

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：株式会社カネカ（幹事企業）、代表名：代表取締役社長 藤井 一彦

共同実施者：日揮ホールディングス株式会社
株式会社島津製作所
株式会社バックス・バイオイノベーション

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

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

二酸化炭素を原料とした生分解性ポリマー生産によりプラスチック産業をカーボンニュートラルに変革

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)

- 非石油由来のプラスチック、化学品へのニーズはますます増加
- CO₂由来であることに大きな価値が付加される
- 炭素循環型社会構築を実現できる新素材産業への移行
- 海洋マイクロプラスチックによる海洋汚染が深刻化

(経済面)

- 投資家はエコフレンドリーな企業に対しより出資
- カーボンニュートラルな製造技術により製造業のゲームチェンジ
- 炭素税、石油価格変動等により、石油利用への経済的リスク増

(政策面)

- 日本はGHG削減目標を大幅に前倒し
- CO₂排出元となる製品へのペナルティ、CO₂削減となる製品への優遇策が進捗
- 世界では使い捨てプラスチックに対して生分解性やリサイクルを要求

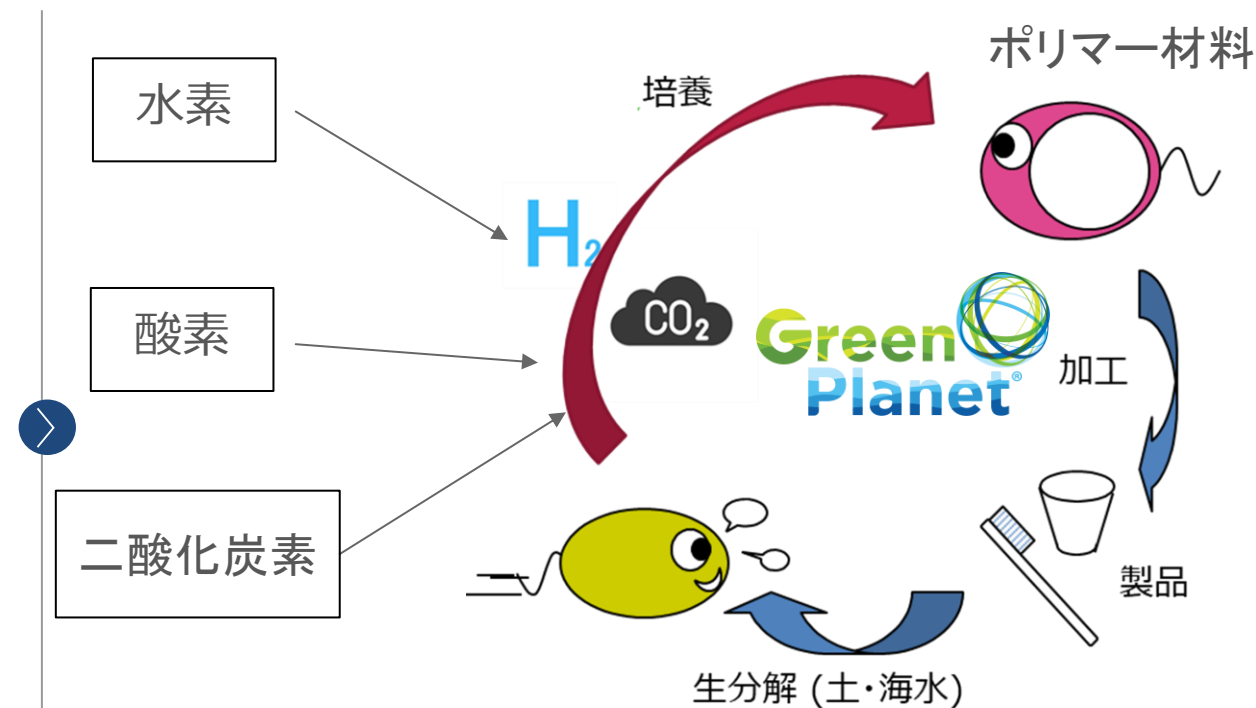
(法整備)

(技術面)

- CO₂濃縮技術は既に実証段階
- CO₂/ H₂を原料としたPHBH製造はラボレベルでは実証済
- ストロー、袋、カトラリー、コーヒーカプセルなどをPHBHから製造可能

- 市場機会：CO₂削減となる材料の利用が必須となり、市場が急拡大
本事業開始のリリース後、CO₂原料への転換に関する問い合わせ急増
- 社会・顧客・国民等に与えるインパクト：CO₂削減は世界的課題であり、日本の化学技術力のアピールとなる
今後樹脂使用量が増えるアジア開発国への技術導入により、予防的なCO₂削減活動が可能
- 海洋生分解性機能を併せ持つことで、海洋汚染も抑制可能

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



カネカの経営ビジョンに合致
「カガクで世界の人々の人生と環境の進化に貢献し、
価値あるソリューションをグローバルに提供します。」

1. 事業戦略・事業計画 / (2) 市場のセグメント・ターゲット

ポリマー市場のうち食品包装、容器市場を主ターゲットとし、他市場参入にも取り組む

セグメント分析

- Green Planet (物質名PHBH[®]) は再生可能原料から製造可能であり、且つ海洋生分解性を有するポリマー材料
- 本研究開発にて原料をCO₂に転換することで、2050年のカーボンニュートラル社会創造に資するポリマー材料へ

	海洋生分解	コンポスト環境 における分解/生分解	非生分解
再生可能原料 (バイオマス等)	Green Planet [®]	Green Planet [®] PLA Bio-PBS	Bio-PE Bio-PA Bio-PP Bio-PC Bio-PET
化石資源原料	PCL	PBSA PBAT PBS	PE, PA, PP, PC, PET

ターゲットの概要

市場概要と目標とするシェア・時期 : 2040年代には約20万トンのシェアを狙う

想定用途 : 食品 (容器・包装)、繊維、農業用資材 など

需要家	主なプレーヤー	消費量 (2040年)	課題	想定ニーズ
食品 (容器・ 包装)	コンビニエンス ストア、 食品メーカー	一千万トン以上	樹脂加工技術 物性制御技術	<ul style="list-style-type: none"> ホームコンポスト分解 マイクロプラスチック防止 低GHG排出
繊維	繊維メーカー 衣類メーカー	数百万トン	樹脂加工技術 物性制御技術	<ul style="list-style-type: none"> マイクロプラスチック防止 低GHG排出
農業	農業資材 メーカー	数百万トン	生分解制御技術	<ul style="list-style-type: none"> マイクロプラスチック防止 作業負荷削減 低GHG排出

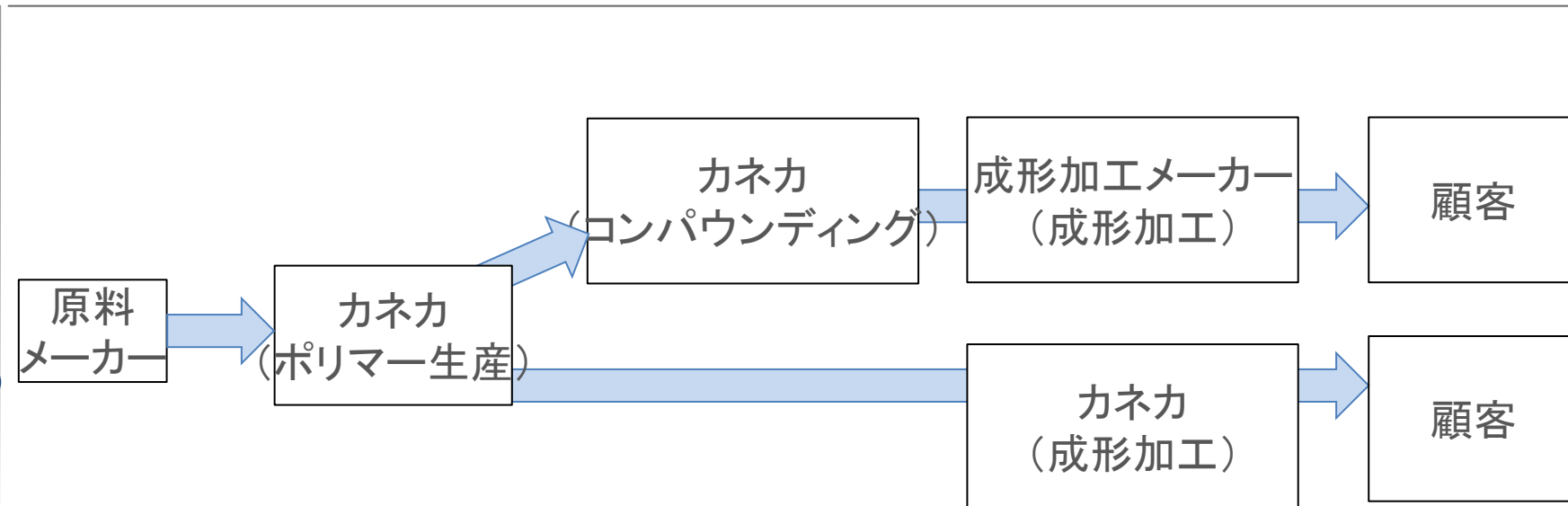
1. 事業戦略・事業計画 / (3) 提供価値・ビジネスモデル

海洋分解性を有する生分解性ポリマーコンパウンド、並びに成形品を提供する事業を創出/拡大

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

- 生産時の排出CO₂が現行PHBH[®]や石油由来樹脂よりも低位であり、且つ海洋を含む自然界で分解するポリマー材料、又はアプリケーションを提供
 - 顧客は自社製品の環境性アピールによる販売促進
 - 消費者は環境への貢献を認識できる
 - 最終製品まで販売することによるブランドホルダーとの関係強化、市場ニーズの先取り



