

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合成技術開発

実施者名：日揮ホールディングス株式会社 代表名：代表取締役会長 佐藤 雅之

共同実施者：株式会社カネカ（幹事企業）
株式会社バックス・バイオイノベーション
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

<コンソーシアム各社作成>

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 バッカ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

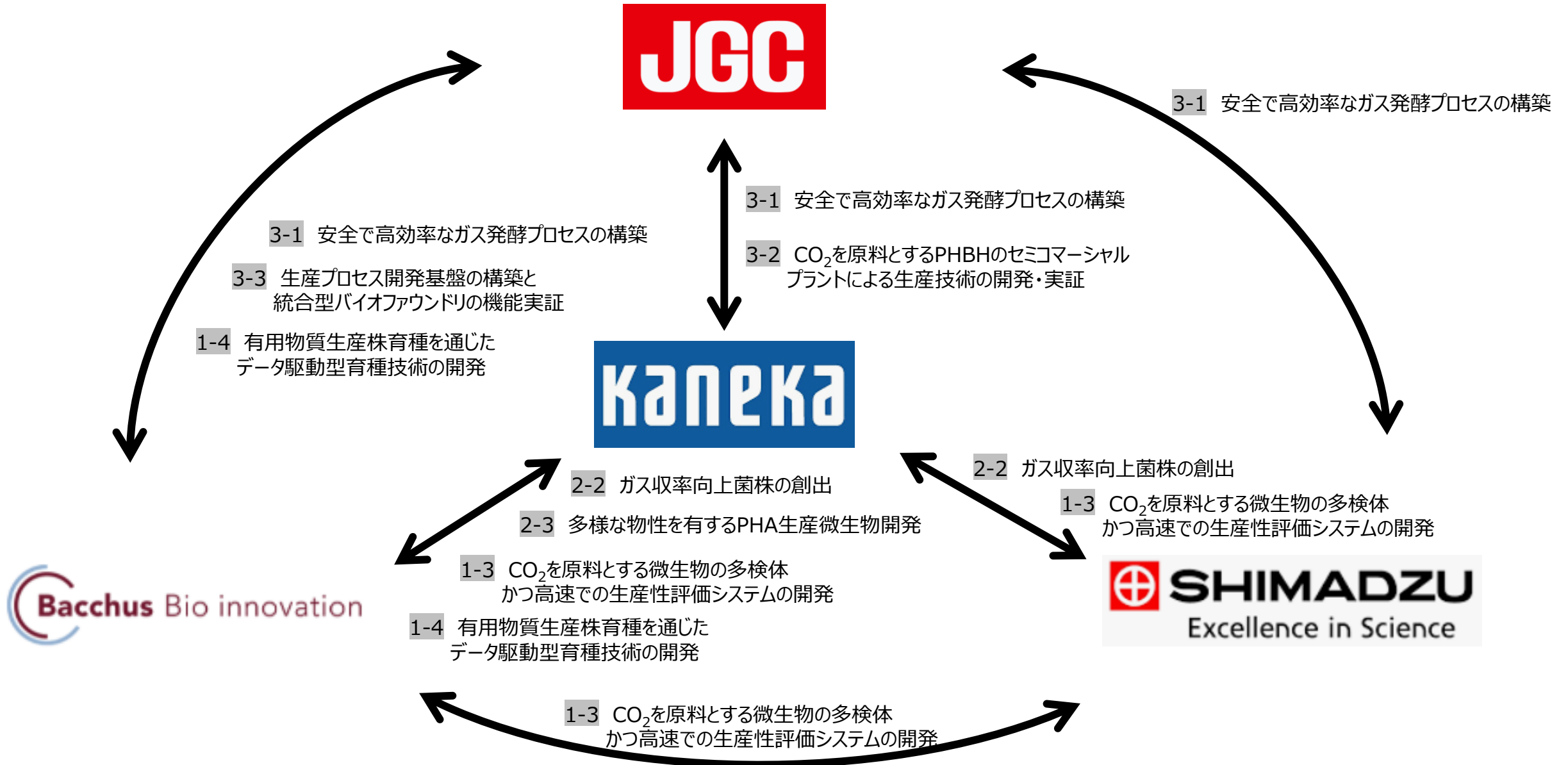
研究開発の内容

- 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

カーボンニュートラル化の加速・循環型社会形成によりバイオものづくり産業が急拡大すると予想

カーボンニュートラルを踏まえたマクロトレンド認識

(社会面)

- 温暖化、食糧危機、資源不足、海洋汚染等の社会課題の顕在化
- 脱炭素化への世間の関心の高まり
- 資源循環社会の形成促進

(経済面)

- Scope3削減に取り組む企業の増加
- 米国・中国におけるバイオものづくり分野への官民投資が活発化
- 技術向上と政策の後押しによる市場の急拡大

(政策面)

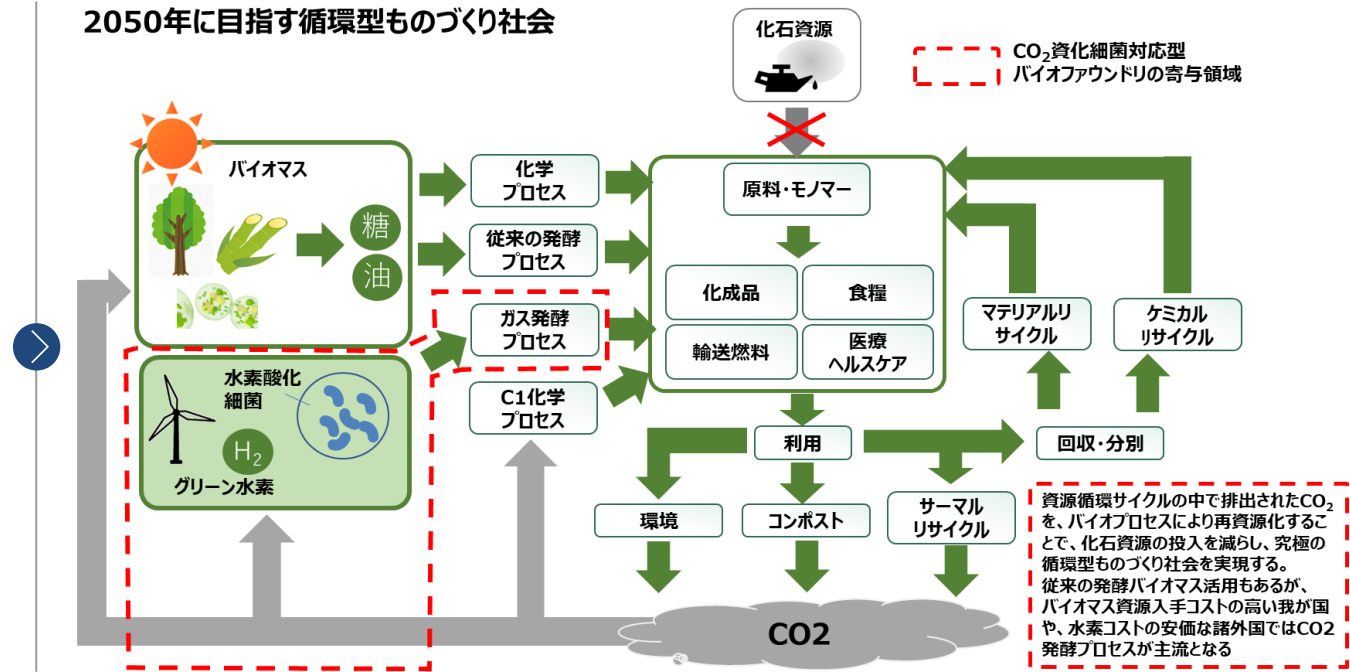
- 新しい資本主義グランドデザインにおける重点投資分野
- バイオプラスチックの導入目標2030年までに200万トン
- バイオコミュニティの形成促進によるイノベーションの加速

(技術面)

- 合成生物学関連技術の進展 (AI・ロボティクスの導入)
- 常温常圧でものづくりが可能なバイオプロセスへの期待
- CO₂を直接利用可能な水素酸化型細菌への期待

- 市場機会 :
 - ✓ 脱化石資源を標榜するものづくり企業による素材のCN化ニーズ
 - ✓ バイオに造詣が浅い幅広い事業者によるバイオものづくり産業への参入
- 社会・顧客・国民等に与えるインパクト :
 - ✓ 国産資源 (CO₂, H₂) によるものづくり、経済安全保障

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



- 当該変化に対する経営ビジョン :

