

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：株式会社島津製作所、代表名：代表取締役社長 山本 靖則

(コンソーシアム内実施者 株式会社カネカ（幹事企業）、日揮ホールディングス株式会社、株式会社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のセミコマーシャル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のセミコマーシャル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

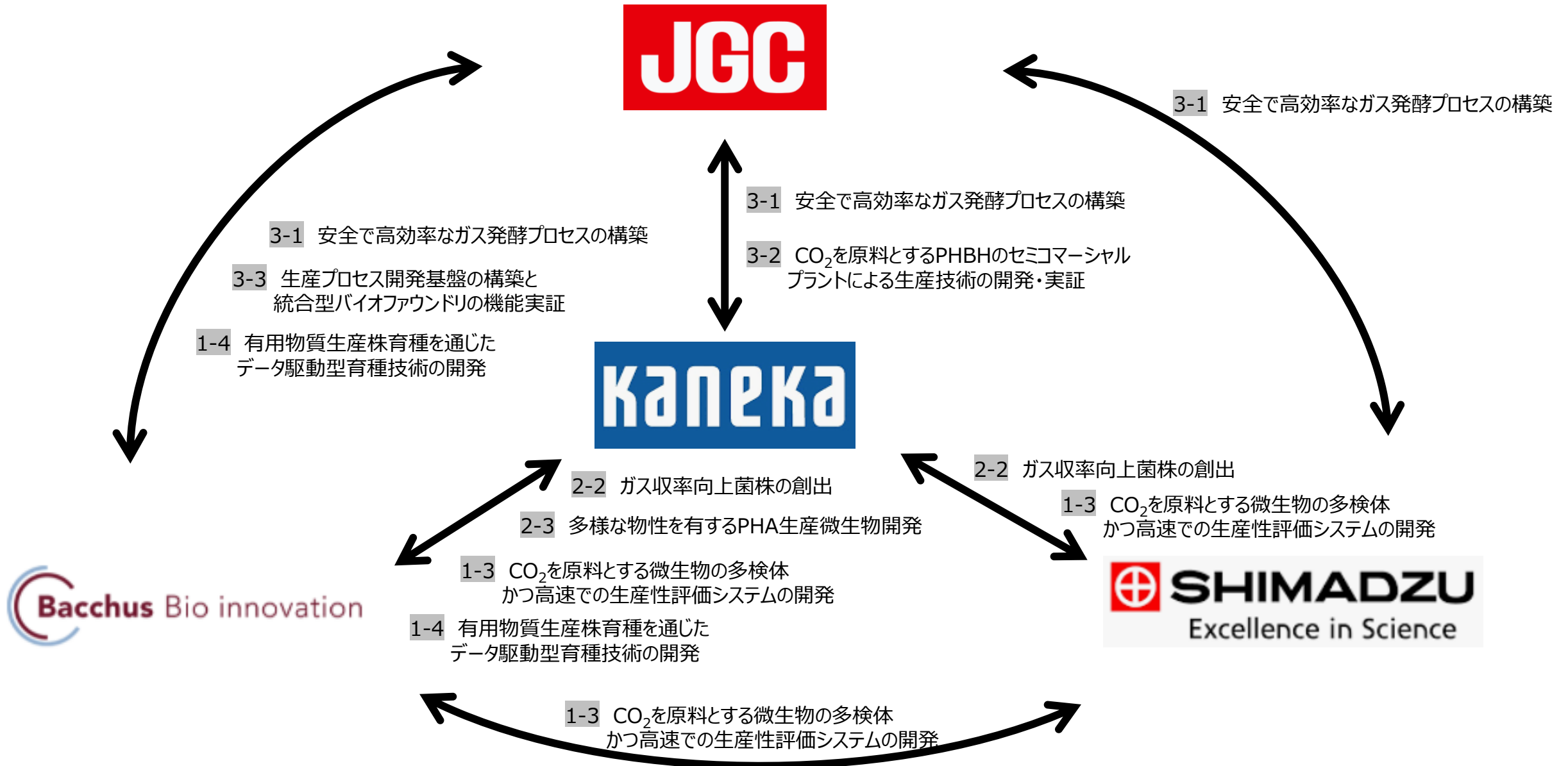
- 1. CO₂を原料とするガス発酵バイオファウンドリの確立

- 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

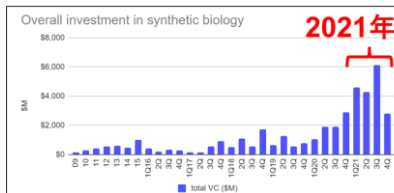
バイオによる資源・物資の生産技術の向上により健康医療・食品分野及び化学産業が急拡大すると予想

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）

- 地政学リスクの高まり、資源・材料価格の高騰
- バイオものづくりへの関心・期待の急速な高まり※

※ 米国における2021年のバイオベンチャーへの投資額が178億ドル（約2兆円、前年度比で倍増）
＜出処＞ SynBioBeta「4Q 2021 Synthetic Biology Venture Investment Report」より



（経済面）

- 国からのGI基金2兆円投入も踏まえた民間投資拡大
- グリーンボンド等ESG関連投資の増大

（政策面）

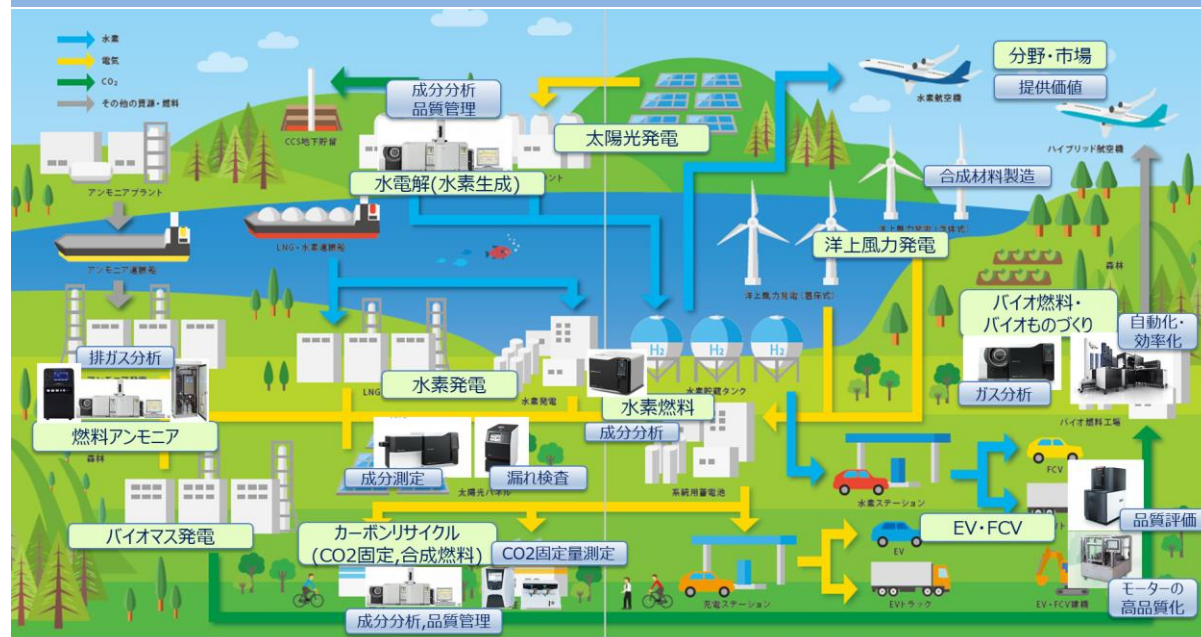
- 「新しい資本主義のグランドデザイン及び実行計画」閣議決定（R4.6）
- バイオものづくりに関する研究・開発の予算事業増加

（技術面）

- ゲノム編集、ゲノム構築等のバイオ技術の進展により、CO2を資源としたものづくりでの大幅な生産性向上
- ゲノム解析、IT・AI技術の進展により、高度なゲノムデザインが可能となり、CO2を資源とする新たな物質生産のバリエーションが拡大

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

- CO2削減に対するニーズの高まりに伴い、バイオ技術等をはじめとするクリーンなエネルギー・素材等の生産技術が進展
- これら生産技術の社会実装が進む中で、各生成物の分析・解析を通じた品質評価プロセスや生産効率向上に資する自動化技術等へのニーズも高まっていく



