

事業戦略ビジョン

実施プロジェクト名：水素細菌によるCO₂とH₂を原料とする革新的なものづくり技術の開発
実施者名：株式会社 ダイセル 代表名：代表取締役社長 小河 義美

コンソーシアム内実施者： 双日株式会社（幹事企業）
電力中央研究所
Green Earth Institute株式会社
東レ株式会社
DIC株式会社

目次

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

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

消費者意識の高まりにより、化粧品業界におけるサステイナブル素材へのニーズが急拡大

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）

- ・ サステイナブル・エコフレンドリーな商品を選択する消費者の増加
- ・ LCA導入企業の増加に伴い、サステイナブル素材が注目

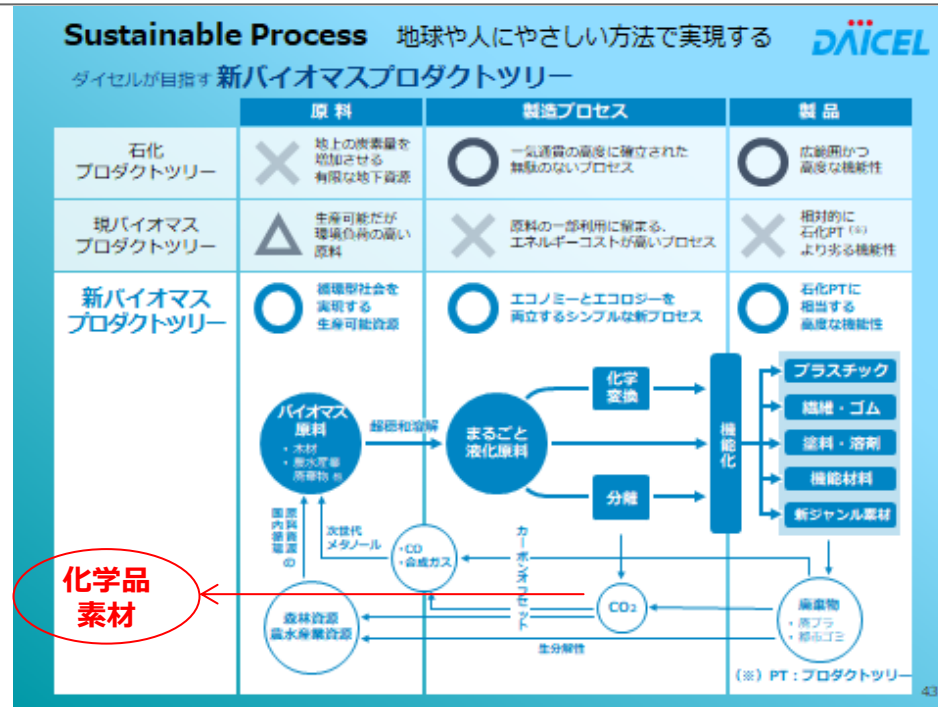
（経済面）

- ・ 日本を含め、炭素税導入の議論が本格化
- ・ 個別企業でも、社内炭素価格を設定する企業が増えてきており、CO₂排出量の低い、プロセス導入を後押し

（政策面）

- ・ 2050年CN達成に向け世界各国で取組みがスタート

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



中期戦略Accelerate 2025- II からの抜粋

● 市場機会：

- ・ サステイナブル、エシカル、ナチュラルを訴求した化粧品市場の拡大
- 社会・顧客・国民等に与えるインパクト：
- ・ CN社会達成に向けた施策の一つ

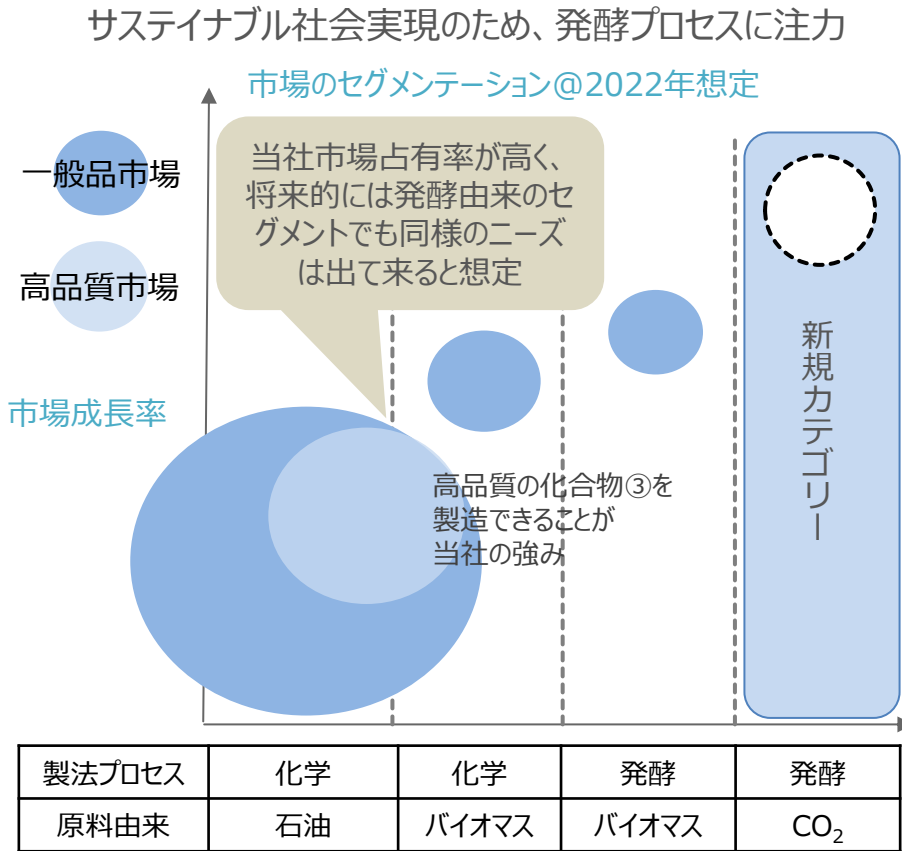
● 当該変化に対する経営ビジョン：

- ・ 脱炭素・循環型社会の構築に向けて、自社に留まらず、社外も巻き込んだクロスバリューチェーンを構築し、新しい価値を創造する
- （例）バイオマスバリューチェーン

1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット

化粧品市場のうち、サステイナブル・ナチュラルを訴求した化粧品をターゲットとして想定

セグメント分析



ターゲットの概要

市場概要と目標とするシェア・時期

- 2030年 大手化粧品企業での原料脱石化の流れ本格化
- 2031年 CO₂・水素を活用した発酵プロセス製品で市場参入
- 2033年 量産化設備（第一期）を導入し、本格的に販売開始
- 2035年 よりサステイナブルな素材である発酵プロセス、バイオマス原料由来製品の市場が本格的に立ち上がる
- 2038年 追加の量産化設備（第二期）を導入
- 2040年 投資回収完了

製法・原料由来分類

※各セグメントの市場規模（グローバル）、成長率は当社推定

1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

ダイセル独自の精製技術を用いてCO₂由来化粧品素材を提供する事業を創出/拡大

化粧品市場に対する提供価値

<目指すところ>

石油由来製品の市場からCO₂原料のバイオプロセス製品に置き換え、カーボンニュートラルの社会に貢献する。その為にダイセル独自の精製技術を用いて精製度が高く、かつ持続可能な化粧品素材を市場に提供することで、業界プレゼンスを上げる。

