

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：株式会社カネカ 代表名：代表取締役社長 田中稔

(コンソーシアム内実施者（再委託先除く）： 株式会社バックス・バイオイノベーション
日揮ホールディングス株式会社
株式会社島津製作所

目次

0. コンソーシアム内における各主体の役割分担

1. 事業戦略・事業計画

- (1) 産業構造変化に対する認識
- (2) 市場のセグメント・ターゲット
- (3) 提供価値・ビジネスモデル
- (4) 経営資源・ポジショニング
- (5) 事業計画の全体像
- (6) 研究開発・設備投資・マーケティング計画
- (7) 資金計画

2. 研究開発計画

- (1) 研究開発目標
- (2) 研究開発内容
- (3) 実施スケジュール
- (4) 研究開発体制
- (5) 技術的優位性

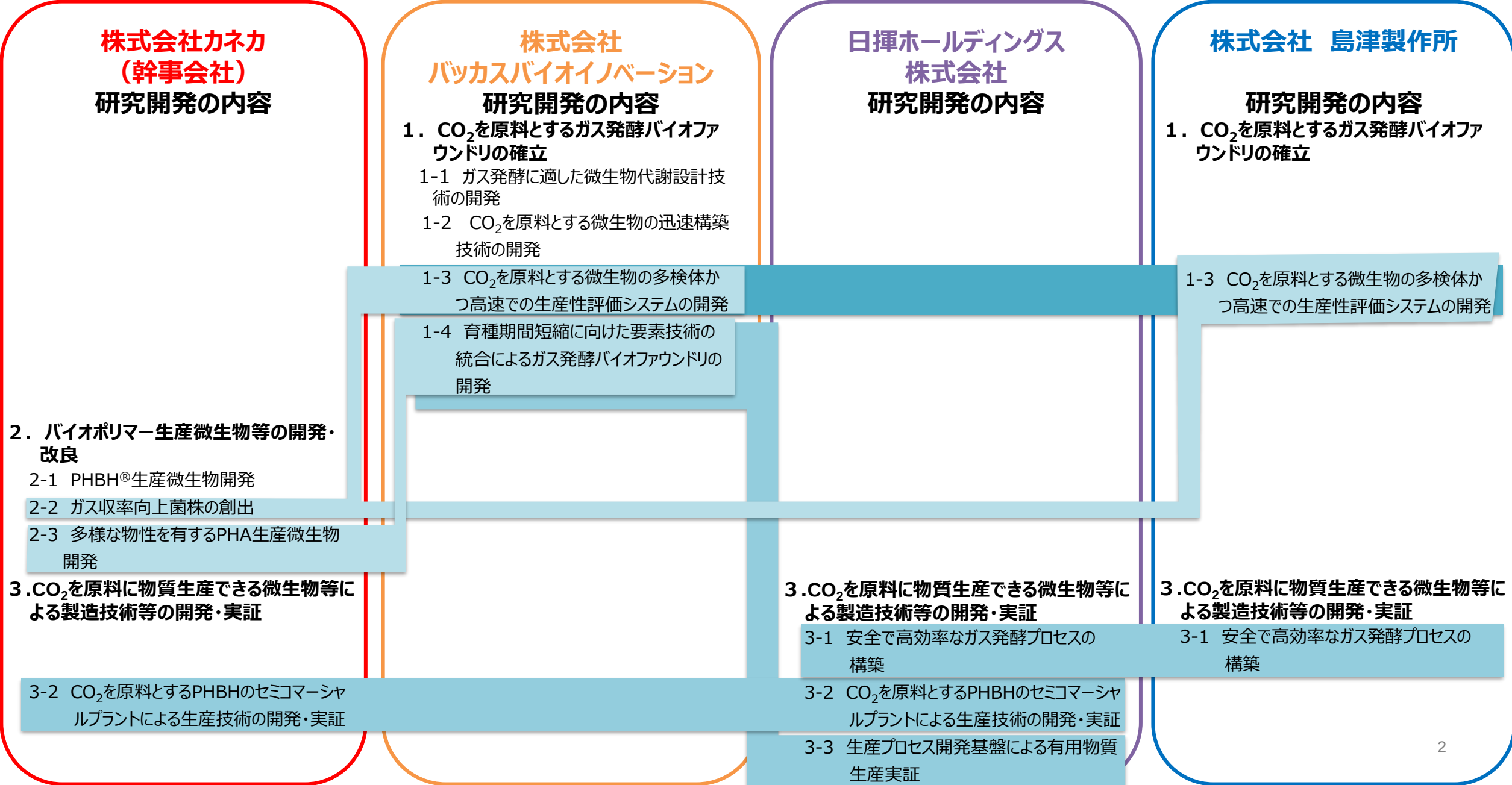
3. イノベーション推進体制（経営のコミットメントを示すマネジメントシート）

- (1) 組織内の事業推進体制
- (2) マネジメントチェック項目① 経営者等の事業への関与
- (3) マネジメントチェック項目② 経営戦略における事業の位置づけ
- (4) マネジメントチェック項目③ 事業推進体制の確保