● 市場機会：

従来の健康医療分野、食品・農林水産分野のほか、エネルギーや化学品等の化学産業分野への拡大も見込む

● 社会・顧客・国民等に与えるインパクト：

資源・物資の安定供給による物価の安定化及び
部材品質の安定化による消費者への安心・安全の提供

● 当該変化に対する経営ビジョン：

- バイオ技術の発展及び活用バリエーションの拡大を支える基盤技術である分析機器・技術の提供による事業拡大
- 社会実装後のバイオ技術で生産されるエネルギー・素材等の生産技術の現場での品質確保に向けた検査技術・分析機器の提供による事業の安定化

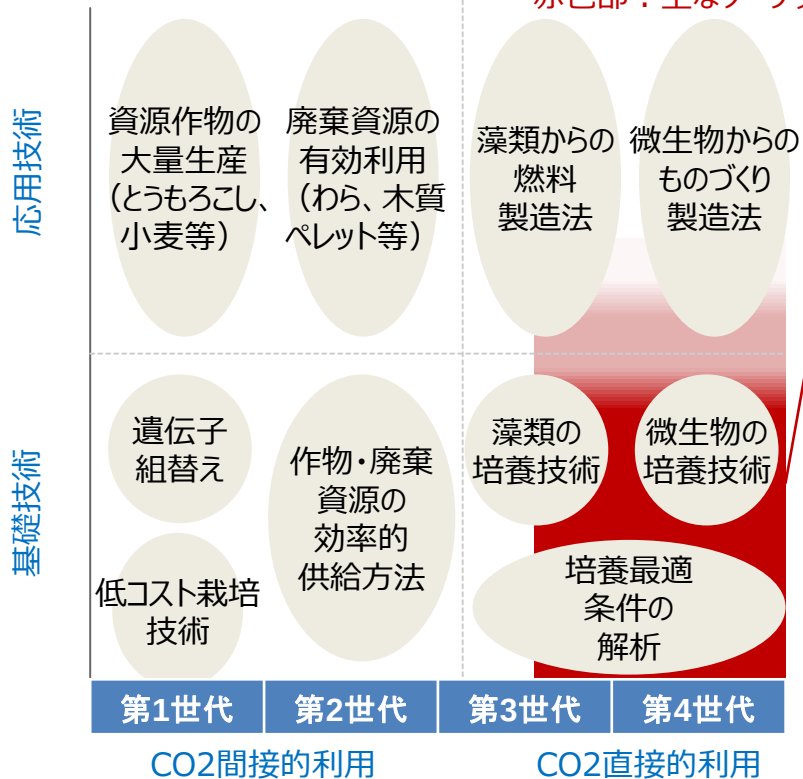
バイオものづくり市場のうち微生物を用いたものづくり分野をターゲットとして想定

セグメント分析

応用展開のバリエーションが豊富であり、CO2削減への寄与も高く、今後の市場拡大が見込まれるバイオものづくり分野の第3、4世代にあたる**微生物（藻類含む）を用いたバイオものづくり分野**を主なターゲットとする。

バイオものづくり市場のセグメンテーション

赤色部：主なターゲット



ターゲットの概要

市場概要と目標とするシェア・時期

- バイオものづくり分野でのCO2削減効果が見込める領域として、素材、化学繊維、動物性繊維、燃料、食品、飼料が挙げられ、裾野を広げる様に研究分野での貢献を目指す。
- 事業開始時期：2030年

需要家	主なプレイヤー	課題	想定ニーズ
環境・エネルギー・化学分野の従事者	A社、B大学	- バイオ由来の燃料・素材の大量生産手法の確立 - バイオ由来の燃料・素材の生産コストの低減 - CO2の固定化	- 燃料・素材費変動の安定化 - 燃料・素材費の低減 - CO2の削減/カーボンニュートラル
健康・医療分野の従事者	C社、D大学	- バイオ医薬品製造コスト削減 - バイオ医薬品の大量生産 - 創薬研究開発費の抑制	薬品価格の低減
食品・農林水産業分野の従事者	E社、F大学	- バイオ技術による食材生産コストの低減 - バイオ技術による食材の大量生産	- 食品価格の低減 - 食材の安定供給

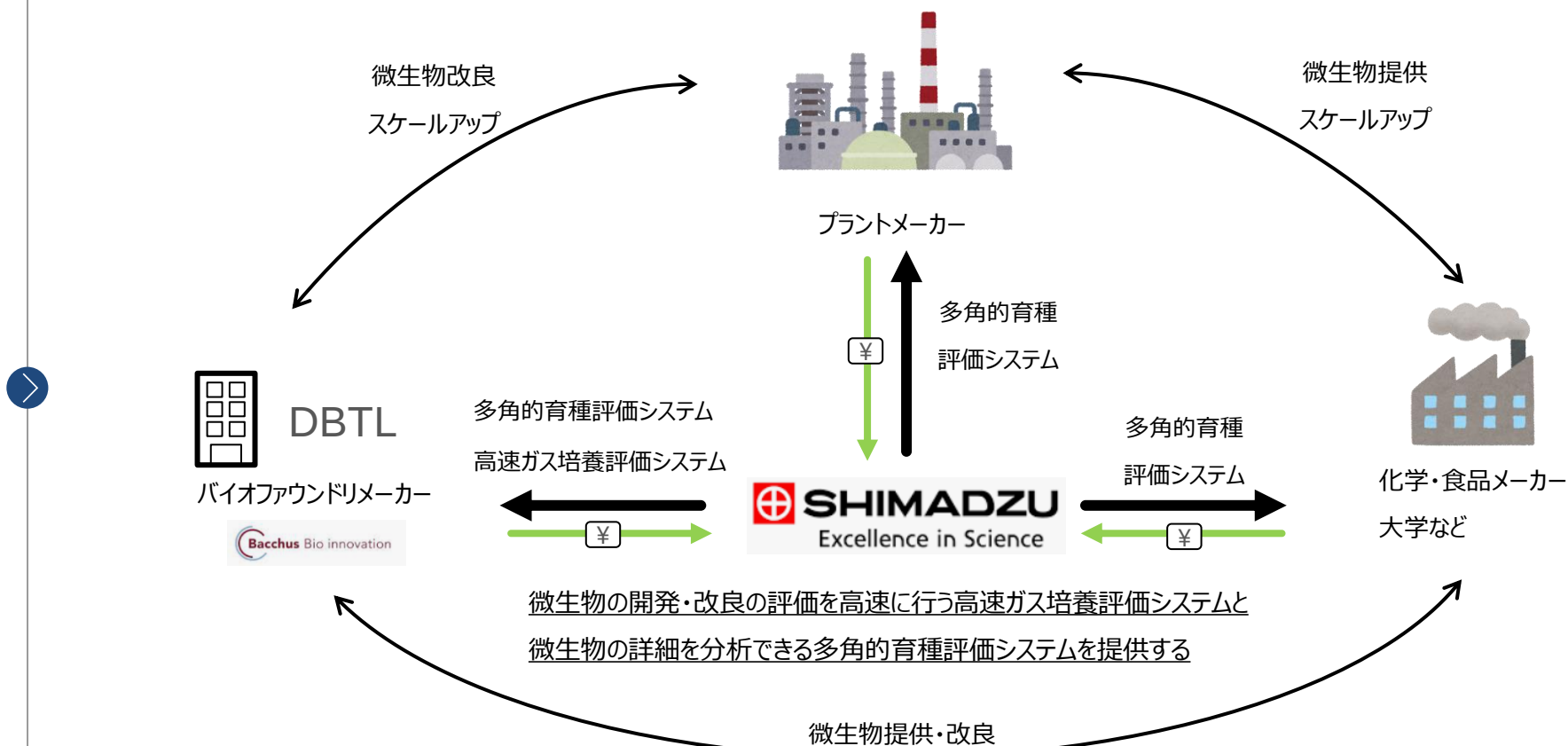
幅広い分析技術と自動化技術の活用した微生物評価基盤事業を創出する

CO₂を原料とし各種有用物質を産生する水素酸化細菌を開発するための様々な評価（ガス条件、培地、菌体、代謝物）や多検体をハイスループットに評価する分析システムを開発することで、ガス発酵含めたバイオものづくり全体の基盤となる分析機器が提供可能となり、バイオ分野で研究開発から商用化までをサポートできる分析機器メーカーを目指す。