<顧客>

- ①サステナブルを意識している化粧品メーカー
- ②高品質素材に価値を見出している化粧品メーカー

<価値の提供>

・石油由来物質が広く使用されている化粧品にCO₂由来の有機物質を提供する。嗜好品であるからこそ環境負荷の低減が望まれる化粧品へ貢献する。

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

<研究計画とサプライチェーンの関係>

【課題①】

CO₂から化合物③を合成出来る新しい菌株を開発する



菌株

+

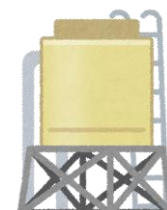
CO₂

【課題②】

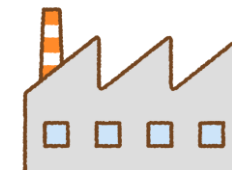
自社や近隣工場から排出されるCO₂や、発電事業者から供給されるCO₂を利用



（ラボ）



（パイロット）



（商用）



（顧客）

安定な合成と精製技術の確立

【課題③】

自社の精製技術を活かしながら、発酵で発生した不純物を除去する技術を開発する

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）

サステイナブル素材への転換ニーズにあわせCO₂由来化粧品素材を提供

市場導入に向けての取組方針・考え方

CO₂活用・発酵プロセスによるサステイナブル化と高品質を両立した製品を、サステイナブル素材への転換が進む化粧品市場に提供する

(原料・プロセスによる環境負荷低減)

- CO₂を原料とした水素細菌による化粧品素材生産により低環境負荷製品であることをLCA評価により示す

(高品質素材の提供)

- 高品質を達成可能な発酵プロセスに、自社の精製技術を活かし、かつ環境負荷を低減した精製プロセスを組合せることで、高品質な化粧品素材を製造する

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)

- LCA導入企業の増加
- サステイナブル、エシカル、ナチュラルを訴求した化粧品市場の拡大
- ナチュラルインデックスに対する国際標準化 (ISO16128) と各国の支持
- CO₂排出量の低い素材に対するニーズの高まり

(市場導入に向けた自社による標準化、知財、規制対応等に関する取組)

- LCA評価手法の検討
- 石化由来製品からサステイナブル製品への転換

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

標準化戦略

- LCA評価 (コンソーシアムでの取組み)

知財戦略

- 菌株、発酵生産プロセス、精製プロセスの知財網構築
- ガス培養技術のノウハウ化

1. 事業戦略・事業計画／（4）経営資源・ポジショニング

既存ビジネスでの経験を活かして、社会・顧客に対して脱炭素素材という価値を提供

製法プロセス・原料由来ごとの強み・課題

製法プロセス 原料由来	強み	課題
発酵 CO ₂	・カーボンネガティブ	・技術確立
発酵 バイオマス	・ナチュラル訴求 ・低CO ₂ 排出量	・品質 ・コスト競争力
化学 バイオマス	・ナチュラル訴求	・従来プロセス イメージ払拭
化学 石油	・高品質 ・コスト競争力	・石油由来原料 ・高CO ₂ 排出量

自社の強み

- ・ 長年の既存ビジネスによる顧客とのネットワーク、情報
- ・ 精製技術
- ・ 嫌気性菌を用いた発酵技術

自社の弱み及び対応

- ・ 生産菌開発
- ・ 水素と酸素の爆発混合気体の安全利用

⇒ コンソーシアム内の知見を活用

他社に対する比較優位性

メーカー	DAICEL 		競合A	競合B	競合C	競合D
製法	化学	発酵	化学	化学	化学	発酵
原料由来	石油	CO ₂	石油	石油	バイオマス	バイオマス
品質	高	高	中	高	低	低
CO ₂ 排出量	大	小〜マイナス	大	大	中	小

1. 事業戦略・事業計画／（5）事業計画の全体像

10年間の研究開発の後、2033年頃の事業化を想定

投資計画

- ✓ 当該基金を通じて、支援対象期間内にベンチ・パイロットベースの発酵槽を設備投資
- ✓ 支援期間終了後も自己負担にて実製造設備導入及び市場拡大に合わせた増産投資を継続を想定

	支援対象期間							自己実施期間				
	→ 研究開発・実証 →							→ 事業化 →	投資回収（事業化後も市場拡大に合わせ、継続的に自己投資継続が想定される為、2040年を置く）			
	2022年度 (N0年度)	…	2025年度 (N3年度)	…	2027年度 (N5年度)	…	2030年度 (N8年度)	…	2033年度 (N11年度)	…	2040年度 (N18年度)	
(単位：億円)												
売上高	—							2031年～：販売開始				
研究開発費	支援期間累計 約 25 億円 (caseによる)							支援期間終了後も研究開発は継続 事業化後も量産体制確立に向け 継続的に自己投資を想定				
取組の段階	ラボスケールでの プロセス確立		数十～数百Lスケールでの プロセス確立		数百～数千Lでの プロセス確立		パイロットでの検証 ～実製造設備導入		量産体制確立			
CO2削減効果	—							CO2削減効果として、3.7～5.2 kg-CO2/kg-化合物③を見込む				

1. 事業戦略・事業計画／（6）研究開発・設備投資・マーケティング計画

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

	研究開発・実証	設備投資	マーケティング
取組方針	<ul style="list-style-type: none">電中研の知見を活用し、炭酸固定能を有する水素細菌に化合物③産生能を付与し、CO₂から化合物③を生産する菌株を構築する電中研・GEI・東レの知見を取り入れ、菌株改変、生産プロセス技術開発により、生産性を向上する精製プロセス開発により化粧品市場で求められる高品質な化合物③を生産、顧客へのサンプルワークを実施する	<ul style="list-style-type: none">当該基金を通じて、ベンチ・パイロットベースの発酵槽を設備投資し、蒸留精製プロセス含めて、最終製品として社会実装可否を見極める酸素/水素混合気体の安全な取扱いのノウハウを獲得する	<ul style="list-style-type: none">サステイナブル素材へのニーズの強い、大手化粧品メーカーをターゲットにプロモーションを実施CO₂を活用したエコフレンドな素材であることをベースにグローバルで啓蒙活動を行う
進捗状況	<ul style="list-style-type: none">社内にて水素細菌の取扱いを開始した	<ul style="list-style-type: none">装置導入に必要とされる安全対策につき検討を開始した	<ul style="list-style-type: none">随時、大手潜在顧客と情報交換を行い、外部環境、ニーズ変化の有無を確認し、現時点では当初計画より変化は見られなかった
国際競争上の優位性	<ul style="list-style-type: none">CO₂利用微生物の中で高い生育速度を有している水素細菌を利用する高品質な化合物③製造の知見がある品質に影響する不純物の同定と低減プロセス構築のノウハウを有している	<ul style="list-style-type: none">研究開発段階に掛かる設備投資費用の一部に、国のバックアップを得ることで社会的信頼を獲得し、早期の社会実装を目指す各社専門分野が異なるコンソーシアムメンバー間で協業することにより、社会実装の確度アップを図る	<ul style="list-style-type: none">CO₂を活用したサステイナブルな素材であることを全面に押し出し、最大限の高付加価値化を図る研究開発費の一部に、国のバックアップを得ることで社会的信頼を獲得し、早期の社会実装を目指す