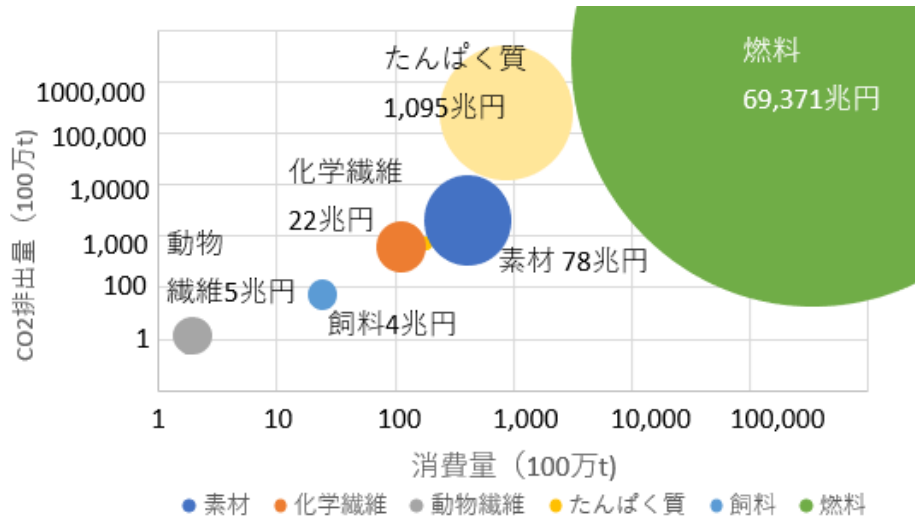
長期経営ビジョン「2040年ビジョン」及び中期経営計画「BSP2025」を社内外に発表。従来のオイル・ガス関連のビジネス領域を脱却し、エネルギー転換、ヘルスケア・ライフサイエンス、資源循環、産業・都市インフラ、高機能材製造の5つの領域を重点事業領域と位置づけて事業構造転換を図っている。この中でもバイオ領域は注力技術分野であり、先端技術を保有する企業・大学とのオープンイノベーションの推進、政府機関、自治体、企業（商社、金融機関、エネルギー・石油化学・化学企業など）とのバリューチェーンを構築してスピーディーなビジネスの構築を図っていく

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。その中でもある程度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200万トン/年)
- 合成ゴム製造業 ……天然ゴム代替として注目、需要増
- 水産養殖向け飼料 ……高栄養・成長促進・免疫抵抗性ニーズあり (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

1. 事業戦略・事業計画 / (3) 提供価値・ビジネスモデル

統合型バイオファウンドリの構築：CO₂を原料とするガス発酵に対応したバイオファウンドリと生産プロセス開発基盤の融合により、スマートセル開発から生産プロセス開発までのワンストップサービスを提供

社会・顧客に対する提供価値

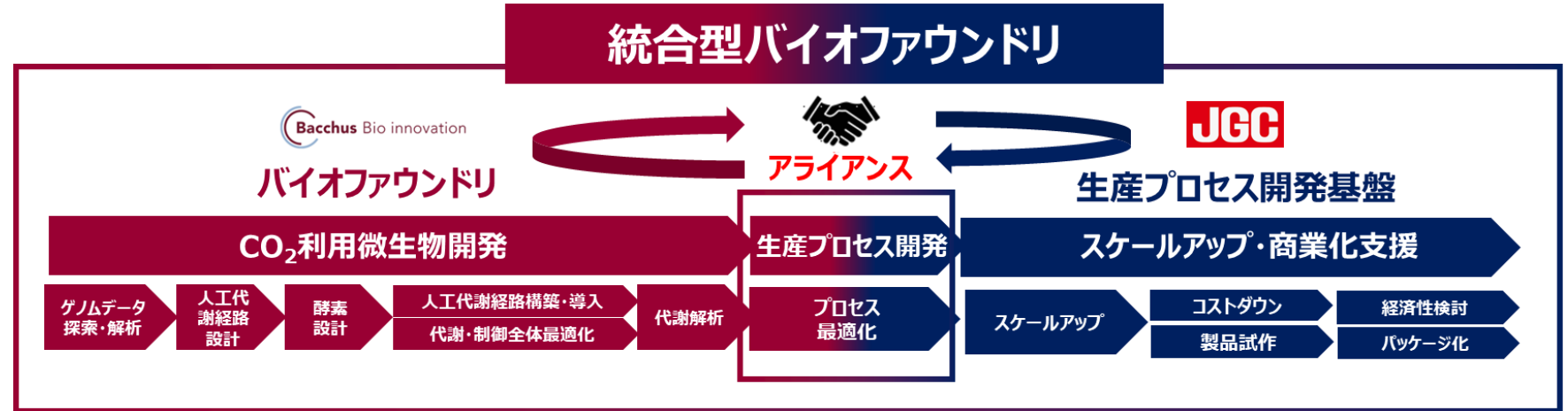
ビジネスモデルの概要（製品、サービス、価値提供・収益化の方法）と研究開発計画の関係性

<社会>

- 高速な育種と生産プロセス開発により、従来のバイオマス原料からのものづくりからCO₂を直接原料とするものづくりへの転換を促進
- 微生物の開発・改良・生産プロセス開発までのワンストップサービスの実現により、CO₂資化性菌を用いるバイオものづくりへの新規参入を促進
- 育種から生産プロセス開発、商用化までを見渡せる人材の育成

<顧客>

- 自社製品のCO₂排出量の大幅削減
- 安全・高効率なガス発酵システムの導入
- 生産プロセス開発からスマートセル開発へのフィードバックにより、生産性、品質、コストからのバックキャスト開発により、競争力の高いスマートセル、生産プロセスを提案
- 上市までの大幅な期間短縮
- CO₂資化性菌を用いたバイオものづくり事業への新規参入



	サービス・製品	サービス・製品概要	価値	収益
Bacchus	① スマートセル育種開発	生産株の生産性向上 目的化合物のバイオ生産株作成	超高速育種による迅速納品 多種化合物生産への対応	サービス売上 売上報酬
	② 初期生産プロセス開発	培養条件のパラメータ提案 ロバストな細胞・微生物の構築	迅速なアウトプット スケールアッププロトコルの提供	サービス売上 研究開発コスト報酬
JGC	③ 生産技術開発支援	培養システムの開発、設計 プロセス導入支援 実生産に耐えうる微生物の提供	商用化までの時間短縮	サービス売上 プロセス開発コスト報酬
	④ 高効率ガス培養システムのライセンス	ガス培養プロセス技術のライセンスおよびモジュールシステムの提供	商用生産設備の迅速な導入 高品質なプロセスの提供	サービス・製品売上

1. 事業戦略・事業計画 / (3) 提供価値・ビジネスモデル (標準化の取組等)

CO₂を直接原料とするバイオもの作り製品の価値を評価可能なルール/仕組み形成を目指す

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原料製品のCFP算定ルール化に向けた取組

- 既存の各種ガイドラインおよび国際規格を参照し、CO₂原料製品のCFP算定の考え方を整理する。特に、複数の算定方法が存在するCO₂回収においては、CO₂原料製品が普及できるような適切な考え方を整理の上、算定ルール整備に向けて官・民・業界団体が連携して取組む。

CO₂原料製品の価値評価に向けた取組

- 化石資源およびバイオマス原料の製品と比較した場合のCO₂原料製品の価値を評価できるように、炭素固定・供給力・炭素以外の価値に着目した指標の考え方を整理し、評価方法整備に向け、官・民・業界団体が連携して取組む。

CO₂原料製品普及に向けた仕組み/制度に向けた取組

- 既存/導入検討中の各種カーボンプライシングの仕組み/制度下において、CO₂原料製品の普及が進むように、企業のGHG排出量評価を含め、仕組みや制度内における算定ルールおよび評価指標等の考え方を整理の上、将来の仕組み/制度整備に向けて、官・民・業界団体が連携して取組む。

国内外の動向・自社の取組状況

国内外のCFP算定ルールの動向調査の状況

- CO₂回収に関連する算定方法については、海外では、合成燃料や化成品を対象に、欧州再エネ指令 (RED) や国際認証制度 (ISCC) においてCO₂回収の算定方法が明確化されている。国内では、メタネーション推進官民協議会やSHK制度、合成燃料のCO₂回収の算定方法が検討されている。

国内外の価値評価の動向調査の状況

- CO₂原料製品の価値として、資源循環、供給力、水、土地などの側面から評価した研究論文は公表されているが、具体的な制度/仕組みはの事例は検討途上にある。

国内外の仕組み/制度の動向調査の状況

- 海外では、REDにおいてCO₂原料燃料の要件が定められている。国内では、メタネーション官民協議会において、証書制度を用いたCO₂原料燃料の取扱いが議論されている。GXリーグでは、CO₂原料製品を含むGX製品が市場で評価され、需要が拡大できるよう、「率先事項宣言」等の取組みが行われている。