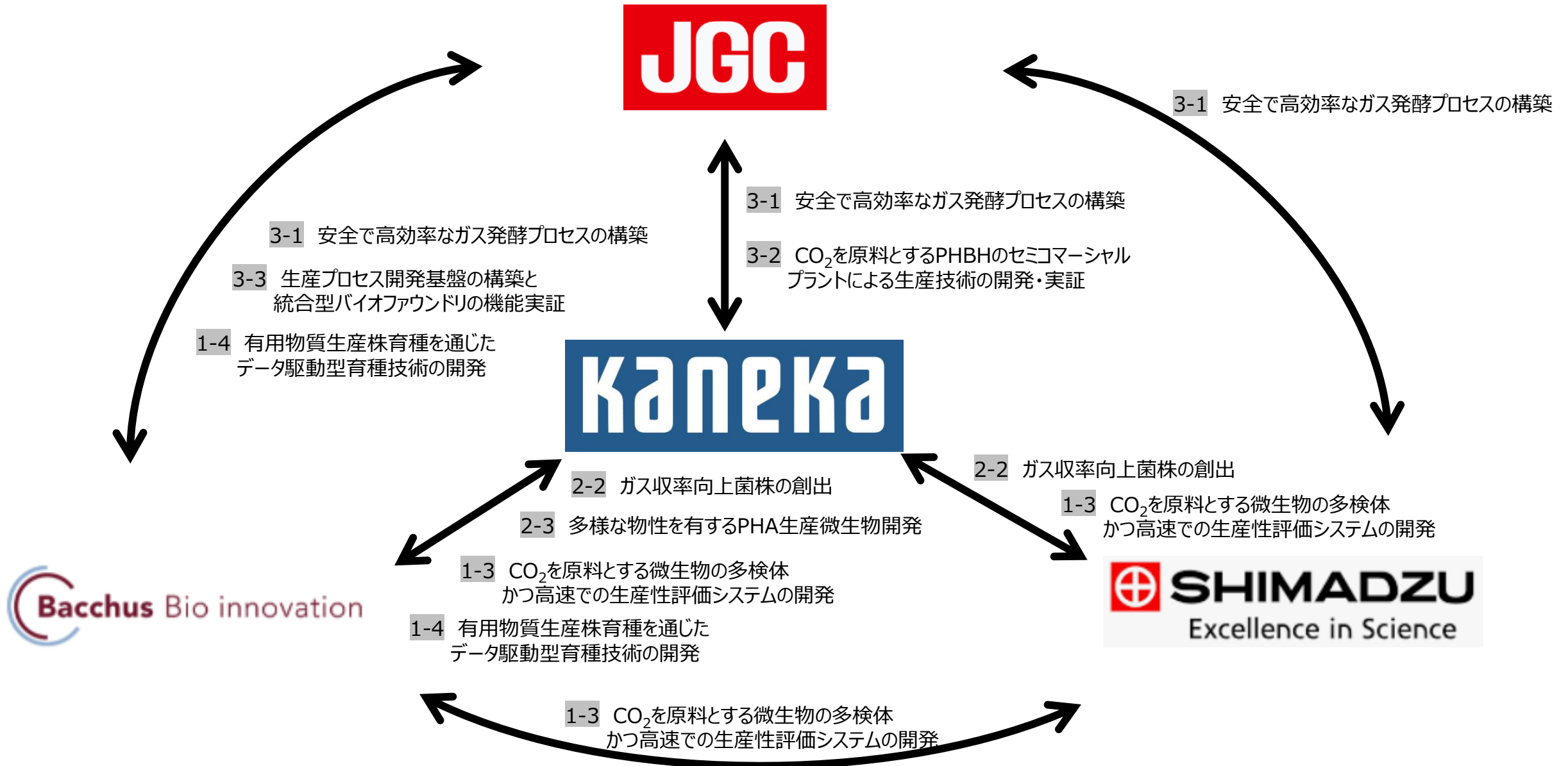
4. その他

- (1) 想定されるリスク要因と対処方針

0. コンソーシアム内における各主体の役割分担と連携



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

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附加される
- 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）

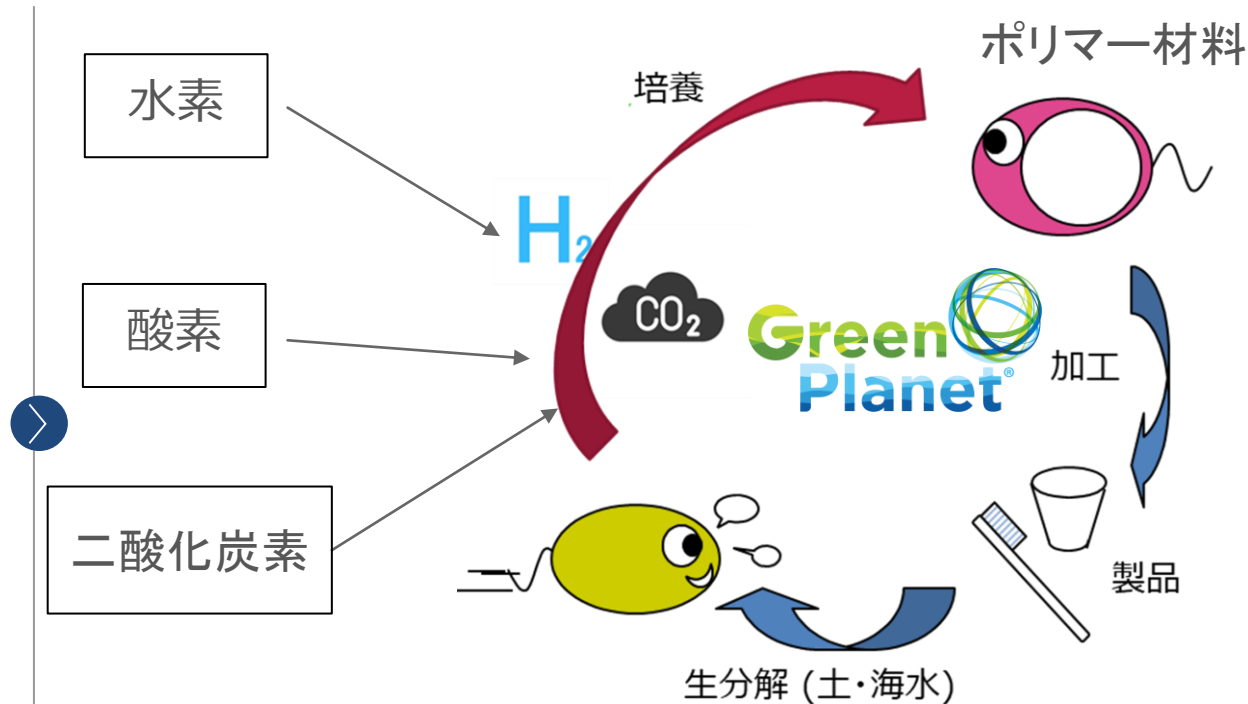
- 日本はGHG削減目標を大幅に前倒し
- CO₂排出元となる製品へのペナルティ、CO₂削減となる製品への優遇策が進捗
- 世界では使い捨てプラスチックに対して生分解性やリサイクルを要求（法整備）

（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ESG憲章に合致
「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	予想消費量 (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	- 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	- 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	- マイクロプラスチック防止 - 作業負荷削減 - 低GHG排出

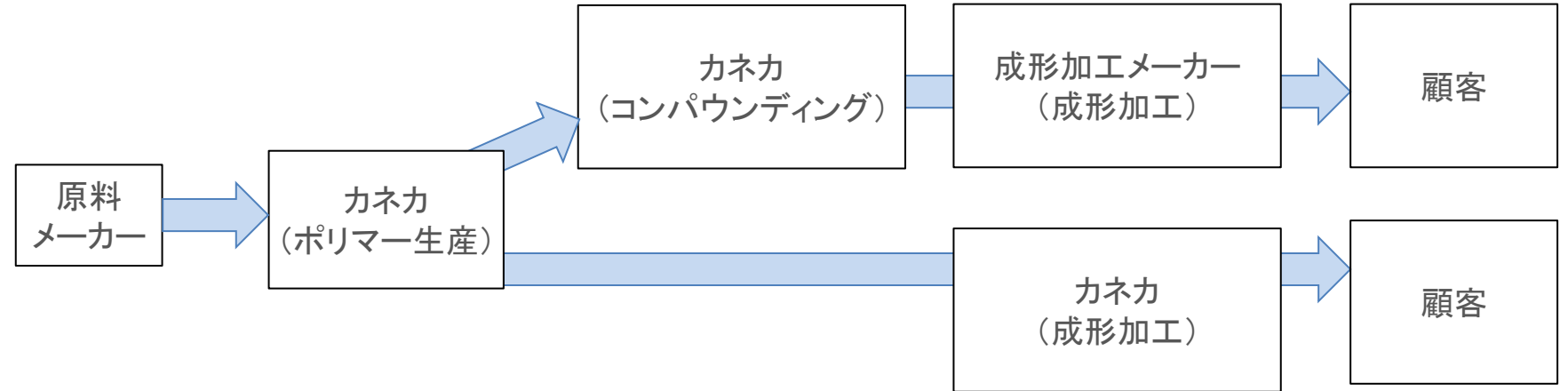
1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

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）

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

標準化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の計算前提やISO化に向けた具体的方針策定のため
アカデミア、業界団体と議論を進める枠組み作りを開始
2023年度には具体的な議論を産学官でスタートさせる
⇒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」×「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：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を提案。
「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整備を推進

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）
- バイオプラスチックに関しては、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（特定アプリケーションに限る）
 - 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
 - メタネーション推進官民協議会等で合成メタンCO₂削減量の帰属（CO₂カウント）について国際間の基準作りを検討されている
 - NEDO等にてCCU製品製造に関するLCA評価の考え方について検討されている。
 - 燃料と比較してCO₂が固定化できる期間が長い素材用途に対するCO₂固定化の価値については、まだ議論されていない
- （これまでの自社による標準化、知財、規制対応等に関する取組）
- 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）

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、産官学で協議推進
- 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
- 学会、展示会等にて製品やコンセプトを紹介するアウトリーチ活動

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」×「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／（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、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

