(育種期間1/10))。



研究開発項目 2

2. 研究開発計画 / (1) 研究開発目標

ポリマー生産能力を5倍以上に高めたポリマー生産微生物育種

研究開発項目

2. バイオポリマー生産微生物等の開発・改良

研究開発内容

2-1

PHBH生産微生物開発

2-2

ガス収率向上菌株創出

2-3

多様な物性を有する
PHA生産微生物育種

アウトプット目標

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●種類以上のバイオポリマー生産微生物育種、

KPI

[2-1-1] 3HH組成が●～●mol%のPHBH生産微生物育種 (2025年)

2026年度以降は自社で実施

[2-1-2] 3HH組成が●mol%以上のPHBH生産微生物育種 (2027年)

[2-2-1] H₂からのポリマー生産収率を理論収率の●●%(2025年度)、●●%(2027年度)に向上

[2-2-2] ポリマー生産速度を現行の●倍以上(2025年度)、●倍以上(2027年度)に向上

2026年度以降は2-2-1に統合して実施

[2-3-1] Tg●℃以上、又は●℃以下のバイオポリマー生産微生物育種 (2030年)

本基金事業における研究開発は2025年度をもって中止

KPI設定の考え方

多様なプラスチックへの用途展開を実現するために最低限必要なポリマー種として設定

多様なプラスチックへの用途展開を実現するために最低限必要なポリマー種として設定

社会実装の実現性を見極めるためにコスト面で最低限クリアすべき収率

社会実装の実現性を見極めるためにコスト面で最低限クリアすべき収率

より多様なプラスチックへの用途展開を実現するために最低限必要なポリマー種として設定

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (全体像)

ポリマー生産能力を5倍以上に高めたポリマー生産微生物育種

研究開発内容	KPI	現状	解決方法	実現可能性 (成功確率)
2-1 PHBH生産微生物開発	[2-1-1] 3HH組成が●～●mol%のPHBH生産微生物育種 (2025年) 2026年度以降は自社で実施	1種類(PHBH) (TRL4) ↔ 3HH組成を高密度培養下で精密に制御 (TRL7)	<ul style="list-style-type: none"> CO₂とH₂から合成される重要中間代謝物である●●から3HBモノマー、並びに3HHxモノマーを生成する経路に関する種々酵素の活性や発現を調整し、3HH組成の精密制御技術を開発。 培養条件による3HH組成制御技術を開発。 スケールアップデータからフィードバックし、育種サイクルを回す (3-1,3-2と連携) 	90%
	[2-1-2] 3HH組成が●mol%以上のPHBH生産微生物育種 (2027年)	1種類(PHBH) (TRL3) ↔ 3HH組成を高密度培養下で精密に制御 (TRL5)	<ul style="list-style-type: none"> CO₂とH₂から合成される重要中間代謝物である●●から3HBモノマー、並びに3HHxモノマーを生成する経路に関する種々酵素の活性や発現を調整し、3HH組成の精密制御技術を開発。 3HH組成を向上させるため、重合酵素の改良、新規3HH供給経路の設計、開発を行う 培養条件による3HH組成制御技術を開発 (3-1,3-2と連携) 	85%
2-2 ガス収率向上菌株の創出	[2-2-1] H ₂ からのポリマー生産収率を理論収率の●%(2025年度)、●%(2027年度)に向上	理論値●%程度 (TRL3) ↔ 理論●%以上 (TRL6)	<ul style="list-style-type: none"> ●●や●●合成系の改良、強化 人工ヒ●●の設計と導入 メタボローム解析による代謝ボトルネックの特定と代謝最適化 培養プロセス検討 バイオフィアウンドリとの連携 (1-3, 1-4と連携) スケールアップデータからフィードバックし、育種サイクルを回す 	70%
	[2-2-2] ポリマー生産速度を現行の●倍以上(2025年度)、●倍以上 (2027年度)に向上 2026年度以降は2-2-1に統合して実施	現行●g/L/h (TRL3) ↔ ●g/L/h (TRL7)	<ul style="list-style-type: none"> メタボローム解析による●●同化経路の解明 ●●の取り込み、固定化の強化 培養プロセス開発 バイオフィアウンドリとの連携 (1-3, 1-4と連携) ●●酵素の改良、●●固定化経路の導入 	70%
2-3 多様な物性を有するPHA生産微生物開発	[2-3-1] Tg●℃以上、又は●℃以下のバイオポリマー生産微生物育種 (2030年) 本基金事業における研究開発は2025年度をもって中止	CO ₂ から生産した実績なし (TRL3) ↔ Tgを制御したポリマー生産株完成 (TRL5)	<ul style="list-style-type: none"> 硝子転移点(Tg)を基準にモノマー成分種類、並びに組成比率の異なる複数種のポリマー生産微生物を育種するため、 ①モノマー生産経路の設計、改良 (代謝工学) ②ポリマー重合酵素改変基盤の開発 バイオフィアウンドリとの連携 (1-4と連携) 	80%

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (これまでの取組)

ポリマー生産能力を5倍以上に高めたポリマー生産微生物育種 各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

研究開発内容	直近のマイルストーン	これまでの (前回からの) 開発進捗	進捗度
2-1 PHBH生産微生物開発	[2-1-1] 3HH組成が●～●mol%のPHBH生産微生物育種 (2025年:SG1)	<ul style="list-style-type: none"> 培養で●のプロモーター強度を●●させることによる3HH組成の変化を検証した結果、おおよそプロモーター強度と3HH組成が相関することを確認した。 オミクス解析等によるPHBH生産性低下要因の探索を実施中。 	○ 3HH組成調節の3HH 組成を●～●mol%へ制御する基本技術を実証。目標3HH組成のPHBH生産微生物育種に成功。
	[2-1-2] 3HH組成が●mol%以上のPHBH生産微生物育種 (2027年:SG2)	<ul style="list-style-type: none"> 2025年4月より着手。3HHモノマーの●●に寄与すると考えられる●の利用検討を進めた。●●変異体による3HH組成向上を確認した。 	○ 計画通り検討を開始。
2-2 ガス収率向上菌株の創出	[2-2-1] H ₂ からのポリマー生産収率を理論収率の●%(2025年度:SG1)	<ul style="list-style-type: none"> 意図した変異を施した菌株の作製を完了した。 ●●の変異株について、培養槽でPHA生産性の向上を確認した。 エネルギー効率に優れた代謝経路 (人工経路を含む) の検討を実施した。 ●●による生産速度の向上を達成し、その際にもガス収率は約●%と低下しないことを確認した。 	○ 菌密度を調節した条件においてH ₂ からのポリマー生産収率を理論収率の●%を達成。
	[2-2-2] ポリマー生産速度を現行の●倍以上(2025年度:SG1)	<ul style="list-style-type: none"> ●●株をベースに、フラスコ培養系において、あらたに●●が●●と同程度の能力を有することを示唆するデータを得た。 新規導入の設備を用いて試験を行い、●●活性の測定が可能であることを確認した。 ●●+●●により、●●g/L/hrの生産性を確認した 	○ ●●+●●にて達成可能となった
2-3 多様な物性を有するPHA生産微生物開発	[2-3-1] Tg●以上、又は●℃以下のバイオポリマー生産微生物育種 (2030年)	<ul style="list-style-type: none"> 研究開発項目2-1、2-2 (硬質PHBH高生産微生物育種) に注力するため実施無し。 	△ PHBH高生産微生物育種に注力中。

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (今後の取組)

ポリマー生産能力を5倍以上に高めたポリマー生産微生物育種 個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

		残された技術課題	解決の見通し
2-1 PHBH生産微生物開発	[2-1-1] 3HH組成が●～●mol%のPHBH生産微生物育種 (2025年:SG1)	[2-1-1]今年度のMSについては達成済み。	残課題なし
	[2-1-2] 3HH組成が●mol%以上のPHBH生産微生物育種 (2027年:SG2)	・2-1-1の研究成果を活用し、さらなる3HH組成向上技術開発を進める。	・2-1-1, 並びに2-2の成果を活用し、高3HH組成と高生産性の両立を達成。
2-2 ガス収率向上菌株の創出	[2-2-1] H ₂ からのポリマー生産収率を理論収率の●%(2025年度:SG1)	[2-2-1]今年度のMSについては達成済み。	残課題なし
	[2-2-2] ポリマー生産速度を現行の●倍以上(2025年度:SG1)	[2-2-2]今年度のMSについては達成済み。 2026年度以降は2-2-1に統合して実施	残課題なし
2-3 多様な物性を有するPHA生産微生物開発	[2-3-1] Tg●以上、又は●℃以下のバイオポリマー生産微生物育種 (2030年)	本基金事業における研究開発は2025年度をもって中止	-

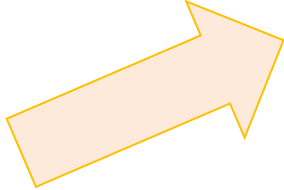
開発の概要: 全体概要

PHBH生産実績と開発のポイント

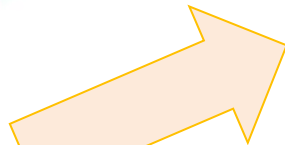
- PHBH[®]は(R)-3ヒドロキシブチレート (3HB) 並びに(R)-3ヒドロキシヘキサノエート (3HHx)の2種類のモノマーから構成される共重合ポリエステルである
- 2011年に1,000Mt/年の設備能力にて生産開始、2019年に5,000Mt/年に能力増強、2024年には20,000Mt/年への能力増強を予定
- 2030年以降に原料転換 (油脂⇒CO₂) への原料転換を実現するためCO₂からPHBH[®]を高効率で生産可能な微生物、並びにプロセスを開発する



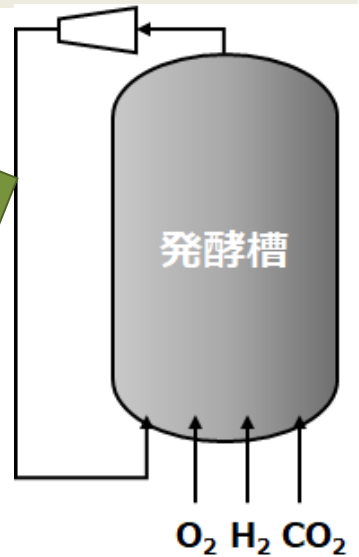
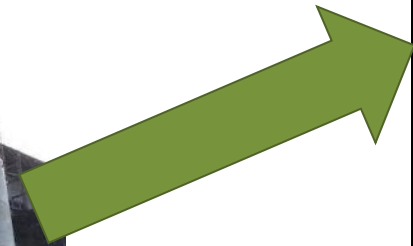
原料：油脂