国の支援に加えて、約15億円規模の自己負担を予定

資金調達方針

✓ 支援期間終了後も自己負担にて実製造設備導入及び市場拡大に合わせた増産投資を継続を想定

	2022年度 (N0年度)	...	2027年度 (N5年度)	2028年度 (N6年度)	...	2030年度 (N8年度)	...	2040年度 (N18年度)
事業全体の 資金需要	約 30 億円							支援期間終了後も 自己負担にて投資継続を想定
国費負担※ (委託又は補助)	約 15 億円							
自己負担	約 15 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

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

アウトプット目標を達成するために必要な複数のKPIを設定

研究開発項目		アウトプット目標	
2．CO ₂ から有用物質を生産できる組換え水素細菌の開発		CO ₂ とH ₂ を利用して増殖し、ポリマー原料(PHB)を蓄積する性質を持つ水素細菌について、PHB代謝経路等を改変し、生来では生産されない有用物質に変える組換え株を物質毎に創製する。また、研究開発項目3の培養技術と組み合わせ、一定の生産性を達成する。	
研究開発内容		KPI	KPI設定の考え方
① 化合物①生産株の開発		化合物①生産株の構築 項目3と連動し、目標KPIに定めた生産性を達成	実施項目3で目標とする「現行品の1.2倍の価格」の目途がつく生産性から推定して設定
② 化合物②生産株の開発		化合物②生産株の構築 項目3と連動し、目標KPIに定めた生産性を達成	実施項目3で目標とする「現行品の1.2倍の価格」の目途がつく生産性から推定して設定 (現状の糖からの化合物②の生産速度と同等)
③ 化合物③生産株の開発		化合物③生産株の構築 項目3と連動し、目標KPIに定めた生産性を達成	実施項目3で目標とする「現行品の1.2倍の価格」の目途がつく生産性から推定して設定

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

アウトプット目標を達成するために必要な複数のKPIを設定

研究開発項目		アウトプット目標		
3.CO ₂ から有用物質を生産する水素細菌の培養技術の開発と実証		CO ₂ とH ₂ を利用する水素細菌について、高度培養技術を確立し、世界最高水準の菌体生産速度を達成する。また、現行品の1.2倍程度の価格で経済性を獲得できるプロセスを設定し、大型培養規模で実証する。		
研究開発内容		KPI	KPI設定の考え方	
研究開発内容	1 高度培養技術の基盤開発	野生株を用いて、目標に定めた菌体生産速度を達成	生理特性に基づいたCO ₂ やH ₂ の供給や培養工学的アプローチにより、培養規模に関わりなく、現行の世界最高水準の菌体生産速度を維持することから設定	
	2 物質生産実証試験	実施項目2で開発した組換え株を用いて、開発した高効率菌体培養により、数百～数千Lスケールでの生産性を実証	現行品の1.2倍程度の価格の達成の目途を得て、更に大規模な商用プロセスのフィージビリティスタディが可能となる生産性の実証	
	3 化成品/菌体飼料の評価	生産物の物性や臭気等品質が既存の化成品と同等以上 菌体残渣を使った飼料として登録	最終製品の原材料として市場受容性に必須 法令上の安全性・成分量の確保から必須	
	4 プロセスのLC-CO ₂ 評価	H ₂ とCO ₂ を出発物質に菌体と物質を生産する上記プロセスにおけるLC-CO ₂ を実測値を基に算定	プロセスのCO ₂ 削減効果を明確にするため、実測に基づいた精緻なLC-CO ₂ 算定が必須	

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

【研究開発項目2】

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性（成功確率）
1 化合物①生産株の開発	化合物①生産株の構築 目標KPIに定めた生産性を達成	・水素酸化細菌組換え手法確立 ・組換え体のガス培養による化合物①関連物質の生成確認 (TRL2)	研究開発項目3との連携で、化合物①生産のKPI設定を満たす組換え株の構築 (TRL6)	・野生株が持つPHB高生産性代謝経路を利用した生産菌の開発 <ul style="list-style-type: none">- 遺伝子組換えによる生合成経路導入- 高生産化のための酵素遺伝子探索・変異導入- 収率向上のための副生成物経路遮断- 連続培養を志向したフラックスバランスの改善 ・育種による目的化合物への耐性獲得	代謝経路構築（90%） 酵素探索・最適化（50%） 代謝フラックス最適化（50%） 目的化合物への耐性獲得（70%）
2 化合物②生産株の開発	化合物②生産株の構築 目標KPIに定めた生産性を達成	・合成経路の設計を完了 ・設計した合成経路の一部を組み込んだ組換え体の取得を完了 (TRL2)	研究開発項目3との連携で、化合物②生産のKPI設定を満たす組換え株の構築 (TRL6)	・代謝経路最適化 <ul style="list-style-type: none">- オミクス解析によるフラックスの把握- 副産物経路の遮断などによる生産経路の強化 ・酵素設計 <ul style="list-style-type: none">- 分子動力学的シミュレーションによる設計 ・遺伝子発現最適化計算科学による配列設計 ・連続培養向け最適化 ・オミクス解析による課題把握と組換えによる改良 <ul style="list-style-type: none">- 進化論的育種による連続培養向け株への改良	スマセル技術適用に社内実績（80%） 酵素開発は高難易度（40%） 発現最適化は別株で実績（80%） 水素を用いた連続培養系の構築が未知数。但し、別微生物、化合物で実績（40%）
3 化合物③生産株の開発	化合物③生産株の構築 目標KPIに定めた生産性を達成	・組換え大腸菌で化合物③の人工代謝経路を構築済み ・水素細菌での人工代謝経路を構築中 (TRL2)	研究開発項目3との連携で、化合物③生産のKPI設定を満たす組換え株の構築 (TRL6)	・人工代謝経路の設計および選定 ・酵素遺伝子の探索・評価 ・水素細菌への遺伝子導入および発現検討AI予測、情報科学的手法などを活用した酵素機能改変および向上 ・代謝シミュレーション、ゲノム育種等を利用した宿主ゲノムの改変	異種発現効率に課題（95%） AI予測の実証に課題（80%）