社会・顧客に対する提供価値

- CO₂を原料とする微生物開発・改良ニーズに対して、自動化された高速ガス培養評価システムを提供することで、バイオファウンドリを高速で回し、微生物の開発・改良のスピードアップに貢献する。
- CO₂を原料にするなど新たな有用微生物種に対して、様々な評価を行える多角的育種評価システムを提供することで、バイオものづくりに資する微生物基礎研究から培養条件の最適化を通してスケールアップまで様々な用途に貢献する。
- 微生物の研究開発から微生物改良、培養条件最適化、スケールアップによる商用化まで様々な段階での微生物評価システムを提供することで、CO₂削減につながる微生物活用に貢献し、持続可能な世の中への展開につなげることが出来る。

ビジネスモデルの概要



CO₂を直接原料とするバイオものの作りの価値観を共用し、認証制度によるルール形成を推進

標準化を活用した事業化戦略（標準化戦略）の取組方針・考え方

①CO₂由来製品のCO₂削減量の帰属（CO₂カウント）に関する考え方の整理

取組：同様の課題を有する合成燃料業界等と協力して、CO₂帰属の国内/国際ルールを整備し、CO₂削減量に対する定量的な判断基準を明確にする。
考え方：CO₂排出の国内/国際間取引、二重カウント問題を整理し、業界を跨いで官民連携でのルール作りに取り組む

②「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：民間団体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を提案
CO₂ + 生物固定の新たな価値の訴求

③GHG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の整備を推進する。

国内外の動向・自社の取組状況

（国内外の標準化や規制の動向）

- ・メタネーション推進官民協議会等で合成メタンCO₂削減量の帰属（CO₂カウント）について国際間の基準作りを検討されている。
- ・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）

- ・欧州RoHS指令に追加されたフタル酸エステル検査規格制定
IECにおいて、生殖毒性などが懸念されている一部のフタル酸エステルの検査規格の制定に関わるとともに、この規格どおりに簡便に測定できる専用システム「Py-Screener」を開発。
- ・ナノ物質の粒径・粒径分布測定法のISO技術仕様書の制定
ナノ物質は環境や健康へのリスクが懸念され、規制が始まっている。
このような背景から産総研が中心となって進めた流動場分離法によるナノ物質の分析に関するISOの技術仕様書の制定に、課題の設定段階から貢献。

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① 全体戦略

- ・「バイオベース」をCO₂直接発酵微生物によるものづくりにも拡張する新定義を提案する。
- ・CO₂を原料とするもの作りに対する価値感を認証等で表現し、国内外で共有。
- ・上記について、産官学で協議する。

標準化戦略② 社内戦略

- ・CO₂生産工程におけるCO₂消費量の測定方法を確立させ、CO₂削減量の明確な測定方法を確立する

知財戦略①微生物の評価指標の標準化

- ・培養工程中に循環するCO₂を測定するための前処理工程・装置・メソッドに関する特許
- ・プラスチックを評価するための前処理工程・装置・メソッドに関する特許

知財戦略②微生物開発ワークフローの標準化

- ・前処理工程・自動化装置の特許などを知財化

1. 事業戦略・事業計画／（4）経営資源・ポジショニング

当社の物質・代謝物モニタリング・自動化技術を活かして、バイオ産業における微生物開発の高効率化が可能となるプラットフォーム基盤を提供

自社の強み、弱み（経営資源）

物質・代謝物モニタリング・自動化技術を活かして、微生物スクリーニング、培養条件の最適化の自動化およびモニタリング項目の標準化を行い、バイオ産業への参入障壁を下げ、市場拡大、コスト低減に貢献する。

ターゲットに対する提供価値

- 物質・代謝物モニタリング技術
- 自動化による高効率化
- AI技術を活用した高効率化

自社の強み

- 様々な分析機器を用いた多角的代謝物分析
- 中間物をモニタすることによる条件最適化技術
- 前処理自動化を代表するロボット化を用いた全自動分析システムの開発実績

自社の弱み及び対応

- バイオフィンダーに資する微生物の改良・開発技術がないパートナーとの協業で補う。

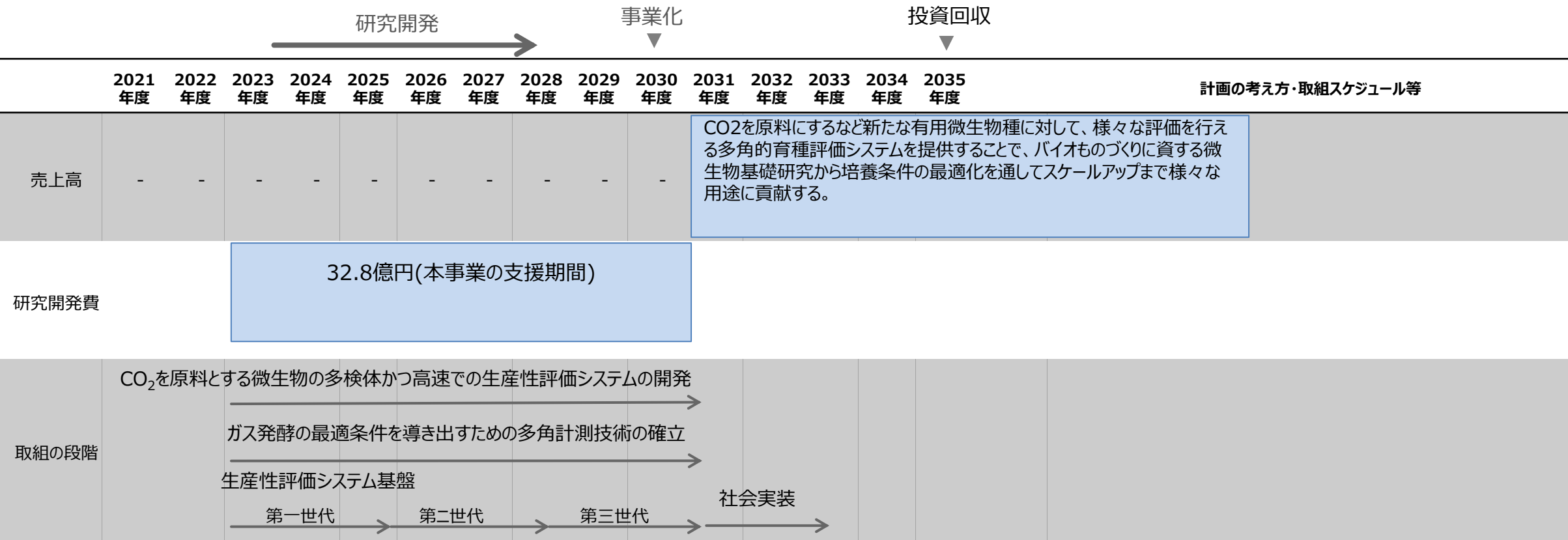
他社に対する比較優位性

・当社は、前処理・分析・解析に活用できる製品及び技術を有しており、全行程に対しソリューションを提供できる。
・当社の技術力、共創の取組、グローバルネットワークを活かして、国内での点検・調査業務の効率化を深化させると共に、国際標準化の取組や、海外への技術展開を推進する。

		技術	顧客基盤	サプライチェーン	その他経営資源
自社	◎	- 代謝物分析技術と自動化技術、微生物改良寄与  - 分野横断的な微生物開発技術・ノウハウの獲得	○  - 顧客のニーズ機軸の製薬を中心とした様々な分析に関わる分野 - バックスバイオと共創によるバイオ分野への振興	○  - 島津ダイアグノスティクスの培地など基礎消耗品から展開 - 微生物特性に応じたカスタム培地開発	○  - グローバルな研究開発・販売拠点の当社ネットワーク - 国際標準化の取組や海外への技術展開を推進
A社	△	ラボオートメーション核酸抽出、自動化技術のみ	○ 分析に関わる幅広い分野（製薬、化学など）に展開	○ 培地、消耗品など展開	○ 世界各国に販社有する
B社	×	- サンプル前処理の自動化技術を有する。 - 分析機器はない	○ 分析に関わる幅広い分野（製薬、化学など）に展開	×	△ 欧州・米国を中心に展開