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

- 以下について、官・民・業界団体が連携して取組む
- CO₂原料製品のCFP算定ルール化の整備
 - CO₂原料製品の価値評価方法の整備
 - CO₂原料製品普及のための仕組み/制度の整備

知財戦略

- 「CO₂を直接原料とするバイオものづくりプロセス」の知財のブラックボックス化
- CO₂固定量の可視化技術、CO₂直接発酵プロセスの可視化技術の整備
- CO₂原料製品の特徴を活かしたエシカルなブランド価値創造

1. 事業戦略・事業計画 / (4) 経営資源・ポジショニング

スマートセル開発から生産プロセス開発までを一気通貫で実施できる強みを活かして、社会・顧客に対してCO₂を直接原料とするバイオものづくりの早期事業化・社会実装を促進

自社の強み、弱み（経営資源）

ターゲットに対する提供価値

- ・ 高効率・高品質なCO₂からのバイオものづくりプロセスの導入
- ・ ターゲット物質決定から商用生産までの大幅な時間短縮
- ・ ガス発酵に対応した安全かつ高効率な発酵槽・ガスハンドリングシステムの提供
- ・ 品質、生産性の継続的な改良提案

自社の強み

■ JGC単独としての強み

- ・ 爆発混合気を扱うプロセスの開発・導入実績
- ・ 安全を担保する要素技術の確立と、実証運転経験
- ・ ガス組成の高度制御技術の商用機導入実績
- ・ 様々なプロセスにおけるスケールアップ実績
- ・ CFDによる発酵槽内の状態予測技術
- ・ および大規模プラントにおける生産性予測技術の開発実績
- ・ バイオプロセスの開発および発酵槽スケールアップ実績

■ JGCとバックス・バイオイノベーションの協業により発揮される強み

- ・ 開発初期からのスケールアップを見越した育種との連携
- ・ スケールアップ課題を育種/発酵技術の両面から迅速に解決
- ・ 商用化時の生産性、品質、コストを見据えた開発推進体制

自社の弱み及び対応

バイオファウンドリと連携した生産プロセス開発基盤のプラットフォームとしての運用実績が未経験

他社に対する比較優位性

企業	微生物開発能力 (DBTL速度、多様な微生物への対応)	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、基本設計)	CO ₂ 直接資化微生物対応
JGC	—	○	○	—
バックス	○	△	—	—
バックス+JGC	○	○	○	○
海外 バイオファウンドリ1	○	△	—	—
海外バイオファウンドリ2	○	△	—	—
海外 バイオファウンドリ3	△	△	△	—

1. 事業戦略・事業計画 / (5) 事業計画の全体像

8年間の研究開発の後、2031年頃の事業化、203x年頃の投資回収を想定

投資計画 スケールアップ・プロセス開発のための基盤を整備し、2031年度以降の商用化に資する育種・プロセス開発を推進
 統合型バイオファンドリの機能実証を行う

		研究開発期間														
		SG1 ▼			SG2 ▼			事業化 ▼			投資回収 ▼					
		22年度	23年度	…	25年度	26年度	27年度	28年度	…	30年度	31年度	…	3x年度	3x年度	取組の考え方	
売上高											案件受注、報酬売上蓄積				204x年には報酬売上を含む売上として…億円を想定	
研究開発費		約300億円（本事業の支援期間）													さらなる高度化のための研究開発を継続	スケールアップ・プロセス開発のための研究基盤を整備し、育種からプロセス開発までを一気通貫で行う統合型バイオファンドリの機能実証を推進
取組の段階	開発準備	<ul style="list-style-type: none"> ガスハンドリング技術等のガス培養要素技術の開発 要素技術開発、培養技術開発のための研究基盤の整備 			<ul style="list-style-type: none"> パイロットスケール開発基盤の整備 スケールアップ指針の検討 			<ul style="list-style-type: none"> 統合型バイオファンドリの機能実証 			<ul style="list-style-type: none"> 社会実装 事業化初期はハイバリューケミカル グローバルでの案件受注（水素を安価で入手可能な地域等） 			投資回収	<ul style="list-style-type: none"> 31年以降の事業化に資するターゲット物質の生産技術を28年度以降に開発 ハイバリューケミカルを皮切りに、樹脂、燃料等のミドルバリュー、バルクケミカルに展開 	
CO ₂ 削減効果													>…百万t	顧客がCO ₂ からの物質生産により削減したCO ₂ を累計カウント		

1. 事業戦略・事業計画 / (6) 研究開発・設備投資・マーケティング計画

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"> 安全かつ高効率なガスハンドリング技術が賦与されたCO₂を原料としたガス発酵プロセスを確立 実験室～パイロット規模のガス発酵試験データからスケールアップファクターを洗い出し、CO₂を原料としたガス発酵スケールアップ手法を構築 世界初となるCO₂を原料とするPHBHのセミコマーシャルプラントを設計 微生物設計から実機設計まで可能な世界初となるCO₂を原料とした統合型ガス発酵バイオファウンドリを構築し、その機能を実証 	<ul style="list-style-type: none"> 本事業内にて、種々CO₂を原料とした発酵プロセスのスケールアップ、プロセス設計に必要な生産プロセス開発基盤に設備投資 事業後は、スマートセル開発から生産プロセス開発まで一貫したソリューションを第三者企業に提供できる統合型バイオファウンドリを構築。将来的には、CDMO型事業を目指し、受託生産設備を追加投資 	<ul style="list-style-type: none"> CO₂を原料としたガス発酵バイオファウンドリによって、①委託研究・開発支援、②試作品・微生物提供、③ライセンス・ロイヤルティ、④受託生産のビジネスを展開する。 本事業にて獲得するCO₂を原料としたPHBHのセミコマーシャルプラント実績と、プラントの高品質化、早期実現化を可能にするモジュール化ガス発酵プロセスによって、世界に類のないCO₂を原料とした種々ガス発酵プロセス開発ビジネスを海外展開する
進捗状況	<ul style="list-style-type: none"> ガスハンドリングシステムの構築に必要な安全指針を作成し、安全なガス組成を燃焼試験により確認した 安全指針を盛り込んだ高効率な培養槽を設計・製作し、攪拌翼の選定、培養槽の運転条件に関わるデータを取得した 	<ul style="list-style-type: none"> 生産プロセス開発基盤の研究棟の建設を完了した ●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した。 	<ul style="list-style-type: none"> 統合型バイオファウンドリで手掛けるターゲット製品の1種類目を選定した。 顧客開拓のため、既存事業のコネクション、メディア、業界団体等を活用
国際競争上の優位性	<ul style="list-style-type: none"> 当社は世界各国におけるオイル&ガスプラント、ライフサイエンスプラントの設計・建設にて積み上げてきたエンジニアリングノウハウと知見を保有する CO₂を原料としたガス発酵プロセスは、理論的には原料に依存することなく、どこでも地産地消型ものづくりが成立する。再エネ水素、CO₂が安価に入手できる国・地域からの顧客を呼び込み、実証・導入を加速する 	<ul style="list-style-type: none"> CO₂を原料としたガス発酵に対応し、育種からスケールアップ、プロセス開発までを一気通貫で行う統合型バイオファウンドリは世界初である 神戸に拠点置き、国内外から顧客を呼び込み、国際的な開発拠点として事業拡大を図る 	<ul style="list-style-type: none"> 世界各国の課題であるCO₂利用技術を日本企業による取組みで、日本発の技術にて提供 再エネ水素、CO₂が安価な地域からビジネスを展開していく JGCは世界屈指のエンジニアリング企業であり、海外にも広く営業拠点があり、潜在顧客へのアプローチの体制を既に構築している。欧州拠点はロンドン、北米はヒューストン、アジア6カ国の拠点としてシンガポール地域HQにバイオものづくりマーケティング拠点を設置し、グローバルビジネスを展開する

1. 事業戦略・事業計画 / (7) 資金計画

国の支援に加えて、約70億円の自己負担を予定

資金調達方針

	2023年度	...	2030年度	...	2035年度
事業全体の資金需要	約300億円				<p>本事業期間にてガス発酵に対応した統合型バイオファウンドリの技術実証を行った後、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プロセス開発を実施する。</p>
うち研究開発投資	約300億円				
国費負担※ (委託又は補助)	約230億円				
自己負担	約70億円				

※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
<p>1-1 ガス発酵に適した微生物代謝設計技術の開発</p>	<p>[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)</p>	<p>[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。</p>	○
	<p>[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)</p>	<p>[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。</p>	○
<p>1-2 CO₂を原料とする微生物の迅速構築技術の開発</p>	<p>[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)</p>	<p>[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。</p>	○
	<p>[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)</p>	<p>[1-2-2] ライブラリ構築手法を確立した。</p>	○