原料：油脂



原料：CO₂



2011年：1,000Mt/年 2019年：5,000Mt/年

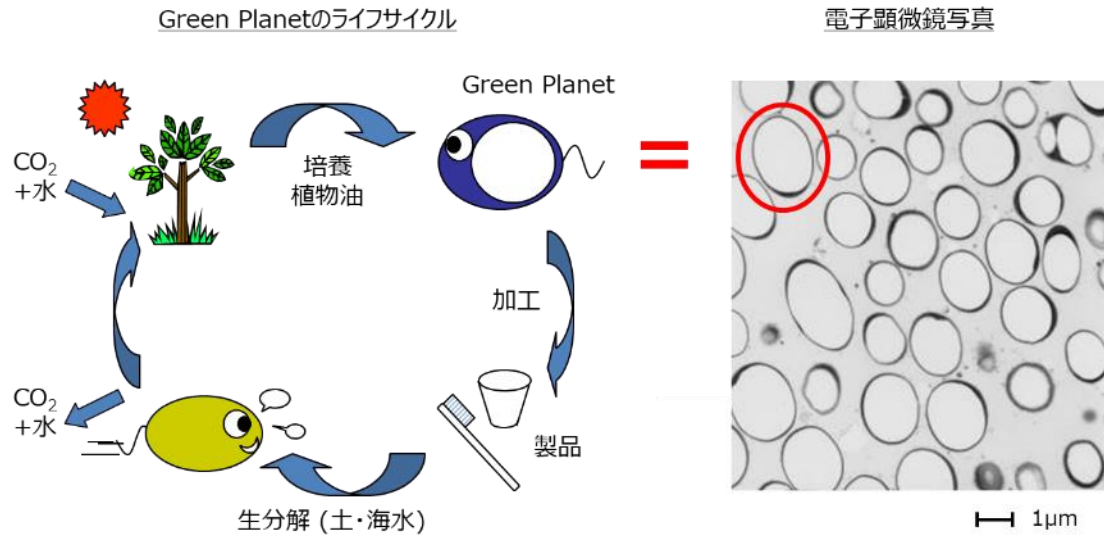
2024年：20,000Mt/年
(建設中)

開発の概要: 全体概要

バイオポリマー生産微生物の開発・改良におけるポイント

- 自社開発した水素酸化細菌の育種技術を活かし、原料を現行の植物油からCO₂へ変更するための技術開発を実施する。
- 水素酸化細菌への遺伝子導入技術、ゲノム改変技術は独自の高效率技術を有しており、更には現行事業にて蓄積した多様な物性を有するバイオポリマーの高效率生産、物性制御技術を応用し、多様なポリマーをCO₂から生産する微生物開発を進める。
- 原料であるCO₂, H₂, O₂を高效率でポリマーへと変換する技術開発においては、最先端の代謝解析の活用、並びにバイオプロセスの最適化によってガス収率向上、並びにCO₂固定化速度の向上によって、生産効率を現行の5倍以上に高める。

Green Planetは、微生物が植物油を摂取し、ポリマーとして体内に蓄えたものを取り出した、100%植物由来の素材です。



Green Planet®化粧品容器

- (株)資生堂の新製品「アクアジェル リップパレット」に採用 ('20/11~販売)



Green Planet®カトラリー

- カネカ生分解性ポリマー-Green Planet®ファミリーマートのスプーンに採用 ('21/6~)
- 某カフェチェーンに採用予定 ('22/3~)



Green Planet®ホテルアメニティ

- 大手ホテルチェーン等に採用内定



Green Planet®フィルム製品

- JALUXショッピングバッグに採用 ('21/7~)



研究開発項目 3

CO₂を直接原料として生産した物質の製造コストが代替候補の製品の1.2倍以下となる技術を開発

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等の開発・実証

研究開発内容

3-1 安全で高効率なガス発酵プロセスの構築

アウトプット目標

安全で高効率なガス発酵プロセスを構築し、①CO₂を直接原料とするPHBHのセミコマーシャルプラントを建設し生産実証を行う。②CO₂を直接原料とする多様な微生物に対応する生産プロセス開発基盤を構築し、統合型バイオファウンドリ機能を実証する。

KPI

[3-1-1] 安全なガスハンドリング手法の確立 (2025年度)

[3-1-2] 通気攪拌槽の要素技術(ガス供給、分散、混合技術)確立 (2025年度)

[3-1-3] 多様なガス発酵槽形式の要素技術(ガス供給、分散、混合技術)確立 (2025年度)

[3-1-4] ガス発酵の最適条件を導き出すための多角計測技術の確立 (2025年)
多角計測データ収集、統合、解析支援ソフトの開発(2027年)

KPI設定の考え方

本開発全般(研究開発項目1~3)において、水素酸化細菌などを用いたガス発酵技術開発に必須であるため設定

3-2、3-3にて検討する水素酸化細菌などを用いたガス発酵技術の実用化に必須であるため設定

3-2、3-3にて検討する水素酸化細菌などを用いたガス発酵技術の多様化に有益であるため設定

3-2、3-3にて検討する水素酸化細菌などを用いたガス発酵技術の高度化に有益であるため設定

CO₂を直接原料として生産した物質の製造コストが代替候補の製品の1.2倍以下となる技術を開発

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等の開発・実証

研究開発内容

3-2

CO₂を原料とするPHBHのセミコマーシャルプラントによる生産技術の開発・実証

アウトプット目標

安全で高効率なガス発酵プロセスを構築し、①CO₂を直接原料とするPHBHのセミコマーシャルプラントを建設し生産実証を行う。②CO₂を直接原料とする多様な微生物に対応する生産プロセス開発基盤を構築し、統合型バイオファウンドリ機能を実証する。

KPI

[3-2-1-1-A] ●● L発酵槽で、PHBH生産速度(●●g/L/hr)及び水素ガス収率(●●%)を指標として、5L発酵槽と同等の培養成績を達成する(2025年度)

[3-2-1-1-B] ●● m3培養槽稼働による、スケールアップの影響把握とセミコマーシャルプラント想定システムの評価完了(2027年度)

[3-2-2] ●● m3以上の発酵槽での試験データに基づくPHBHセミコマーシャルプラントの設計指針の確立(2027年度)

[3-2-3] PHBHセミコマーシャルプラントの設計・フィジビリティの確認(2027年度)

[3-2-4] セミコマーシャルプラントによるCO₂由来PHBHの成形品の試験生産(2030年度)

[3-2-5] 経済性検討の結果、商業プラントにおけるコストが代替製品と比較して1.2倍以下となることを確認(2030年度)

KPI設定の考え方

パイロットプラントの設計に際し●● L槽までのスケールアップができていることを確認することが必要であるため設定

パイロットプラントの設計に際し●● 3槽までのスケールアップができていることを確認することが必要であるため設定

セミコマーシャルプラントの建設判断のために設定

SG2以降の補助事業の前倒しにて実施

セミコマーシャルプラントの建設判断のために設定

SG2以降の補助事業の前倒しにて実施

将来の生産技術の確立、および製造コスト試算に必要であるため設定

最終的なアウトプット目標

2. 研究開発計画 / (1) 研究開発目標

CO₂を直接原料として生産した物質の製造コストが代替候補の製品の1.2倍以下となる技術を開発

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等の開発・実証

研究開発内容

3-3 生産プロセス開発基盤による有用物質生産実証

安全で高効率なガス発酵プロセスを構築し、①CO₂を直接原料とするPHBHのセミコマーシャルプラントを建設し生産実証を行う。②CO₂を直接原料とする多様な微生物に対応する生産プロセス開発基盤を構築し、統合型バイオファウンドリ機能を実証する。

KPI

[3-3-1] ●Lから●Lの小規模スケールガス発酵装置によるスケールアップデータの取得 (2025年度)

[3-3-2] 2株以上の開発微生物のガス発酵スケールアップファクターの把握 (2027年度)

[3-3-3] ●L以上の発酵槽で開発微生物を生産実証し、ガス発酵スケールアップ指針を確立 (2種以上の製品) (2030年度)

[3-3-4] 商業プラントにおける製造コストが、代替候補の製品と比較して1.2倍以下となる生産プロセス構築 (2種以上の製品) (2030年度)

KPI設定の考え方

ガス発酵プロセスのスケールアップ手法の開発、およびスケールアップデータを活用した育種手法の開発に必須であるために設定

スケールアップ指針の確立、およびスケールアップに耐える微生物の育種に必要であるため設定

商業プラントの設計、および経済性検討に必要であるため設定

最終的なアウトプット目標

CO₂を直接原料として生産した物質の製造コストが代替候補の製品の1.2倍以下となる技術を開発

実現可能性
(成功確率)

3-1 安全で高効率なガス発酵プロセスの構築

KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
[3-1-1] 安全なガスハンドリング手法の確立 (2025年度)	CO ₂ 、H ₂ 、O ₂ の混合ガスを用いた論文レベルでの実験の報告有り (TRL3)	安全なガスハンドリングシステムの確立(TRL5)	<ul style="list-style-type: none"> 安全性の高いガス発酵プロセスの設計、運用指針を構築する → 研究開発項目1, 2へ横展開 安全制御システムを構築する。 さらなる安全性の向上を目指したガスハンドリングシステムの可能性を検討する。 	90%
[3-1-2] 通気攪拌槽の要素技術(ガス供給、分散、混合技術) 確立 (2025年度)	CO ₂ 、H ₂ 、O ₂ の混合ガスを用いた論文レベルでの実験の報告有り (現状TRL3)	● ● ●により溶存酸素濃度を向上し、求められる酸素移動速度OTRを達成 (TRL5)	<ul style="list-style-type: none"> 微生物のガス消費に最適な供給ガス条件を見出し、その制御ロジックを開発する。 CFDによる発酵槽内のガス分布予測モデルのプロトタイプを構築する。 高kLaを達成可能なガス分散混合技術を開発する。 	90%
[3-1-3] 多様なガス発酵槽形式の要素技術(ガス供給、分散、混合技術) 確立 (2025年度)	CO ₂ 、H ₂ 、O ₂ の混合ガスを用いた論文レベルでの実験の報告有り (現状TRL3)	気相のガス溜まりが存在しない装置構成 求められる酸素移動速度OTRを達成を達成(TRL4)	<ul style="list-style-type: none"> 発酵槽のベンチ装置を製作し、基本性能を把握するとともに、設計に必要なデータを採取する。 ベンチ試験で知見に基づき、設計指針を取り纏める。 	80%
[3-1-4] ガス発酵の最適条件を導き出すための多角計測技術の確立 (2025年) 多角計測データ収集、統合、解析支援ソフトの開発 (2027年)	CO ₂ 、H ₂ 、O ₂ の混合ガスを用いた論文レベルでの実験の報告有り (提案時TRL3 →現状TRL3)	計測技術の確立完了 (TRL4) 解析ソフトウェアの開発 (TRL5)	<ul style="list-style-type: none"> 多角的な分析を行うためのガス濃度検出、目的生産物の測定を行うシステムを開発する。 多角的に収集した種々のデータを統合するデータベースシステムの構築と、種々のデータ解析を支援するためのソフトウェアを開発する。 バイオフィュードリの連携 (1-3との連携) 	90%