8年間の研究開発の後、2030年頃の事業化、2035年頃の投資回収を想定

投資計画



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	バイオフィアウンドリと、自社の幅広い分析計測技術、更に自動化技術を加えることで、CO₂を原料としたガス発酵に対応した培養プロセスによる生分解性プラスチック製造へ貢献が可能。	- 研究開発拠点設立 - 開発で使用する分析機器を幅広い分析器から選び、バイオフィアウンドリと組合せ、さらに自動化に向けたロボット、AI導入する。	参画企業を通じたバイオ素材関連企業や最終顧客をリストアップし、自動化を含めた製品の水平展開を進める。
国際競争上の優位性	▼ アジアで唯一と言われる、革新的なDBTLと海外の競合に比べ幅に広い分析計測機器と、自動化技術の組合わせにより、世界に先駆けた、超高速バイオフィアウンドリが実現できる。	▼ 世界各地で研究開発拠点を設立しており、海外での市場、ニーズ等のフィードバックが可能。	▼ - 革新的なDBTLと組合せ可能な、唯一の自動化された幅広い分析装置と組合せ可能なシステムとして、欧米、アジアへの展開が可能となる。 - 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

国の支援ですべて賄う予定であるが、早期実現化が可能になった場合、自己負担を予定

資金調達方針

	22 年度	23 年度	24 年度	25 年度	26 年度	27 年度	28 年度	29 年度	30 年度	31 年度	32 年度	33 年度	34 年度	35 年度
事業全体の資金 需要		32.8億円									CO2を原料にするなど新たな有用微生物種に対して、様々な評価を行える多角的育種評価システムを提供することで、バイオものづくりに資する微生物基礎研究から培養条件の最適化を通してスケールアップまで様々な用途に貢献する。			
うち研究開発投資		32.8億円												
国費負担※ (委託又は補助)		30.6億円												
自己負担		2.2億円												

※インセンティブが全額支払われた場合

2. 研究開発計画

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	
1-1 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] 人工代謝経路から細胞設計までに要する時間を●●日/サイクル以内（2025年）、●●日/サイクル以内（2027年）、●●日/サイクル以内（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（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] 人工代謝経路から細胞設計までに要する時間を●●日/サイクル以内（2025年）、●●日/サイクル以内（2027年）、●●日/サイクル以内（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）	人工代謝反応設計・酵素設計・細胞設計のトータルに要する時間を●●日/サイクル以内に短縮（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）	●●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）	●●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

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	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 (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 (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 (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

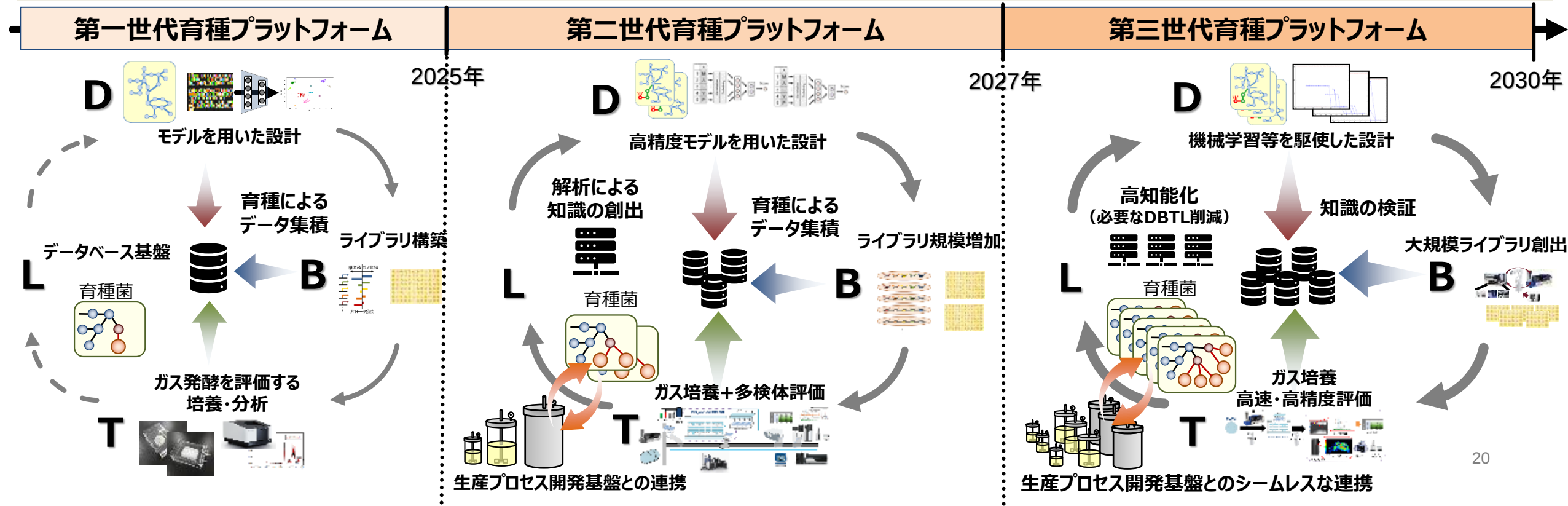
	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
1-4 育種期間短縮に向けた要素技術の統合によるガス発酵バイオファウンドリの開発	[1-4-1] 育種プラットフォームの高度化：第一世代（2025年；育種期間●/●）、第二世代（2027年；育種期間●/●）、第三世代（2030年；育種期間1/10）	糖からのモノづくりを中心とした育種プラットフォーム (TRL3)	データ駆動からAI駆動型育種を実現する第三世代プラットフォーム（育種期間1/10） (TRL5)	● データベース基盤を開発して、要素技術を統合して、第一世代育種プラットフォームを開発 ● 改良された要素技術の統合と共に、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

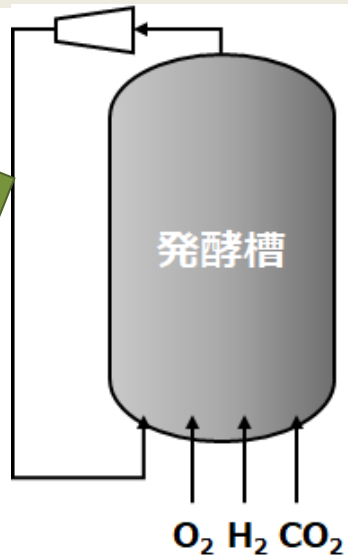


原料：油脂



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

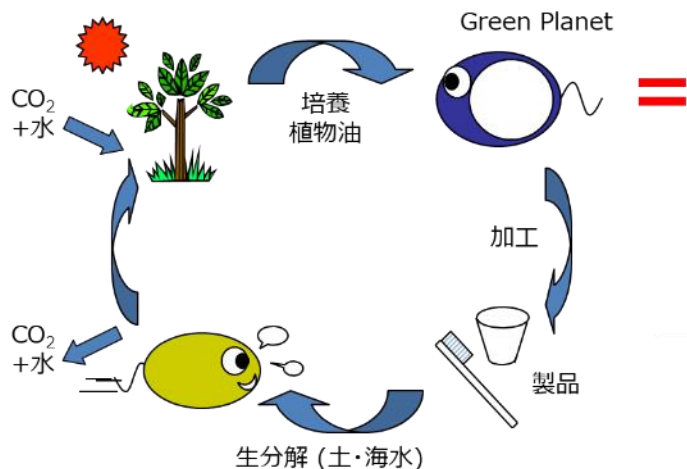
開発の概要： 全体概要

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

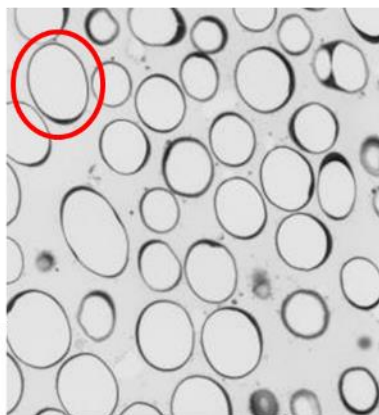
- 自社開発した水素酸化細菌の育種技術を活かし、原料を現行の植物油脂からCO₂へ変更するための技術開発を実施する。
- 水素酸化細菌への遺伝子導入技術、ゲノム改変技術は独自の高効率技術を有しており、更には現行事業にて蓄積した多様な物性を有するバイオポリマーの高効率生産、物性制御技術を応用し、多様なポリマーをCO₂から生産する微生物開発を進める。
- 原料であるCO₂, H₂, O₂を高効率でポリマーへと変換する技術開発においては、最先端の代謝解析の活用、並びにバイオプロセスの最適化によってガス収率向上、並びにCO₂固定化速度の向上によって、生産効率を現行の 5 倍以上に高める。