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）

[1-1-2] 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）

[1-1-1] 直近のマイルストーン(MS)は達成済みで残課題なし

[1-1-2]今年度のMSについては達成済み。

・残課題なし

・残課題なし

1-2 CO₂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）

[1-2-2] 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）

[1-2-1]今年度のMSについては達成済み。

[1-2-2]ライブラリ構築の再現性に課題

・残課題なし

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。

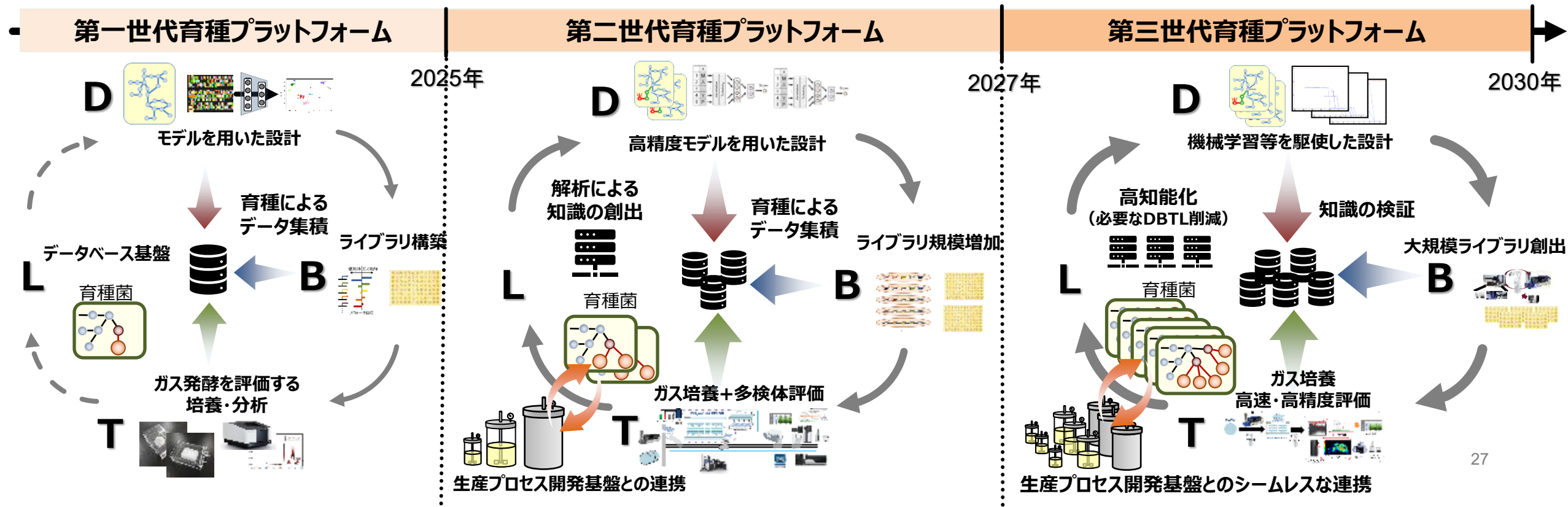
・残課題無し。

(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 Bacchus Bio innovation

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倍以上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

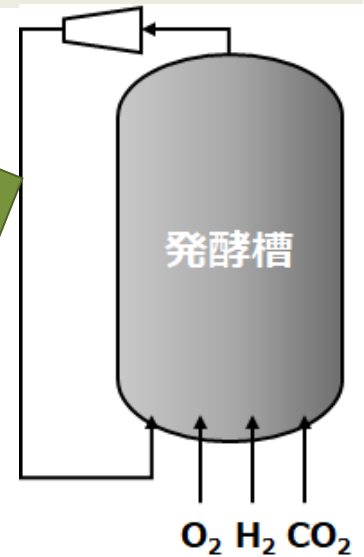


原料：油脂



2024年：20,000Mt/年
(建設中)

原料：CO₂



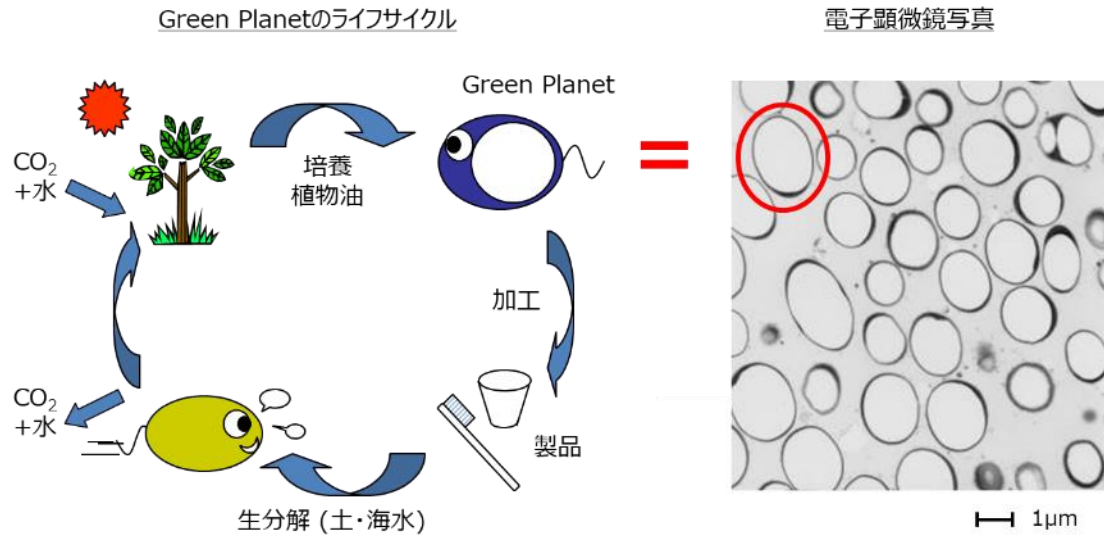
2011年：1,000Mt/年 2019年：5,000Mt/年

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脂から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

- 株式会社資生堂の新製品「アクアジェル リップバレット」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

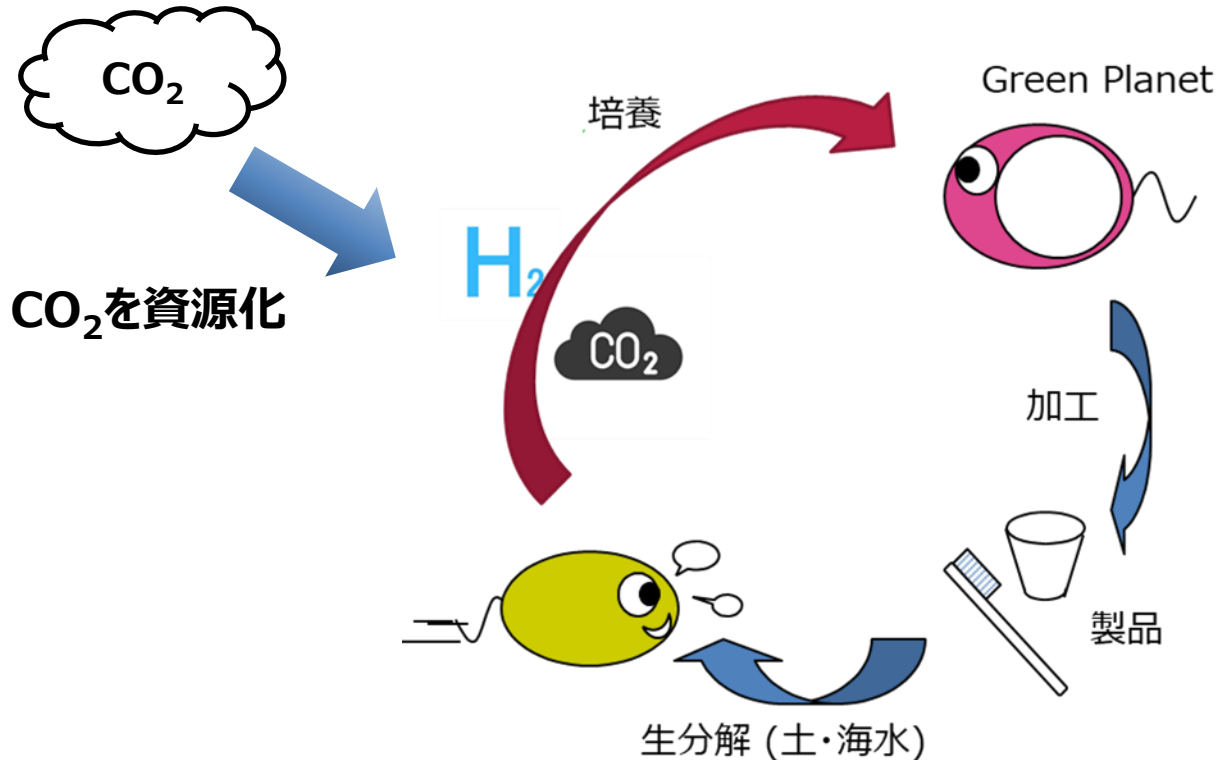
3-3 生産プロセス開発基盤による有用物質生産実証

直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
<p>[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)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・今年度のMSについては達成済み。 	
<p>[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)</p>	<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
<p>[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)</p>	<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
<p>[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)</p>	<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