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

【研究開発項目3】				解決方法	実現可能性 (成功確率)
1 高度培養技術の基盤開発	KPI 目標KPIの菌体生産速度を達成	現状 数十 L規模での培養 (TRL2)	達成レベル 生産実証規模の培養で所定の菌体生産速度 (TRL5)	<ul style="list-style-type: none">微細気泡の導入などCO₂とH₂の効果的供給方法を開発菌体生産における律速因子の特定や培養工学的変数の把握培養のモデル化とともに増殖の律速因子を極力排除した高効率菌体生産バイオリクターを開発	不水溶性H ₂ の菌体への安全かつ効率的な供給に課題 (70%)
2 物質生産実証試験	実施項目2で開発した組換え株を用いて数百～数千Lスケールで生産性を実証	合成経路の設計 合成経路の一部を組み込んだ組換え体の取得に着手、1 L未満での培養 (TRL2)	商用生産の設備仕様や生産条件を取得 (TRL6)	<ul style="list-style-type: none">パイロットでの最適培養条件と菌体生産性の知見に基づいて、高性能CFDソフトウェア、スケールダウンモデルを活用した培養のスケールアップを検討これまでのスケールアップ事例の知見を活かしたシミュレーションなどのバイオフィンダリ拠点(数千 L規模の培養)の知見を活かし、培養の実証設備の設計・建設(協力機関と連携)適用連続培養の達成のため、菌体分離用の中空糸膜技術を適用生産物の分離・精製のため、膜技術を適用排気ガスからの膜分離によるリサイクルプロセスの開発	<ul style="list-style-type: none">他細菌の目的化合物組換え生産株の開発実績 (70%)気体を基質としたリアクターのスケールアップに課題 (70%)商用規模の連続発酵実証経験、国際実証での経験(80%)アジピン酸前駆体や乳酸などで発酵液精製の経験あり(90%)
3 化成品/菌体飼料の評価	既存の化成品と同等以上(物性、臭気)/菌体残渣を飼料登録	生産例なく未着手(TRL1)/類似の細菌で登録実績なし (TRL2)	既存品(生産物と飼料)と同等以上の品質 (TRL5)	<ul style="list-style-type: none">生産物の機能性評価、分離・精製の検討臭気原因物質の分析及び同定、不純物低減のための精製条件の確立ブリ、子豚での給餌試験による安全性評価飼料としての配合を検討し、販売可能な品質、形状を確立	原因物質の除去プロセスに課題 (80%)/現在、他の菌体での実績あり (70%)
4 プロセスのLC-CO ₂ 評価	CO ₂ とH ₂ を出発物質に菌体と物質を生産する上記プロセスのLC-CO ₂ を実測値を基に算定する。	小規模培養でのインベントリ実測に着手 (TRL2)	最大規模の培養での実測によりLC-CO ₂ 評価を行う (TRL5)	<ul style="list-style-type: none">各培養規模でLC-CO₂の算定に必要なインベントリ情報を実測し、プロセスのCO₂削減効果を算定学協会・関連団体から有識者を招き、算定結果の評価を受ける	インベントリ情報の実測を前提に削減効果が見積り可能 (80%)

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

【研究開発項目2】

	直近のマイルストーン	これまでの開発進捗	進捗度
1 化合物①生産株の開発	<ul style="list-style-type: none">化合物①生産株の構築組換え体のガス培養により化合物①の生産を確認目標生産性を達成	<ul style="list-style-type: none">水素酸化細菌の遺伝子組換え手法：水素酸化細菌のゲノム上に効率的に化合物①生産遺伝子を導入できる条件を確立した。化合物①生産遺伝子ライブラリの構築：選抜した 化合物①生産遺伝子の1次候補から構成されるDNAライブラリを構築し、対応する形質転換体の作成を実施している。組換え株による化合物①生産評価：化合物①生産の評価系を構築し、組換え株の評価を実施している。化合物①および関連物質の生成を確認できている。	<div>○</div> <ul style="list-style-type: none">概ね実施計画の通り進捗している。
2 化合物②生産株の開発	<ul style="list-style-type: none">化合物②生産株の構築組換え体のガス培養により化合物②の生産を確認目標生産性を達成	<ul style="list-style-type: none">必要な遺伝子と破壊すべき遺伝子を選定した。化合物②合成に必要な外来遺伝子の、配列取得とコドン最適化を行った。化合物②合成酵素遺伝子を導入した組換え水素酸化細菌を取得し、本微生物をCO₂存在下で培養することで、化合物②の少量生産を確認した。化合物②合成遺伝子の改良のために酵素設計を行い（再委託先、産総研）、性能向上した変異酵素を取得した（東レ）。	<div>○</div> <ul style="list-style-type: none">概ね計画通り進捗している。
3 化合物③生産株の開発	<ul style="list-style-type: none">組換え生産株を構築し、化合物③の生成を確認目標生産性を達成	<ul style="list-style-type: none">水素細菌を入手し、復帰・保存を完了した。水素細菌の培養をバイアルレベルで実施した。社内でのガス培養環境を整備し、バイアルスケールで独立栄養条件における培養を実施できる状態となった。形質転換条件につき検討中である。	<div>△</div> <ul style="list-style-type: none">概ね実施計画の通り進捗している。水素細菌の組換えにおいて、手法を見直している。

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

【研究開発項目3】			
	直近のマイルストーン	これまでの開発進捗	進捗度
1 高度培養技術の基盤開発	<ul style="list-style-type: none">菌体生産速度 A g/Lを数十 Lスケールで達成	<ul style="list-style-type: none">数 Lスケールでの基礎培養システムを導入し、種々のガス供給条件下において増殖評価を実施し、効率的な水素供給手法の開発を推進した。安全な水素細菌の培養に資するガス供給手法の基礎コンセプトを見出した。	<ul style="list-style-type: none">○・実施計画の通り進捗している。
2 物質生産実証試験	<ul style="list-style-type: none">研究開発項目[2]で開発した組換え株を用いて数十 Lスケールで生産性を実証	<p><化合物②></p> <ul style="list-style-type: none">ラボガス培養設備の主要機器の設置を完了し、水素細菌を用いた試運転および安全対策を行った。 <p><化合物③></p> <ul style="list-style-type: none">社内の安全基準から、装置導入に必要とされる安全対策につき整理した安全確保可能な範囲での培養が可能であることを確認した。	<ul style="list-style-type: none">○<化合物②>・概ね想定通り進捗している。 <p><化合物③></p> <ul style="list-style-type: none">・概ね想定通り進捗している。
3 化成品/菌体飼料の評価	<p><化成品の評価></p> <ul style="list-style-type: none">品質低下要因となる不純物の推定 <p><飼料の評価></p> <ul style="list-style-type: none">野生株菌体の栄養成分の把握と配合適正量を決定	<p><化成品の評価></p> <ul style="list-style-type: none">化合物①の分離・精製に利用する膜技術の調査検討を開始生成物の分離精製につき、条件検討を開始した。 <p><飼料の評価></p> <ul style="list-style-type: none">水素細菌残渣の解析を行ったほか、既存飼料との比較についても実施中である。	<ul style="list-style-type: none">○・概ね実施計画の通り進捗している。
4 プロセスのLC-CO ₂ 評価	<ul style="list-style-type: none">生産フローを作成し、バウンダリを設定CO₂とH₂を出発物質に菌体と物質を生産する上記プロセスのLC-CO₂を実測値を基に算定	<ul style="list-style-type: none">作成した生産フローを対象に、LC-CO₂評価のシステム境界、フォアグラウンド・バックグラウンドプロセスを設定した。フォアグラウンドプロセスについては計測すべき項目を特定し、それぞれの計測手法について目途を得た。	<ul style="list-style-type: none">○・実施計画の通り進捗している。