CO₂を直接原料として生産した物質の製造コストが代替候補の製品の1.2倍以下となる技術を開発

3-2 CO₂を原料とするPHBHのセミコマーシャルプラントによる生産技術の開発・実証

KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
[3-2-1-1-A] ●●L発酵槽で、PHBH生産速度 (●● g/L/hr) 及び水素ガス収率 (●● %) を指標として、●● L発酵槽と同等の培養成績を達成する (2025年度)	CO ₂ , H ₂ , O ₂ の混合ガスを用いた論文レベルでの実験の報告有り (提案時TRL3 →現状TRL3)	設計完了 (TRL4)	<ul style="list-style-type: none"> 攪拌混合型の●● L発酵槽を用いたガス発酵試験を行い、最適条件を見出すとともに、種々条件における発酵データを得る。 気液分散をはじめとする発酵槽内での各種因子の濃度勾配を把握するためにCFD解析を実施。 発酵データ、CFD解析結果を基に、●● m³発酵槽を設計する。 	90%
[3-2-1-1-B] ●● m ³ 培養槽稼働による、スケールアップの影響把握とセミコマーシャルプラント想定システムの評価完了(2027年度)	CO ₂ , H ₂ , O ₂ の混合ガスを用いた論文レベルでの実験の報告有り (提案時TRL3 →現状TRL3)	評価完了 (TRL4)	<ul style="list-style-type: none"> 攪拌混合型の●● m³発酵槽を用いたガス発酵試験を行い、種々条件における発酵データを得る。また、セミコマ実装を想定する設備を評価し最終決定する。 気液分散をはじめとする発酵槽内での各種因子濃度勾配を把握するためにCFD解析を実施。 発酵データ、CFD解析結果を基に、●● m³発酵槽を設計する。 	90%
[3-2-2] ●● m ³ 以上の発酵槽での試験データに基づくセミコマーシャルプラントのガス発酵プロセスの設計指針確立 (2027年度)	CO ₂ , H ₂ , O ₂ の混合ガスを用いた論文レベルでの実験の報告有り(提案時TRL3 →現状TRL3)	スケールアップ指針の確立 (TRL6)	<ul style="list-style-type: none"> 2-1で構築した改良株を用い、3-2-1で設計した●● m³発酵槽により、3-2-1で得られた最適条件にてガス発酵試験を行う (研究開発項目2-1との連携)。 3-2-1の●● L発酵槽の試験結果と比較し、ガス発酵プロセスのスケールアップ指針を決定する。さらに●● m³発酵試験の結果に基づきセミコマーシャルプラントのガス発酵槽設計指針を確立する。 <p style="background-color: yellow;">SG2以降の補助事業の前倒しにて実施</p>	80%
[3-2-3] PHBHセミコマーシャルプラントの設計・フィジビリティの確認 (2027年度)	CO ₂ , H ₂ , O ₂ の混合ガスを用いた論文レベルでの実験の報告有り (提案時TRL3 →現状TRL3)	設計完了、フィジビリティ・スタディ完了 (TRL6)	<ul style="list-style-type: none"> 3-2-2で確立した設計指針に基づき、セミコマーシャルプラントのガス発酵槽を設計する。 セミコマーシャルプラント (分離精製、成型加工などのダウンプロセスを含む) の建設コストを算出し、経済性検討を行う。 <p style="background-color: yellow;">SG2以降の補助事業の前倒しにて実施</p>	80%
[3-2-4] セミコマーシャルプラントによるCO ₂ 由来PHBHの成形品の試験生産 (2030年度)	CO ₂ , H ₂ , O ₂ の混合ガスを用いた論文レベルでの実験の報告有り(提案時TRL3→現状TRL3)	生産設備として運用 (TRL7)	<ul style="list-style-type: none"> 3-2-3 で設計したセミコマーシャルプラント (分離精製、成型加工などのダウンプロセスを含む) を建設する。 セミコマーシャルプラントを試運転し、必要な調整を行い、試験生産を施す。 	80%
[3-2-5] 経済性検討の結果、商業プラントにおける製造コストが代替候補の製品と比較して1.2倍以下となることを確認(2030年度)	CO ₂ , H ₂ , O ₂ の混合ガスを用いた論文レベルでの実験の報告有り(提案時TRL3 →現状TRL3)	商業生産設備としての運用、コスト競争力のある製品の生産 (TRL8)	<ul style="list-style-type: none"> 試験生産を通じて、ガス発酵槽を含む商業プラントの設計指針、生産技術 (運転、およびメンテナンス) を確立する。 セミコマーシャルプラント試験生産の結果を基に、商業プラントにて性能を発揮する微生物の改良を実施する。 商業プラントでの製造コストを試算し、経済性検討を実施する。 バイオ由来製品の社会実装を進めるため、非化石価値を示す品質評価・表示手法の確立、LCA評価、CO₂固定量の評価等を検討する。 	70%

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容

CO₂を直接原料として生産した物質の製造コストが代替候補の製品の1.2倍以下となる技術を開発

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
3-3 生産プロセス開発基盤の構築と統合型バイオファウンドリの機能実証	[3-3-1] ●Lから●Lの小規模スケールガス発酵装置によるスケールアップデータの取得 (2025年度)	CO ₂ 、H ₂ 、O ₂ の混合ガスを用いた論文レベルでの実験の報告有り (現状TRL3)	生産指標(OTR、乾燥菌体濃度、PHB濃度)の達成(TRL4)	<ul style="list-style-type: none"> 種々のスケールのガス発酵装置を有する生産プロセス基盤を整備する。 1-4で開発された微生物を用い、種々のスケールのガス発酵装置を行う。 バイオファウンドリとの連携 (1-4との連携) 	90%
	[3-3-2] 2株以上の開発微生物のガス発酵スケールアップファクターの把握 (2027年度)	CO ₂ 、H ₂ 、O ₂ の混合ガスを用いた論文レベルでの実験の報告有り (TRL3)	2種以上の微生物を用いて、目標値 (生成指標等) の達成 (TRL5)	<ul style="list-style-type: none"> 1-4で開発された複数の微生物を用いてスケールアップデータを取得。CFD解析も行う。 発酵におけるスケールアップファクターを把握する。 データを育種プロセスにフィードバックし、スケールアップに適した菌株育種の方針に活用する。 バイオファウンドリとの連携 (1-4との連携) 	90%
	[3-3-3] ●L以上の発酵槽で開発微生物を生産実証し、ガス発酵スケールアップ指針を確立 (2種以上の製品) (2030年度)	CO ₂ 、H ₂ 、O ₂ の混合ガスを用いた論文レベルでの実験の報告有り (TRL3)	2種以上の微生物を用いて、商用スケールの培養槽設計に資するスケールアップデータ取得完了(TRL6)	<ul style="list-style-type: none"> 1-4で開発された複数の微生物を用いて●L以上の発酵槽を用いたガス発酵試験を行う。 開発微生物毎のガス発酵スケールアップ指針を確立する。 バイオファウンドリとの連携 (1-4との連携) 	80%
	[3-3-4] 商業プラントにおける製造コストが、代替候補の製品と比較して1.2倍以下となる生産プロセス構築 (2種以上の製品) (2030年度)	CO ₂ 、H ₂ 、O ₂ の混合ガスを用いた論文レベルでの実験の報告有り (TRL3)	2種類以上の有用物質生産プロセスのPDP完成 製造コスト (代替製品と比較してOPEXが1.2倍以下) とLCAの評価完了(TRL7)	<ul style="list-style-type: none"> 発酵試験で得られた結果を育種開発にフィードバックする。 ダウンプロセスを含めた生産プロセスを構築する。 複数の製品に関してFSを実施する。 LCA評価、CO₂固定量の評価等を検討する。 バイオファウンドリとの連携 (1-4との連携) 	70%

各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

3-1 安全で高効率なガス発酵プロセスの構築

直近のマイルストーン

[3-1-1] 安全なガスハンドリング手法の確立 (2025年度)



これまでの (前回からの) 開発進捗

- 様々な基質ガス組成における追加の燃焼試験を行い、● ● ● が燃焼範囲に与える影響を明確化した
- 燃焼シミュレーションモデルを作成し、燃焼範囲を予測できることを検証した。
- 安全指針には上記の燃焼試験およびシミュレーションの結果を適宜反映し、指針の改訂を行うとともに、コンソーシアム内で共有した。

進捗度

○

[3-1-2] 通気攪拌槽の要素技術(ガス供給、分散、混合技術) 確立 (2025年度)



- コールド試験装置 (水-空気系) および実培養試験で攪拌翼の評価を行い、高い酸素移動速度が得られる攪拌翼を見出した。
- ガス発酵の運転条件に適用可能なCFDモデルを構築し、スケールアップ時の $k_L a$ 、槽内のガス濃度分布が予測可能となった。
- 構築した基質ガス供給の制御ロジックを適用した培養槽を用いて試験を実施し、攪拌翼の性能評価、コールド試験装置との $k_L a$ の相関データ、培養条件のパラメーターの影響を評価した。

○

[3-1-3] 多様なガス発酵槽形式の要素技術(ガス供給、分散、混合技術)確立 (2025年度)



- 新規コンセプトの培養槽の小型実培養装置を構築し、培養試験を実施した。
- 新規コンセプト培養槽のベンチスケールのコールドフローモデルを用いて、培養槽の基本特性データを取得した。
- 小型実培養装置の知見および、ベンチスケールのコールドフローモデルのデータを用いて、ベンチスケールの培養装置の詳細設計を進めた。

○

[3-1-4] ガス発酵の最適条件を導き出すための多角計測技術の確立 (2025年)
多角計測データ収集、統合、解析支援ソフトの開発 (2030年)



- 自動サンプリング装置を開発し、手技と比較した。
- 育種関連パラメータを変えた条件での培養試験を実施し、培養中の各種モニタリング情報を多角計測機器により収集し、これらの相関関係を可視化した。
- 育種関連パラメータの調整方向を示唆するモニタリング情報の抽出を検討中。

○

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (これまでの取組)

各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

3-2 CO₂を原料とするPHBHのセミコマースプラントによる生産技術の開発・実証

直近のマイルストーン

[3-2-1-1-A] ●●L発酵槽で、PHBH生産速度 (●● g/L/hr) 及び水素ガス収率(●● %) を指標として、●● L発酵槽と同等の培養成績を達成する (2025年度)

[3-2-1-1-B] ●● m3培養槽稼働による、スケールアップの影響把握とセミコマースプラント想定システムの評価完了(2027年度)

[3-2-2] ●● m³以上の発酵槽での試験データに基づくセミコマースプラントのガス発酵プロセスの設計指針確立 (2027年度:SG2)

[3-2-3] PHBHセミコマースプラントの設計・フィージビリティの確認 (2027年度:SG2)

[3-2-4]セミコマースプラントによるCO₂由来PHBHの成形品の試験生産(2030年度)

[3-2-5] 経済性検討の結果、商業プラントにおける製造コストが代替候補の製品と比較して1.2倍以下となることを確認(2030年度)

これまでの開発進捗

●●● Lベンチ設備を稼働を開始し、実機相当で●● g/L/hrの培養成績を確認した。(カネカ)
●●● m3培養槽の設計をJGCと検討プロジェクトを設置し設計完了した。(カネカ)
●●● Lガス培養槽の設計をカネカと協力しながら実施。設計思想を配管計装図に落とし込み、HAZOP (Hazard and Operability Studies) のための情報収集を行った (日揮HD)

●●● m3培養槽の設計をJGCと検討プロジェクトを設置し設計完了した。(カネカ)

まずは3-2-1に注力しており未実施

まずは3-2-1に注力しており未実施

まずは3-2-1に注力しており未実施

まずは3-2-1に注力しており未実施

進捗度

○
●●● Lスケールまでのスケールアップを完了した。

○
27年度中の稼働に向けてオンスケジュール。

—

—

—

—

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (これまでの取組)

各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

3-3 生産プロセス開発基盤の構築と統合型バイオファウンドリの機能実証

直近のマイルストーン	これまでの開発進捗	進捗度
[3-3-1] ●Lから●Lの発酵装置を有した生産プロセス基盤の整備、およびガス発酵データの取得 (2025年度)	<ul style="list-style-type: none"> ●Lから●Lの発酵装置を用いて、セミマーシャルプラントおよびパイロットプラントの運転条件を含む範囲で、運転条件パラメーターが生産性等に与える影響を評価した。 KPIを達成する培養条件を把握するとともに、攪拌翼の性能評価を実施し、パイロットプラントで使用する攪拌翼を選定した。 1種目のターゲット物質を選定した。 	○
[3-3-2] 2株以上の開発微生物のガス発酵スケールアップファクターの把握 (2027年度)	<ul style="list-style-type: none"> まずは3-3-1に注力するため、未実施 	
[3-3-3] ●L以上の発酵槽で開発微生物を生産実証し、ガス発酵スケールアップ指針を確立 (2種以上の製品) (2030年度)	<ul style="list-style-type: none"> まずは3-3-1に注力するため、未実施 	
[3-3-4] 商業プラントにおける製造コストが代替製品と比較して1.2倍以下となる生産プロセスを構築 (2種以上の製品) (2030年度)	<ul style="list-style-type: none"> まずは3-3-1に注力するため、未実施 	