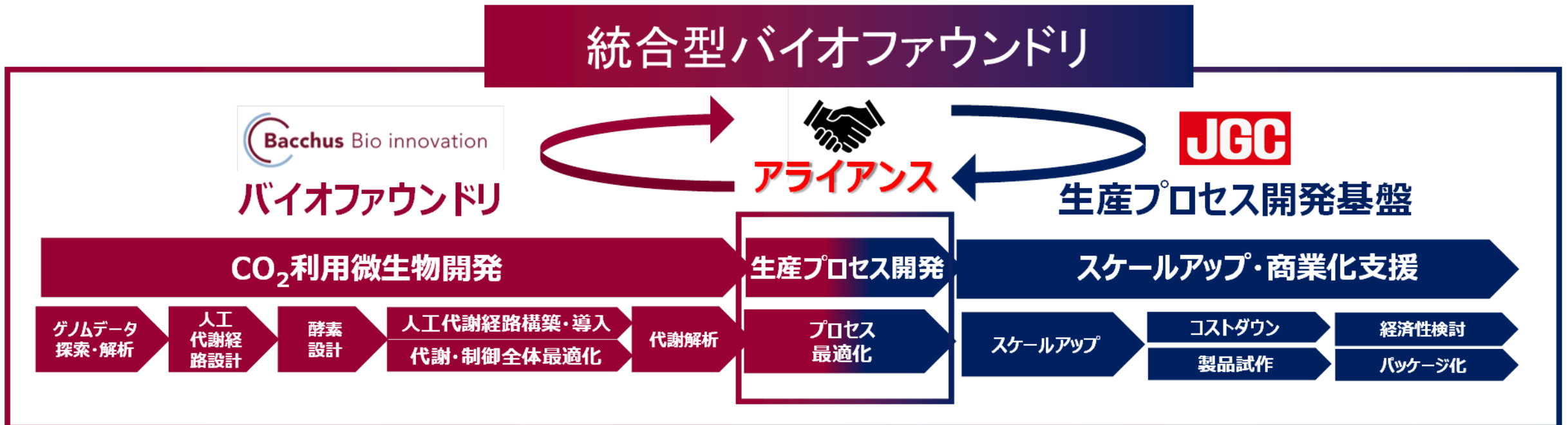


カネカ生分解性バイオポリマー
Green Planet®を
CO₂から製造！

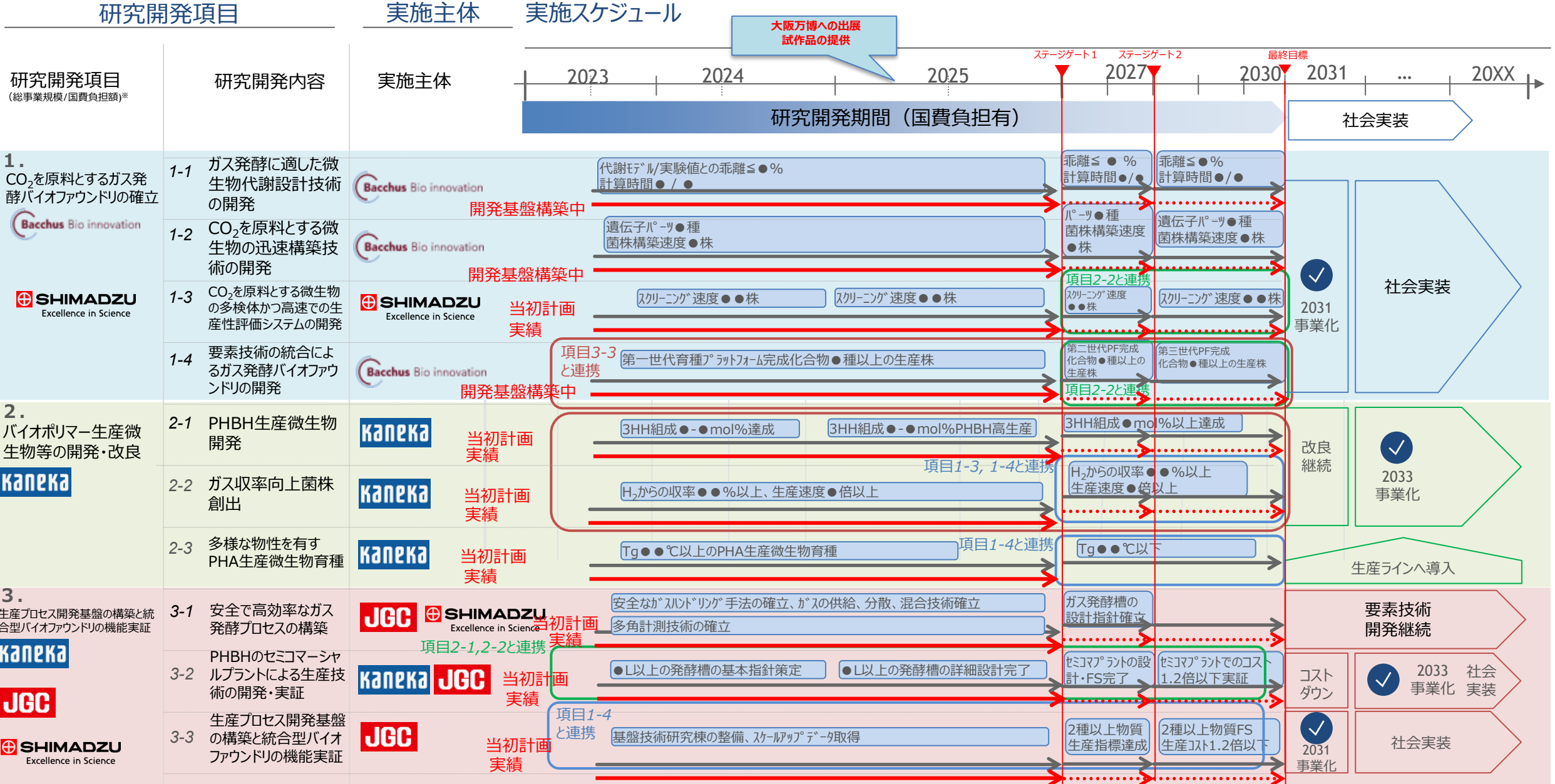
開発の概要: 全体概要

【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。



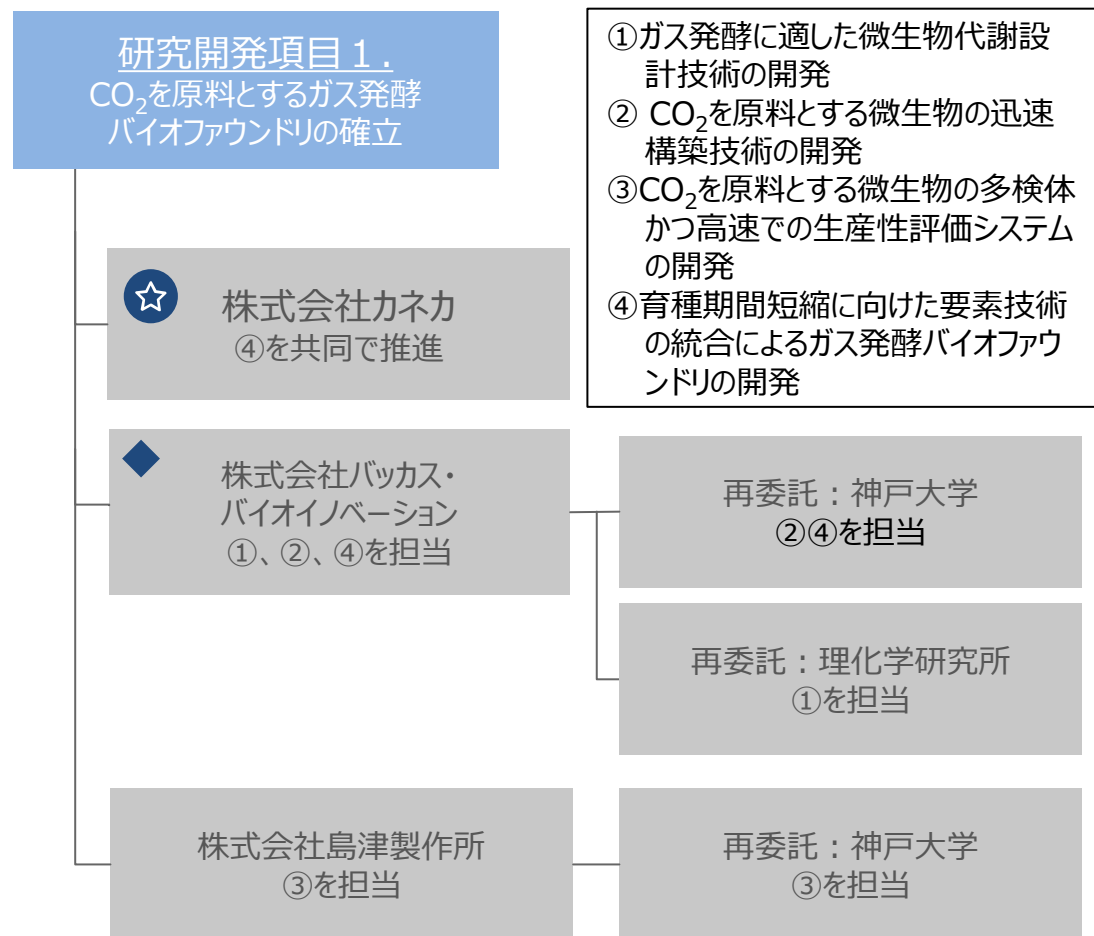
2. 研究開発計画 / (3) 実施スケジュール 全体計画



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

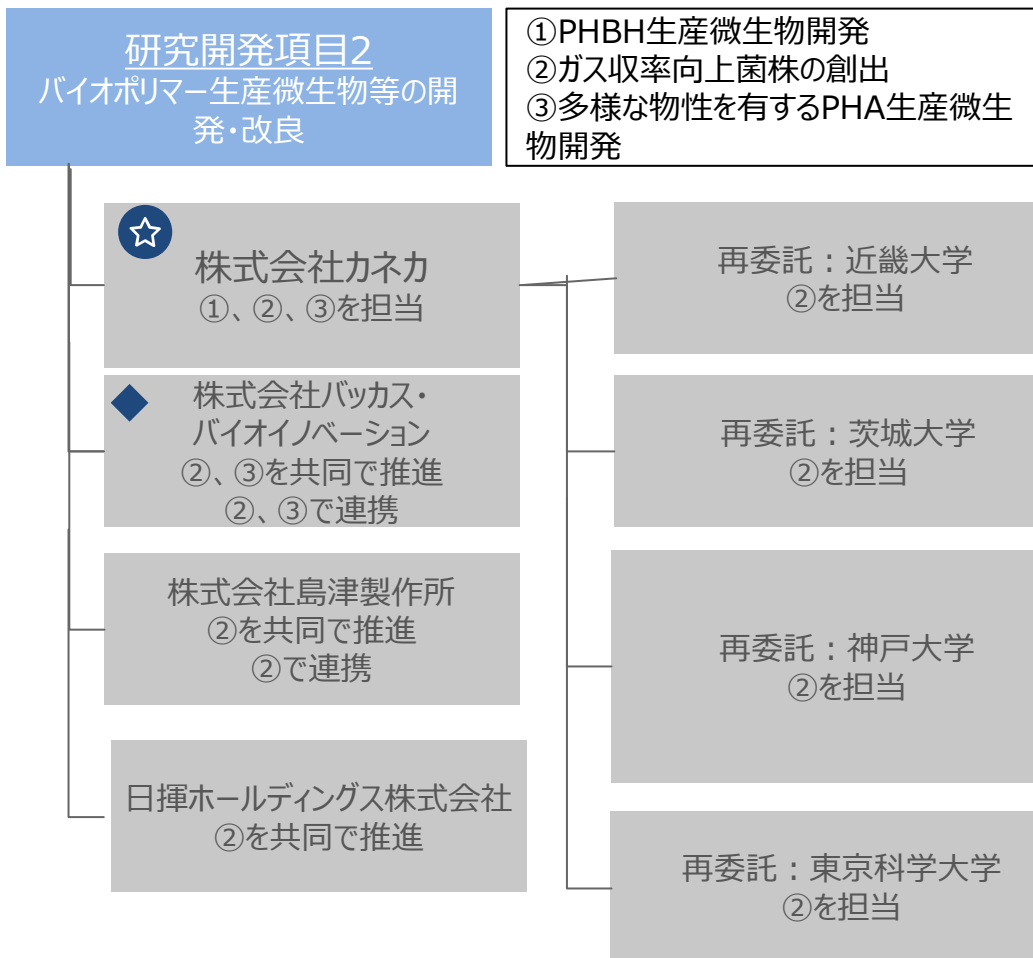
中小・ベンチャー企業の参画