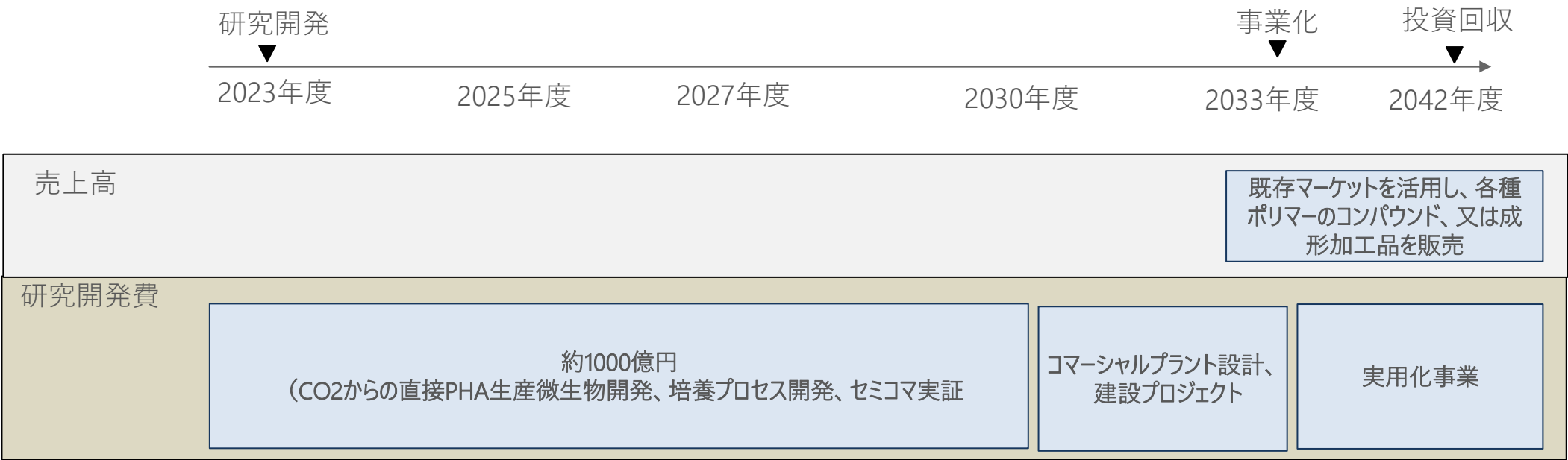
競合との比較

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
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

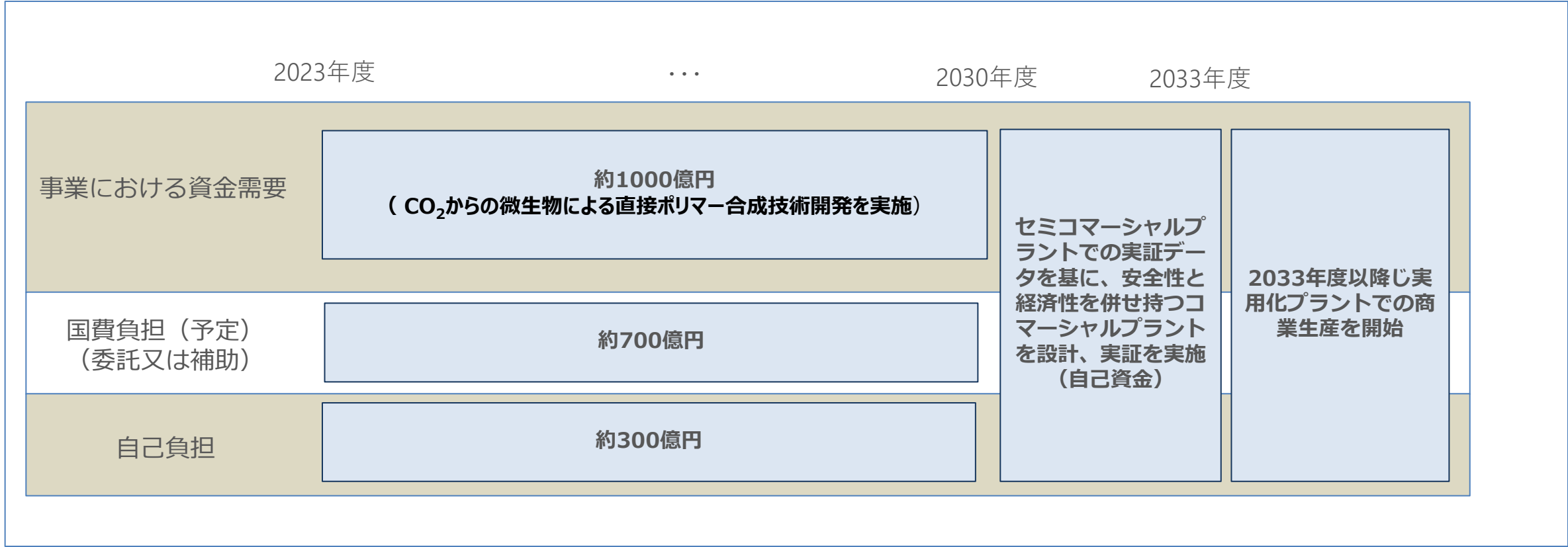
1. 事業戦略・事業計画／（6）研究開発・設備投資・マーケティング計画

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	- 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	- 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	- 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 - 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 - 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／（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

微生物育種の高速化による開発期間1/10への短縮

研究開発項目	アウトプット目標		
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	CO ₂ を原料とする微生物の育種を迅速に行うために、代謝設計技術、微生物ライブラリの迅速構築およびデータの迅速集積技術を開発する。これらの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CO ₂ バイオファウンドリを確立する。		
研究開発内容	KPI	KPI設定の考え方	
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） [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	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 個人の経験に依存（属人化）していた作業を、<i>in silico</i>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	
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） [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）	遺伝子パーツについて、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 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	

微生物育種の高速化による開発期間1/10への短縮

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、代謝設計技術、微生物ライブラリの迅速構築およびデータの迅速集積技術を開発する。これらの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

微生物育種的高速化による開発期間1/10への短縮

研究開発項目	アウトプット目標		
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	CO ₂ を原料とする微生物の育種を迅速に行うために、代謝設計技術、微生物ライブラリの迅速構築およびデータの迅速集積技術を開発する。これらの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CO ₂ バイオファウンドリを確立する。		
研究開発内容	KPI		KPI設定の考え方
	[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）		各要素技術を統合して、データ・知識を集積することで高度化、各世代での育種期間短縮を目標値に設定
	[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）		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
研究開発内容	[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（2027年）合成する菌の育種		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、有用化合物生産株の種類を目標値として設定
	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		

微生物育種の高速化による開発期間1/10への短縮

	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）	● 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	人工代謝反応・高機能酵素・細胞設計プロトタイプ開発済み（TRL3） 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●/●に短縮（TRL5）	● 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）	● 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：●●株以上（2025年）、●●株以上（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/●期間以上でのライブラリ創出（TRL5）	● 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

微生物育種的高速化による開発期間1/10への短縮

			KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
1-3	CO ₂ 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		[1-3-1] 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)	● 小スケールでガス培養可能な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、検体ごとに送気できる培養システムを開発 ● 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)	● 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する(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)	● イメージング評価技術などを活用した更なる高精度・高速システムを開発(2-2、3-1-4と連携)	90%以上