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～](#))



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)

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)	- 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 (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 (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 (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 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

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 (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(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 (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(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、試験生産を施する。	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(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

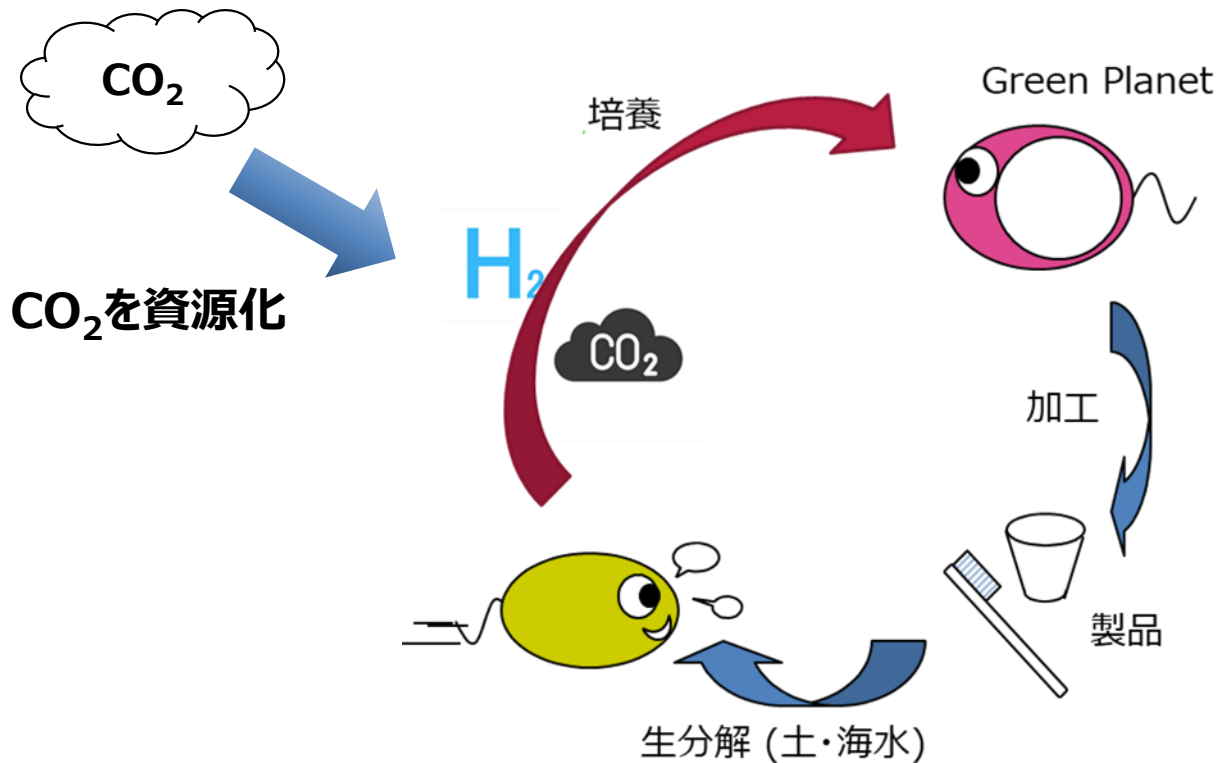
3-3 生産プロセス開発基盤の構築と統合型バイオファウンドリの機能実証	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
	[3-3-1] ●Lから●Lの発酵装置を有した生産プロセス基盤の整備、およびガス発酵データの取得（2025年度）	CO ₂ 、H ₂ 、O ₂ の混合ガスを用いた論文レベルでの実験の報告有り（TRL3）	設計完了（TRL4）	- 種々のスケールのガス発酵装置を有する生産プロセス基盤を整備する。 1-4で開発された微生物を用い、種々のスケールのガス発酵装置を行う。 - バイオファウンドリとの連携（1-4との連携）	90%
	[3-3-2] ガス発酵のスケールアッ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