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

【研究開発項目2】

	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 化合物①生産株の開発	<ul style="list-style-type: none">化合物①生産株の構築組換え体のガス培養により化合物①の生産を確認目標生産性を達成	<ul style="list-style-type: none">1次ライブラリ株の構築と評価優良ライブラリ株の選抜とそれを用いた2次ライブラリの構築化合物①生産能のボトルネックの同定と解決策の策定水素酸化細菌の遺伝子組換えツールの拡充化合物①生産能向上を志向した遺伝子欠損株の作成	<ul style="list-style-type: none">1次ライブラリ評価は実施中で、9月を目途に完了予定遺伝子組換えツールの探索および化合物①生産性向上のための遺伝子欠失については過去事例を参考にでき、確度高い検討が実施可能
2 化合物②生産株の開発	<ul style="list-style-type: none">化合物②生産株の構築組換え体のガス培養により化合物②の生産を確認目標生産性を達成	<ul style="list-style-type: none">化合物②合成の変異体酵素の設計と評価（産総研連携）化合物②生産組換え水素細菌の取得と培養評価ガス培養設備を用いた組換え水素細菌の培養とガス消費マテバウ取得	<ul style="list-style-type: none">概ね想定通りであり、計画通り研究を進める。
3 化合物③生産株の開発	<ul style="list-style-type: none">組換え生産株を構築し、化合物③の生成を確認目標生産性を達成	<ul style="list-style-type: none">水素細菌の遺伝子組換え技術習得化合物③生産評価（バイアルレベル）酵素探索、酵素遺伝子改良による生産性向上	<ul style="list-style-type: none">生産菌構築についてはコンソーシアム内知見を活用する

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（今後の取組）

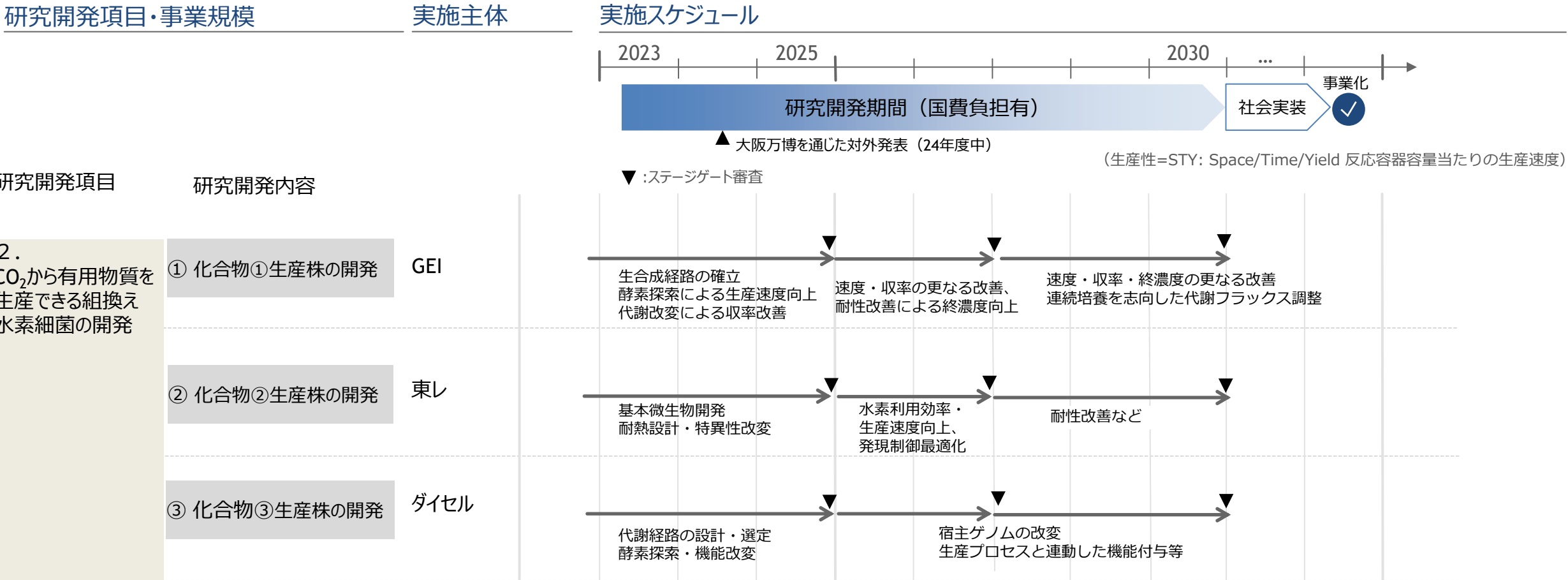
個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

【研究開発項目3】	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 高度培養技術の基盤開発	<ul style="list-style-type: none">菌体生産速度 A g/Lを数十 Lスケールで達成	<ul style="list-style-type: none">ガス利用効率、増殖速度のより高い培養系の選択数十 Lへのスケールアップが未実施	<ul style="list-style-type: none">基礎培養システム導入後、種々の条件下でデータを収集することで、課題解決に向けた着実な進展を期待
2 物質生産実証試験	<ul style="list-style-type: none">研究開発項目[2]で開発した組換え株を用いて数十 Lスケールで生産性を実証	<p><化合物②></p> <ul style="list-style-type: none">マテバラ取得に向けた設備改良ラボ培養装置を用いた水素細菌の培養プロセス構築 <p><化合物③></p> <ul style="list-style-type: none">水素・酸素混合ガス取扱いにおける安全を確保した条件での発酵生産	<p><化合物②></p> <ul style="list-style-type: none">概ね想定通り進捗している。 <p><化合物③></p> <ul style="list-style-type: none">コンソーシアム内の水素細菌培養に関する知見を活用することで検討を進める
3 化成品/菌体飼料の評価	<p><化成品の評価></p> <ul style="list-style-type: none">品質低下要因となる不純物の推定 <p><飼料の評価></p> <ul style="list-style-type: none">野生株菌体の栄養成分の把握と配合適正量を決定	<p><化成品></p> <ul style="list-style-type: none">化合物①に関して、模擬反応液を用いた精製条件の検討化合物③の分離精製装置候補の選定 <p><菌体飼料></p> <ul style="list-style-type: none">既存の飼料との栄養学的特徴における差異の特定分析結果に基づいた配合量の決定	<p><化成品></p> <ul style="list-style-type: none">化合物①：今後ラボ蒸留装置導入し、技術検討を進める化合物③：候補が見出されており、詳細検討を進める
4 プロセスのLC-CO ₂ 評価	<ul style="list-style-type: none">生産フローを作成し、バウンダリを設定CO₂とH₂を出発物質に菌体と物質を生産する上記プロセスのLC-CO₂を実測値を基に算定	<ul style="list-style-type: none">数十 Lスケールでのフォアグラウンドプロセスの実測	<ul style="list-style-type: none">数十 Lスケールの培養槽を導入後、バウンダリ内のLC-CO₂評価に向けた実測を行う

2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画

【研究開発項目2】



【研究開発項目 2】で相互の積極的な技術交流により、効果的な連携を図る。
【研究開発項目 3】と連携しながら効果的に生産性の向上を図る。
特に、培養技術開発における知見の提供を受けて開発に活用する。