微生物育種の高速化による開発期間1/10への短縮

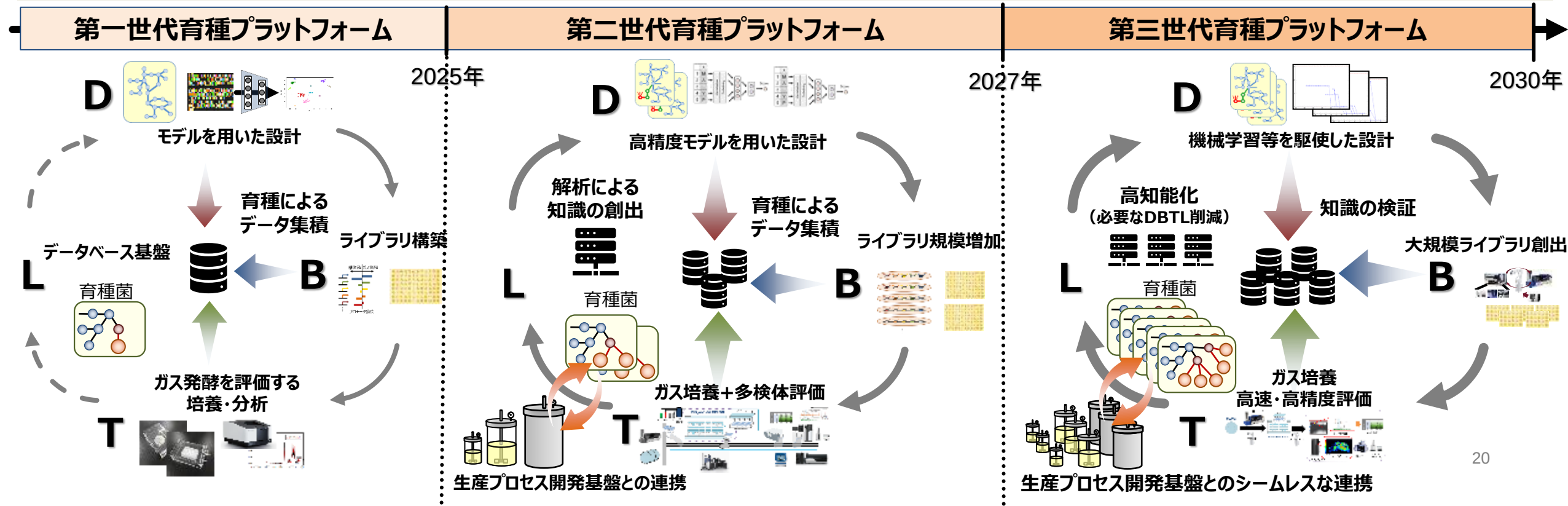
	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
1-4 育種期間短縮に向けた要素技術の統合によるガス発酵バイオファウンドリの開発	[1-4-1] 育種プラットフォームの高度化：第一世代（2025年；育種期間●/●）、第二世代（2027年；育種期間●/●）、第三世代（2030年；育種期間1/10）	糖からのモノづくりを中心とした育種プラットフォーム (TRL3) 現状(TRL3)	データ駆動からAI駆動型育種を実現する第三世代プラットフォーム (育種期間1/10) (TRL5)	● データベース基盤を開発して、要素技術を統合して、第一世代育種プラットフォームを開発 ● 改良された要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）	95%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)	● 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）	95%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)	● 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）	95%以上

(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した有用化合物を生産する菌の迅速な育種(育種期間1/10)）。



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
- ・3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2～6mol%のPHBH生産
微生物育種（2025年）[2-1-2] 3HH組成が10mol%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50%(2025年度)、75%(2027年度)に向上[2-2-2] ポリマー生産速度を現行の1.5倍以上
(2025年度)、2倍以上（2027年度）に向上[2-3-1] 多様なポリマー生産微生物育種
（2030年）

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

	KPI	現状	達成レベル	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2～6mol%のPHBH®生産微生物育種（2025年）	1種類(PHBH) (提案時TRL4 →現状TRL4)	3HH組成を高密度培養下で精密に制御（TRL7）	・ PHBH®生合成する経路に関与する種々酵素の活性や発現を調整 ・ 培養条件による3HH組成制御技術開発 ・ 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10mol%以上のPHBH®生産微生物育種（2027年）	1種類(PHBH) (提案時TRL3 →現状TRL3)	3HH組成を高密度培養下で精密に制御（TRL5）	・ 3HHxモノマーを生合成する経路に関与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開発 ・ 3HH組成を向上させるための酵素改良 ・ 培養条件による3HH組成制御技術開発（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50%(2025年度)、75%(2027年度)に向上	理論値40%程度 (提案時TRL3 →現状TRL3)	理論値75%以上 (TRL6)	・ 還元力生産経路の最適化 ・ 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 ・ バイオファウンドリとの連携（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1.5倍以上(2025年度)、2倍以上（2027年度）に向上	現行1.6g/L/h (提案時TRL3 →現状TRL3)	4.0g/L/h (TRL7)	・ メタボローム解析による律速因子の特定ととの解除 ・ 培養プロセス開発 ・ バイオファウンドリとの連携（1-3、1-4と連携） ・ CO₂固定化経路の強化	70%
2-3 多様な物性を有するPHA生産微生物開発	[2-3-1] 多様なバイオポリマー生産微生物育種（2030年）	CO ₂ から生産した実績なし (提案時TRL3 →現状TRL3)	Tgを制御したポリマー生産株完成（TRL5）	・ モノマー生産経路の設計、改良（代謝工学） ・ ポリマー重合酵素改変基盤の開発 ・ バイオファウンドリとの連携（1-4と連携）	80%

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

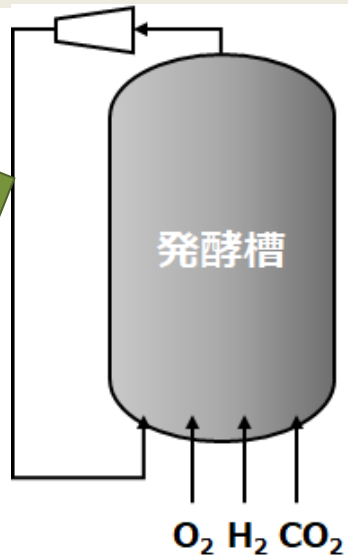


原料：油脂



2024年：20,000Mt/年
(建設中)

原料：CO₂



2030年

2011年：1,000Mt/年 2019年：5,000Mt/年

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

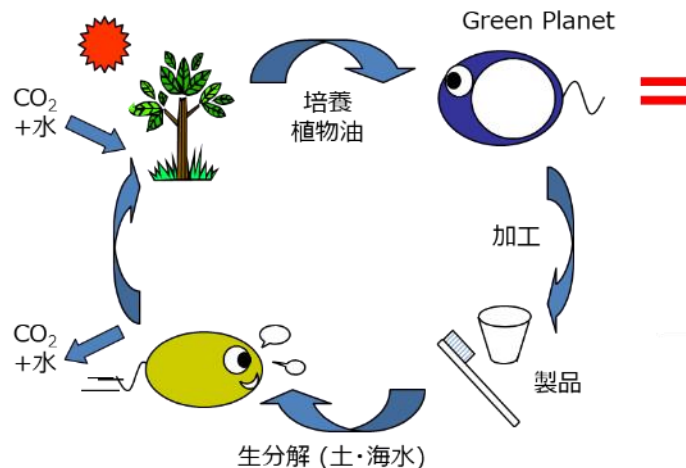
開発の概要： 全体概要

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

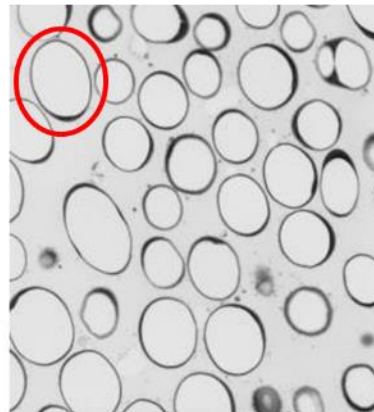
- 自社開発した水素酸化細菌の育種技術を活かし、原料を現行の植物油脂からCO₂へ変更するための技術開発を実施する。
- 水素酸化細菌への遺伝子導入技術、ゲノム改変技術は独自の高効率技術を有しており、更には現行事業にて蓄積した多様な物性を有するバイオポリマーの高効率生産、物性制御技術を応用し、多様なポリマーをCO₂から生産する微生物開発を進める。
- 原料であるCO₂, H₂, O₂を高効率でポリマーへと変換する技術開発においては、最先端の代謝解析の活用、並びにバイオプロセスの最適化によってガス収率向上、並びにCO₂固定化速度の向上によって、生産効率を現行の 5 倍以上に高める。