個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

3-1 安全で高効率なガス発酵プロセスの構築

直近のマイルストーン

[3-1-1] 安全なガスハンドリング手法の確立 (2025年度)



[3-1-2] 通気攪拌槽の要素技術(ガス供給、分散、混合技術)確立 (2025年度)



[3-1-3] 多様なガス発酵槽形式の要素技術の要素技術(ガス供給、分散、混合技術)確立 (2025年度)



[3-1-4] ガス発酵の最適条件を導き出すための多角計測技術の確立 (2025年)
多角計測データ収集、統合、解析支援ソフトの開発 (2027年)



残された技術課題

・今年度のMSについては達成済み。

・今年度のMSについては達成済み。

・新規コンセプト培養装置の通気攪拌槽に対する優位性の確認。

・培養中の溶存ガス濃度の検出手法が確立できていない。
・育種最適条件を引き出すためのパラメータのピックアップと検出系の選定

解決の見通し

・ベンチスケール培養装置の構築完了、データ取得を実施する。

・溶存ガス種に応じて、分析する手法を試行する。
・自社製品Autonomousの解析技術を参考に実培養でのデータを収集する系を確立する。

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (今後の取組)

個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

3-2 CO₂を原料とするPHBHのセミコマースプラントによる生産技術の開発・実証

直近のマイルストーン

- [3-2-1] PHBH生産に適した ●●m³以上のガス発酵プロセスの設計完了 (2025年度:SG1)
- [3-2-2] 1m³以上の発酵槽での試験データに基づくセミコマースプラントのガス発酵プロセスの設計指針確立 (2027年度:SG2)
- [3-2-3] PHBHセミコマースプラントの設計・フィジビリティの確認 (2027年度:SG2)
- [3-2-4] セミコマースプラントによるCO₂由来PHBHの成形品の試験生産(2030年度)
- [3-2-5] 経済性検討の結果、商業プラントにおける製造コストが代替候補の製品と比較して1.2倍以下となることを確認(2030年度)

残された技術課題

- [3-2-1]今年度のMSについては達成済み。
- ・3-2-1で開発したプロセスの具現化(カネカ)
- ・3-2-1で取得の●●Lベンチ設備データ及び3-2-2の成果を活用しての設計及びFS(カネカ)
- ・3-2-3の成果を活用してのセミコマースプラントの早期建設・稼働 (カネカ)
- ・3-2-3の成果及び、研究開発項目2の成果を結集し、究極の処方・設備による最安コストについての確実なフィジビリティスタディーの実施(カネカ)

解決の見通し

- ・3-2-1での経験も活かし、●●m³以上のパイロット発酵槽を確実にかつ早急に建設・稼働し、設計指針を確立し、解決する (カネカ)
- ・異なるサイズの培養槽を用いたスケールアップデータの取得とCFDシミュレーションにより予測精度向上を図ることで解決する (日揮HD)
- ・●●Lベンチ設備、1m³以上のパイロット発酵槽データを活用し、セミコマースプラントの設計とFSを完了し、課題を解決する (カネカ)
- ・異なるサイズの培養槽を用いたスケールアップデータの取得とCFDシミュレーションにより予測精度向上を図ることで解決する (日揮HD)
- ・ベンチ、パイロットの知見を活かし、早期建設・稼働に進み、サンプル取得と成形品の試験生産を早期に行い、課題を解決する (カネカ)
- ・ベンチ、パイロット、セミコマースプラントで取得した培養条件および設備仕様最適化データ、および研究開発項目②で取得された生産性向上株を組み合わせることでフィジビリティスタディーをすることで、コスト目標を達成し、課題を解決する(カネカ)
- ・セミコマーススケールまでのシミュレーションモデルに実培養データを反映させ、高精度のスケールアップ指針を立案することで解決する (日揮HD)

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (今後の取組)

個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

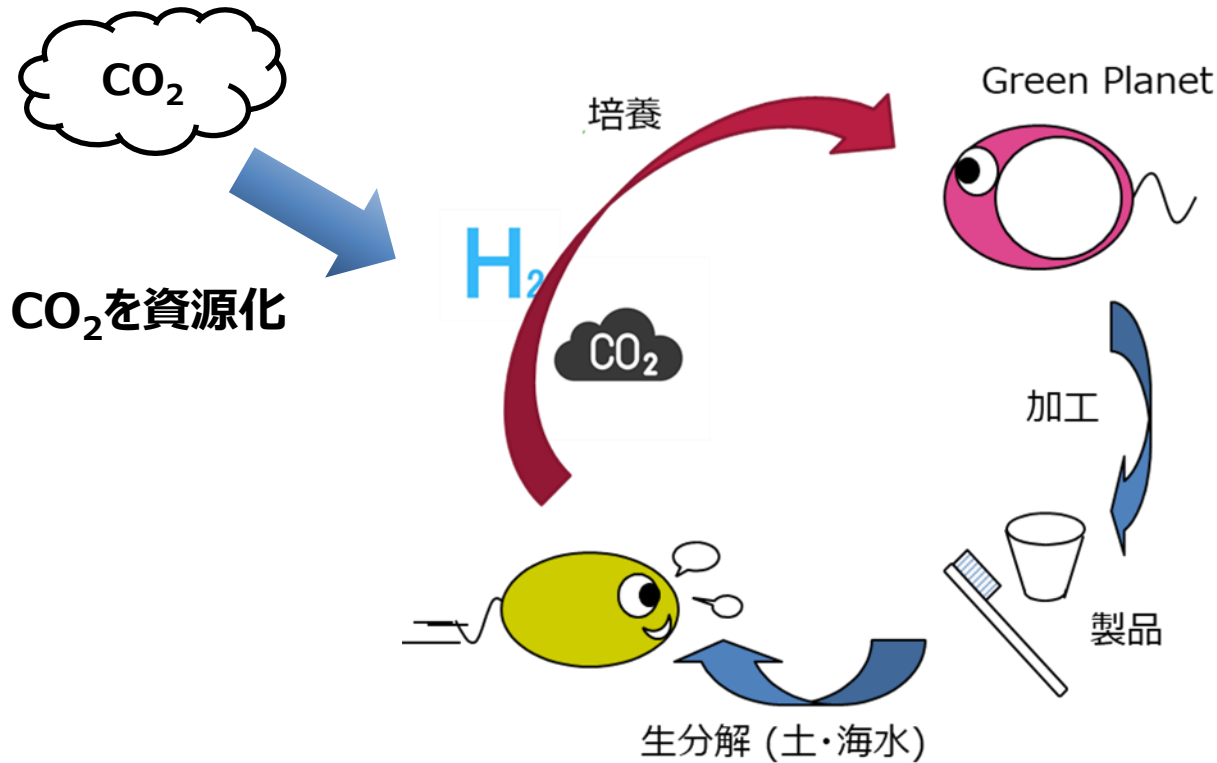
3-3 生産プロセス開発基盤による有用物質生産実証

直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
[3-3-1] ●Lから●Lの発酵装置を有した生産プロセス基盤の整備、およびガス発酵データの取得 (2025年度)	<ul style="list-style-type: none"> ・今年度のMSについては達成済み。 	
[3-3-2] 2株以上の開発微生物のガス発酵スケールアップファクターの把握 (2027年度)	<ul style="list-style-type: none"> ・1種目のターゲット物質に関して、3-3-1にて構築した培養装置を使用して培養データの取得し、スケールアップファクターを把握する。 ・上記以外のターゲット物質を選定する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・培養データ・多角的分析データを蓄積することにより、スケールアップ・スケールダウン検討の精度を向上する ・バックスとのビジネス会議を通じて、市場、育種の面からターゲット物質を検討する
[3-3-3] ●L以上の発酵槽で開発微生物を生産実証し、ガス発酵スケールアップ指針を確立 (2種以上の製品) (2030年度)	<ul style="list-style-type: none"> ・パイロット装置を稼働してデータを取得し、セミコマーシャルプラント設計に反映する ・2種類以上のターゲット物質に対してデータを取得し、スケールアップ指針を確立する 	<ul style="list-style-type: none"> ・3-3-2で取得した微生物のスケールアップファクターの活用、CFDモデルの高精度化により解決する
[3-3-4] 商業プラントにおける製造コストが、代替候補の製品と比較して1.2倍以下となる生産プロセス構築 (2種以上の製品) (2030年度)	<ul style="list-style-type: none"> ・3-3-3でスケールアップ指針を確立した微生物を用いた製造プロセスを検討し、FSを行う ・DSPの開発スケールアップ基盤を確立する ・2種類以上のターゲット物質に対するPDPを完成する 	<ul style="list-style-type: none"> ・開発項目1-4との連携、ダウンプロセスまで含めた検討を行い、コスト目標の道筋をつけることで、育種からプロセス開発までの一気通貫で行う統合型バイオファウンドリの機能実証を行う

開発の概要: 全体概要

【開発のターゲット1】 生分解性バイオポリマーの工業規模での生産技術開発/実証

カネカでは、植物油を原料とした生分解性バイオポリマー “Green Planet®”を上市済みであり、海洋生分解性を有する新材料として多用途に添加している。本研究開発では、原料を植物油からCO₂/H₂に転換することで、CO₂の資源化と原料入手性の向上を実現し、グリーンイノベーションに資する材料へ変革する。



カネカHPトップページ



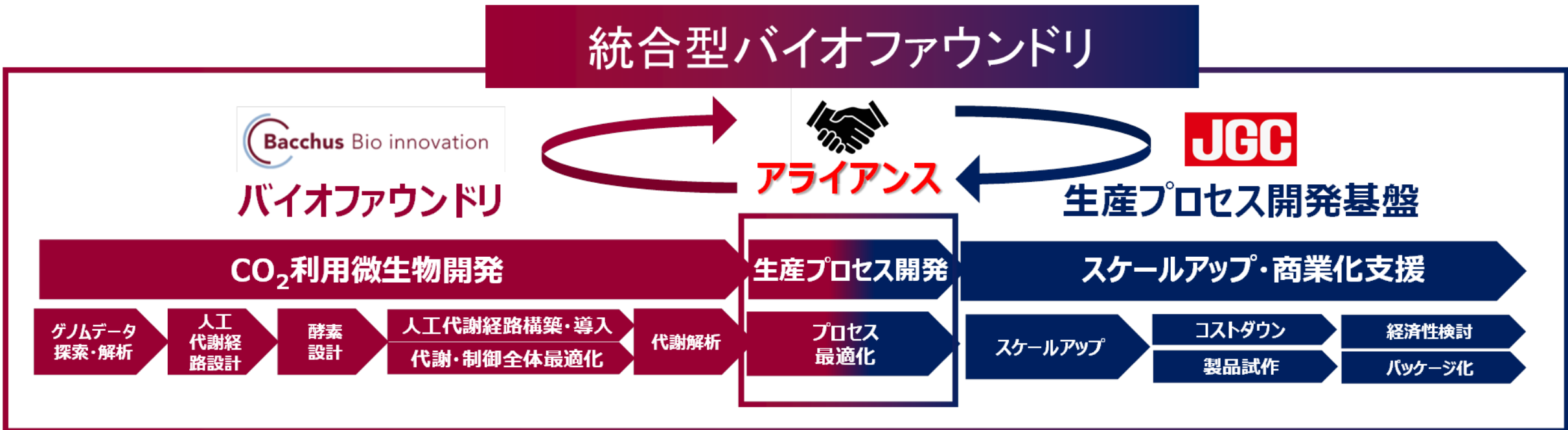
カネカ生分解性バイオポリマー Green Planet®を CO₂から製造!