2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

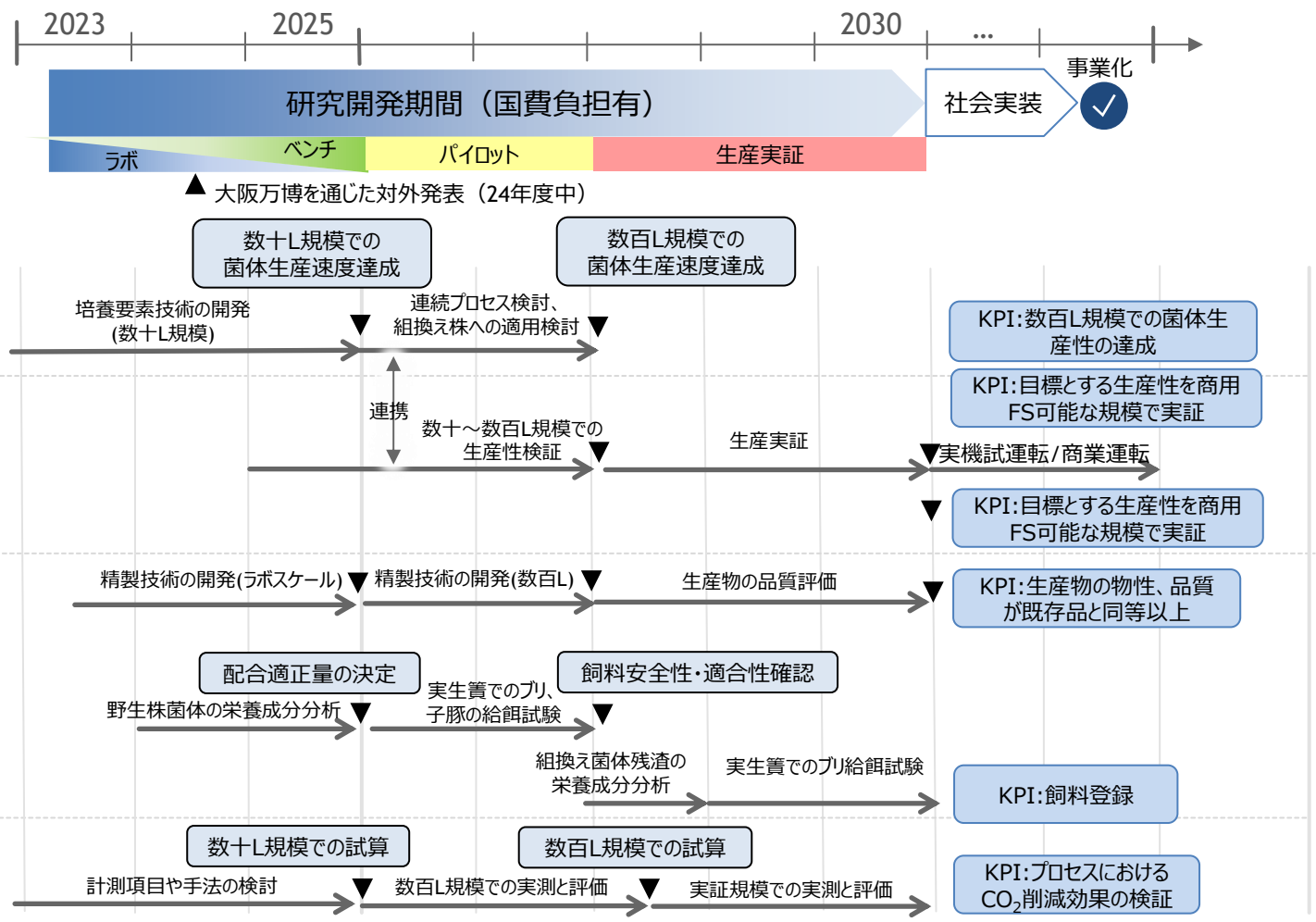
複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画

【研究開発項目3】

研究開発項目・事業規模 実施主体

実施スケジュール

研究開発項目	研究開発内容
3. CO ₂ から有用物質を生産する水素細菌の培養技術の開発と実証	①高度培養技術の基盤開発 電中研、GEI、東レ
	②物質生産実証試験 GEI、DIC、東レ、電中研、ダイセル
	③化成品/菌体飼料の評価 双日、DIC、GEI、東レ、ダイセル
	④LC-CO ₂ 評価 電中研

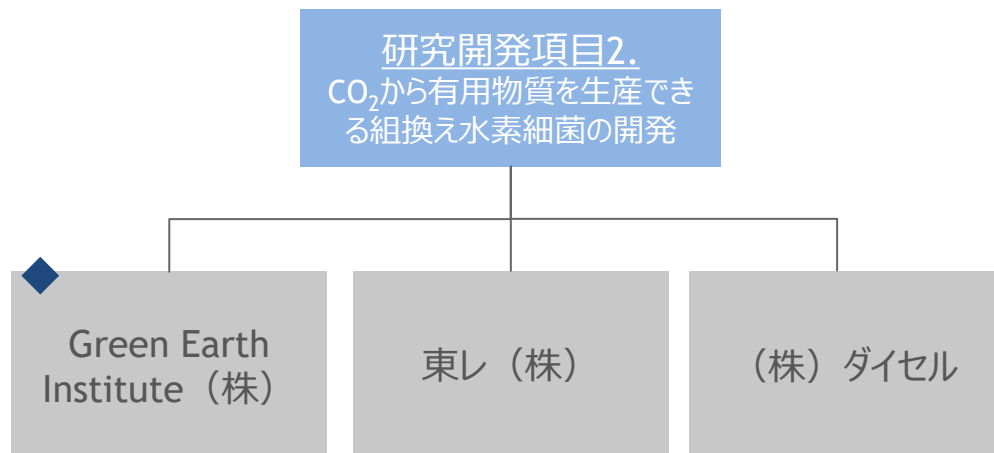


▼:ステージゲート審査

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



3 社間ならびに【研究開発項目 3】との連携が前提であり、菌株の改変並びに培養等の情報交換を行う。また、開発した菌株は【研究開発項目 3】で使用する。



幹事企業



中小・ベンチャー企業

各主体の役割と連携方法

各主体の役割

- GEI : 研究開発項目 2 のとりまとめ、化合物①生産株の開発、研究開発項目 3 との連携窓口
- 東レ : 化合物②生産株の開発
- ダイセル : 化合物③生産株の開発

中小・ベンチャー企業の参画

- GEI : バイオリファイナリ技術の開発およびその商用化に特化したベンチャー企業として創業したGEIは、当該分野に幅広い技術的知見や事業化に向けたチャネルを有し、特に最近ではバイオフィンダリー事業によるバイオ技術のスケールアップに強みを獲得していることから、同企業が本事業に参加することで技術開発と事業化の加速が期待される。一方、中小企業単独ではハードルが高い水素細菌の気体培養のような新規技術基盤開発を本事業を通じて実行できることは、GEIとしても事業拡大の観点から大きなメリットとなる。

研究開発における連携方法（共同提案者間の連携）

- 定期的な会議による共通基盤技術・情報の共有（研究開発項目 2 と 3 で共同実施）
1回/ 1か月以上で幹事が研究開発項目 3 と連携した「定例会」を開催
- 水素細菌の遺伝子組換え技術を確立するため、必要な情報交換会を担当者間で開催
- 人的交流、培養設備の共用（研究開発項目 3 の培養技術開発担当や実証担当）