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のライフサイクル



電子顕微鏡写真



1μm



Green Planet®化粧品容器

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



Green Planet®カトラリー

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



Green Planet®ホテルアメニティ

- 大手ホテルチェーン等に採用内定



Green Planet®フィルム製品

- JALUXショッピングバッグに採用
(['21/7～](#))



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	アウトプット目標		
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	安全で高効率なガス発酵プロセスを構築し、①CO ₂ 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。②CO ₂ 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、統合型バイオフィウンドリ機能を実証する。		
研究開発内容	KPI	KPI設定の考え方	
3-1 安全で高効率なガス発酵プロセスの構築	[3-1-1] 安全なガスハンドリング手法の確立（2025年度）	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	
	[3-1-2] ガス培養の要素技術確立（2025年度）	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	
	[3-1-3] ガス培養槽の設計指針の確立（2030年度）	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	
	[3-1-4] ガス培養に必要な分析・解析技術の確立(2025年) データ収集、統合、解析支援ソフトの開発(2027年)	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	アウトプット目標		
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	安全で高効率なガス発酵プロセスを構築し、①CO ₂ 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。②CO ₂ 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、統合型バイオフィウンドリ機能を実証する。		
研究開発内容	KPI	KPI設定の考え方	
3-2 CO ₂ 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	[3-2-1] PHBH®生産に適した●L以上の発酵槽の設計完了（2025年度）	当該発酵槽はセミコマーシャルプラントへのスケールアップ手法の確立に必須であるため設定	
	[3-2-2] ●L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)	セミコマーシャルプラント設計に必要であるため設定	
	[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）	セミコマーシャルプラントの建設判断のために設定	
	[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)	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	
	[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)	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の構築と統合型バイオファウンドリの機能実証

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

[3-3-1] ●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）

[3-3-2] ガス発酵の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（2030年度）

[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（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う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)
KPI		現状	達成レベル	解決方法	
3-1 安全で高効率なガス発酵プロセスの構築	[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（提案時TRL3 →現状TRL3）	安全なガスハンドリングシステムの確立(TRL5)	- 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]ガス培養の要素技術確立（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（提案時TRL3 →現状TRL3）	CO ₂ 、H ₂ 、O ₂ 混合ガス供給システムの確立（TRL5）	- 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] ガス培養槽の設計指針の確立（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(提案時TRL3 →現状TRL3)	CO ₂ 、H ₂ 、O ₂ 混合ガスを原料とするケースの設計指針の確立（TRL4）	- 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]ガス培養に必要な分析・解析技術の確立(2025年)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）	- 多角的に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。 - 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。 - バイオフィウンドリとの連携（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 CO ₂ 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	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
	[3-2-1] PHBH®生産に適した●L以上のガス発酵プロセスの設計完了（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)	- 攪拌混合型のベンチ規模の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、●L発酵槽を設計する。	90%
	[3-2-2] ●L以上の発酵槽での試験データに基づくセミ商業プラントのガス発酵プロセスの設計指針確立	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)	2-1で構築した改良株を用い、3-2-1で設計した●L以上の発酵槽により、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●L発酵試験の結果に基づきセミ商業プラントのガス発酵槽設計指針を確立する。	80%
	[3-2-3] PHBH®セミ商業プラントの設計・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)	3-2-2で確立した設計指針に基づき、セミ商業プラントのガス発酵槽を設計する。 - セミ商業プラントの建設コストを算出し、経済性検討を行う。	80%
	[3-2-4] セミ商業プラントによる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)	3-2-3で設計したセミ商業プラントを建設する。 - セミ商業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）	- 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。 - セミ商業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

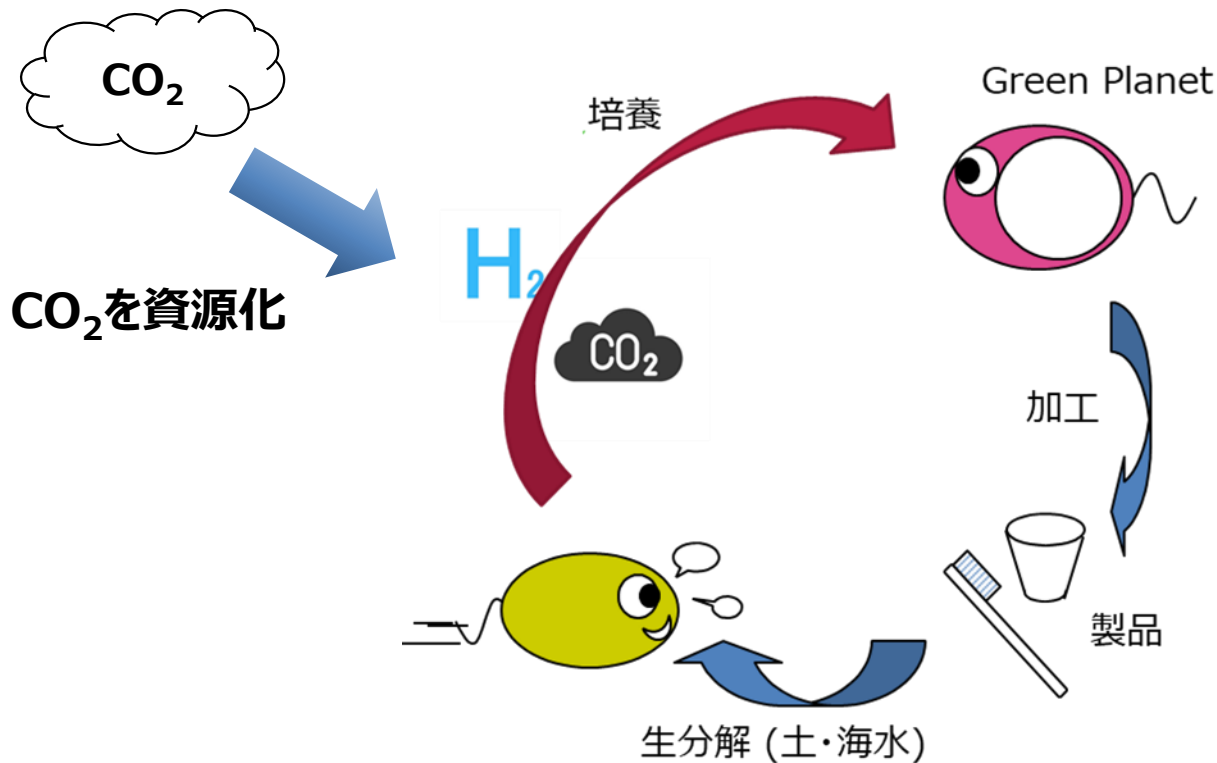
3-3 生産プロセス開発基盤の構築と統合型バイオファウンドリの機能実証	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
	[3-3-1] ●Lから●Lの発酵装置を有した生産プロセス基盤の整備、およびガス発酵データの取得（2025年度）	CO ₂ 、H ₂ 、O ₂ の混合ガスを用いた論文レベルでの実験の報告有り（提案時TRL3→現状TRL3）	設計完了（TRL4）	- 種々のスケールのガス発酵装置を有する生産プロセス基盤を整備する。 1-4で開発された微生物を用い、種々のスケールのガス発酵装置を行う。 - バイオファウンドリとの連携（1-4との連携）	90%
	[3-3-2] ガス発酵の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（提案時TRL3→現状TRL3）	生産実証基盤の整備(TRL5)	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（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）	パイロットクラスの生産実証基盤を用いた実証（TRL6）	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製品と比較して1.2倍以下となる生産プロセスを構築（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（TRL6）	- 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%