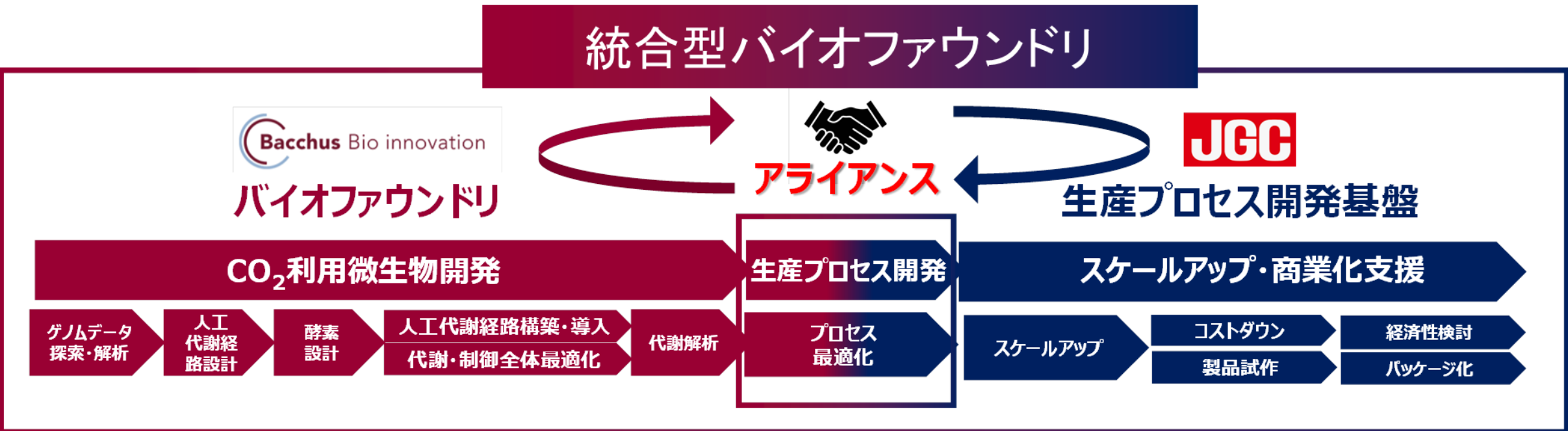
カネカ生分解性バイオポリマー
Green Planet®を
CO₂から製造！

開発の概要： 全体概要



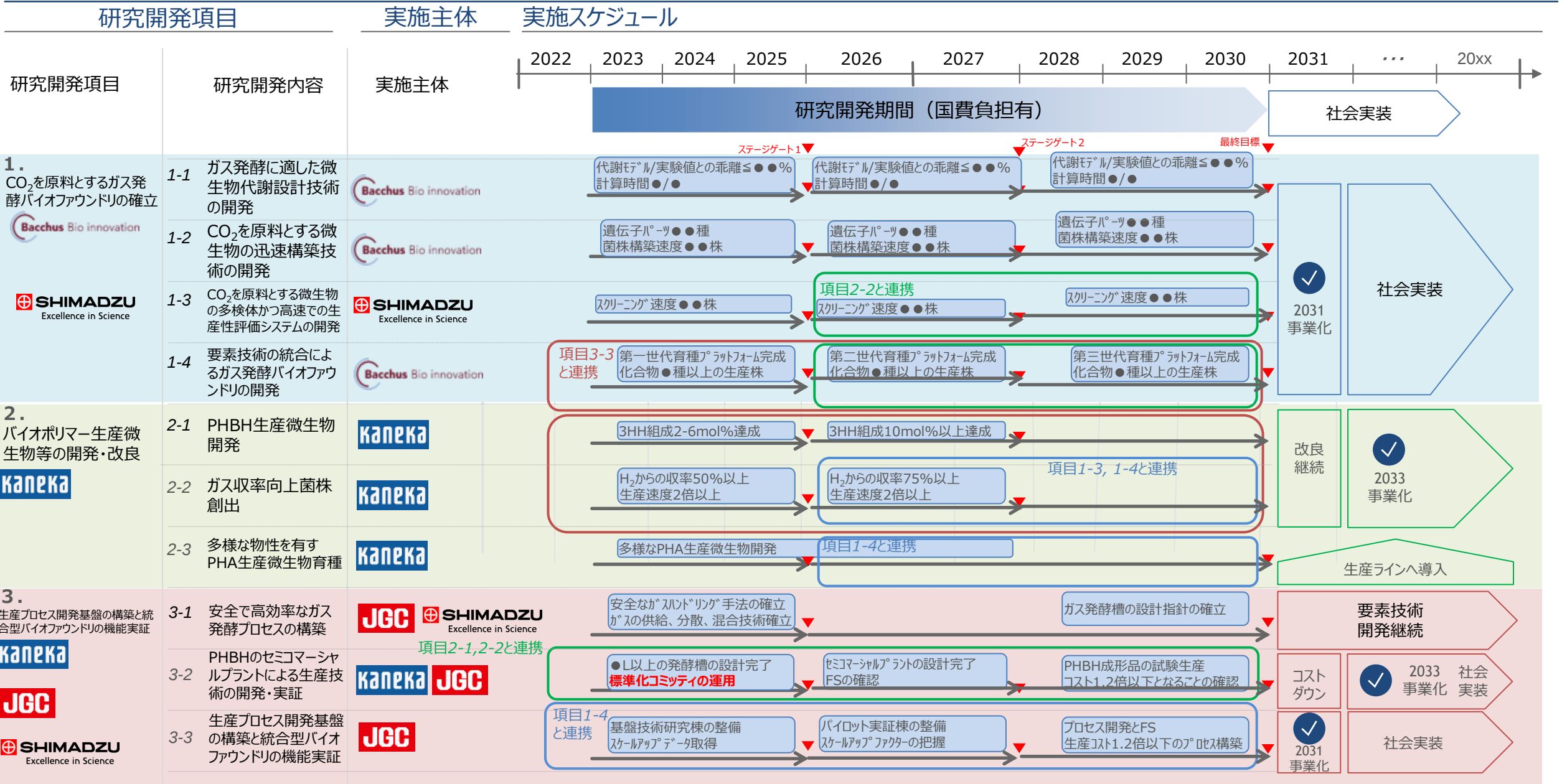
【開発のターゲット2】 統合型バイオフィアウンドリの構築

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

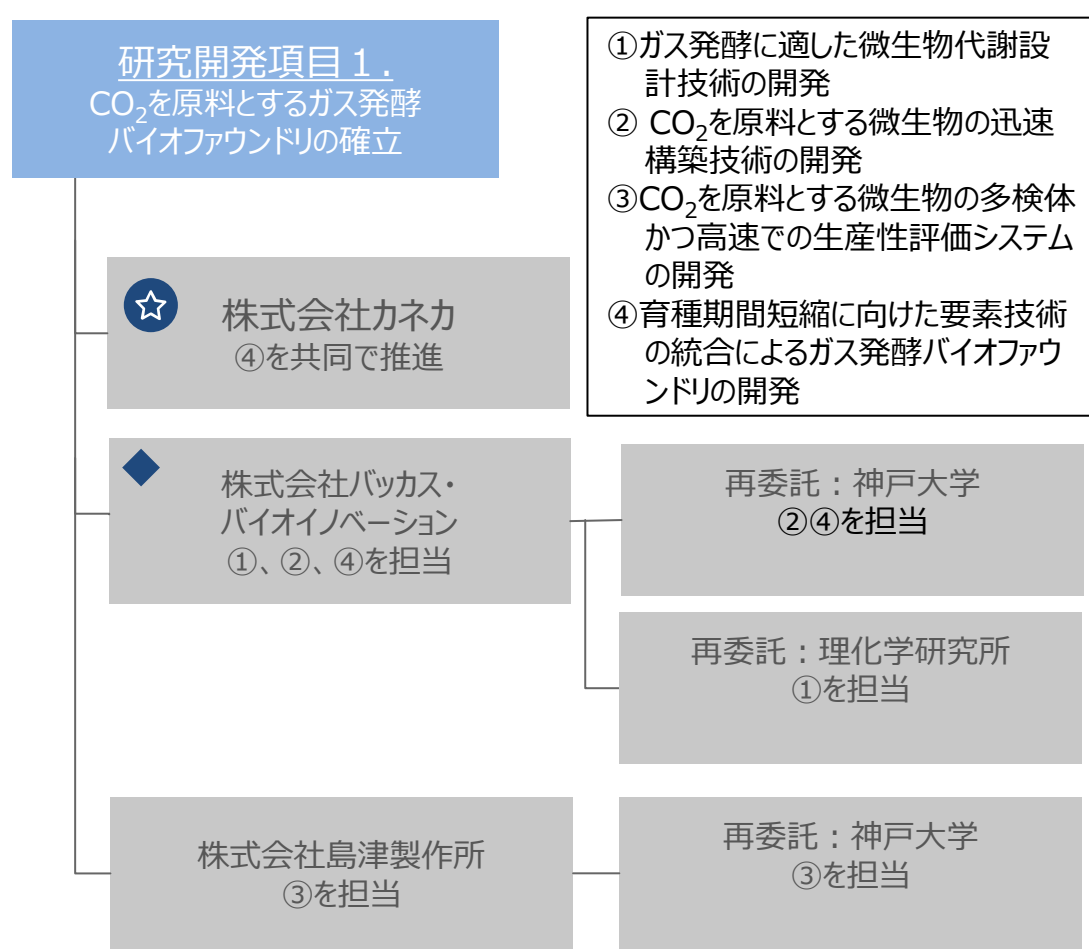
全体計画



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

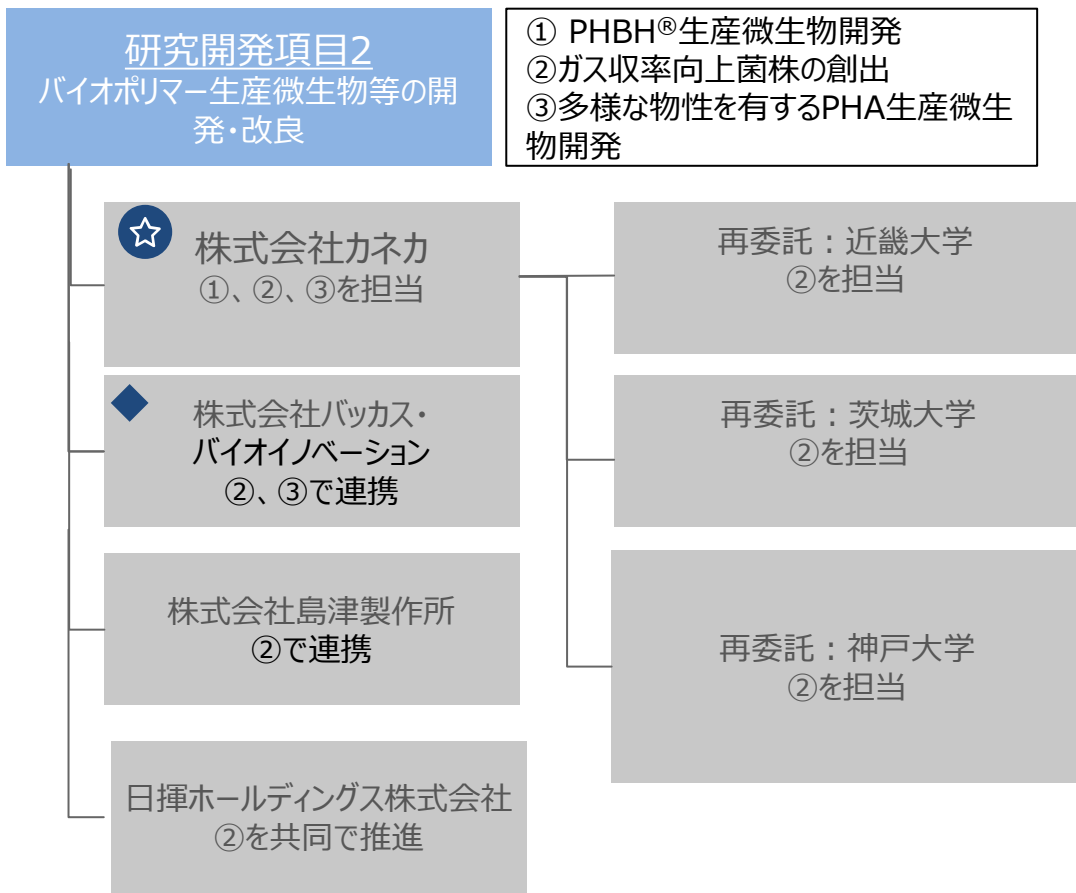
中小・ベンチャー企業の参画

- 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

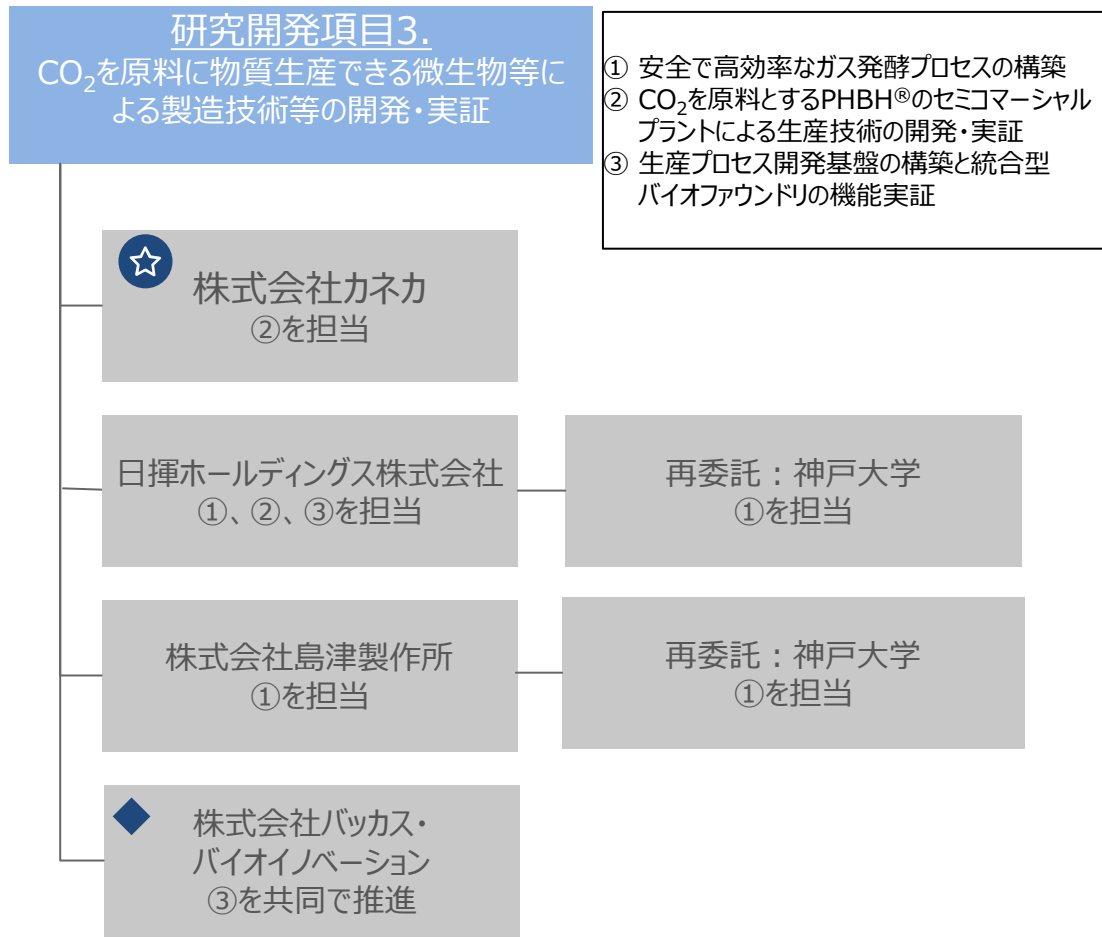
中小・ベンチャー企業の参画

- 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(蓮沼教授)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	→ 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