<本研究開発との関係性>

- CO₂からのPHBH[®]培養生産技術
- PHBH[®]生産微生物育種

に関する研究開発により、CO₂からのPHBH[®]生産技術を実現させ、循環型のプラスチック産業を創出し、経済価値と社会価値を両立する低環境負荷プラスチック事業を立ち上げる

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)

事業モデル、プランの具体化

<p>課題 顧客の課題</p> <ul style="list-style-type: none"> ・石油由来プラスチック使用量削減 (特に使い捨て用途) ・生分解性認証材料の使用義務 (一部の国で法制化) ・低LCA素材への転換 <p>代替品 生分解性 ポリマー</p>	<p>ソリューション 具体的な解決方法</p> <p>生分解性、且つ低LCAであるプラスチック代替素材の提供</p> <p>主要指標(KPI)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・既存品と比較して変動費1.2倍以下 	<p>独自の価値提案</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ホームコンポストに加え、海洋生分解性を備える素材 ・ポリマーのみでは無く、成形加工技術をセットで提供 	<p>圧倒的な優位性</p> <ul style="list-style-type: none"> ・成形加工にて特許網構築済み ・バイオマス原料にて先行して市場開拓を進めている <p>チャネル 顧客との接点を持つための経路</p> <ul style="list-style-type: none"> ・多様な顧客との接点をすでに有する (多角経営の利点) 	<p>顧客セグメント</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プラスチック使用量の多いブランドオーナー企業 <p>アーリーアダプター 情報感度が高く、日常的かつ積極的に課題に対する代替案を探している人 (最初の顧客候補)</p>
<p>コスト構造 製品を市場に出すまでにかかる費用の金額</p> <p>製品として●～●円/kg程度</p>		<p>収益の流れ 「単価」「人数」「顧客1人あたりの利益の累積」「粗利益」などの想定に加えて、「1度の取引で見込まれる収益」をシミュレーションできるように記載</p> <p>ペレット生産費(変動費+固定費)+成形加工費+梱包・運送費 = 原価 成形品販売額(収入) - 原価 = 利益</p>		

①課題②顧客セグメント③独自の価値提案④ソリューション⑤チャネル⑥収益の流れ⑦コスト構造⑧主要指標(KPI)⑨圧倒的な優位性

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)

社会実装に向けた進捗状況

研究開発成果
(社会実装予定の
製品・サービス等)

研究開発成果の社会
実装に向けた実施項目
の説明・目標

研究開発成果の社会実装に向けた実施項目の進捗状況 (実施したこと)

進捗度

1 CO2由来のGreen Planetの市場創生 (低LCA製品製品需要の拡大)

低LCAと資源循環を両立する原料として廃食用油利用したPHBH培養生産技術を開発し、実装した。

・廃食用油の調達拡大 (SAFとの競合による価格向上が問題)
・廃食用油からPHBHを生産する新規微生物を開発し、実装した。
・廃食用油の受け入れ基準を作成し、実行した。
・廃食用油から生産したGreen Planet製品のGHG emissionを計算し、顧客に提供、採用に繋げた。

◎

2 CO2由来Green Planetを想定した成形加工技術の確立

生分解性ストローの需要増に対応し、量産技術開発と生産、供給体制の構築を実現した。

・ストロー用のPHBH配合の改良を実施した。
・成形加工条件を改良し、量産化を実現した。
・●●等の大手ブランドオーナーからの採用を実現。

◎

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)

市場導入(事業化)しシェアを獲得するために、ルール形成(標準化等)を検討・実施

標準化戦略の前提となる市場導入に向けての取組方針・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: LCAの算定方法や価値創造の論点整理をコンソーシアムにて実施
 アカデミア、並びに経済産業省とも定期的に意見交換を実施している
 ⇒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: 日欧のバイオプラスチック協会等との連携による認証制度整備
 ⇒考え方: トレーサビリティによる原料由来認証制度の創生が効果的
 「バイオベース」の考え方を原料由来からCO₂+生物固定に拡大
- 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るインベントリデータの整備。
 ⇒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ベース化を進める

国内外の動向・自社のルール形成(標準化等)の取組状況

(国内外の標準化や規制の動向)

- 欧州ではEu指令にて使い捨てプラスチックの製造、販売を規制(SUPD) (特定アプリケーションに限る)→PHBHを対象外すべく、ロビー活動を継続実施
- 欧州指令 (PPWR)により、パッケージングにはリサイクル性が必須。一部アプリケーションではホームコンポスト必須 (例: コーヒーカプセル、食品ラベル)
 →ホームコンポスト用途に特化し開発強化
- 海洋分解性ポリマーに関する分解試験方法の標準化が進捗
- eメタンやCCUの考え方、又欧州RFNBO等制度に関してCO₂からのバイオものづくりとの親和性を検証中
- 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議論し、長期固定化論理構築を開始

(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)

- 現行Green Planet製品のGHG排出量の顧客への提供 (アカデミア連携)
- バイオマス由来、各種生分解性に関する国際認証の取得
- PHBH製品の食品接触認可取得 (日米欧含む複数国)
- 欧州バイオプラスチック協会への委員派遣による欧州規制同行のモニタリング
- PHBHのリサイクル技術確立のための技術開発を実施し、リサイクル用途での販売を開始



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

- CO₂由来製品の認証制度 (標準化) の整備に関して、NEDOやMETI等のご協力の下、産官学で協議。
- CO₂由来製品の価値最大化の方向性を議論し、メディアなどを通して市場や消費者への認知向上を進める。
 →G7広島サミット、COP27 (エジプト)、関西・大阪万博協賛
 →テレ東WBS、日経新聞、読売新聞、毎日新聞等で紹介

知財戦略

- 顧客価値を生み出す「CO₂を原料とする直接ポリマー生産技術」の知財は、原則ブラックボックス化。
- プロセス全体でのGHG排出削減のポイントを明らかにし、低GHG排出技術を開発 (クローズ戦略)。
- 「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。

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)

LCAの実施状況

取組方針・考え方

・方針

- ガス循環培養プロセス特有の設備を導入した想定プロセスを前提に、既存事業での実データを加え、GHG emissionを計算を実施。
- ガス培養プロセスによるCO₂排出量の強度分析を実施、プロセス設計に応用する。
- Gate to Gate、Gate to Graveにおけるバウンダリの考え方をまとめ、CO₂から生産する際の価値最大化の課題を抽出する。

・考え方 (計算式等)

- 試算結果をプロセス設計に反映、また、算定方法等を標準化することを最終目的とし、24年度は「CO₂原料PHBHのCO₂排出量プロファイルの概要を把握」を実施。
- インベントリデータ…IDEA3.1。CO₂を算定対象。また、UTYについては現在・2030年・2050年のについて一定の仮定を置いて算定。
- バウンダリ…原料調達からペレット化前のCO₂原料PHBH樹脂あるいはPE/PP樹脂まで。
- マテリアルバランスの測定方法…製法が確立していないため、パーム油由来PHBHの製造条件を参考にユーティリティー使用量を推算。
- 機能単位…CO₂原料PHBH樹脂が有する性質を機能。ただし生分解性の違いを考慮することがないよう最終は焼却処理とした。

取組状況

・CO₂由来のPHBHのLCA算定結果

2024年・2030年・2050年の3つのシナリオについて試算

➤ **2024年シナリオ**

- 1 kg-PHBH培養あたりの原材料とユーティリティのGHG排出量は同規模。両方においてGHG排出量低減の検討が必要であることを示唆。
- ユーティリティのGHG排出量においては、PHBH培養における昇圧機の消費電力が最も多くの割合を占める。
- CO₂原料PHBHのGHG排出量は、比較対象の汎用プラスチックより著しく大きい。GHG排出量という視点ではCO₂原料PHBHの優位性を期待するのは難しい。

➤ **2030年シナリオと2050年シナリオ**

- 低/脱炭素化された原料やユーティリティにより、比較対象の汎用プラスチックと同等レベルもしくは同等以下のGHG排出量となりうる。
- 原材料として使用することにより回避されたCO₂排出量約2kg-CO₂/kg-PHBHは、2030年シナリオと2050年シナリオにおけるPHBH樹脂1kgと同程度の規模である。回避されたCO₂排出量が、マイナスの排出量として計上できれば、CO₂排出量を相殺して、ネットゼロに近くまでCO₂排出量を低減できる可能性がある。

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)

ルール形成(標準化等)の実施状況

取組方針・考え方

・方針

- CO2由来製品の社会実装を進めるため、低GHG emissionや資源循環を示す品質評価・表示手法の確立、LCA評価、CO₂固定量の評価等を実施する。

・考え方 (計算式等)

- LCAの算定において製品に取り込まれるCO₂の算定上の取り扱いについて、現在ある基準・ガイドライン等(ISO 14067・CFPガイドライン・ISCC EU・GHGプロトコル・SHK制度・ISO 22526)を整理し、CO₂由来PHBHの価値の訴求点を検討する。
切り口として、①原料となるCO₂の由来(大気・石油由来・バイオマス由来・副製品など)の違いによる取り扱いの違い。②CCUにおける長期固定の有無による取り扱いの違い。

そのうえで、現在の基準・ガイドライン等で取り扱いが不明瞭である場合には、明確にする基準・ガイドラインの策定検討を行う。

取組状況

(関連する基準・ガイドラインの整理)

- ISO 14067…バイオマス由来炭素はCFP結果に含めず、別途記載が必要。除去量やバイオマス成長時のCO₂吸収も文書化が求められる。
- CFPガイドライン…バイオマス由来炭素は、ゆりかごからゲート/墓場の両方でマイナス排出量として加算可能。廃棄時に燃焼される場合、吸収と排出が相殺されてネットゼロと説明。
- ISCC EU…バイオマス燃料のCO₂排出量はゼロとみなす。バイオマス成長時のCO₂吸収もゼロとして扱う。生物起源CO₂やDAC由来CO₂を「回避排出」としてマイナス計上できる可能性がある。
- GHGプロトコル…バイオ燃料の燃焼によるCO₂はScope1に含めず、別途報告。
- SHK制度…バイオマス燃焼によるCO₂は算定対象外(排出量ゼロとして扱う)。CO₂原料製品(CCU)については、長期固定の有無で取り扱いが異なる。
- ISO 22526…土地利用変化によるGHG排出の考慮が求められる。EoLシナリオの明記が必要で、リサイクルや分解性の考慮が可能。