開発の概要: 全体概要

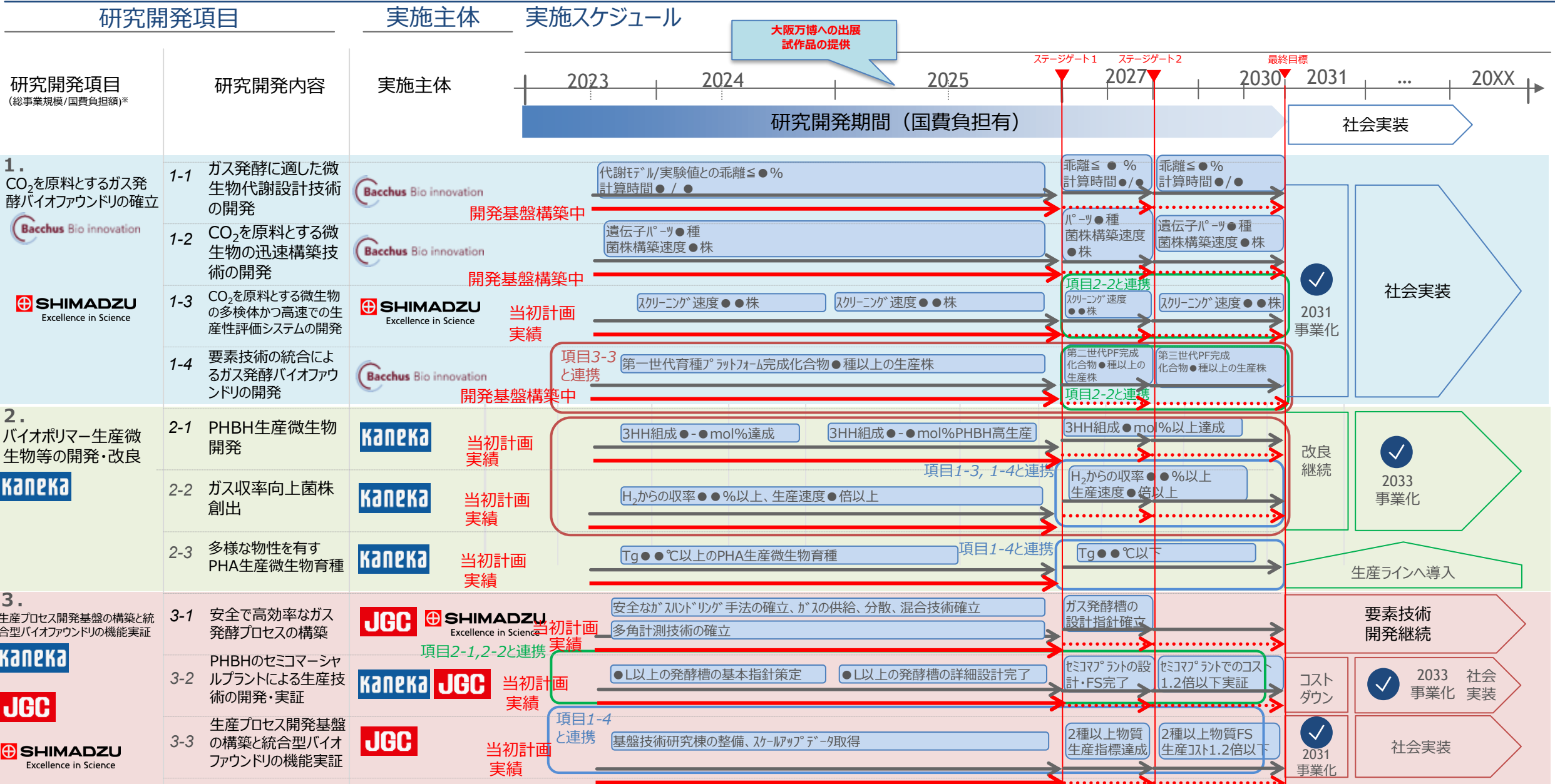


【開発のターゲット2】 統合型バイオフィアウンドリの構築

微生物の育種技術が日進月歩で向上する一方で、バイオものづくりの社会実装には、プロセス開発、スケールアップ、経済性検討を経た商業化プロセスのスピード化も必要となる。そのためには、微生物育種・改良からスケールアップまでのワンストップサービスを実現することが可能な「統合型バイオフィアウンドリ」の構築が望まれる。さらにバイオフィアウンドリの機能として、カーボンリサイクルの観点からCO₂を原料とする微生物に対応することが必須となる。



2. 研究開発計画 / (3) 実施スケジュール 全体計画



大阪万博への出展
試作品の提供

2031
事業化

改良
継続

生産ラインへ導入

要素技術
開発継続

コスト
ダウン

2031
事業化

2033
事業化

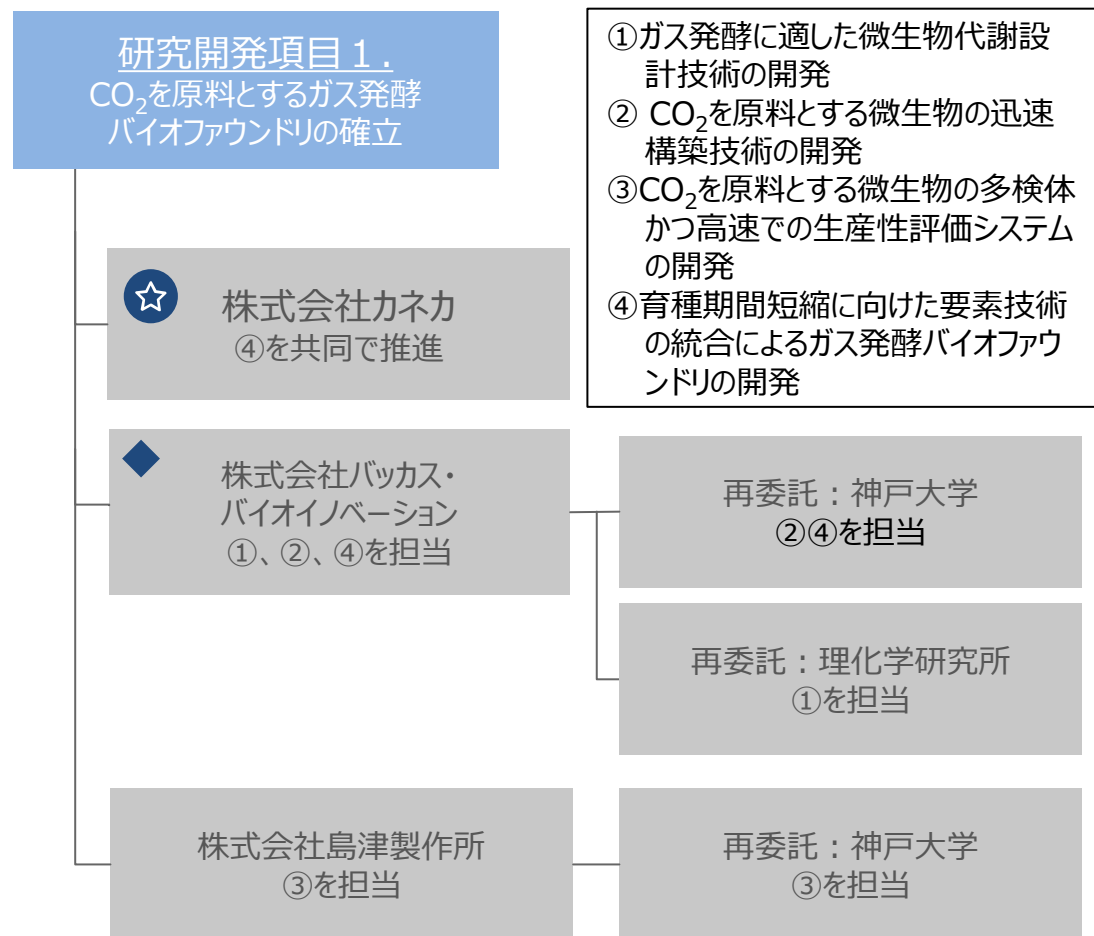
社会実装

社会実装

2. 研究開発計画 / (4) 研究開発体制

各主体の特長を生かせる研究開発実施体制と役割分担を構築

実施体制図



各主体の役割と連携方法

各主体の役割

- 研究開発項目 1 の全体の取りまとめは、バックス・バイオイノベーションが行う。
- バックス・バイオイノベーションは、①ガス発酵に適した微生物代謝設計技術の開発の研究の一部を理化学研究所に委託する。②CO₂を原料とする微生物の迅速構築技術の開発の研究の一部を神戸大学に委託する。
- 株式会社カネカは、④有用物質生産株育種を通じたデータ駆動型育種技術の開発を共同で行う。
- 島津製作所は、③CO₂を原料とする微生物の多検体かつ高速での生産性評価システムの開発を担当して、研究の一部を神戸大学に委託する。

研究開発における連携方法（共同実施者間の連携）

- バックス・バイオイノベーション内に共同ラボを設置し、各社・各機関からの研究員を受け入れる。
- 毎月1回以上の頻度で、各機関の開発チームリーダーが参加する定例協議会を開催する。
- 四半期ごとを目安に、各機関の担当役員同席のもと、過年度の成果報告および開発方針協議会を開催し、共同開発計画について両社役員の合意を得る。
- 各機関、本事業採択後速やかに、知財合意書を締結する。

共同実施者以外の本プロジェクトにおける他実施者等との連携 (特に大学、研究機関等のみで提案する場合、この記載は必須。)

- 無し

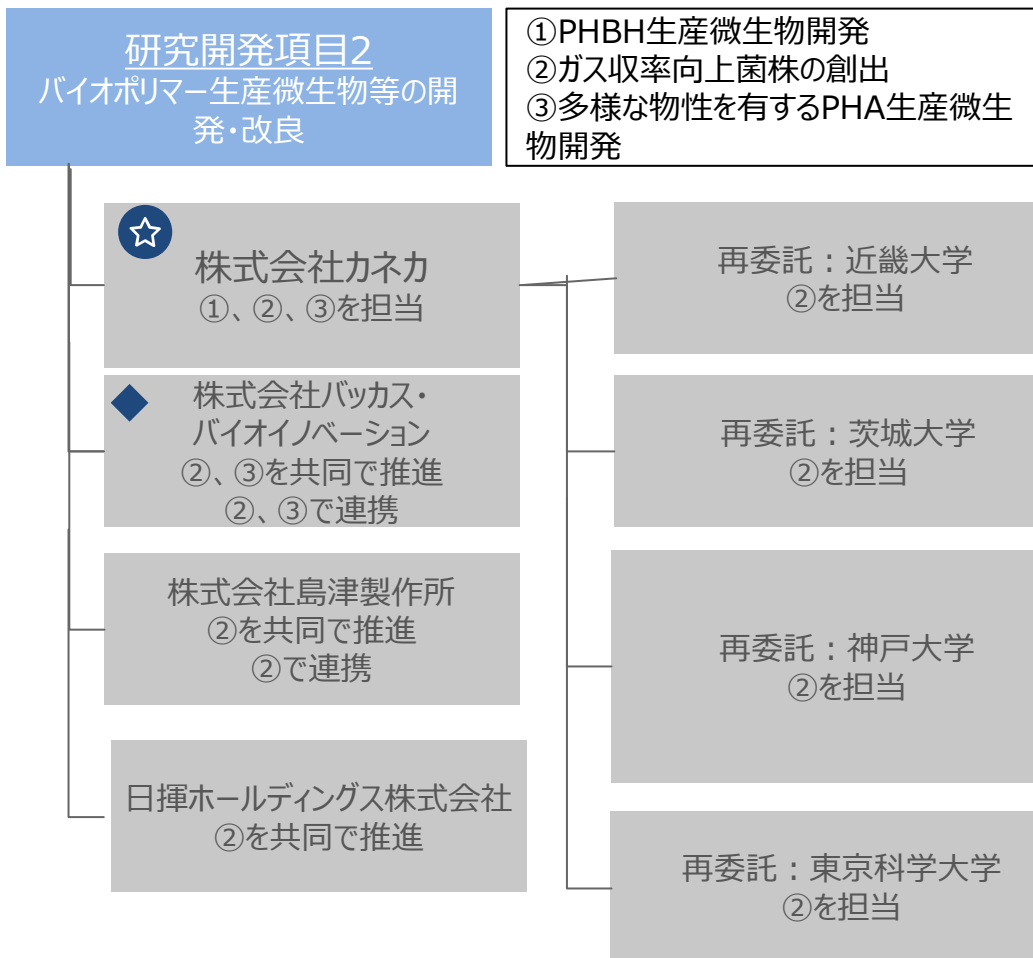
中小・ベンチャー企業の参画

- ベンチャー企業として、株式会社バックス・バイオイノベーションが参画する。本事業を通じて、日本における「バイオものづくり」推進基盤を拡大し、さらに高度専門人材の育成拠点として産業界に広く貢献する。