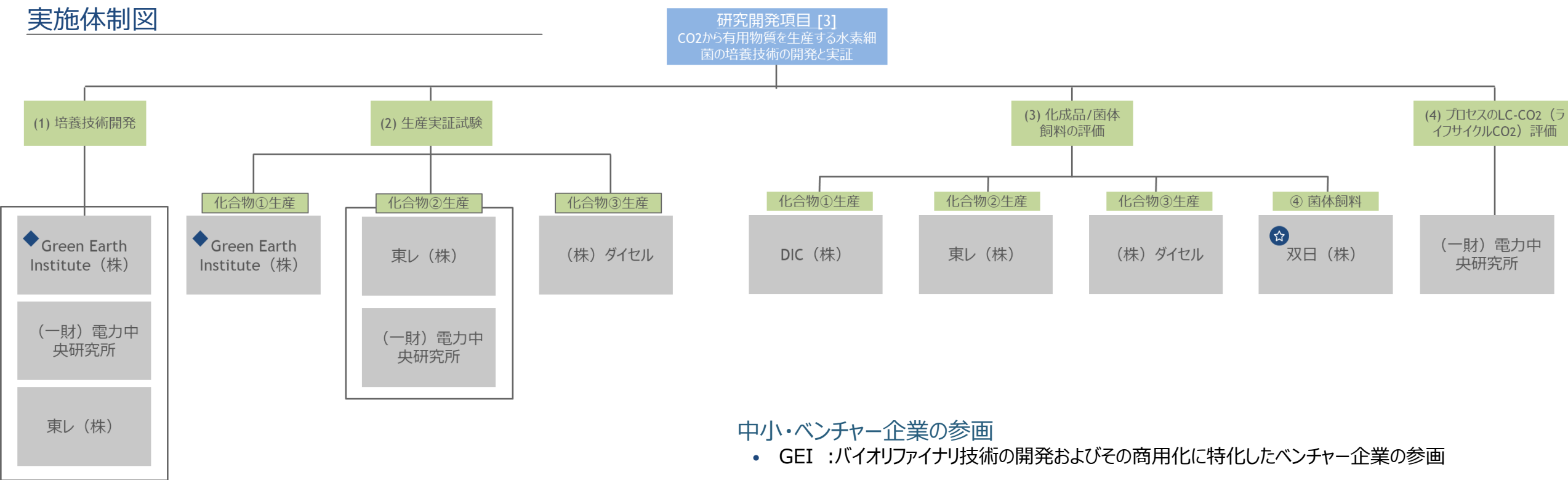
共同提案者以外の本プロジェクトにおける他実施者等との連携

- 研究開発項目3と培養・分離・精製技術について連携
- 本プロジェクトの非競争領域での協議会が発足され、当コンソーシアムとして全ての分科会に担当者を配置することでそれぞれの項目について連携可能性を模索

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



中小・ベンチャー企業の参画

- GEI : バイオリファイナリ技術の開発およびその商用化に特化したベンチャー企業の参画

各主体の役割

- 双日 : 研究開発項目3のまとめ、菌体の飼料適合性評価、飼料登録
研究開発項目2との連携窓口、研究開発項目2と3の全体まとめ
- GEI : 化合物①の生産実証、培養槽のスケールアップ
- DIC : 化合物①の生産実証における分離精製を実証
- 東レ : 化合物②の生産実証、分離・精製
- ダイセル : 化合物③の生産実証、分離・精製
- 電中研 : 培養技術開発、LC-CO₂評価

研究開発における連携方法（共同提案者間の連携）

- 定期的な会議による共通基盤技術・情報の共有（研究開発項目2と3で共同実施）
1回/1か月以上で幹事が研究開発項目2と連携した「定例会」を開催
1回/年を目安に経営に過年度の成果報告及び将来の開発方針に合意（コミットメント）
- 研究開発項目3で開発しているガス培養技術についての成果報告会を開催
- 培養設備の共用（研究開発項目2で開発した菌株のパイロットと実証設備での培養を許容）

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. CO ₂ から有用物質を生産できる組換え水素細菌の開発	1 化合物①生産株の開発	<ul style="list-style-type: none">組換え株作製に係る特許技術（GEI） 特許第7118460号、特許第6894650号、特許第6668577号、WO2020208842（A1）組換え株の開発受託業務で得た知見・ノウハウ（GEI）	→ <ul style="list-style-type: none">組換え菌体の商用化実績（GEI）組換え菌（水素細菌以外）取扱い実績（GEI）
	2 化合物②生産株の開発	<ul style="list-style-type: none">微生物改変技術、ナイロンモノマー微生物技術（東レ） https://www.toray.co.jp/news/details/20220817150637.html酵素AI設計・シミュレーション技術 https://staff.aist.go.jp/kameda-tomoshi/index2.html酵素生産実用菌の育種技術（東レ） https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589014X21001110?viewFullText=true膜利用発酵プロセスのスケールアップ技術（東レ） https://cs2.toray.co.jp/news/toray/newsrrs01.nsf/0/AFB55CAF3DF5A0E649258076002F6B18	→ <ul style="list-style-type: none">独自のモノマー前駆体ターゲット保有（東レ）連続培養プロセス、膜分離に関する高い技術（省エネ濃縮技術、水処理膜製品、バイオ用分離膜の活用）（東レ）水素細菌組換え株取得の遅れ ⇒対策：酵素AI設計・シミュレーション
	3 化合物③生産株の開発	<ul style="list-style-type: none">化合物③生産に関わる特許技術（ダイセル） 特許5787360 (https://patents.google.com/patent/JP5787360B2/ja)微生物の取り扱い、物質生産技術（ダイセル） https://www.nature.com/articles/d42473-020-00552-8ヒドロゲナーゼ発現ベクター（ダイセル、東大） 特開2013-32	→ <ul style="list-style-type: none">ガス利用培養の実績・知見（ダイセル）副産物の増加による生産物の品質低下（ダイセル） ⇒対策：代謝改変による生産最適化
	共通技術および共通のリスクとその対策	<ul style="list-style-type: none"><i>Hydrogenophilus</i>の代謝特性解析（電中研/東大） http://www.extremophiles.jp/gakkaishi_old/jjse16_2v3.pdf水素細菌の代謝制御技術（電中研） 特許6241906, 特許5104005, 特許5985331<i>Hydrogenophilus</i>の遺伝子組換え技術（公知情報）	→ <p>リスク：水素細菌組換え株取得の遅れ 生産経路に関する他社特許の回避 培養技術の不足</p> <p>対策：研究開発項目2間の情報交換や研究開発項目3との培養技術の連携</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. 水素細菌によりCO ₂ から有用物質を生産する培養技術の開発と実証	1 高度培養技術の基盤開発	<ul style="list-style-type: none">水素細菌を含むCO₂ 利用細菌の培養技術（電中研） 特許6241906, 電中研報告U94055, U92058, U90020, https://jsbba2.bioweb.ne.jp/jsbba_db/download_pdf.php?p_code=4C01a08&pdf=2020, doi:10.1007/s00284-006-0151-1バイオリクター技術（電中研） 電中研報告U96011, U97012, U98051, U99054, V12011	<ul style="list-style-type: none">CO₂利用細菌の数十年の研究実績（電中研）パイロット規模までの高効率バイオリクター開発実績（電中研）
	2 物質生産実証試験	<ul style="list-style-type: none">DoE（実験計画法）、高性能CFDソフトウェア、スケールダウンモデルを活用したスケールアップ技術（GEI）バイオフィアウンドリ事業における生産技術開発ノウハウ（GEI）非可食バイオマスからの連続培養技術（東レ） https://www.env.go.jp/earth/ondanka/cpttv_funds/pdf/db/168.pdf実証プラント技術・省エネ濃縮技術（東レ） https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_100989.htmlバイオ用途向け中空糸膜技術（東レ） https://cs2.toray.co.jp/news/film/newsrrs01.nsf/0/0C1F0DAE7B2253BE49258797000398EE水素社会に向けた取り組みと関連技術（東レ） https://www.toray.co.jp/story_economist/嫌気発酵による工業的なモノづくり技術および知見（ダイセル） 2020525.pdf, 2020316.pdf (daicel.com)化合物③製造技術および高品質確保のための精製、分析技術（ダイセル）膜分離技術（東レ、ダイセル、DIC） https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000014.000035577.html https://www.daicel.com/business/field/other https://www.toray.co.jp/news/details/20211119133725.html	<ul style="list-style-type: none">商用生産スケールまでのスケールアップ実績（GEI）水素細菌以外による生産技術開発ノウハウ（GEI）精製プロセスでの膜分離技術活用（東レ、ダイセル、DIC）不純物の同定と低減プロセス構築のノウハウ（東レ、ダイセル）水素調達・コスト見通し（東レ） <p>⇒対策：自社水素PJとの連携、コスト情報入手</p>
	3 化成品/菌体飼料の評価	<ul style="list-style-type: none">化合物③製造技術および高品質確保のための精製、分析技術（ダイセル）新規材料の飼料適合性評価技術	<ul style="list-style-type: none">不純物の同定と低減プロセス構築のノウハウ（ダイセル）飼料の成分分析ならびに効果検証を行う技術を保有遺伝子組換え菌体の飼料利用への制度的な制限のリスク
	4 LC-CO ₂ 評価	<ul style="list-style-type: none">LCA評価技術（電中研） 電中研報 V19004,C1808, Y06, V13021, V10025	<ul style="list-style-type: none">LCA手法の開発実績と実プロセスでの実測の経験（電中研）