(CO₂原料PHBHの算定方法とCO₂回収の価値移転の在り方)

- CO₂回収によって得られる「マイナスのCO₂排出量」は、証書などを通じて製品購入者に移転されることが想定されており、購入者はこれをScope3カテゴリ1の排出量削減として計上する可能性がある(ただし、これはGHGプロトコルのルール改訂で議論されている段階。)
- 製品が廃棄される際、生物起源のCO₂であればScope3カテゴリ12において排出量ゼロと見なされるため、購入者にとってはカテゴリ1と12の両方で排出量削減のメリットがある可能性。

(今後の検討課題)

- CO₂の循環を組み入れたシナリオにおいて算定方法・価値移転の考え方を整理する。

1. 事業戦略・事業計画 / (4) 経営資源・ポジショニング

技術の強みを活かして、GHG削減/環境対策(特にマイクロプラスチック非発生)という価値を提供

自社の強み、弱み (経営資源)

ターゲットに対する提供価値

- CO₂を炭素源、H₂をエネルギー源することで、資源やエネルギーの偏在リスクを回避し、目次カーボンニュートラルに資する、全く新しい物質生産システムを提供
- 海洋分解性を有するため、マイクロプラスチック問題の低減に貢献可能
- PHBH®は、30年に上る継続的な経営資源の投入により植物油脂からの工業生産を実現しており、技術優位性が高い



自社の強み

- ポリマーサイエンスとバイオテクノロジーの両方を保有し事業展開しているため、生産から販売まで対応可能
- コマーシャル規模での培養経験が豊富であり、ラボからのスケールアップ技術に強み
- 生分解性ポリマーのビジネス基盤をグローバルに保有し、業界での高い知名度
- CO₂から多様な物性を有するPHAを生産し、多用途展開を実現

自社の弱み及び対応

- ガス利用に特化した培養設備設計・建設技術を保有しない⇒日揮HDと協業

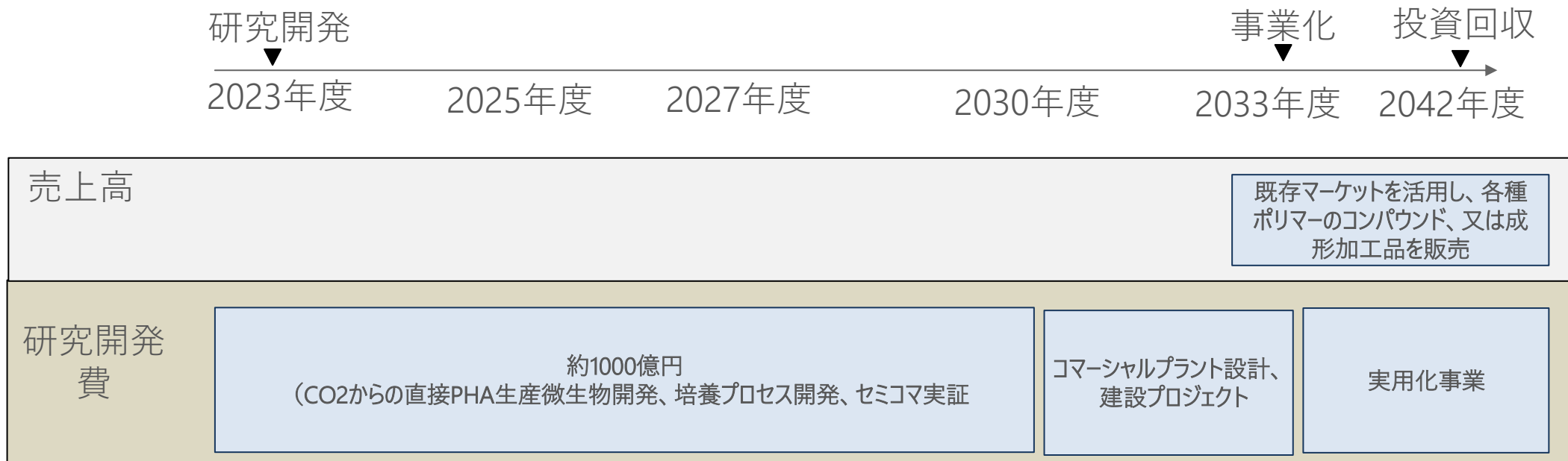
競合との比較

企業	ポリマー種/材料	顧客基盤		サプライチェーン		生分解性		
		優位性	優位性	優位性	優位性	優位性	優位性	
自社	多様な物資を有するPHBH®/植物油脂⇒CO ₂	◎	日米欧に加え、世界のブランドホルダー企業	○	樹脂・コンパウンド・成型品の何れも販売可能	○	コンポスト、土壌、海洋分解性を保有	◎
競合他社	硬質PHAコンパウンド/植物油脂	×	主に米、欧に展開	△	コンパウンド販売	×	海洋分解性無し(非海洋生分解性樹脂とのコンパウンド)	△
	ポリ乳酸/トウモロコシ由来の糖質	○	グローバルに展開	○	樹脂をコンパウンドに販売	○	工業コンポスト分解性のみ(非海洋分解性)	△
	バイオポリエチレン/サトウキビ由来の糖質	△	グローバルに展開	○	樹脂をコンパウンドに販売	○	生分解性無し	×

1. 事業戦略・事業計画 / (5) 事業計画の全体像

9年間の研究開発の後、2033年頃の事業化、2042年頃の投資回収を想定

投資計画

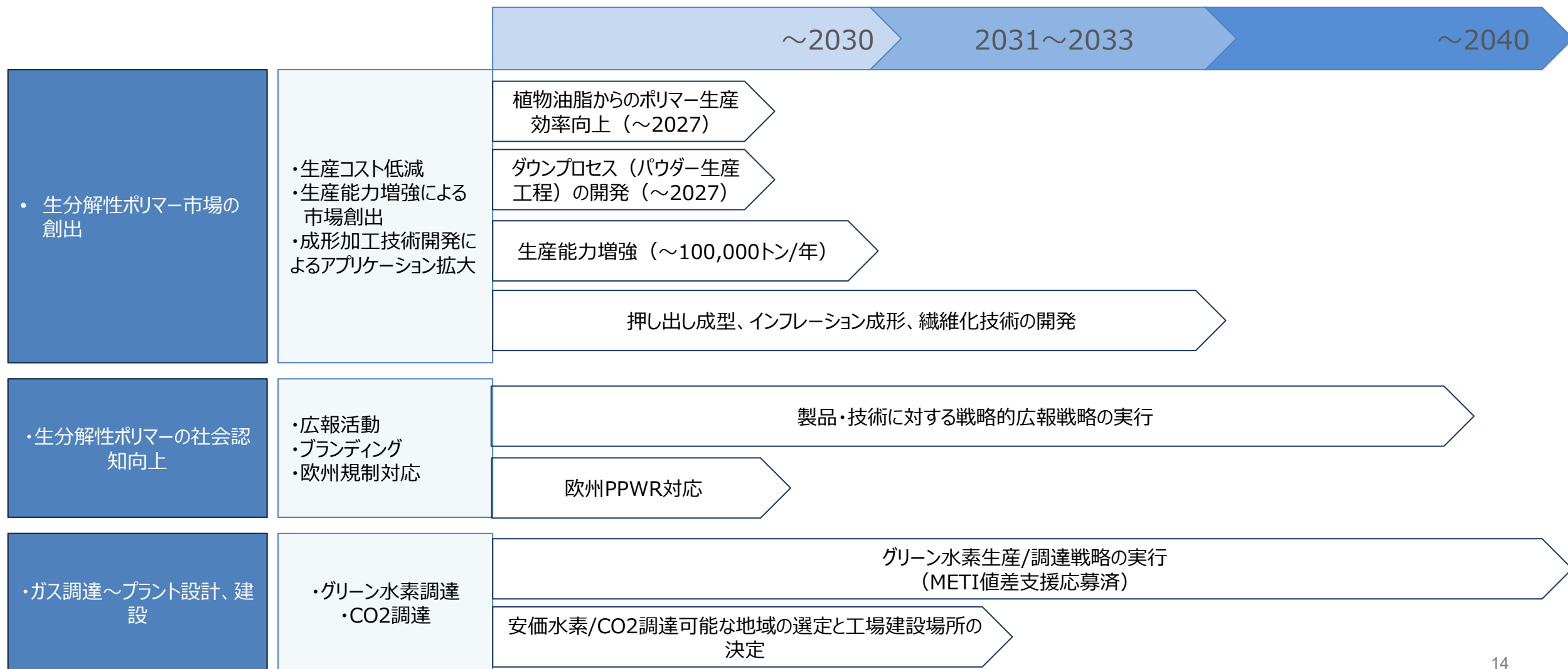


	2042年	
CO ₂ 総固定量*1	142万トン	1.8kg CO ₂ / 1kg PHBH
CO ₂ 排出削減量	150万トン	PEを置き換えた場合 (前提: 1.9 kg-CO ₂ / kg-PE)

*1:理論値

1. 事業戦略・事業計画 / (5) 事業計画の全体像

(1) 現時点～ : 中期的社会実装ロードマップ



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

取組方針

研究開発・実証

- CO₂を原料としてPHBHを生産する微生物育種
- CO₂/H₂/O₂ガスを効率的に利用し、高い生産速度で物質生産する微生物を開発
- 多様なポリマーを生産する微生物開発基盤を構築することで、利用可能なアプリケーション幅を拡大
- 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、生産実証を通じて実用化の課題を抽出
- CO₂を原料とする素材の標準化やLCA計算手法を検討し、価値を最大化