2. 研究開発計画 / (4) 研究開発体制

各主体の特長を生かせる研究開発実施体制と役割分担を構築

実施体制図



各主体の役割と連携方法

各主体の役割

- 研究開発項目2全体の取りまとめは、カネカが行う。
- カネカは、②PHBH生産微生物開発の研究の一部を近畿大学、茨城大学、神戸大学、東京科学大学に再委託する。③PHA生産微生物開発の研究の一部を、神戸大学に委託する。
- バックス・バイオイノベーション、島津製作所、日揮HDは、②ガス収率向上株の創出研究を共同で行う。

研究開発における連携方法（共同実施者間の連携）

- バックス・バイオイノベーション内に共同ラボを設置し、カネカから研究員を派遣する。
- 毎月1回以上の頻度で、各機関の開発チームリーダーが参加する定例協議会を開催する。
⇒毎週のリーダー会議、月1回の進捗会議を開催
- 各機関、本事業採択後速やかに、知財合意書を締結する。
⇒知財合意書締結済

共同実施者以外の本プロジェクトにおける他実施者等との連携 (特に大学、研究機関等のみで提案する場合、この記載は必須。)

- 無し

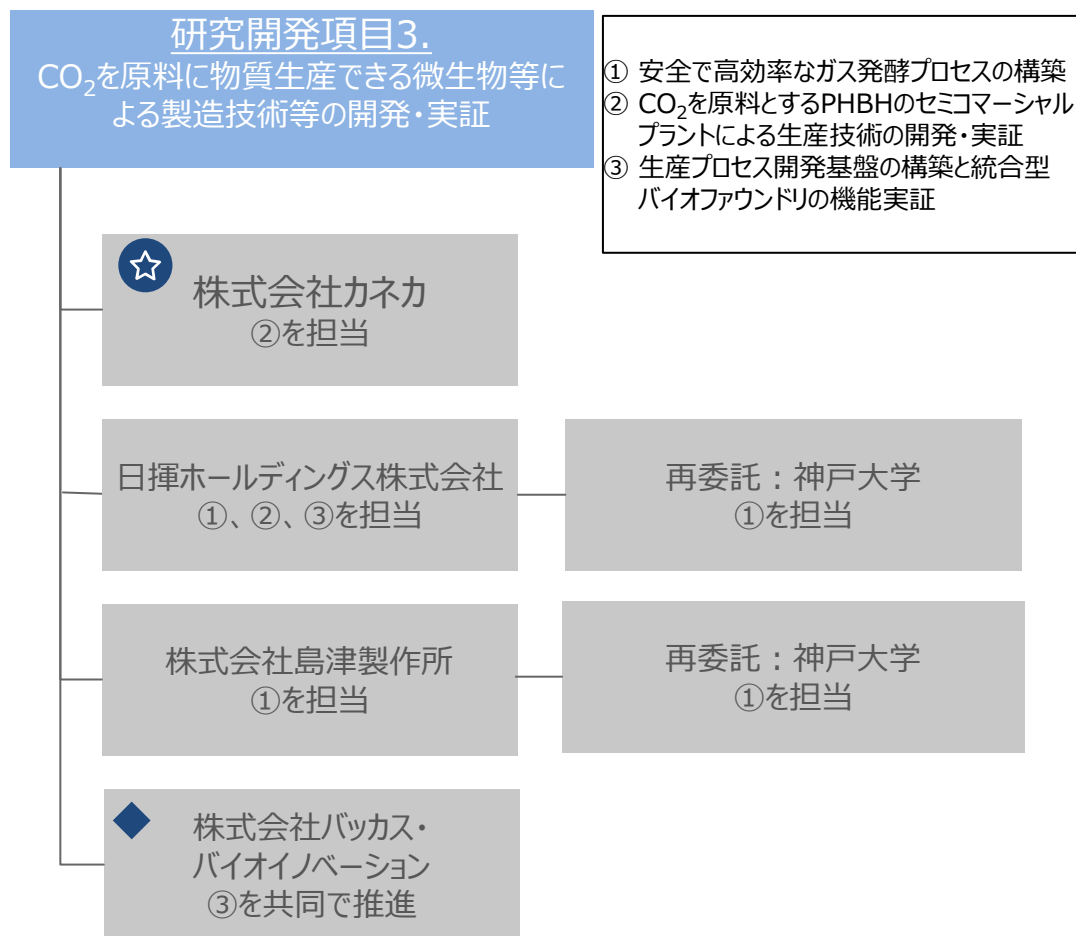
中小・ベンチャー企業の参画

- ベンチャー企業として、株式会社バックス・バイオイノベーションが参画する。本事業を通じて、日本における「バイオものづくり」推進基盤を拡大し、さらに高度専門人材の育成拠点として産業界に広く貢献する。

2. 研究開発計画 / (4) 研究開発体制

各主体の特長を生かせる研究開発実施体制と役割分担を構築

実施体制図



各主体の役割と連携方法

各主体の役割

- 研究開発項目3の全体の取りまとめは、カネカおよび日揮ホールディングスが共同で行う。
- カネカは、②CO₂を原料とするPHBHのセミコマーシャルプラントによる生産技術の開発・実証を担当する。
- 日揮ホールディングスは、①安全で高効率なガス発酵プロセスの構築、②CO₂を原料とするPHBHのセミコマーシャルプラントによる生産技術の開発・実証、③生産プロセス開発基盤の構築と統合型バイオファウンドリの機能実証を担当する。また、①安全で効率的なガス発酵プロセスの構築の一部を神戸大学に委託する。
- 島津製作所は①安全で高効率なガス発酵プロセスの構築において、CO₂を原料とする微生物の多角的育種評価システムの開発を担当し、研究の一部を神戸大学に委託する。

研究開発における連携方法（共同実施者間の連携）

- 日揮ホールディングスが主体となって①安全で高効率なガス発酵プロセスの構築を実施し、得られた成果を②CO₂を原料とするPHBHのセミコマーシャルプラントによる生産技術の開発・実証、および③生産プロセス開発基盤の構築と統合型バイオファウンドリの機能実証で活用する。
- 日揮ホールディングスが整備する生産プロセス開発基盤には、研究開発項目1でバックス・バイオイノベーションがスマートセル開発に使用する小型ガス発酵装置を整備し、微生物育種と連携して開発を進める。
- カネカは②CO₂を原料とするPHBHのセミコマーシャルプラントによる生産技術の開発・実証で得られた試験結果を日揮ホールディングスと共有し、PHBHのセミコマーシャルプラントへの設計、建設、およびガス発酵プロセスのスケールアップ技術の構築に活用する。
- 毎月1回以上の頻度で、各機関の開発チームリーダーが参加する定例協議会を開催する。
- 四半期ごとを目安に、各機関の担当役員同席のもと、過年度の成果報告および開発方針協議会を開催し、共同開発計画について両社役員の合意を得る。
- 各機関、本事業採択後速やかに、知財合意書を締結する。

共同実施者以外の本プロジェクトにおける他実施者等との連携



- 無し

中小・ベンチャー企業の参画

- 株式会社バックス・バイオイノベーションと連携して、統合型バイオファウンドリの機能実証を実施する。本事業を通じて、日本における「バイオものづくり」推進基盤を拡大するとともに、高度専門人材の育成拠点として産業界に広く貢献する。



2. 研究開発計画 / (5) 技術的優位性

国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

研究開発項目	研究開発内容	活用可能な技術等	競合他社に対する優位性・リスク
<p>1. CO₂を原料とするガス発酵バイオファウンドリの確立</p>	<p>1</p>  <p>ガス発酵に適した微生物代謝設計技術の開発</p>	<ul style="list-style-type: none"> 機械学習を活用した育種技術・ノウハウを保有 代謝シミュレーションを活用した育種技術・ノウハウを保有 人工代謝経路設計・酵素設計に必要な独自技術の開発実績 	<ul style="list-style-type: none"> → 機械学習を活用する際に生じる課題、リスクを把握した上で、育種に展開することが可能（優位性） → 代謝シミュレーションを活用する際に生じる課題、リスクを把握した上で、育種に展開することが可能（優位性） → 多様なモノづくりへ展開する際に、活用することが可能（優位性）
	<p>2</p>  <p>CO₂を原料とする微生物の迅速構築技術の開発</p>	<ul style="list-style-type: none"> 他菌種における新規宿主・ベクター開発実績 遺伝子クラスターを用いた育種技術を保有 遺伝子発現パーツ作成技術を保有 ラボオートメーションによる構築技術開発実績 	<ul style="list-style-type: none"> → 水素酸化細菌に対しても組換えに最適な宿主・ベクター開発を行う際に、生じる課題・リスクを把握した上で、ノウハウの展開が可能（優位性） → 水素酸化細菌に対しても遺伝子クラスターを用いた育種技術の展開が可能（優位性） → 水素酸化細菌に対しても遺伝子発現パーツ作成の展開が可能（優位性） → 各種のラボオートメーションに関するワークフロー開発や設計への展開が可能（優位性）




2. 研究開発計画 / (5) 技術的優位性

国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

研究開発項目	研究開発内容		
1. CO ₂ を原料とするガス発酵バイオファウンドリの確立	<p>3</p>  <p>SHIMADZU Excellence in Science</p> <p>CO₂を原料とする微生物の多検体かつ高速での生産性評価システムの開発</p>	<ul style="list-style-type: none"> ガスクロマトグラフィー及び液体クロマトグラフィーにおける分析技術および開発経験を有している(島津製作所) 分析のための前処理に関わる各種の装置開発・販売の実績がある(島津製作所) ¹³C等の安定同位体を用いた高精度な代謝解析に関する技術を有している。(神戸大学) (ACS Synth. Biol., 8(12), 2019, Biotechnol. Biofuel., 12:39, 2019) 	<ul style="list-style-type: none"> → 気相および液相をそれぞれ分析する際に装置やメソッドの提供・開発に展開することが可能(優位性) → 自動化に関わる技術開発に展開が可能(優位性) → 次世代分析技術として安定同位体を用いた分析に展開が可能(優位性)
	<p>4</p>  <p>Bacchus Bio innovation</p> <p>育種期間短縮に向けた要素技術の統合によるガス発酵バイオファウンドリの開発</p>	<ul style="list-style-type: none"> スマートセルプロジェクトにおいて大腸菌・酵母を対象としたバイオファウンドリの構築実績(神戸大学)そこで得られた知財・ノウハウ・データや、育成された人材を移管してバイオファウンドリの社会実装を進めている実績(バックス) 有機酸・高機能ビタミン様物質・アルコール類・薬用物質・タンパク質などを高生産する微生物育種に関する開発技術・知財・ノウハウを保有 	<ul style="list-style-type: none"> → ガス発酵対応型バイオファウンドリを構築する際に、要素技術をスムーズに展開が可能(優位性)ただし、ガス発酵に対応したバイオファウンドリは世界的に存在せず、開発に時間を要する可能性がある(リスク) → 様々な有用物質生産株を育種する際に、技術要素、遺伝子に関する情報、目的物と培養条件の関係性、構築・分析のノウハウなどを展開・活用することが可能(優位性)