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



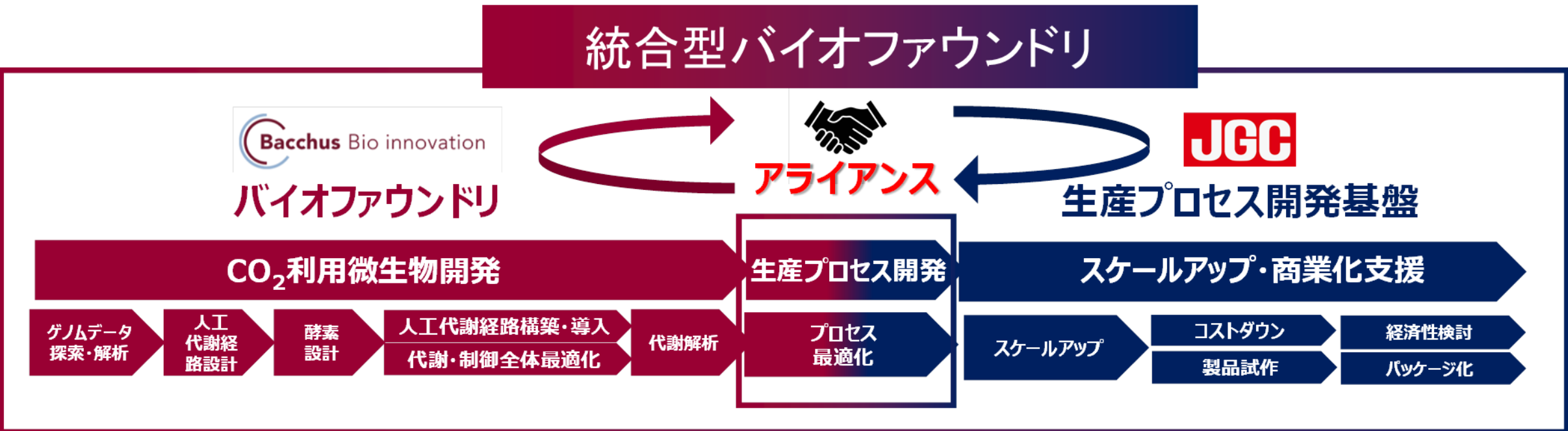
カネカ生分解性バイオポリマー
Green Planet®を
CO₂から製造！

開発の概要： 全体概要

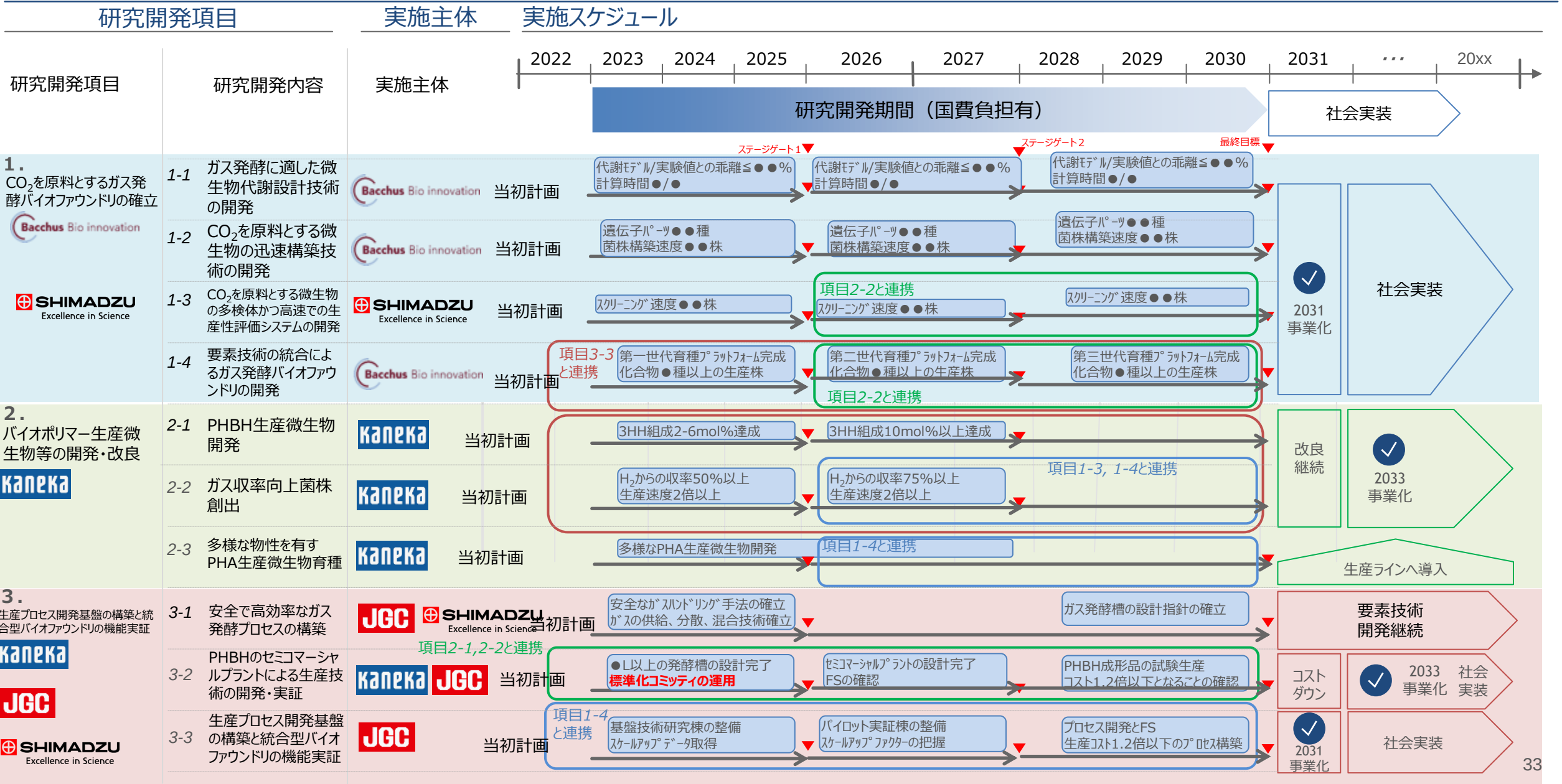


【開発のターゲット2】 統合型バイオフィアウンドリの構築

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。



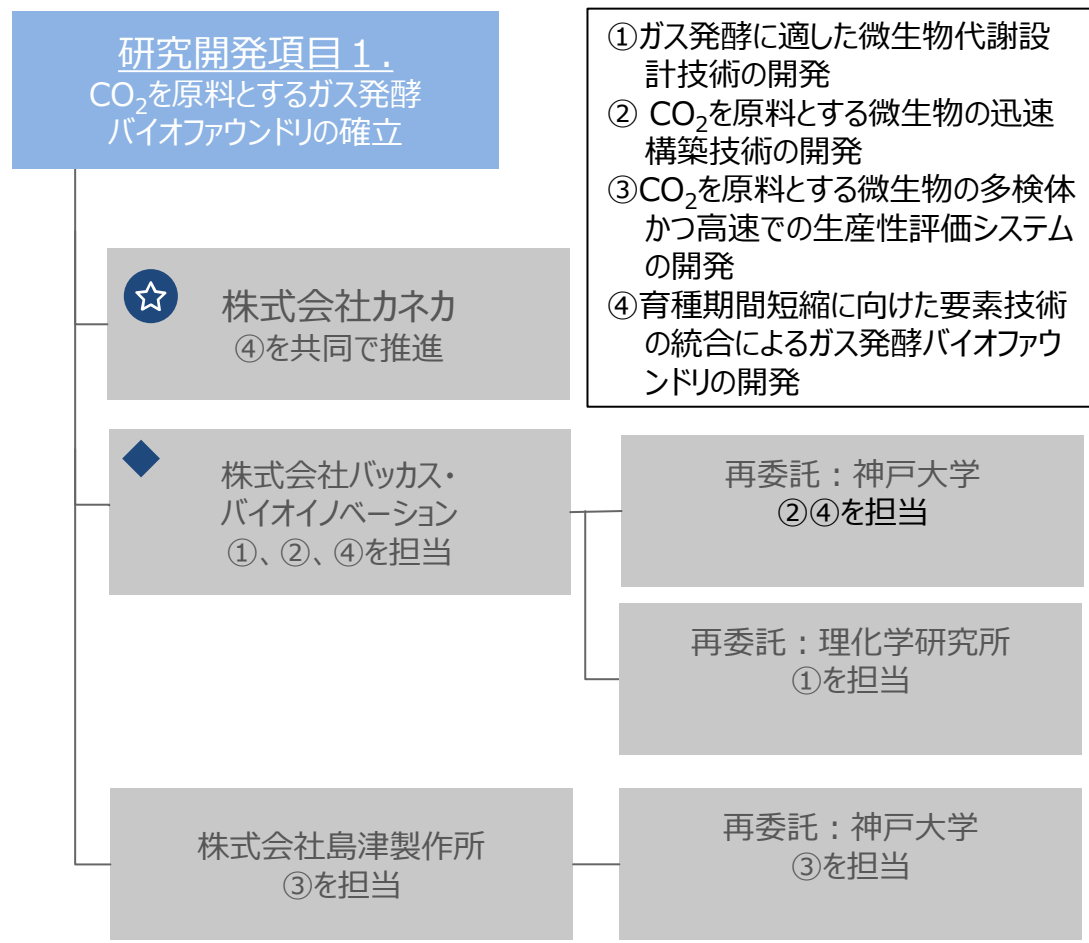
2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール 全体計画



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。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ィアウンドリの開発の一部を神戸大学に委託する
- 株式会社カナカは、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（共同提案者間の連携）

- 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