設備投資

- 本事業内にて、CO₂を原料としたPHBH生産プロセスのスケールアップ、セミコマーシャルプラントによる生産実証設備に設備投資
- 培養以降のポリマー生産については現在生産しているシステムが流用可能であり、培養槽とセットで設備投資を実施
- 本事業にて開発した技術基盤を基に、グローバルに生分解性ポリマー事業を展開する
- 事業化を進める際に必要なCO₂/H₂/O₂ガスの供給に関し情報収集を進め、外部技術導入など最適手段を検討

マーケティング

- 現在販売するPHBH顧客基盤やその他に保有するポリマー関連顧客とのコネクションを活用
- アカデミアやメディア、展示会、学会、万博などで積極的にPRし、市場、顧客の認知度向上に努める

国際競争上の優位性

- 微生物による直接ポリマー生産技術によって製造したPHBHを現在の規模で生産・販売している会社は当社のみ
- 当社はポリマーを含め多くの素材をグローバル展開しており、顧客基盤を有する
- CO₂を原料としたガス発酵プロセスは、原料立地への依存性が低いことから、グローバルな事業展開に適する

- 現状プラント設備会社とのパイプはないが、本事業を通じ日揮HD社との関係性を築き、グローバルな事業展開の基盤を構築

- すでに本事業のターゲットであるPHBHを販売しており、欧米に開発拠点を保有
- 日本バイオプラスチック協会や欧州バイオプラスチック協会とコネクションを有し、CO₂由来ポリマーのマーケティングにて協業化能
- PHBH事業において、既に世界規模で高い認知度を保有し、マーケティングに有利な環境にある

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

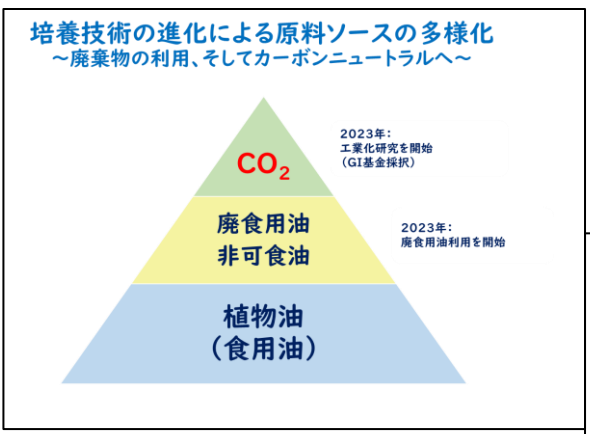
・GI基金事業の取組をアピールするアウトリーチ活動

- GI基金事業の採択を4社同時にプレスリリースするとともに、動画を作成し、アピール
- Green Planet事業の産官への紹介時にGI基金事業の内容の合わせて説明
- G7やCOPにてブース説明、動画紹介を実施

GI基金事業紹介動画のコマ例
(G7, COP27, BioJapan2023などで使用)



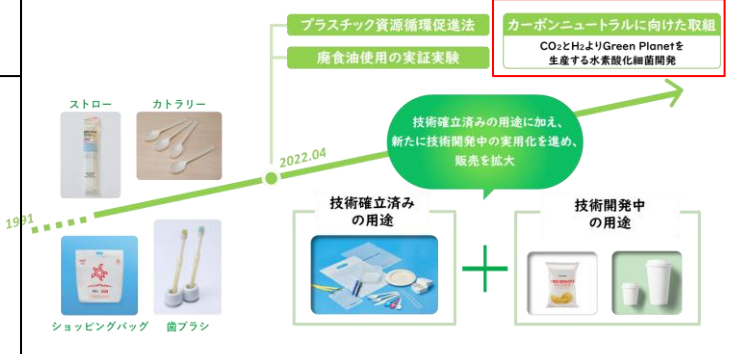
Green Planet事業紹介資料にて
GI基金事業の計画を説明



説明実施機関

- ・ブランドオーナー企業
- ・官庁 (経産省、環境省、兵庫県、維新の会など)

Green Planet®の広がる消費



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

・市場開拓に向けた開発/規制同行の確認・対応

- CO₂由来PHBH市場開拓に向け、現行製品の生産能力を5,000Mt/Aから20,000Mt/Aに増強
→現行事業を基に成形加工性や物性をアプリケーション毎に最適化し、CO₂原料への切り替え時の市場開拓
- 主要市場である欧州におけるプラスチック規制同行をウォッチ



欧州プラスチック規制のウォッチ

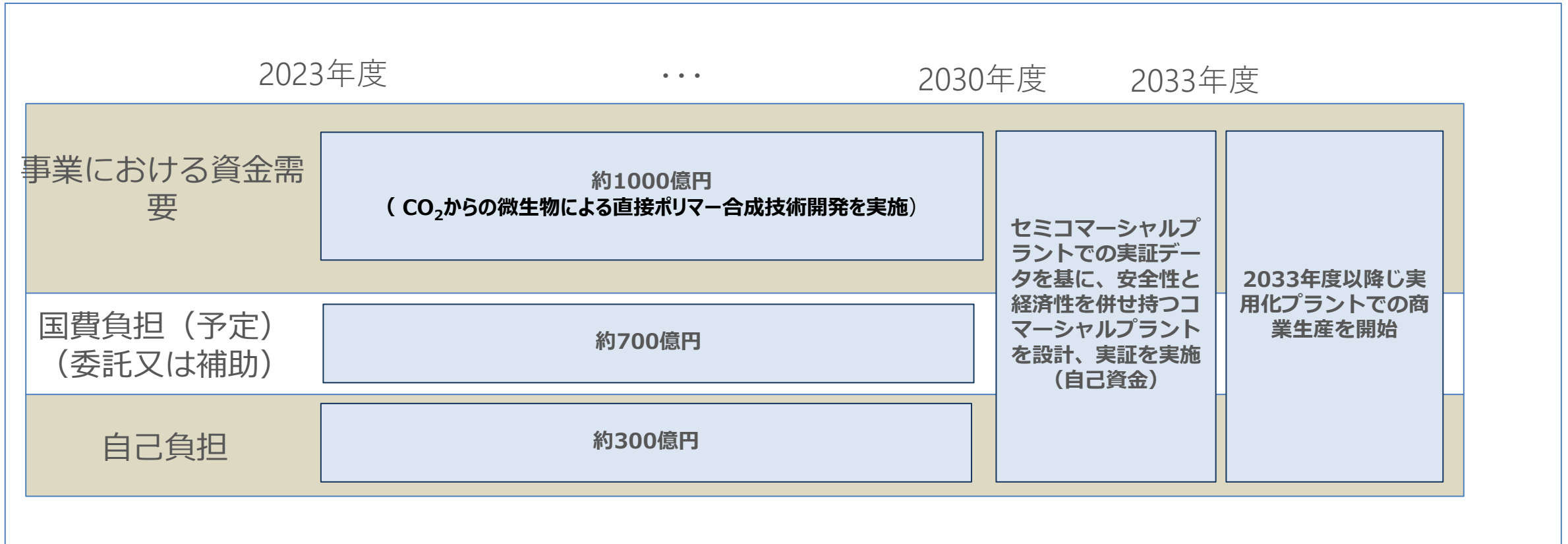
- 【欧州PPWR (Packaging and Packaging Waste Regulation)の改定】
 →欧州ではパッケージングは基本性能としてリサイクル性が必須
 →コーヒーカプセル、食品ラベルなどホームコンポスト必須も設定
- 【欧州マイクロプラスチック規制 (2023年9月発令)】
 →一次マイクロプラの製造、販売の禁止
 →人工芝用粒子充填剤、農業資材などで生分解性ポリマーの需要拡大



- ・PHBHのリサイクル技術開発を加速
- ・ホームコンポスト市場開拓
- ・一次マイクロプラスチックの代替となる用途に関して調査開始

1. 事業戦略・事業計画 / (7) 資金計画

国の支援に加えて、自己負担による商業化プラント立ち上げを予定



- 2030年に立ち上げるセミコマーシャルプラントにて実証試験を重ね、2033年以降に自己資金による商業化プラント立ち上げを計画。

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）	[1-1-1] ・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。