2. 研究開発計画 / (5) 技術的優位性

国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

研究開発項目	研究開発内容	活用可能な技術等	競合他社に対する優位性・リスク
2. バイオポリマー生産微生物等の開発・改良	<p>1</p>  <p>PHBH生産微生物開発</p>	<ul style="list-style-type: none"> 水素酸化細菌育種技術 PHBH®重合酵素ライブラリー CO₂からPHBH®までの代謝経路 	<ul style="list-style-type: none"> 宿主-ベクター系保有 (優位性) 高活性重合酵素保有 (優位性)
	<p>2</p>  <p>ガス収率向上株の創出</p>	<ul style="list-style-type: none"> 水素酸化細菌育種技術 プロモーターライブラリ/高形質転換能付与 (Microb Cell Fact, 2016 Oct 28:15(1)) ジャーファーマンターによる高密度培養に関する技術 詳細なメタボローム解析技術 	<ul style="list-style-type: none"> 宿主-ベクター系特許保有 (優位性) 生物学を専門とする研究者が多く 在籍し、且つ生分解性ポリマーを実用化した経験を有する (優位性) 神戸大学との連携により、メタボローム解析を自己実施可能 (高い機動性)
	<p>3</p>  <p>多様な物性を有するPHA生産微生物開発</p>	<ul style="list-style-type: none"> 糖や油脂からの多様なPHA生産技術を保有 	<ul style="list-style-type: none"> 水素酸化細菌を用いた多様なPHA生産技術を保有し、且つ実用化経験を有する人材が多数在籍 (優位性) 多様なPHAを合成可能なPHA重合酵素を保有 (優位性)

2. 研究開発計画 / (5) 技術的優位性

国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

研究開発項目	研究開発内容	活用可能な技術等	競合他社に対する優位性・リスク
<p>3. CO₂を原料に物質生産できる微生物等による製造技術等の開発・実証</p>	<p>3-1  安全で高効率なガス発酵プロセスの構築</p>	<p>新規合成ガス製造プロセス（AATGプロセス）の開発、並びに当該プロセスの大型パイロット装置の建設、運転の実績（新規合成ガス製造プロセス（AATGプロセス）の開発、第40回石油・石油化学討論会）</p> <p>ガス化複合発電プラントに導入した高度制御（アドバンスド制御）技術 https://www.jgc.com/jp/projects/024.html、 WO2006038629A1)</p> <p>CFDによる攪拌槽内の可視化技術、および大規模プラントにおける生産性予測技術 https://www.jgc.com/jp/business/tech-innovation/operation-maintenance/pdf/jgc-tj_01-10(2011).pdf、 CFD解析と生物反応モデル式を組み合わせた商業スケールバイオリクターにおける物質生産シミュレーション技術の開発、第71回日本生物工学会大会)</p> <p>ライフサイエンス分野の独自技術（バーサスリアクタ、マイクロバブル） https://www.jgc.com/jp/business/tech-innovation/life_science/animal-cell.html、 https://www.jgc.com/jp/business/tech-innovation/tech-journal/pdf/jgc-tj_01-01(2011).pdf)</p>	<p>→ 爆発混合気（天然ガスと純酸素の予混合ガス）の安全なハンドリング技術を確立済み（優位性）</p> <p>→ ガス発酵プロセスのガスハンドリングシステムに適用可能な高度制御技術の商業プラントでの実績（優位性）</p> <p>→ ガス発酵槽のスケールアップ技術に活用できるCFD解析の豊富な経験と実績（優位性）</p> <p>→ ガス発酵槽の高効率化に活用できる要素技術の開発実績（優位性）</p> <p>(リスク) 競合他社による同様の開発により技術競争力が失われる可能性</p>

2. 研究開発計画 / (5) 技術的優位性

国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

研究開発項目	研究開発内容	活用可能な技術等	競合他社に対する優位性・リスク
3. CO ₂ を原料に物質生産できる微生物等による製造技術等の開発・実証	<p>3-1</p>  <p>安全で高効率なガス発酵プロセスの構築</p>	<p>培養上清中の多成分一斉分析技術 (島津評論、Vol.77、No.1・2、2020)</p> <p>深層学習を用いた画像解析技術 (島津評論、Vol.78、No.3・4、2021)</p> <p>超臨界流体クロマトグラフィー-質量分析技術 (島津評論、Vol.79、No.1・2、2022)</p> <p>高感度無機ガス分析技術 (https://www.an.shimadzu.co.jp/gc/inorganic_gases.htm)</p> <p>TOC測定を利用したCO₂固定化評価技術 (島津評論、Vol.79、No.1・2、2022)</p> <p>固体、液体、気体と試料の状態を問わず分析可能な技術 (島津評論、Vol.79、No.1・2、2022)</p> <p>自律型実験システム (Autonomous Lab) (https://www.shimadzu.co.jp/news/press/7b4ut3plj5emypl8.html)</p>	<p>→ 高感度・高速スキャン・高速正負切替を実装したトリプル四重極型質量分析装置 (優位性)</p> <p>→ 画像管理と画像解析が一体化した客先学習が可能な画像解析システム (優位性)</p> <p>→ 超臨界流体二酸化炭素を用いた抽出および分析技術 (優位性)</p> <p>→ 無機ガス、低級炭化水素ガスの一斉分析技術 (優位性)</p> <p>→ 全有機体炭素計およびポータブルガス濃度測定装置を用いたCO₂固定化評価技術 (優位性)</p> <p>→ 高感度・高分解・高速測定を実現したフーリエ変換赤外分光光度計 (優位性)</p> <p>→ ロボットとデジタル技術、AIを活用した自律型実験システム (優位性)</p> <p>(リスク) 競合他社による同様の開発により技術競争力が失われる可能性</p>

2. 研究開発計画 / (5) 技術的優位性

国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

研究開発項目	研究開発内容	活用可能な技術等	競合他社に対する優位性・リスク
3. CO ₂ を原料に物質生産できる微生物等による製造技術等の開発・実証	<p>3-2</p> <p>Kaneka</p> <p>CO₂を原料とするPHBH®のセミ商業プラントによる生産技術の開発・実証</p>	<ul style="list-style-type: none">• PHBH®の生産微生物やその成形加工方法、配合等に関して200件以上の特許ファミリーを保有• 本事業においても、成形加工技術は現PHBH事業の知財網によって、優位性を維持可能	<p>→</p> <ul style="list-style-type: none">• 水素酸化細菌の工業規模での培養実績を有しており、本事業においてもその経験、ノウハウに優位性がある (ガス培養における鍵技術を競合他社に権利化され、競争力が失われる可能性) <p>⇒本事業によるガス培養プロセス基盤のタイムリーな知財化により、優位性を保つ</p>
	<p>3-3</p> <p>JGC</p> <p>生産プロセス開発基盤の構築と統合型バイオファウンドリの機能実証</p>	<p>セルロース系バイオエタノール製造技術 (NEDO事業「バイオマスエネルギー技術研究開発/バイオ燃料製造の有用要素技術開発事業/バイオ燃料事業化に向けた革新的糖化酵素工業生産菌の創製と糖化酵素の生産技術開発」)</p>	<p>→</p> <ul style="list-style-type: none">• 数Lから20m³までの反応槽を用いたバイオプロセスのスケールアップ検討の実績 (優位性) <p>(リスク) 競合他社による同様の開発により技術競争力が失われる可能性</p>

3. イノベーション推進体制

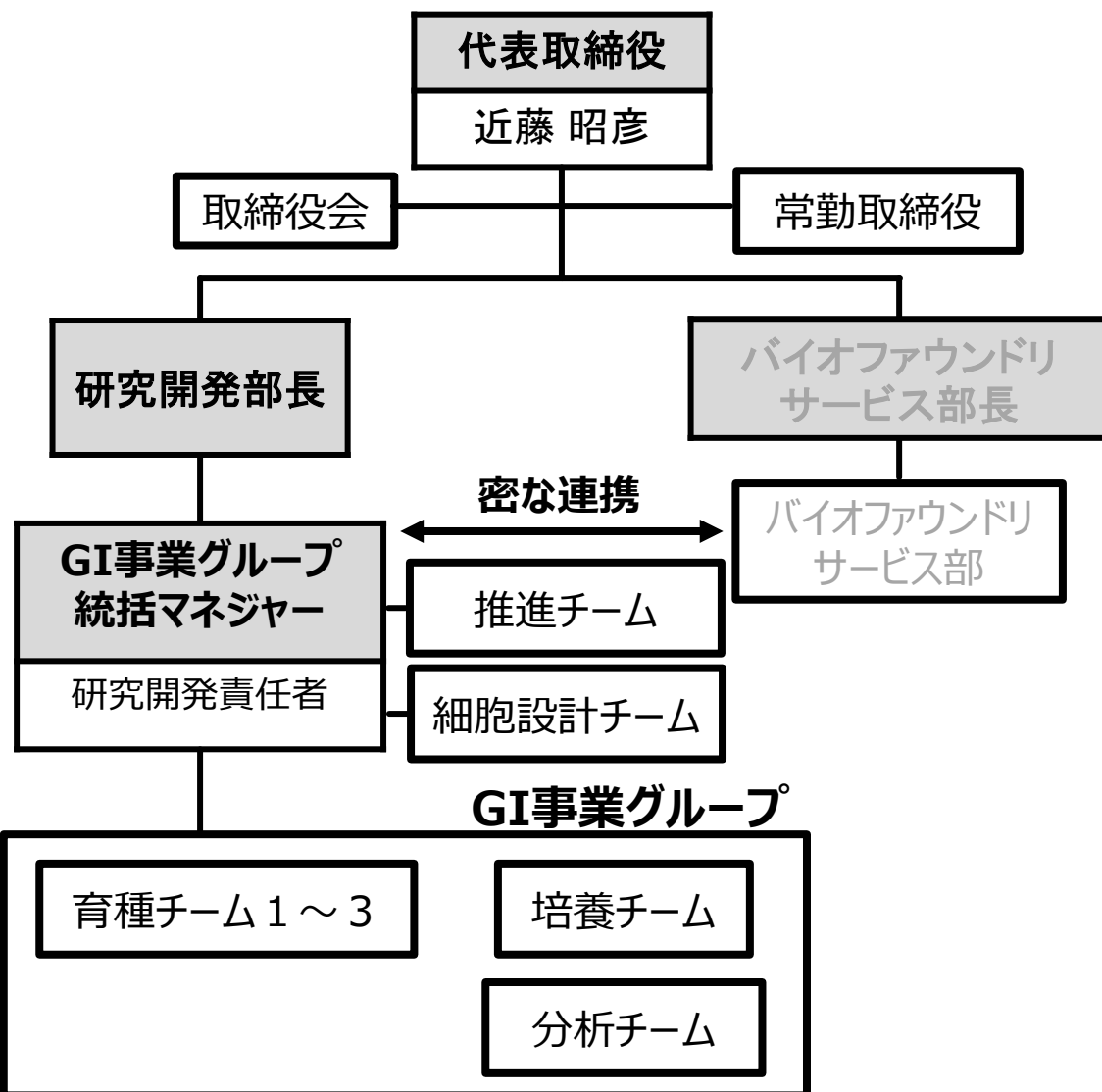
(経営のコミットメントを示すマネジメントシート)