共同提案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

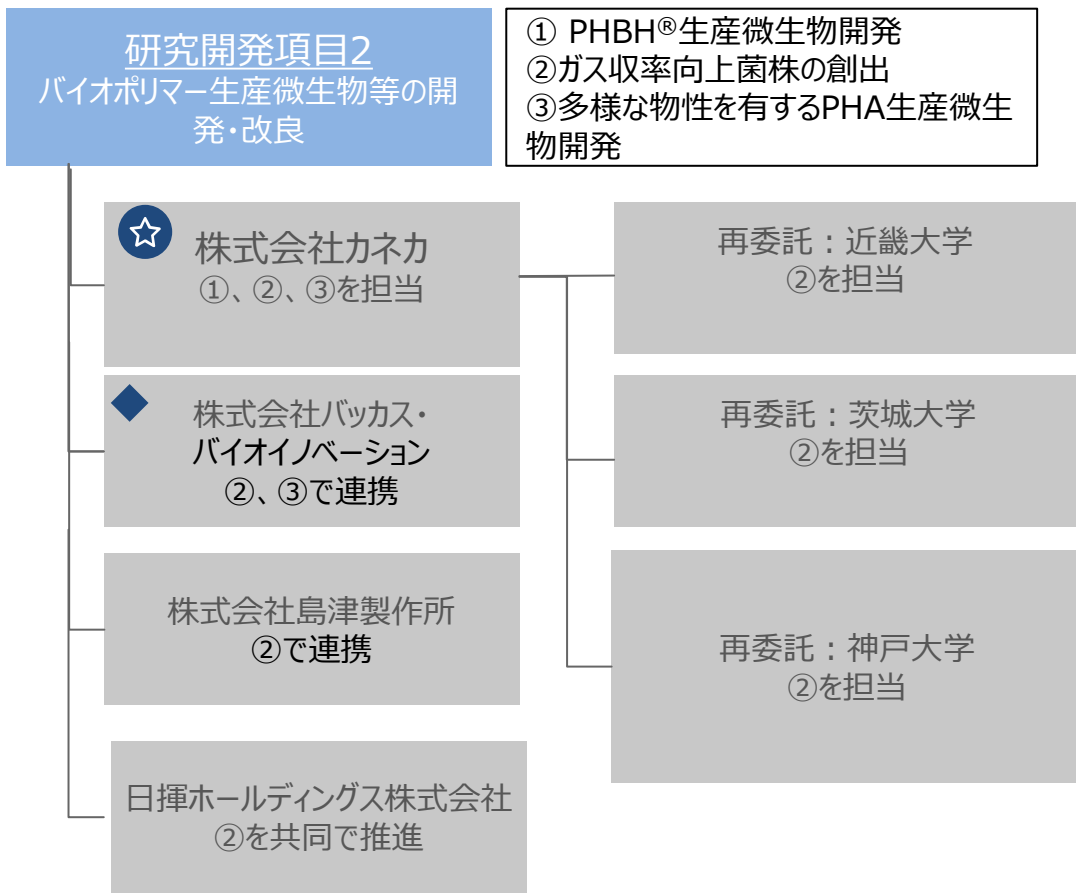
中小・ベンチャー企業の参画

- 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、② PHBH®生産微生物開発の研究の一部を近畿大学並びに茨城大学、神戸大学に委託する。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にて連携

研究開発における連携方法（共同提案者間の連携）

- 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
- 各機関、本事業採択後速やかに、知財合意書を締結する

共同提案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

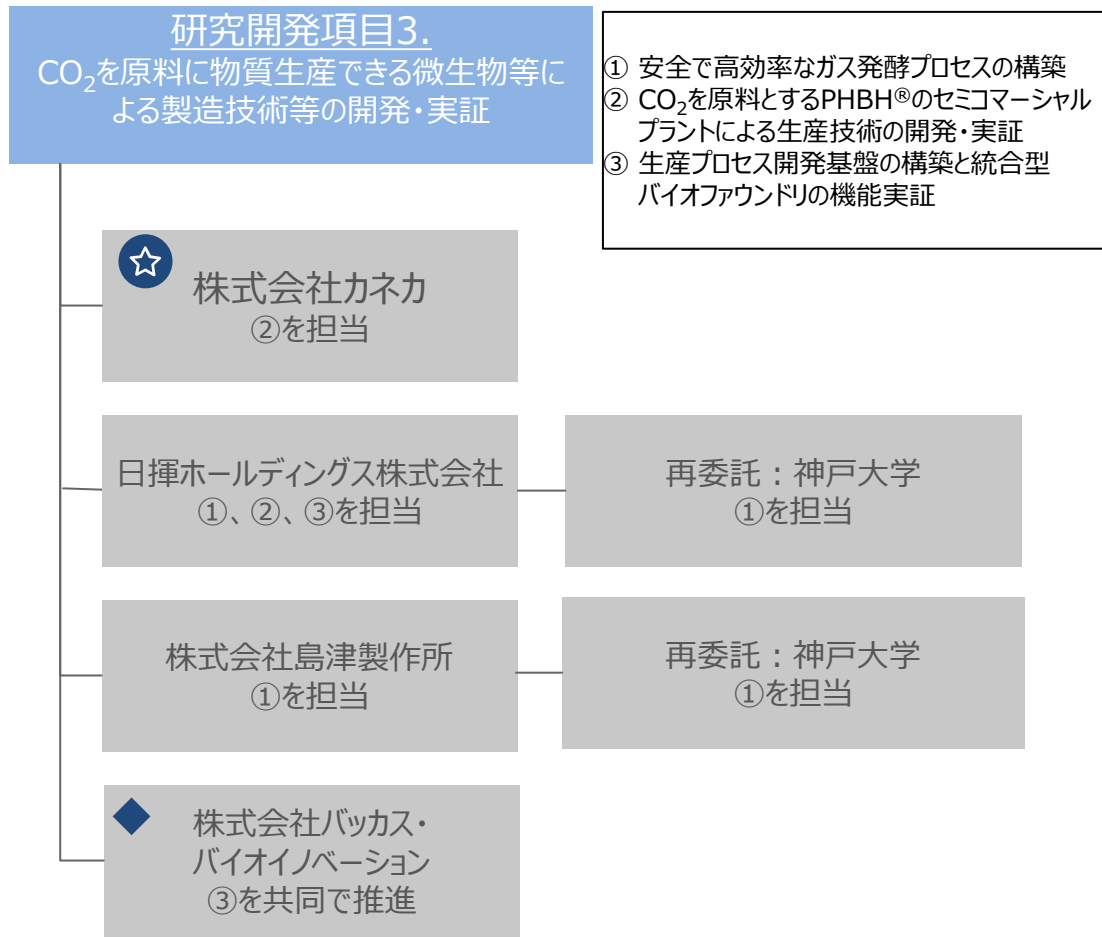
中小・ベンチャー企業の参画

- 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(荻野教授)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(連沼教授)に委託する