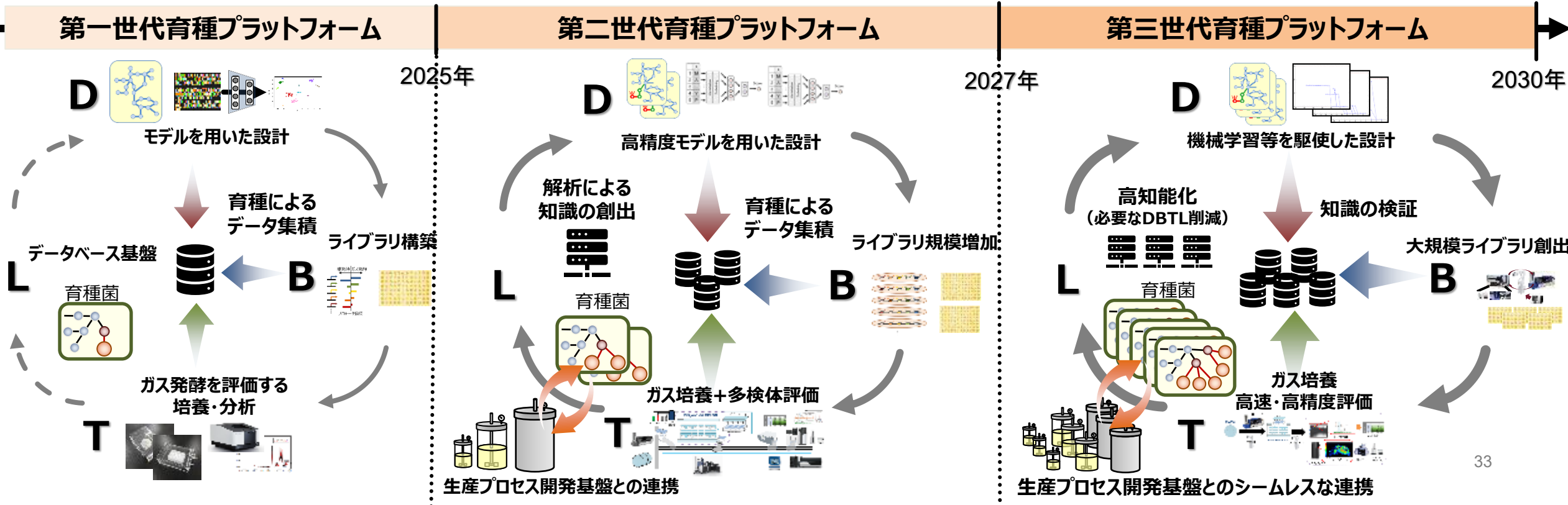
・残課題無し。

(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	-

(参考資料)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

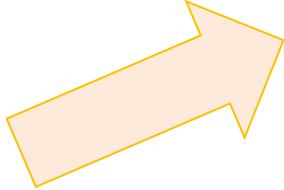
開発の概要： 全体概要

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



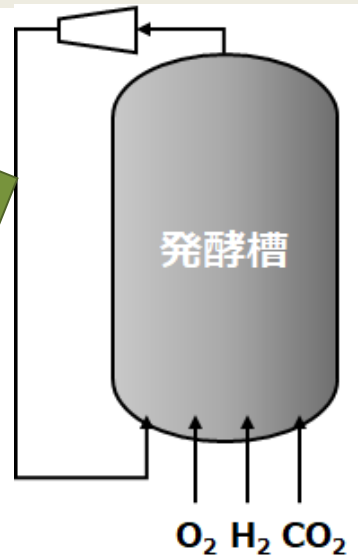
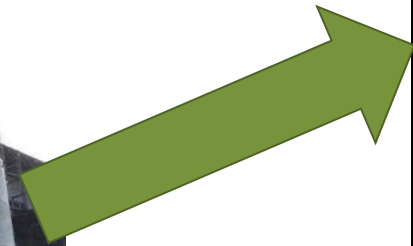
原料：油脂



原料：油脂



原料：CO₂



2011年：1,000Mt/年 2019年：5,000Mt/年

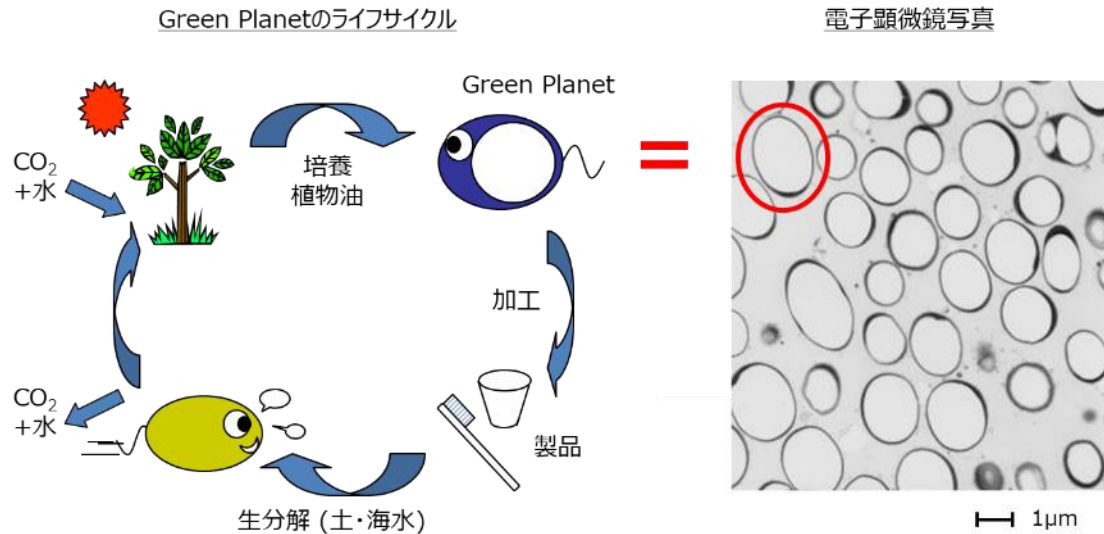
2024年：20,000Mt/年
(建設中)

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効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効率生産、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を高効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●●●³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="text-align: center; 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・フィージビリティ・スタディの確認 (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、フィージビリティ・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="text-align: center; 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のセミコマーシャル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	これまでの開発進捗	進捗度
[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)	<ul style="list-style-type: none"> ●●● 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) 	○ ●●● Lスケールまでのスケールアップを完了した。
[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)	<ul style="list-style-type: none"> ●●● 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) 	○ ●27年度中の稼働に向けてオンスケジュール。
[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:SG2)	<ul style="list-style-type: none"> まずは3-2-1に注力しており未実施 	—
[3-2-3] PHBHセミコマーシャルプラントの設計・フィージビリティの確認 (2027年度:SG2)	<ul style="list-style-type: none"> まずは3-2-1に注力しており未実施 	—
[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)	<ul style="list-style-type: none"> まずは3-2-1に注力しており未実施 	—
[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)	<ul style="list-style-type: none"> まずは3-2-1に注力しており未実施 	—

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)

残された技術課題

・今年度のMSについては達成済み。

解決の見通し

[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)

・今年度のMSについては達成済み。

[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)

・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。

・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。

[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)

・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

・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

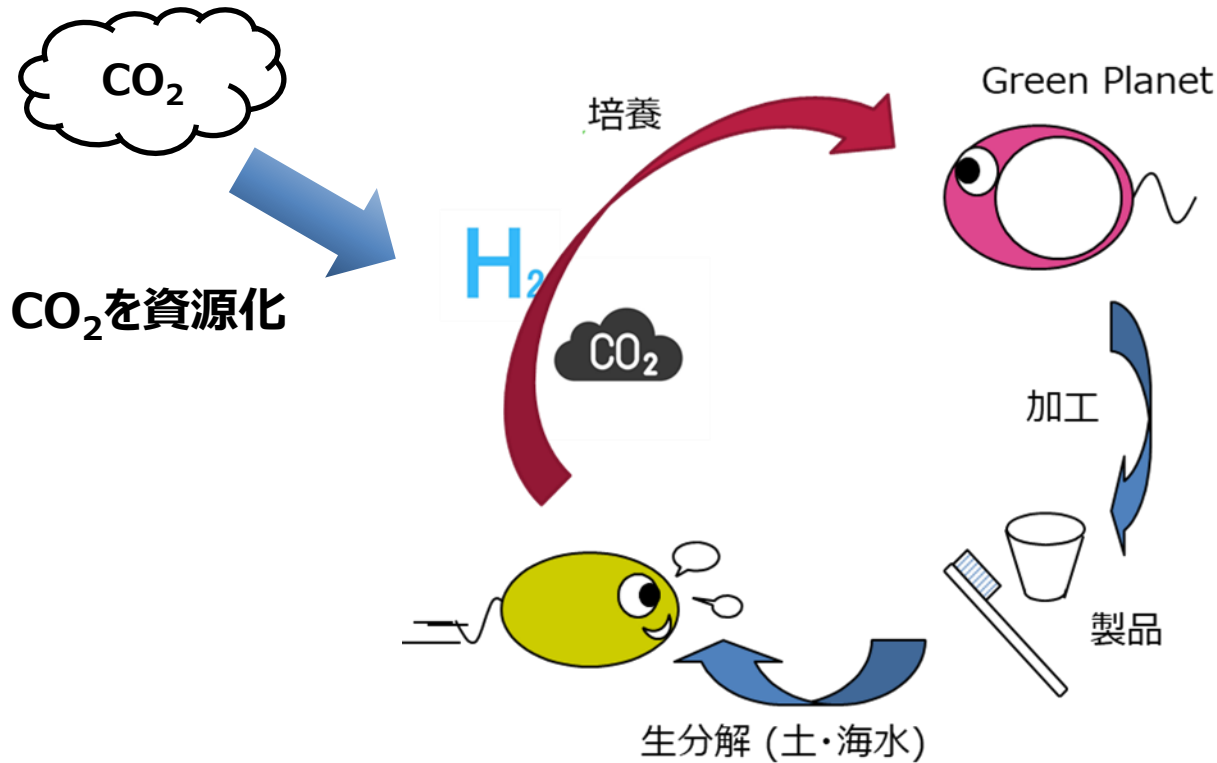
3-3 生産プロセス開発基盤による有用物質生産実証

直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
[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