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	→ - 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ア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

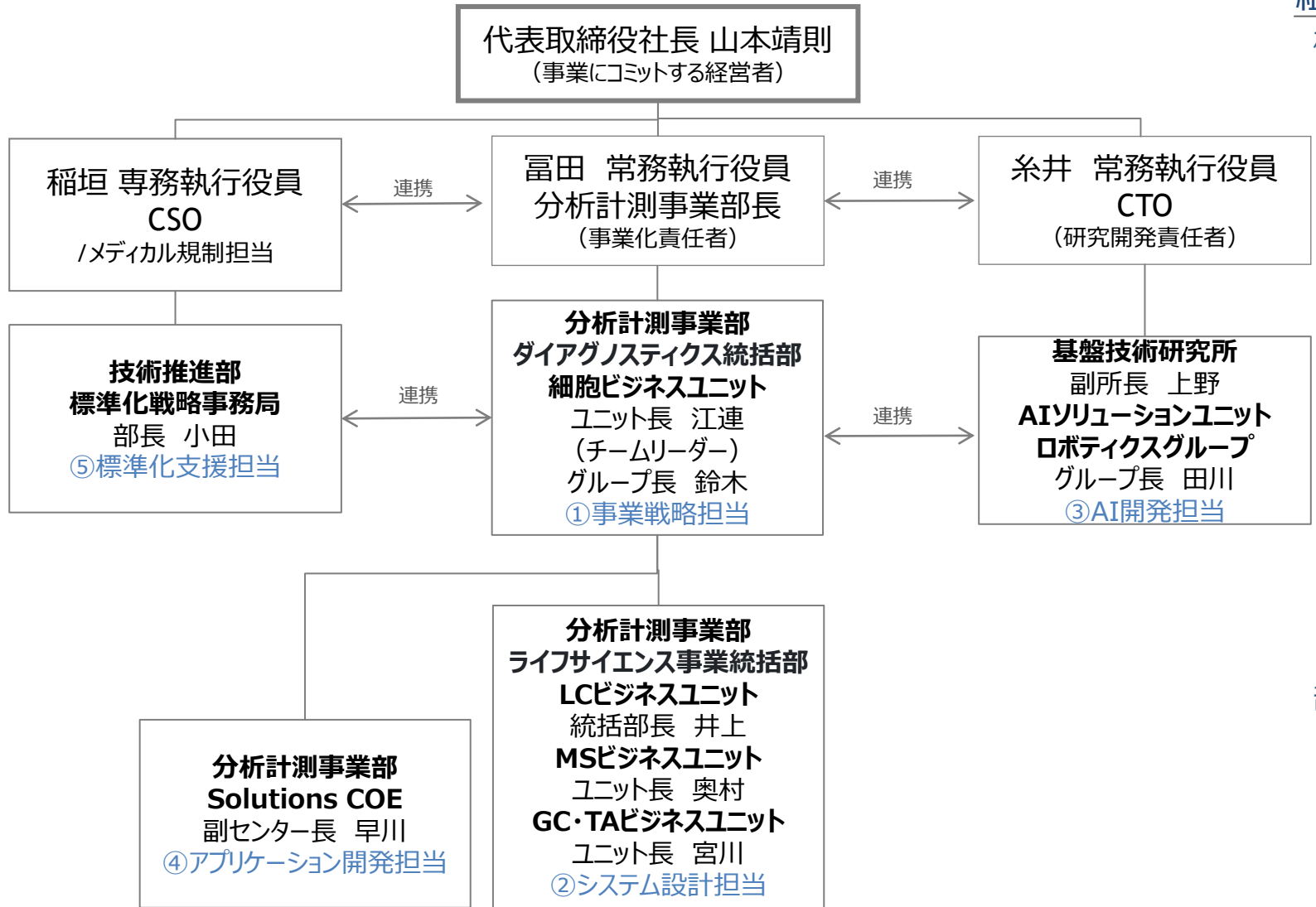
3. イノベーション推進体制

(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・事業化責任者**
 - 糸井 常務執行役員
 - 富田 常務執行役員 分析計測事業部長：全体総括
- **担当チーム**
 - ①事業戦略担当
 - ②システム設計担当
 - ③解析ソフト開発担当
 - ④アプリケーション開発担当
 - ⑤標準化支援担当
- **研究開発責任者/チームリーダー級の実績**
 - 分析計測事業部長：分析計測機器の開発・製品化の実績
 - 細胞ビジネスユニット ユニット長：細胞解析ソリューションの開発・製品化の実績