研究開発における連携方法（共同提案者間の連携）

- 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

共同提案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	1  ガス発酵に適した微生物代謝設計技術の開発	- 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	→ - 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）
	2  CO₂を原料とする微生物の迅速構築技術の開発	- 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	→ - 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	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	3  SHIMADZU Excellence in Science 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	- 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)	→ 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)
	4  Bacchus Bio innovation 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	- 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(バカス) - 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	→ 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、遺伝子に関しての情報、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)

38

→

- 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）

→

- 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）

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	1  PHBH生産微生物開発	- 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	→ - 宿主-ベクター系保有（優位性） → - 高活性重合酵素保有（優位性）
	2  ガス収率向上株の創出	- 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	→ - 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）
	3  多様な物性を有するPHA生産微生物開発	糖や油脂からの多様なPHA生産技術を保有	→ - 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
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	3-1  安全で高効率なガス発酵プロセスの構築	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） 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) 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) 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)	→ 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） → 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） → 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） → 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） (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

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	3-1  SHIMADZU Excellence in Science 安全で高効率なガス発酵プロセスの構築	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） 深層学習を用いた画像解析技術 （島津評論、Vol.78、No.3・4、2021） 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） 高感度無機ガス分析技術 （https://www.an.shimadzu.co.jp/gc/inorganic_gases.htm） 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） 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） 自律型実験システム（Autonomous Lab） （https://www.shimadzu.co.jp/news/press/7b4ut3plj5emypl8.html）	→ 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） → 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） → 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） → 無機ガス、低級炭化水素ガスの一斉分析技術（優位性） → 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） → 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） → 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） （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

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	3-2  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	• 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	→ • 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) ⇒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
	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	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」)	→ • 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） (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

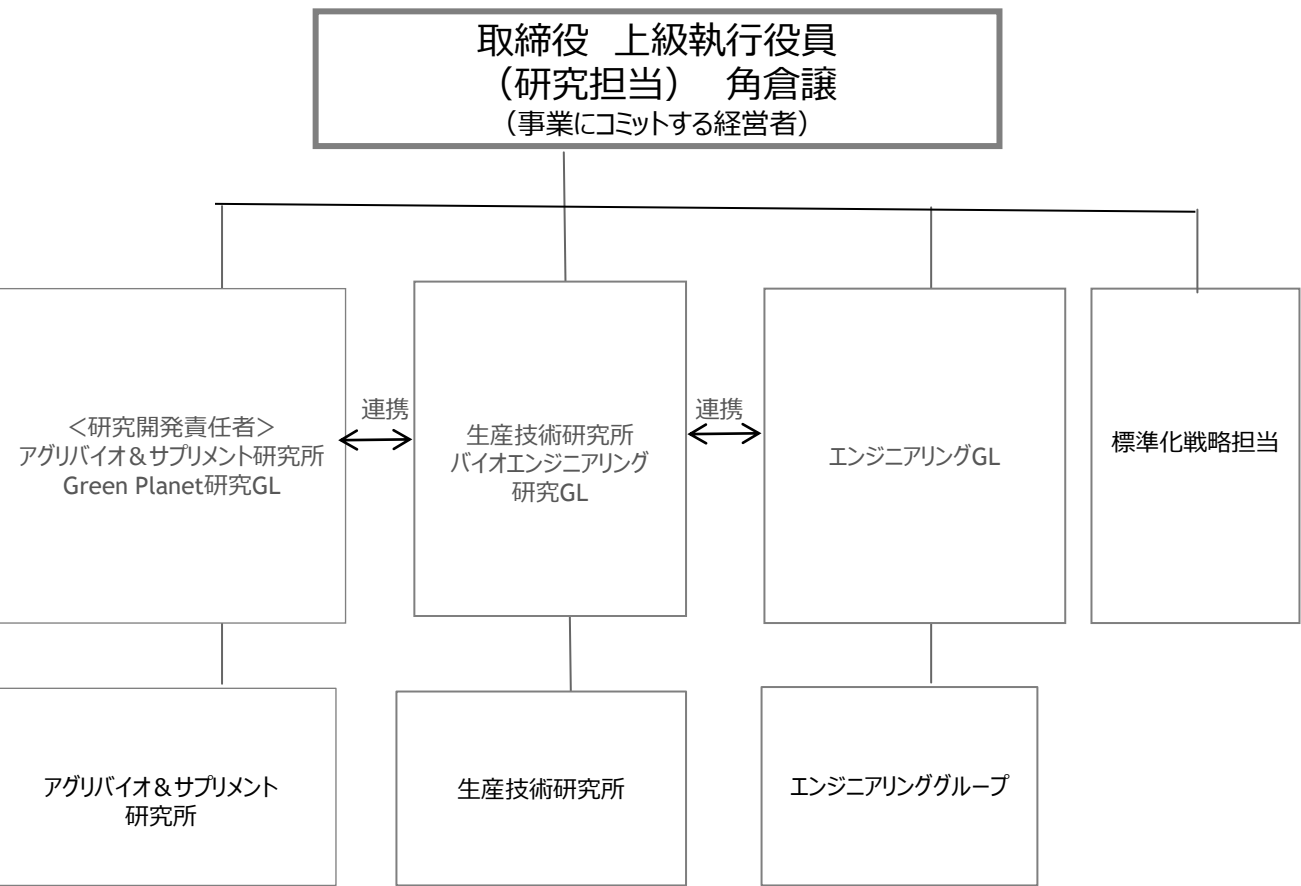
3. イノベーション推進体制

(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

- 研究開発責任者の下、アグリバイオ&サプリメント研究所、生産技術研究所、エンジニアリンググループが連携して技術開発、プロセス開発、プロセス設計、建設、実証試験、並びに標準化に取り組む

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、研究担当に報告し、状況に応じて指示を得、実行する
- 各部門長は、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
 - 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
- 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
 - 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

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

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
- 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

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。
 - 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。動画は展示会などで活用し、広く情報開示を実施
- 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)を放映している。製品が多く、CMのパターンも多いが、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時折コマーシャルを放映している

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

- 全社事業ポートフォリオにおける本事業への人材、設備、資金の投入方針
 - 開発体制・資源投入については、中期計画に従って実行。
 - 現在、GP新設プラントを建設中
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
 - 統合報告書にて経営戦略の重点方針として「バイオものづくり」を記載
その中でCO₂からのものづくりに関しても重点化させることを明記
- 起動的な経営資源投入、実施体制の柔軟性確保
 - 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アグリバイオ&サプリメント研究所、生産技術研究所、信頼の生産力センターなどから適切に人員を配置
 - Green Planet技術開発については、これまでも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
- 人材育成
 - 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、共同提案企業、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	社会実装（経済社会）におけるリスクと対応	その他（自然災害等）のリスクと対応
● 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	● 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	● 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 →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		