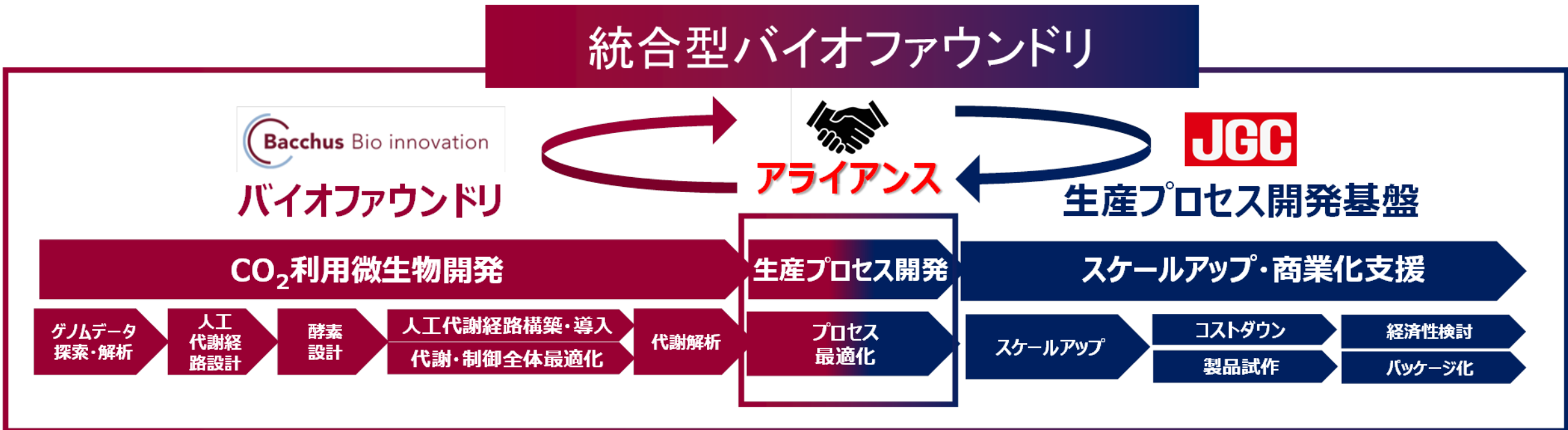
カネカ生分解性バイオポリマー Green Planet®を CO₂から製造！

開発の概要：全体概要

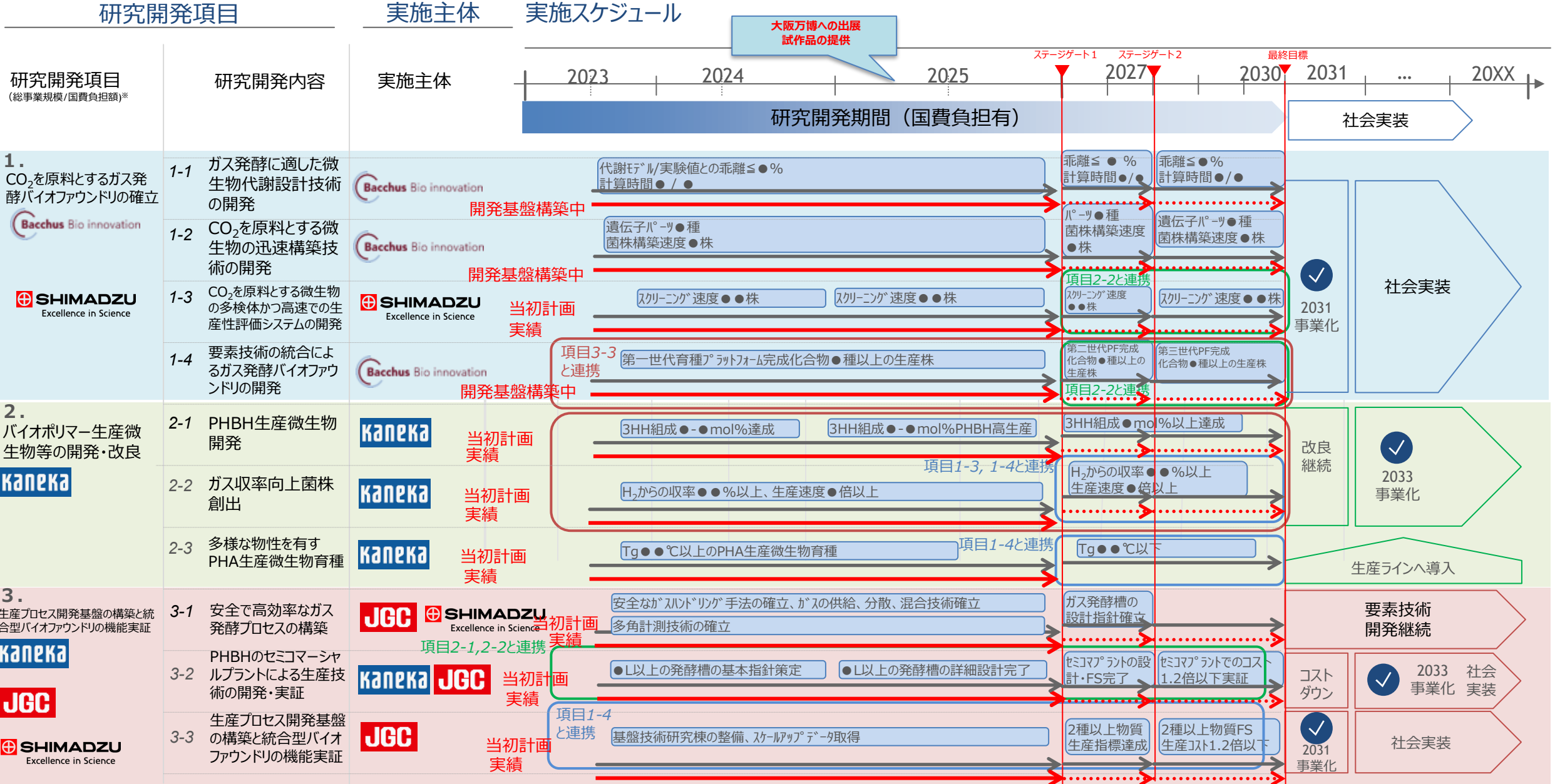


【開発のターゲット2】 統合型バイオフィアウンドリの構築

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。



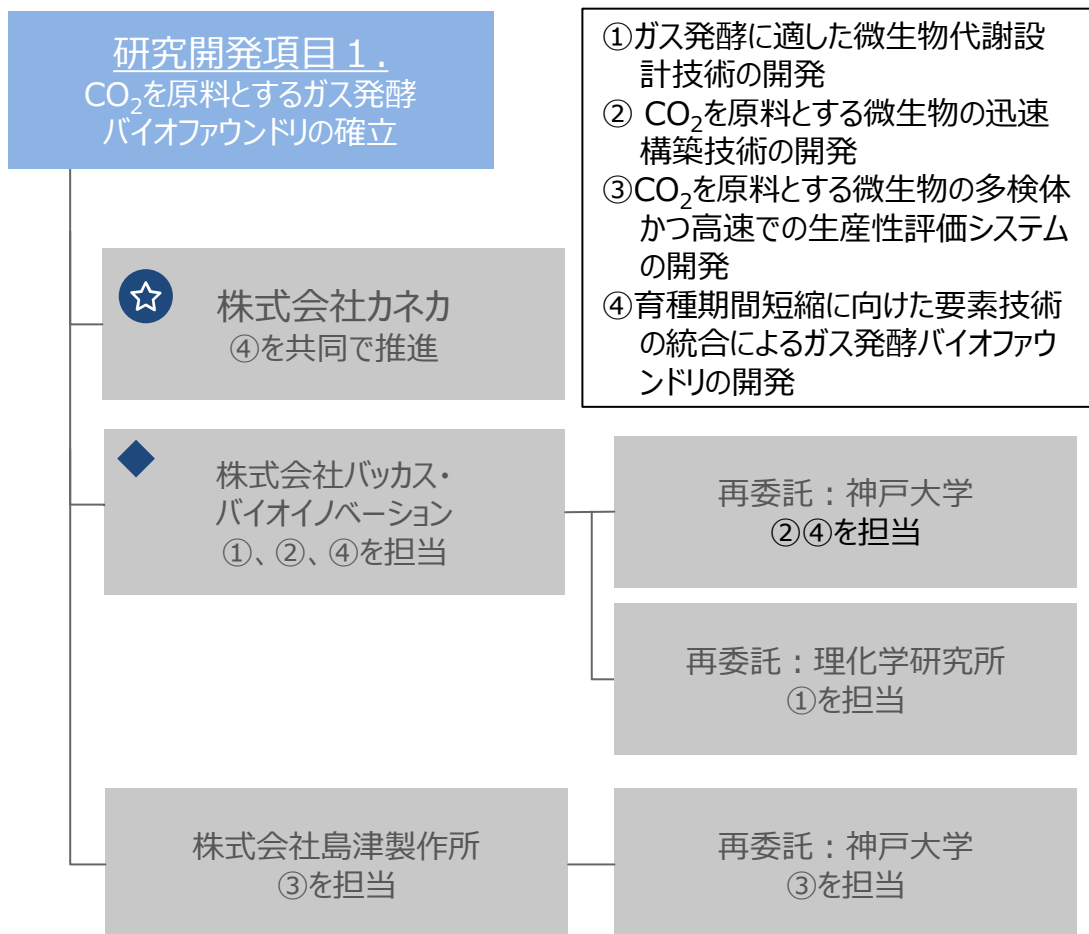
2. 研究開発計画 / (3) 実施スケジュール 全体計画



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

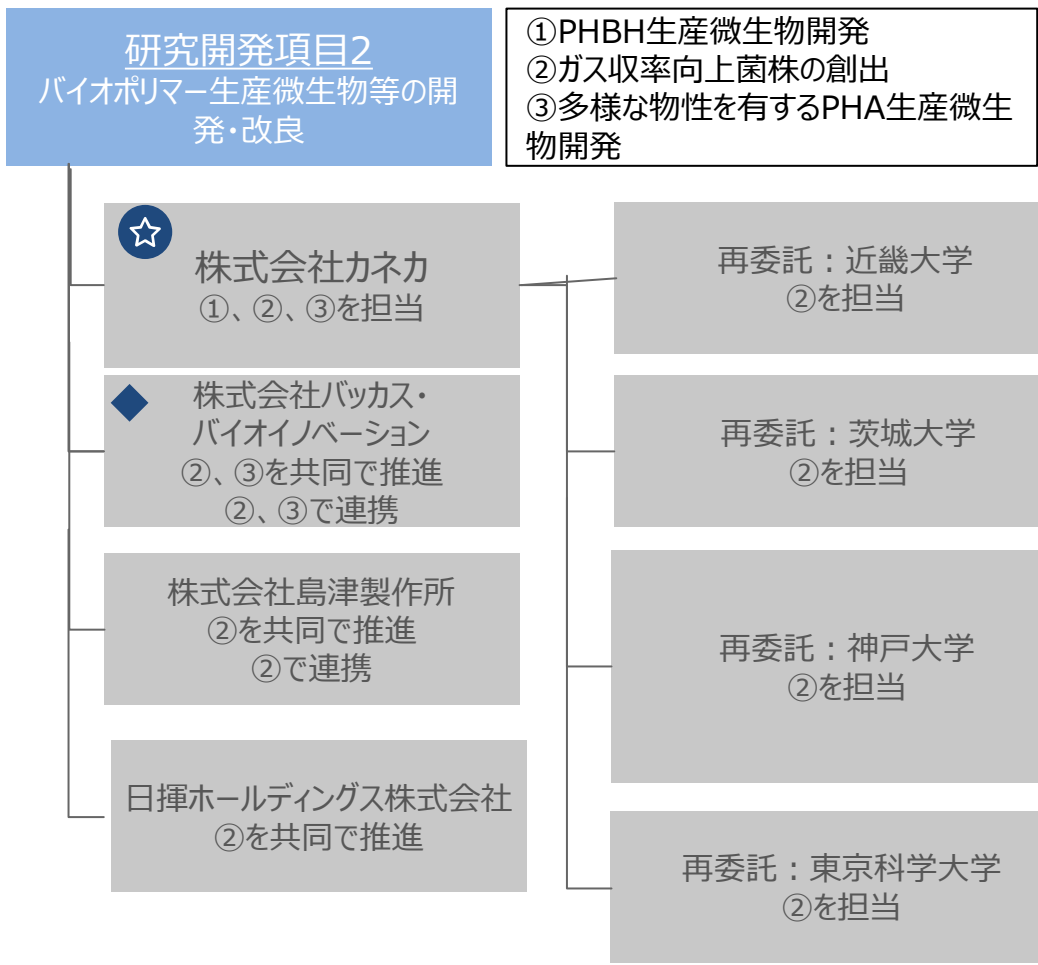
中小・ベンチャー企業の参画

- 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

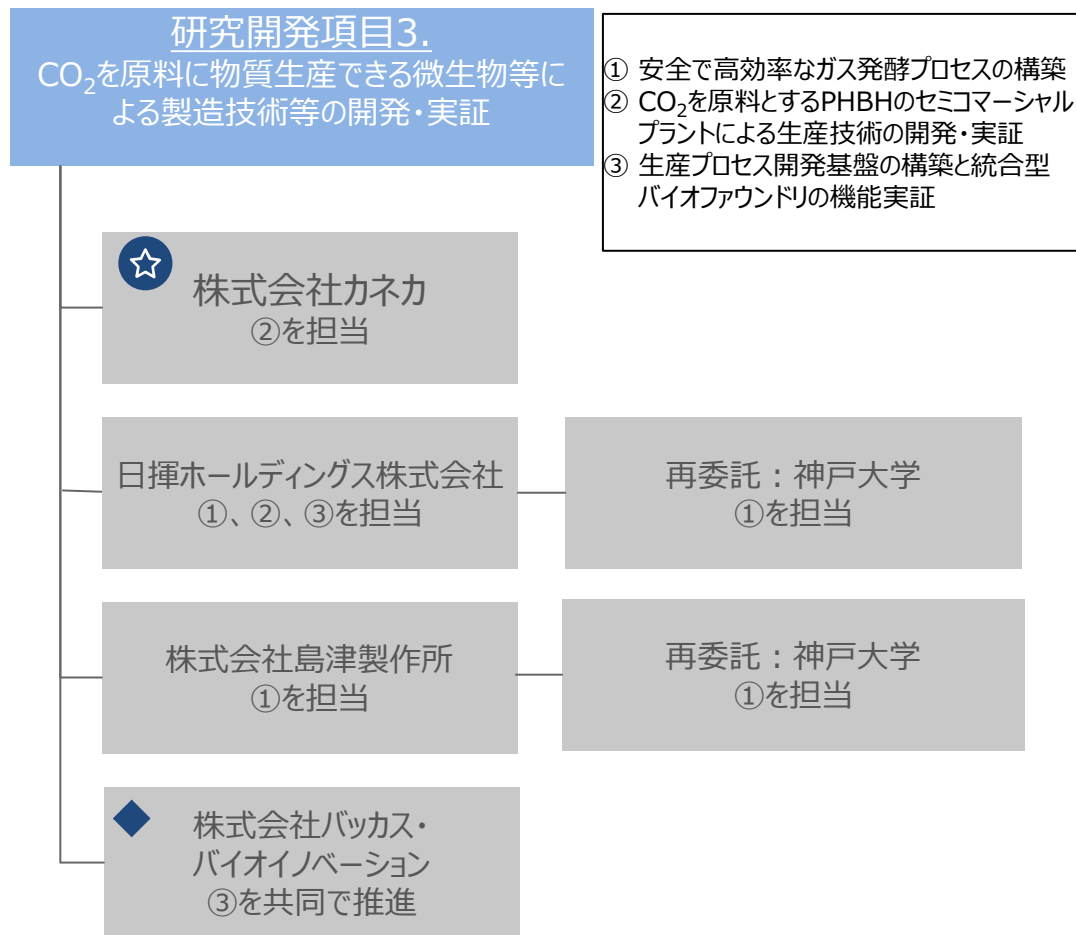
中小・ベンチャー企業の参画

- 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
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>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)) ジャーファーメ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	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 20px; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin-right: 5px;">3-2</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-left: 5px;"> <div style="background-color: #0056b3; color: white; padding: 