- 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

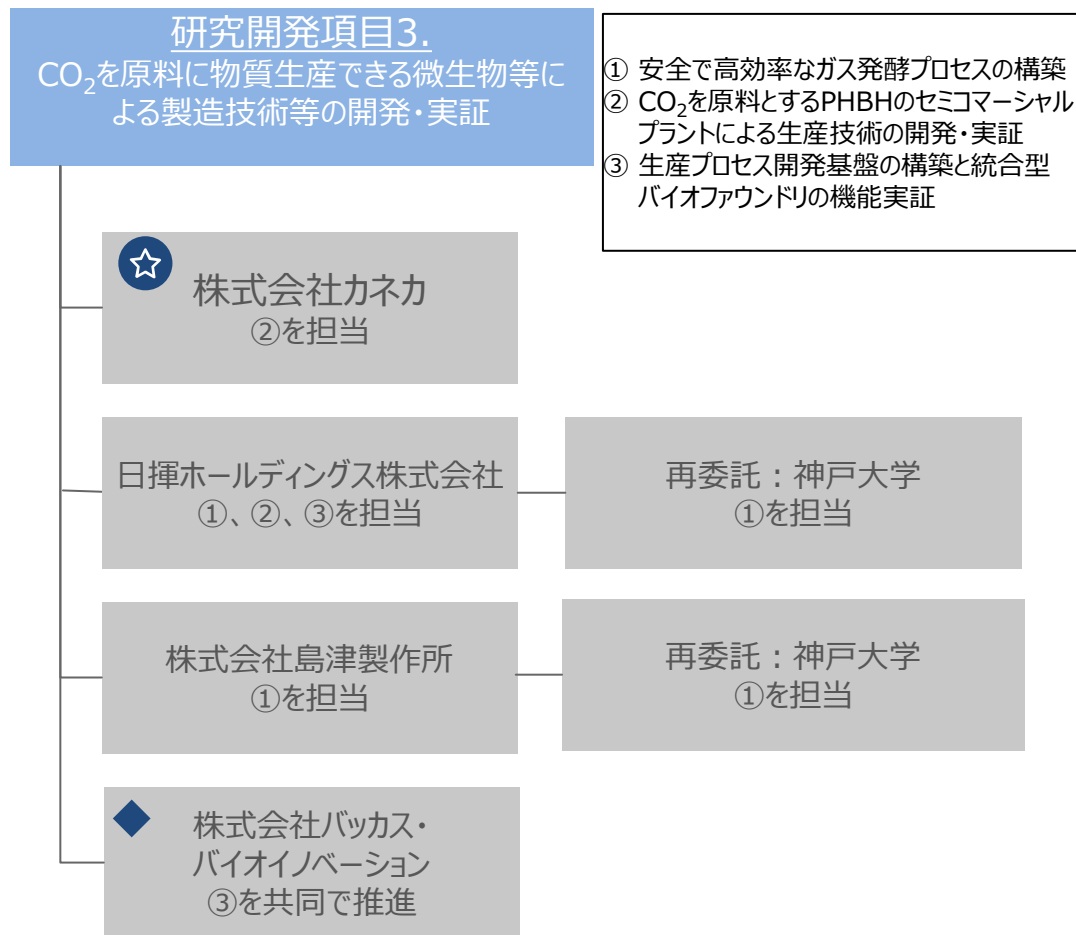
中小・ベンチャー企業の参画

- 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>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>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
<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</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>