部門間の連携方法

- プロジェクト進捗に関する経営層との情報連携（毎月）
- プロジェクト進捗に関する部門間（①～⑤）との情報連携（毎月）

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

経営者等によるバイオものづくり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
 - 当社の中期経営計画として、社会価値創生領域としてヘルスケア、GX（グリーントランスフォーメーション）、インダストリーを位置付け、当事業を当社GXの重要なテーマのひとつとして、当社ホームページにて社内外に発信する予定（仮2023年度初頭）。
 - 3つのオープンイノベーション拠点である「Shimadzu Tokyo Innovation Plaza（2022年10月竣工）」、「Shimadzuみらい共創ラボ（2022年5月開所）」、「ヘルスケアR & Dセンター（2019年6月開所）」を利用して、大学・国研、企業、ベンチャー企業等の研究開発者との情報共有、技術・アイデアの共創による新たな付加価値創出をめざす組織文化の醸成を行っている。2022年5月にヘルスケアR & Dセンターで開催した「未来に挑むディープテック・スタートアップピッチ inShimadzu」で、株式会社バックス・バイオイノベーションが講演し、本事業に関する研究が社会課題解決に資することを社内に発信した。
- 事業のモニタリング・管理
 - 当該事業を“重点研究開発課題”と位置づけ、中期経営計画を軸に、会長・社長・全経営層が議論する場を年に複数回設定している。また、開発会議※において毎月進捗を確認するとともに、進捗状況に応じて計画変更等の指示を出す（開発会議※：長期的、総合的な視点で特に重要な研究開発を審議する全社機関で、社長を議長とし、担当役員、事業部長、基盤技術研究所長をメンバーとする）
 - 事業化にあたっては事業規模の妥当性や市場の可能性のみならず、社会課題の解決につながるかを、同会議において精査し、かつ、事業終了まで同様の視点でモニタリングする。

事業の継続性確保の取組

- 中期経営計画において、社会価値創成領域として掲げたヘルスケア、GX（グリーントランスフォーメーション）、インダストリーは、具体的な事業と紐づいており売上目標が設定される。
- 当該事業を“重点研究開発課題”と位置づけ、社内経営会議で執行役員による議論を行うとともに、取締役会で社外役員を交えて当該事業の進捗及び課題を審議し、継続性を確保する。

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

経営戦略の中核においてバイオものづくり事業を位置づけ、広く情報発信



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
 - ・地球・社会・人との調和を図りながら、「事業を通じた社会課題の解決」と「社会の一員としての責任ある活動」の両輪で企業活動を行い、明るい未来を創造するため、「カーボンニュートラルへの取り組み」を明記した2021年9月に「島津グループサステナビリティ憲章」を取締役会で決議し、全社基本規定として制定した。
 - ・島津グループサステナビリティ憲章にもとづき、島津グループのサステナビリティ経営を具体的に推進する枠組みとして島津グループサステナビリティ経営基本規定」を制定し、経営層、全社部門長や国内外グループ会社代表者が出席する「グループサステナビリティ会議」にて方針・戦略・計画について討議する。
- 経営戦略への位置づけ、事業戦略・事業計画の決議・変更
 - ・2023-2025年の中期経営計画へグリーン分野の一つとしてバイオものづくりを設定し、取締役会で決議し、広く周知するとともに、事業戦略の進捗、修正などを年2回、会長・社長・全経営層が議論する会議を実施する。

ステークホルダーに対する公表・説明

- 情報開示の方法
 - ・島津グループにおける経営戦略や事業活動、財務・非財務情報をまとめた「島津 統合報告書 2022（2022年6月発行）」において、バイオ技術とデジタル技術による脱炭素社会実現に向けた取組として、バイオファウンドリの構築に向けた計画や、これまでに取り組んできたバイオ分野向け自律型実験システムの成果について公表した。
 - ・中期経営計画のIR資料、CSR報告書等への記載（2023年3月22日プレスリリース）
- ステークホルダーへの説明
 - ・上記の開示方法などを通じて社会に広く情報発信を行う。

企業価値に関する指標との関連性

- PBRは直近2021年度最終営業日実績で3.27倍である。
- 現在公表している中期経営計画において、経営目標として自己資本当期純利益率（ROE）10%以上、資本政策として、株主への還元は総還元性向30%以上を目安とし、安定した配当を継続と明記している。また、これら指標の達成度については、統合報告書における財務情報などに記載し、実績を発信して、ステークホルダーに示している。

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、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
 - ・進捗状況や環境変化に応じて、随時、開発部門の裁量で手法の見直しなどの変更を行うことができる。また、予算増額や大幅な計画の見直しが必要になった際には、毎月の開発会議にて審議・決定する。
 - ・コンソーシアム内の大学、企業、ベンチャー企業と共同で取り組むことにより、社内に無い知見、設備を有効に活用する。
 - ・プロトタイプを顧客に近い立場のチーム内機関に評価してもらい、開発にフィードバックすることでアジャイルに方針の見直しを行う。
- 人材・設備・資金の投入方針
 - ・事業部門の技術者に加え、全社部門から専門領域（企画、標準化、システム開発等）を担う人材が、開発段階に合わせ適宜協力する体制をとる
 - ・社外協力機関を中心に若手人材の採用を検討する

関連部署との連携

- 開発・事業化を推進するための関連部署との連携
 - ・社長直轄の組織である経営戦略室との連携により、全社の視点からの事業戦略の立案や事業環境の変化に対応した修正を行う。
 - ・基盤技術研究所との連携により、研究開発に必要な新しい知識・技術などを随時活用する。
 - ・技術推進部と連携することにより、全社の標準化活動のノウハウを活用し、本事業に関する標準化を加速する。
 - ・知的財産部との連携により、社会実装を見据えた特許やノウハウのオープン・クローズ戦略を実施する。
- 若手人材の育成
 - ・サステナビリティ経営の一環として、将来にわたり継続的に事業を展開していくために、人材投入方針として20代・30代の研究開発人材を常に投入し、経験させることで、事業の継続性を図る。
 - ・若手人材による学会発表や論文発表等を積極的に行うことで、社外の有識者とのコミュニケーションを行い、事業の継続や変革に必要な知識・情報を得ることを推進する。
 - ・本事業を進める上で、コンソーシアム内外の関係企業・団体との対話や交渉、エンドユーザとの課題解決に向けた対話等において、若手人材を積極的に関与させ、コミュニケーション力やマーケティング力の強化を図る人材育成施策を「島津 統合報告書」において示す。

4. その他

4. その他／（１）想定されるリスク要因と対処方針

リスクに対して十分な対策を講じるが、市場が小さいと判断された場合は事業中止も検討

研究開発（技術）におけるリスクと対応

- 研究リソースが確保できなくなるリスク
 - 研究者退職により研究が継続できなくなるリスク
 - 社内のチーム内で、研究、状況共有の場を設け、チームでの対応が可能な様にする。
- 参画事業者の状況により、協力が困難になるリスク
 - 資本関係、共同研究開発、人の派遣等により、状況の把握、関係強化を進める。

社会実装（経済社会）におけるリスクと対応

- バイオ素材の経済性が向上せず、従来の素材からの移行が進まないリスク
 - 各国・地域の政策動向やバイオ素材コストと石油等由来の従来の素材コストを注視しながら、パートナーと連携して市場開拓や政策への提言を行う。

その他（自然災害等）のリスクと対応

- 地震、津浪、台風による研究開発拠点や関係先が稼働できなくなる可能性
 - 過去の大規模災害の際の対応と、課題を確認し、短期間で研究開発が再開できる体制を組む。



- 事業中止の判断基準：
 - 自社経営の影響により、本共同開発への投資が困難となった場合。
 - バイオファウンドリ事業者が増えず、装置、自動化ロボットの水平展開が見込めなくなった場合。
 - 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、それに代わる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等、又は本共同開発に不可欠な部材や試料の入手の困難等、自己の責めに帰さない事由により継続困難な場合。