2px 5px; font-weight: bold; font-size: 1.2em; margin-bottom: 5px;">Kaneka</div> <p>CO₂を原料とするPHBH®のセミマーシャルプラントによる生産技術の開発・実証</p> </div> </div>	<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>
	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 20px; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin-right: 5px;">3-3</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-left: 5px;"> <div style="background-color: #e31a1c; color: white; padding: 2px 5px; font-weight: bold; font-size: 1.2em; margin-bottom: 5px;">JGC</div> <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> </div> </div>	<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>

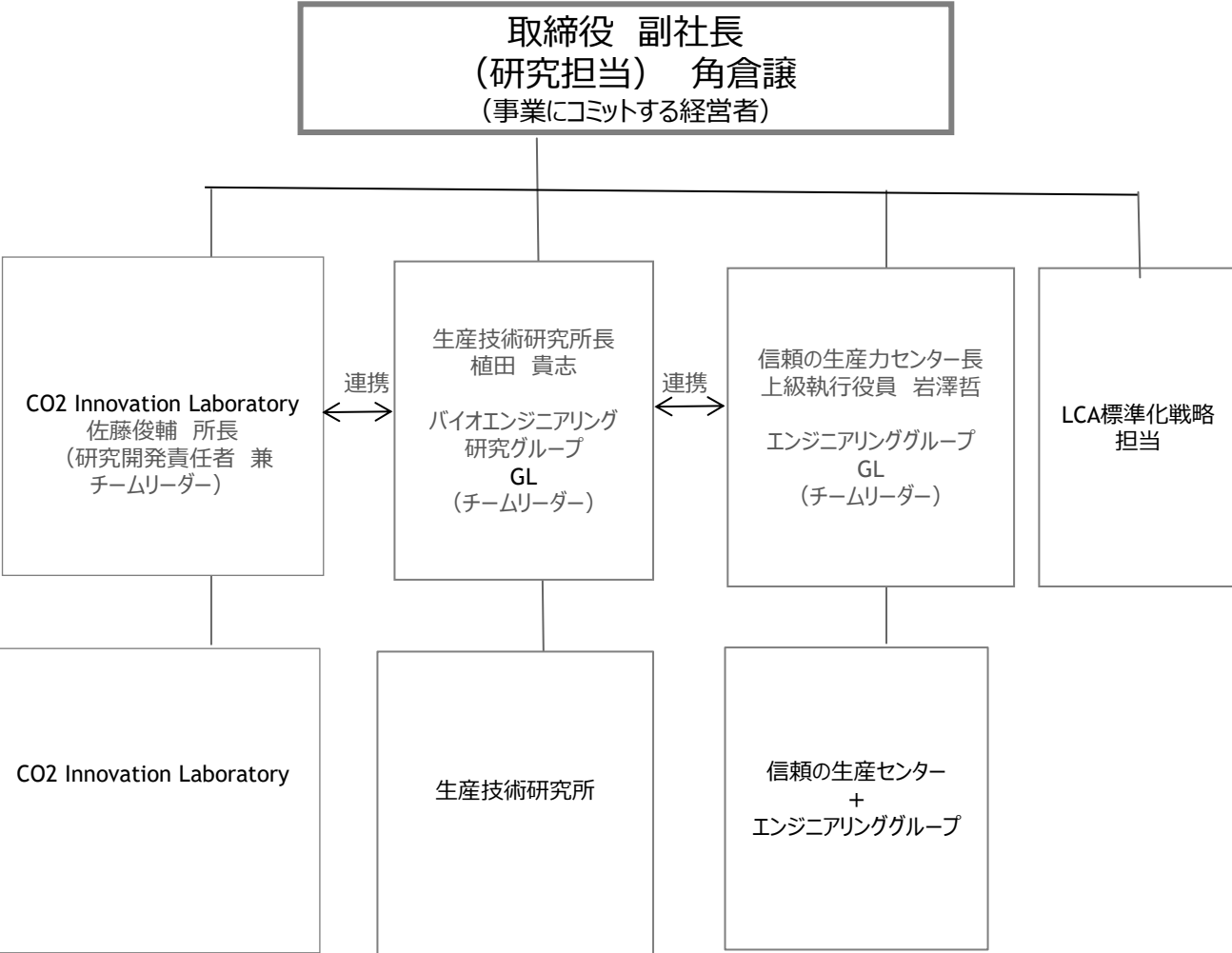
3. イノベーション推進体制

(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
 - CO2 Innovation Laboratory 佐藤俊輔所長
- 担当チーム（25年SGまでの体制。順次、増員する）
 - (1) CO2 Innovation Laboratory：水素細菌の育種培養技術開発を担当（専任●●人、併任●●人規模）
 - (2) 生産技術研究所：培養スケールアップを担当（専任●人、併任●人規模）
 - (3) 信頼の生産センター+GP生産グループ：JGCと連携し、プラント建設を担当（専任●人、併任●人規模）