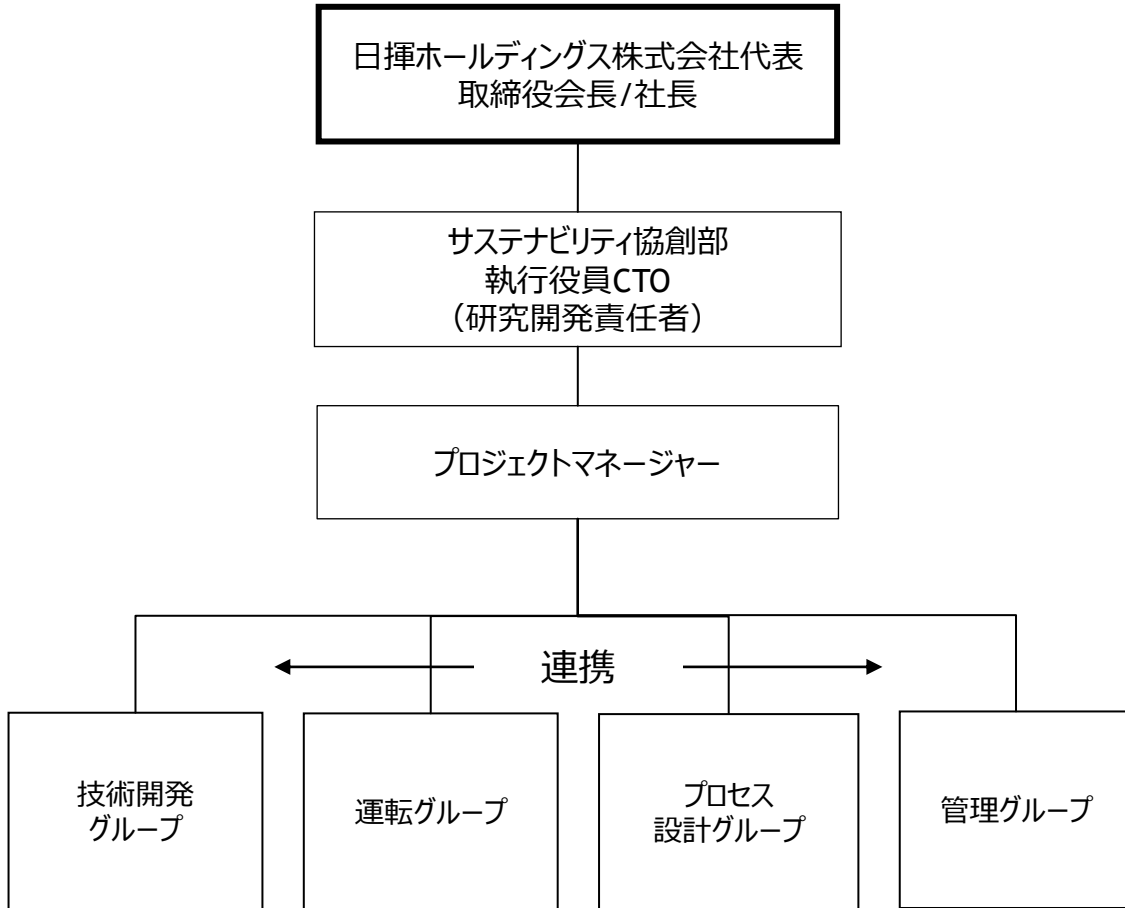
3. イノベーション推進体制

(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、サステナビリティ協創部に開発専門ユニットを設置

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
 - サステナビリティ協創部 部長代行：総責任者としての統括、および日揮ホールディングス株式会社のCTO（技術部門担当役員）として本事業化に必要な人材、資金、設備などのリソースの適正な配置を行う。
- 担当チーム
 - 3-1 安全で高効率なガス発酵プロセスの構築
技術開発グループ（主担当）、プロセス設計グループ
 - 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
プロセス設計グループ（主担当）
 - 3-3 生産プロセス開発基盤による有用物質生産実証
技術開発グループ（主担当）、運転グループ、プロセス設計グループ
- 担当部員
 - プロジェクトマネージャー：
 - 技術開発グループ グループリーダー
 - 運転グループ グループリーダー
 - プロセス設計グループ グループリーダー
 - 管理グループ グループリーダー

部門間の連携方法

- プロジェクトマネージャーを中心として、各開発チームと絶えず密に情報交換を行う。
- 日揮ホールディングス株式会社内に、社長直下の会議体として、TCO (Technology Commercialization Officer)を議長とする技術事業化会議を設けて、第三者的視点から開発進捗の管理を行う。

3. イノベーション推進体制／（2）経営者等の事業への関与

経営者等による事業への関与の方針

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
 - 持ち株会社制への経営体制の移行
1928年創業以来、日揮株式会社として主にエネルギー関連プロジェクトを国内外で遂行してきた。より迅速な意思決定を実現し、来たるエネルギー変革期を乗り越えるため2019年10月に持ち株会社制に移行し、経営トップがグループ全体の最重要課題に注力できる体制となった。
 - 長期経営ビジョン「2040年ビジョン」、中期経営計画「BSP2025」
持ち株会社制への移行に続いて、2021年5月に長期経営ビジョン「2040年ビジョン」及び中期経営計画「BSP2025」を社内外に発表し、地球の持続可能性に貢献することを明確化した。エネルギー過渡期において既存化石燃料の低・脱炭素化や資源循環を事業の中核に置くことを宣言している。脱炭素化の流れでは、水素・アンモニア製造、CCS、CCUSによるブルー化など具体的な施策が記されている。
 - 技術事業化会議
技術開発が陥りやすい罫として市場・顧客不在のまま開発が進み、社会実装に至らないケースがあるが、このようなケースを排除するため、2021年4月より技術事業化会議を開催し、日揮ホールディングス、日揮グローバル、日揮全体の技術方向性、テーマ採択、開発予算付与、事業化進捗管理を一元的に行う体制を確立した。
- 事業のモニタリング・管理
 - 技術事業化会議（JGC版TRL）
技術事業化会議も経営トップ直下の会議体であり、技術開発・事業開発の進捗管理を日揮版TRLにて行う。本事業にもTRLを適用し、技術、事業化のレベルアップを計る。
 - 中期経営計画「BSP2025」ローリング
本事業もエネルギートランジション領域の事業として、グループ経営企画部が中期経営計画「BSP2025」のローリングを行う。

経営者等の評価・報酬への反映

- 譲渡制限付株式報酬の導入
株価変動のメリット・リスクを株主と共有するとともに株価上昇及び当社グループの中長期的な企業価値向上へのインセンティブを高める目的で導入されており、本事業においてもその成否が株価へ影響を及ぼすことから、担当役員の評価、報酬への反映の一つとなる。
- TRLによる進捗管理と技術事業化担当役員評価
事業化担当役員であるTCOについてはTRLを用いた進捗管理を各開発テーマに適用し、進捗に応じた評価、報酬への反映を行うこととしている。

事業の継続性確保の取組

- 長期経営ビジョン「2040年ビジョン」
「2040年ビジョン」が今後20年の当社グループの経営方針となる。策定に当たっては現経営陣に加え、若手中堅社員が深く関与し、その内容について各階層で得心しているため、本事業に象徴される低・脱炭素化事業については継続して注力してゆくことが確認されている。

3. イノベーション推進体制／（3）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カーボンマネジメント・ケミカル事業を位置づけ、広く情報発信