3. イノベーション推進体制 / (1) 組織内の事業推進体制

経営者のコミットメントの下、専門部署に複数チームを設置

組織内体制図

組織内の役割分担



研究開発責任者と担当部署

- 研究開発責任者

研究開発を統括し、執行責任者として、計画の進捗管理を担当。
 本事業化に必要な人材、資金、設備などのリソースの適切な配置を行う。
 実施計画の進捗管理・修正を担当。

担当チーム

- 細胞設計チーム：研究開発項目1-1, 1-4の菌株設計・データ解析を担当
- 育種チーム：研究開発項目1-2, 1-4の菌株構築を担当
- 培養チーム：研究開発項目1-4の培養技術開発を担当
- 分析チーム：研究開発項目1-2, 1-4の菌株評価技術開発を担当

部門間の連携方法

- コミュニケーション手段の維持

代表取締役を含めたGI月報会議（1回/月）開催して、さらに適宜チーム横断的な情報共有と進捗管理を実施。さらに、部門横断会議（トップ層含めた会社の意思決定、1回/週）において適宜、進捗共有を実施。

経営者等によるGI基金事業への関与の方針

(1) 経営者等による具体的な施策・活動方針

● 経営者のリーダーシップ

- 当社は「デジタル×バイオ」時代の新しい産業を創造することにより、雇用を作り人々の暮らしを豊かにすることを使命としている。この当社使命と産業構造の変革を実現するために、当事業の成功は必須のものとして中核事業に位置付けている。
- ステークホルダーへの取り組みとして、取締役会及び全社員が参画する会合にて当該事業の意義を周知するとともに、対外的にも各種セミナーでの講師、取材の場を通じて、当該事業の社会的意義、経済安全保障における重要性を発信する。

● 事業のモニタリング・管理

- GI事業グループによる事業進捗の状況は、月次開催されるGI月報会議や、週次開催される部門横断会議の場（トップ層含めた会社の意思決定；1回/週）で定期的に報告される。経営層の時間は多くの比重で、最重点事業である当事業に充当される。
- 経営層は週次の運営会議での状況把握に加え、市場環境なども勘案し、必要な指示を常に迅速に出せる体制となっている。
- 事業開発部門が最新の市場動向・技術動向を定期的に調査し、市場でのリリースを常に意識しながら事業を進める。KPIとして研究開発上の新規性、事業採算可能性に加え、社会に貢献する事業となるかについても事業化判断の一要素とする。
- 事業の進捗を判断するにあたり、社内外の学識経験者から幅広い意見を取り入れるための推進会議を設置する。

(2) 経営者等の評価・報酬への反映

- 今後設計する評価・報酬制度の一部に事業の進捗状況を反映させることを予定している。インセンティブについては相応の水準を想定するが、一方でそれが短期志向につながることはないように注視する。当該事業はバイオファウンドリを運営する当社にとって社運を賭けたプロジェクトであり、当該事業の成否が中長期の成長戦略及び事業計画を左右し、経営者の評価・報酬に直結する。

(3) 事業の継続性確保の取組

- 外部登用も含めて、経営層の後継者に厚みを持たせ、後継者候補は必ず当事業に関与する。中核事業に位置付ける当事業を、経営層、幹部層の後継者の育成・選別にあたっての重点項目として位置付けている。ベンチャー故に経営者は通常の在任期間としているが、積極的に将来を担う人材の発掘・育成に努め、早期に若手後継者の育成を図る。
- 事業の継続判断は、取締役会にて意思決定する。取締役会は、内閣府参与等の経験豊富な原文人氏が会長を務め、事業会社から社外取締役2名、さらに商社、精密機器メーカー、食品会社等から幅広くオブザーバー参加もあり、最先端情報を基に多様な構成により意思決定を監督できる体制としている。
- 事業の牽引に関しては、経営者のみならず、広くリーダー層の社員が担い、継続的に事業推進することが出来る。また、事業の進捗状況を評価し、事前に適切なリソースを投入する。

3. イノベーション推進体制／（3）マネジメントチェック項目② 経営戦略における事業の位置づけ

経営戦略の中核において本事業を位置づけ、広く情報発信



取締役会等コーポレート・ガバナンスとの関係

- **カーボンニュートラルに向けた全社戦略**
 - 水素細菌をプラットフォームとし、CO₂を直接原料とする培養・発酵により、樹脂・合成ゴム・飼料(代替タンパク)・石化原料代替など様々な製品をターゲットにバイオモノづくりを推進する。工場等から排気されるCO₂や、最終的には大気中のCO₂を直接原料とするため、炭素循環型社会を早期に実現する。社会実装においては、当社の微生物開発プラットフォーム及びエンジニアリング企業とのシームレスな連携で、微生物育種からプラント設計・建設までを早期に実現する。
- **経営戦略への位置づけ、事業戦略・事業計画の決議・変更**
 - 取締役会において水素細菌事業にリソースを傾注していくことについて定期的に報告し、事業計画が承認されている。
 - 月に一度開催される取締役会において、事業の進捗状況について共有・議論している。
 - 当該事業の戦略上、当社の研究開発計画が最重要かつ最優先の事項であるものとして位置づけ、取締役会においても報告している。
- **コーポレートガバナンスとの関連付け**
 - 研究開発型スタートアップである当社の事業戦略・事業計画においては研究開発計画こそが最重要要素として位置付けられ、役員、従業員、株主に共有されている。

ステークホルダーとの対話、情報開示

- **中長期的な企業価値向上に関する情報開示**
 - 企業創造ステージにあり、統合報告書等は未作成。金銭的価値を超えた社会的価値創造を目指し、国内外のものづくり関連企業群、バイオ関連諸団体と提携し、バイオモノづくりの産業クラスターを形成する。ウェブサイト・对外発表を通じて、ステークホルダーと対話を進める（2023年始め）。
 - 株主中心に親密企業群からの事業開発に取り組み、早期の受注獲得を、継続的な資金調達に繋げる。自社開発技術で大規模価値創造につなげるために本基金を活用予定。採択時にはコンソーシアム各社と研究開発計画の概要をプレスリリースし、広く周知する。
- **ステークホルダーとの対話**
 - 当該事業は経済成長と社会的課題解決を同時に実現し、社会の持続性につながることをステークホルダーに共有している。経営面でのサポートに留まらず、CO₂を原料とするバイオファウンドリの事業面においても協力を得られるよう、ウェブサイト、对外発表、非財務情報開示を進める。

企業価値に関する指標との関連性

- **事業推進と企業価値向上**

当社は非上場のスタートアップ企業として、PL及びFCFの黒字化を目指す段階のため、まだKPIとして財務指標を設定していない。しかしながら、当該事業を推進し、研究開発をベースとした中長期的な収益力を伸ばし、企業価値向上を目指している。

機動的に経営資源を投入し、着実に社会実装まで繋げられる組織体制を整備

経営資源の投入方針

- **全社事業ポートフォリオにおける本事業への人材・設備・資金投入方針**
 - 当事業は当社の将来の中核事業として考えて、現在の当社の規模と同等の人材・設備の増強を予定し、取締役会等に報告している。
 - 生物学、工学、情報科学等、CO₂を原料とするバイオファウンドリ開発に必要な科学技術に精通した人材を採用・派遣含めて最大50名程度を確保する。
 - 既存設備は現行事業のみでフル稼働となる予定のため、新規施設の賃借準備を自治体(神戸市)の協力も得た上で進めている
 - 当該事業終了後も、自己資金を投入して、研究開発・人材育成・設備投資を継続して行う。
 - AI技術やパートナー企業とともに独自に築く先端技術により、研究開発期間を大幅に短縮（従来比1/10）し、本技術から生み出される成果に対して得られる潜在顧客からのフィードバックを、計画改善に反映する。
- **機動的な経営資源投入、実施体制の柔軟性確保**
 - 当該事業は当社の中核事業として位置付けており、短期的な経営指標を事業継続判断の対象とせず、資金・人材の投入を継続する。
 - ベンチャー企業として不足するリソースは、広範な研究者とのネットワーク、出資や取引等を通じて築いた国内の大企業との関係から得られる外部リソースを積極的に活用する。
 - 株主等のステークホルダーを含めた潜在顧客からのフィードバックを得るとともに、変化の激しい市場動向を把握した上で、柔軟に事業計画、研究計画を見直しながら、事業の成功を目指す。

専門部署の設置と人材育成

- **専門部署の設置**
 - 当該事業を進めるに当たり、迅速な意思決定を可能とするフラットな組織体制の中でGI事業グループを設置している。
 - 競合の動向も含め、当社の技術・製品が市場に適合しているかを判断するため、調査レポートを社内共有するとともに、経営陣を含めて定期的に議論する。
- **人材の育成**
 - 国内最高水準のバイオファウンドリとして若手人材にも責任と権限を与え、育成の機会を提供する。
 - 新規人材を雇用して、最新のデジタル技術やロボティクス技術、バイオ技術を横断的に理解できる人材として育成すべく、各部門のリーダー各の社員を中心に策定して、実行する。日本には、バイオ研究のDXを担える人材が極めて希少であり、国内の人材育成に大きく貢献する。
 - 神戸大学発ベンチャー等との共同研究に加え、各種学会や各大学との多様な関係を通じて、若手研究者との共同研究を推進する。
 - 神戸大学を中心とした大学・研究機関、研究者との密接な関係を利用し、社員が最先端の研究を学べる機会を設け、当事業の推進と企業価値向上につなげることを目指す。

4. その他

4. その他 / (1) 想定されるリスク要因と対処方針

リスクに対して十分な対策を継続的に講じるが、回避せざるを得ない等の事態に陥った場合には事業中止も検討

研究開発（技術）におけるリスクと対応

- 研究の長期化と成果未達のリスク

最高水準の人材・設備を用いて研究に取り組むが、十分な研究成果を得るまでに想定以上の時間がかかる、あるいは十分な研究成果を得られない可能性がある。
→ 国内外のバイオファウンドリ要素技術の最新動向を把握しながら、解析アルゴリズムやワークフローの改善・高度化、最先端研究技術の迅速な導入、アカデミアとの密な連携により、研究開発のタイムライン厳守に努める。また、日本の優れた化学工業や発酵工業の知見や技術も活用した育種の実現や、国内外の優れた要素技術の発掘・導入を行う。

社会実装（経済社会）におけるリスクと対応

- 市場競争力を得られないリスク

水素細菌によるバイオものづくりが実現しても、既存の石油由来製品に対する市場競争力を得られない、あるいは市場ニーズに応えられないリスクがある。
→ コンソーシアム各社との協力体制の下、市場動向を把握しつつ、製品化に向けたマイルストーンにおいて競争力のある製造コストの実現を目指す。また、バイオ技術と化学工業を技術融合し、生産プロセスと商品化プロセスの最適化を目指す。

その他（自然災害等）のリスクと対応

- 自然災害等によるリスク

地震、落雷、洪水等の自然災害、火災、設備故障、システムダウン等の事故災害が発生時に、人的・物的被害により、営業活動に支障が生じる可能性がある。
→ 災害・事故発生時の損害を最小限に抑えるべく、点検・訓練の実施を進め、将来的には神戸一拠点から東日本に拠点を構えるなど事業継続計画（BCP）の構築、強化に努める。データについて定期的にバックアップを取り、社外に保管する。



- 事業中止の判断基準：

リスクマネジメント・システムを使用してリスクを分析・評価し低減に努めるが、例えば、開発中の技術を凌駕する市場競争力を持つ新技術による製品が先行し、当該技術を社会実装することができない等、継続的なリスク低減では解決できないほどリスクが大きいことが判明した時には事業中止を判断する。