部門間の連携方法

- 各チーム間にて少なくとも毎月、進捗状況を報告し合い、課題に対して解決策を協議、実行する。
- 研究開発責任者は、毎月、統括月報、月報要旨等により研究所長・センター長、研究担当に報告し、状況に応じて指示を得、対応策を実行する。
- 研究所長・センター長は、毎月、全体の進捗状況を確認、状況に応じて対応策を指示する。

3. イノベーション推進体制／（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

経営者等によるGreen Planet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
 - 2050年のカーボンニュートラル(CN)を目指す中でCN技術委員会の設置を指示、工場のCO2排出量削減やCNに貢献する製品の開発を目指す中で、Green Planet事業を重要事業と位置付け、事業ポートフォリオ変革を急いでいる。
⇒工場の石炭火力からLNGへの燃料転換によるCO2排出量削減方針を決定
⇒IR説明会にてGI基金事業の説明を実施
 - 統合報告書の中でも環境・エネルギー問題の解決を重要視し、主な解決策としてGreen Planet事業を挙げている。
 - 2018年度より、経営モデル・システムを変革した。その中で当社は失敗を恐れない、実験カンパニーを標榜している。
 - CO2の資源化を加速するため、コーポレート研究組織としてCO2 Innovation Laboratoryを新設。
 - 2024年度GXリーグ参加
- 事業のモニタリング・管理
 - 事業・研究所の統括月報が経営層に毎月報告され、課題があれば別途詳細報告を求め、指示を出す。Green Planet事業は経営の重大関心事である。
⇒毎月の進捗を経営層に報告し、ヒアリングを実施
⇒200Lベンチ、パイロットの設置場所（土地利用）に関し担当役員と多く意見交換を実施。工場全体のCN構想とも連携し強力に進めるよう指示を得た。
 - これまでGreen Planet事業に関わり、かつ社外組織に関わっている役員・社員等からの月報・報告も参考にし、偏った見方にならないように留意している。
⇒Green Planet事業の戦略会議の中でGI基金事業の進捗を説明。
Green Planetの顧客に対してGI基金事業の興味についてヒアリング実施

経営者等の評価・報酬への反映

- 事業の業績は経営者や担当役員・担当管理職等の評価や報酬の一部に反映される。上位職ほど、業績が評価・報酬に直結する。

事業の継続性確保の取組

- 経営層の中にGreen Planet事業担当を継続して置いている。
- これまで、ストロー、カトラリー、ファッションバッグ、コーヒーカプセル等のアプリケーションを中心に事業を展開してきたが、食品（容器、包装）、繊維、農業用途など、比較的市場規模が大きく、Green Planet製品に期待する価値が大きな製品への用途展開により、販売量拡大を目指すと共に、当社の戦略事業として育成していく。
- 2024年度に既存プラントを20,000トン規模に能力増強し、事業基盤を強化。●●などへ拡販を実現し、着実に市場創出が進捗。将来のCO2由来Green Planet市場へ。

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Green Planet事業を位置づけ、企業価値向上とステークホルダーとの対話を推進

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
 - カーボンニュートラル(CN)技術委員会を設置し、工場のCO₂排出量削減やCNに貢献する製品の開発を目指すための戦略を2021年度に策定した。Green Planet事業は当然含まれる。
⇒CN委員会の中で、将来的なグリーン電力、グリーン水素、グリーン酸素の供給に関して議論。
⇒播磨地域のコンビナート全体でのCN化の連携について協議。
⇒GXリーグへ参加（2024年）。
- 事業戦略・事業計画の決議・変更
 - 2050年のCNの実現に向けて、研究所・事業部の戦略・計画について、2022年度4Qに中計部門長会、R&B戦略会議において決議する。
 - 事業の進捗状況を毎月の取締役会・部門長会においてフォロー・議論するとともに、進捗状況や決定事項を部門長を通じて各部門のメンバーに伝えている。
- 決議事項と研究開発計画の関係
 - 研究開発は当社の成長におけるエンジンであり、事業戦略・計画の中に研究開発は必ず含まれていると言っても過言ではない。
- コーポレートガバナンスとの関連付け
 - Green Planet事業の推進に向け、新たに執行役員を選任

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
 - 中期経営計画、統合報告書、TCFDにおいて、Green Planet事業を重要なものとして位置づけている。
 - 研究開発計画については、経営計画、統合報告書の中で提示されている。
- ステークホルダーとの対話
 - 毎年IR説明会を開催しており、重要事業としてのGreen Planet事業についても説明。
 - 当社HPにおいても、事業・製品等を紹介しており、その中でGreen Planet事業を、サステナブルな社会の実現に貢献するソリューションと位置づけている。具体的には、海水中でも生分解するカネカ生分解性バイオポリマー Green Planet®を使った製品が、全世界に広がることによって、海洋マイクロプラスチック問題の解決をはじめ豊かな地球環境を守っていききたいと紹介している。
 - 当社はステークホルダーへの説明の一貫としてコマーシャル(CM)を放映。Green Planetについても、環境に優しい生分解性バイオポリマーとして社会認知を拡大させる為、2024年にCMを刷新し、放映拡大。
 - GI基金事業の採択、開始に際し、プレスリリースを実施、また説明動画を作成し、情報を開示。動画はG7やCOP、展示会などで活用し、広く情報開示を実施
 - 大阪・関西万博にて日本館への展示協力を実施

3. イノベーション推進体制／（4）マネジメントチェック項目③ 事業推進体制の確保

機動的に経営資源を投入し、社会実装、企業価値向上に繋ぐ組織体制を整備

経営資源の投入方針

- 実施体制の柔軟性の確保
 - 開発体制・資源投入については、3年の仕掛けに従って実行していくが、課題が発生した場合は、経営層の関与も得ながら、機動的に対策を立案し、実行している
 - 現在、経産省、兵庫県のご支援を頂き、新設プラントを建設・稼働。新設プラントにて培った技術やノウハウを本事業にも柔軟に投入し、確実なガス発酵プラントの実証に繋げる。
 - Green Planet製品を既存顧客・顧客候補に提供し、評価結果を設計の早期改善に活用している。
- 人材・設備・資金の投入方針
 - 微生物育種、培養技術開発、培養スケールアップ、設備建設のエンジニアリングの研究者をCO2 Innovation Laboratory、生産技術研究所、信頼の生産力センターから専任●名、併任●名程度の規模で確保する。
 - 当社はGreen Planetの研究所・事業部を有しており、既存の設備・研究開発場所についてはできるだけ活用するが、特にガス培養関連のパイロット設備、セミコマース設備（精製、加工設備を含む）については新設する。
 - Green Planet技術開発については、植物油を原料としたプロセス開発を中心にこれまで多くの資金を投じてきており、CO₂を原料としたプロセス開発については国費を積極的に活用する方針。2031年度以降も事業成長に必要な資金を投入する方針だが、国費による助成を期待する。
 - Green Planet事業については短期的な経営指標に左右されず、資源投入を継続してきている。

専門部署の設置と人材育成

- 専門部署の設置
 - Green Planet事業を展開するにあたり、研究、プロセス開発、製造・販売、開発、認証/品質保証、オープンイノベーションに取り組む複数の専門部署を設置し、継続的な事業拡大に取り組んでいる。
 - 2024年にCO₂からのバイオものづくりに関する専門部署としてCO2 Innovation Laboratoryを設置。
- 若手人材の育成
 - 若手研究者を国内大学等から積極的に採用、継続的な育成に取り組んでいる。
 - 若手研究者を海外大学に派遣することで、人材育成と最先端技術の獲得に繋げている。
 - 本事業においては、共同実施企業、ベンチャー、再委託先大学との連携に若手研究者を積極的にアサインし、人材交流と育成に重点的に取り組む。

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、技術あるいは市場の獲得に目途が立た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

- 目標とするH₂収率を達成できず、目標製造コストを実現できないリスク（代替候補の製品に対して大きく劣る）
→ リスクが顕在化した時点でのタイムリーな資源の追加投入ができるよう、データ管理、進捗マネジメント、状況共有を実施する。
- ガス循環流量が大きすぎるために、製造プロセスのコストダウンが達成できず、目標建設コストを実現出来ないリスク
→ 日揮HG、カネカ、アカデミアとの連携を適切に実施し、ガス循環方法や必要機器の選定、プロセス設計を都度見直すことで、リスク回避を進める。

社会実装（経済社会）におけるリスクと対応

- 化石資源由来、又はバイオマス由来製品の価格が想定より低位に推移し、CO₂由来製品のコスト優位性が想定よりも低く推移することで社会実装が進まないリスク
→ 価格面での経済性のみならず、GHG排出削減や、原料入手性、経済社会保障の面からのCO₂由来製品の付加価値化を進める

その他（自然災害等）のリスクと対応

- 日本国内でのCO₂とH₂の供給体制の整備、コストダウン技術開発が想定より下振れし、原料入手が困難となるリスク
→ 短期的には自社電解H₂、石炭火力由来CO₂を活用する。
また、原料の自社製造も視野に入れると共に、廃棄物バイオマス等のCO₂とH₂を用いない技術開発を並行して進める。



- 事業中止の判断基準：
 - プロジェクトの中間目標達成の目途が立たない場合。
 - 市場状況が変化し、開発技術に対する市場が想定より大幅に小さくなると判断した場合。
 - 他の参画事業者が何等かの事情で開発を継続できなくなり、代替事業者が見つからない場合。
 - 自然災害、重篤な伝染病の流行により、本事業に不可欠な部材や試料、原料の入手の困難性等、自己の責めに帰さない事由により継続困難な場合。