（1）取締役会等での議論

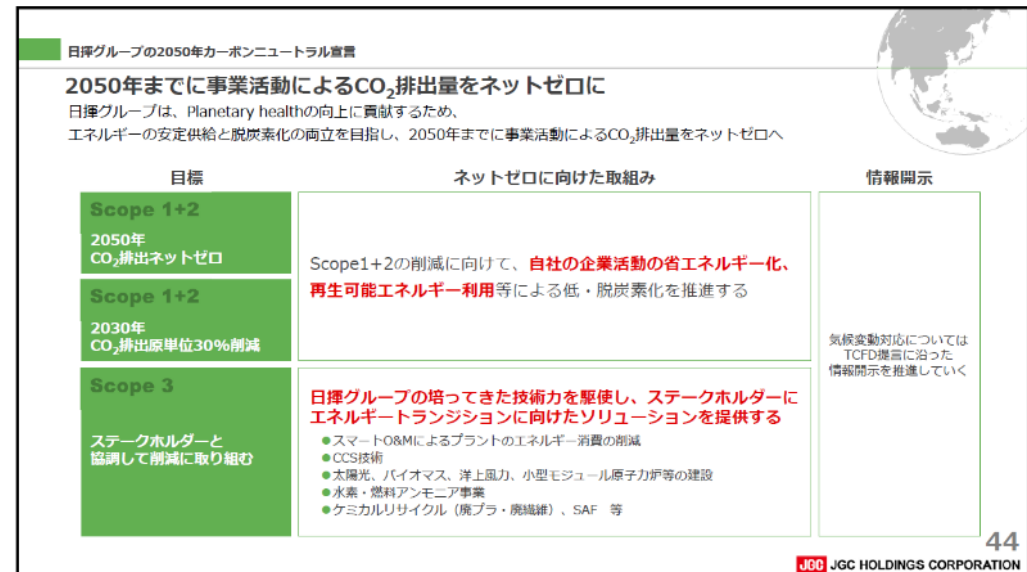
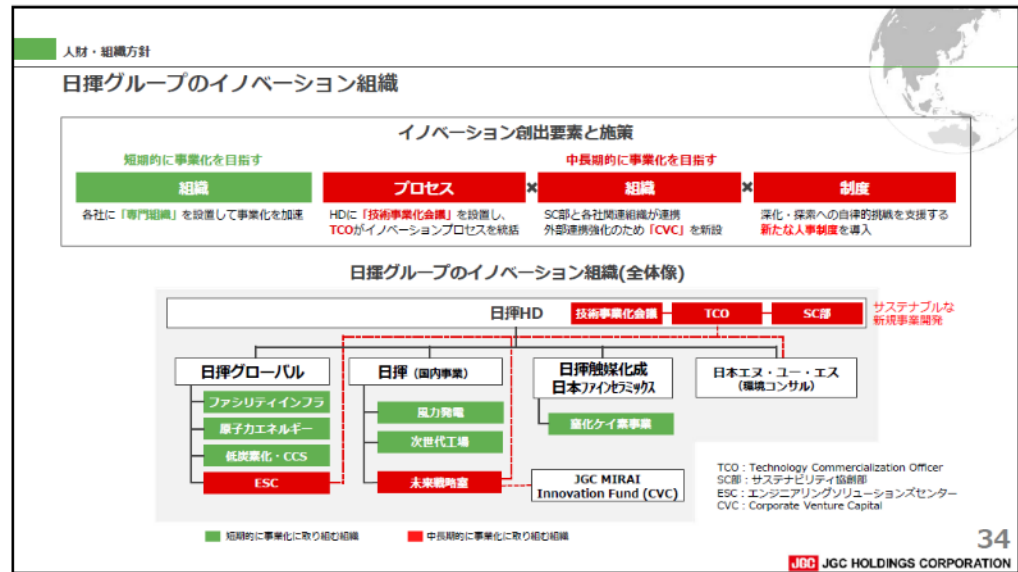
- **カーボンニュートラルに向けた全社戦略**
 - 2050年カーボンニュートラル宣言
2021年5月12日に長期経営ビジョン「2040年ビジョン」が取締役会で承認され、同日発表した。その中で日揮グループのカーボンニュートラルの方針として、「2050年カーボンニュートラル宣言」を行った。
- **事業戦略・事業計画の決議・変更**
 - 長期経営ビジョン「2040年ビジョン」
前述の「2050年カーボンニュートラル宣言」を含む「2040年ビジョン」は2020年12月から全社的な議論を重ね、取締役会メンバーとの意見交換を行い策定したもので、2021年5月12日の日揮ホールディングス株式会社の取締役会に付議、承認されているものである。
“Enhancing planetary health”を日揮グループのパーパスに再定義して、事業領域、事業モデル、組織の3つのトランスフォーメーションを進めると宣言している。
 - 中期経営計画「BSP2025」
2021年5月12日の日揮ホールディングス株式会社取締役会は中期経営計画「BSP2025」を承認。「2040年ビジョン」のファーストフェーズと位置付け、将来の成長エンジンの確立を目的に研究開発を含めた戦略投資を実施すると表明している。
- **決議事項と研究開発計画の関係**
 - 技術事業化会議・CVC・人事制度
中期経営計画「BSP2025」では従来の研究開発から事業化を見据えたイノベーション創出の組織体制として技術事業化会議を発足させ、加えてCVCを立ち上げることとしている。また、技術の深化、探索に対する全従業員の参画意識を高めるため、人事制度も改定することとしている。具体的には日揮グループ各社のイノベーションのプロセスを一括して技術事業化会議が統括し、進捗に支障を来した場合には各事業会社社長へ必要なリソースの配置、増員を求める。
また、イノベーションを自ら推進する組織に相応しい人事評価制度を22年度より導入する予定。

（2）ステークホルダーに対する公表・説明

- **情報開示の方法**
 - 中期経営計画「BSP2025」
2021年度～2025年度を対象とする中期経営計画では、戦略分野として「ケミカル」を、将来の成長エンジンとして「カーボンマネジメント」を位置付けている。
また、日揮グループのイノベーション組織として、サステイナブルな新規事業を中長期的に取り組むことを発信している。
さらに、2050までに事業活動によるCO2排出量をネットゼロにすることを宣言している。
 - プレスリリース
グリーンイノベーション基金採択時は、その内容についてプレスリリースで対外的に情報発信を行う。
 - ステークホルダーとのコミュニケーション
上記以外にも、様々な形で各ステークホルダーとのコミュニケーションを推進。

3. イノベーション推進体制／ (3) 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カーボンマネジメント・ケミカル事業を位置づけ、広く情報発信



3. イノベーション推進体制／（4）事業推進体制の確保

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

- 実施体制の柔軟性の確保
 - 技術事業化会議
2021年4月より、技術事業化会議を開催し、日揮ホールディングス、日揮グローバル、日揮全体の技術開発の方向性、テーマ採択、開発予算付与、事業化進捗管理を一元的に行う体制を確立し、必要に応じて、開発体制や手法等の見直し、追加的なりソース投入等を行う体制を整えた。
- 人材・設備・資金の投入方針
 - 社内人材の投入
本事業専任の開発担当のエンジニアを社内から5名以上アサインする。
 - 既存設備の活用
既存研究所設備の活用、および既存シミュレーション計算機の活用によって開発を促進する。
 - 資金の投入
新規ファウンドリ設備建設のための用地を確保する。

専門部署の設置

- 専門部署の設置
 - サステナビリティオフィス
2019年10月の、旧日揮株式会社の持ち株会社化・ホールディングス体制への移行に伴い、日揮ホールディングスの社長直下に、サステナビリティ関連事業を創出することを目的とした、サステナビリティ協創オフィスを新設した。その後、更なる取組み拡大を目指し、技術開発機能と事業開発機能を持つグループが追加された。
また、2021年4月の組織改定・人事発令で、サステナビリティ協創オフィス部長をTCO (Technology Commercialization Officer)に任命し、左記の技術事業化会議の議長とした。
 - 専門開発チームの設置
本事業専任のプロジェクトマネージャーの下、本事業を専門のアクションとする、ガス発酵プロセス開発チーム、生産プロセス開発基盤開発チーム、要素技術開発チームを設置する。
- 若手人材の育成
 - 若手中堅のアサイン
本事業は日揮グループの中期経営計画「BSP2050」、および長期経営ビジョン「2040年ビジョン」の中核を担うビジネスを創出する為の挑戦であり、それを担う人材を育成する為、積極的に社内外の若手を本事業にアサインする。
 - アカデミア若手中堅研究者との共同研究
大学の若手中堅研究者を再委託先として、共同研究を進める。

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講じるが、社会情勢の大きな変化や十分な開発費用対効果が確認でき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

- 研究開発設備の納期の遅延リスク
→（対応）早期発注に努め、発注先と密に連携することで遅延リスクを先読みし、遅延の恐れがある場合は、遅延を最少限に抑える。
- 想定外の重大な技術課題への対応による開発スケジュールの遅延リスク
→（対応）関係者が開発の進捗、技術課題とその影響の大きさを常に共有し、適宜、開発計画の修正、および社内有識者を加えた特別チームを組織して、技術課題の解決に取り組む。

社会実装（経済社会）におけるリスクと対応

- 他社の類似研究開発に先行されるリスク
→（対応）特許や文献の調査、学会やカンファレンスでの発表を通じて、国内外の当該分野における開発動向を把握すると共に、適宜、開発計画に反映する。
- CO₂由来製品のニーズが広がらないリスク
→（対応）ターゲットとする代替製品（ex.バイオプラスチック）に関する国内外の政策や規制の動向、代替製品のニーズおよび市場価格の変化に注視する。

その他（自然災害等）のリスクと対応

- 資金繰りの困窮によるリスク
→（対応）開発資金については、当社の安定した財務状況では問題ないと考えているが、必要に応じて外部調達なども実施し、安定した財務基盤を構築する。
- 自然災害によるリスク
→（対応）研究開発設備を設置する地域の法令・規格・基準を遵守し、HAZOPなどのリスク評価とその対応により設備の万全な安全対策を講じるとともに、運転面でも安全指針等の策定と運転員教育を実施する。



- 事業中止の判断基準：以下に挙げた判断基準に従い、実証事業の中止を判断する。
 - 市場環境要因：社会情勢の大きな変化により、CO₂を原料とするガス発酵技術ニーズ・普及可能性が著しく低いと判断された場合
 - 自社環境要因：予想外の要因により、自社の資本力・投資能力が著しく低下し、開発を断念せざるを得ないと判断された場合
 - 競合環境要因：より優れた類似技術が先行して市場に投入され、後追いで参入余地がないと判断された場合