各研究開発内容の共通のリスクと対策

リスク：水素培養の安全性確保
水素・CO₂調達・コスト見通し
実証試験地確保
製品の品質

対策：研究開発項目2と3間の情報交換や連携
CO₂調達（協力機関：発電事業者）
安全性に配慮したエンジニアリング
分析・製品化評価

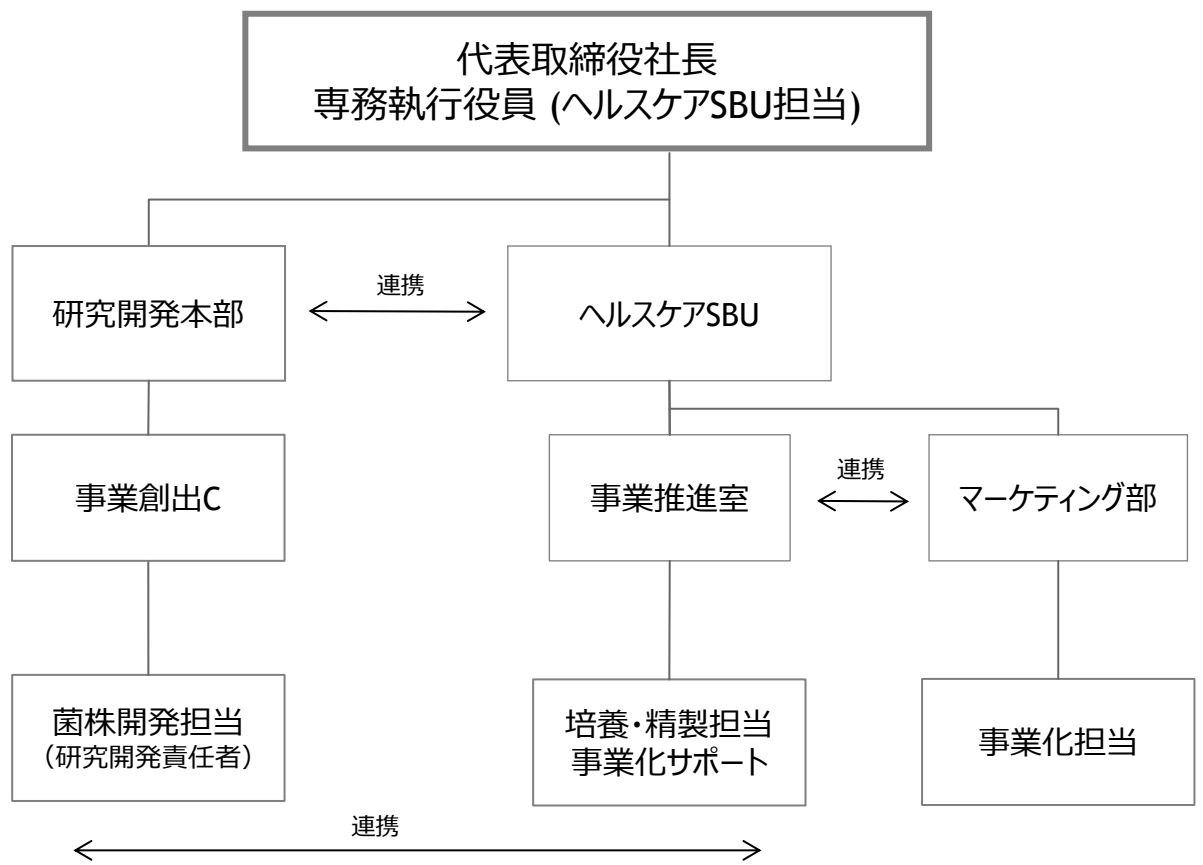
3. イノベーション推進体制

(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、部門横断的に複数チームを設置

組織内体制図



組織内の役割分担

研究開発責任者と担当部署

- 研究開発責任者
 - 研究開発本部 事業創出C
- 担当部署
 - 研究開発本部 事業創出C
 - ② 菌株開発を担当
 - ヘルスケアSBU 事業推進室
 - ③ 製造技術の開発を担当
 - 事業化サポートを担当
 - ヘルスケアSBU マーケティング部
 - 事業化を担当

部門間の連携方法

- 役員への1回/3ヶ月程度の会議報告
- チーム横断の研究開発進捗報告会議 (1回/月)
- 事業化部門と研究開発部門の定期的な会議報告 (1回/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CO₂由来化粧品原料製造技術開発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（※1.2.3.）

- 経営者のリーダーシップ
 - 当社は、長期ビジョン『DAICEL VISION 4.0』および中期戦略『Accelerate 2025』にて、製品（Product）、製造プロセス（Process）、働く人（People）という3つのサステナビリティを実現していくことで、持続可能な社会を実現していくこと、これまでの大量消費社会から循環型社会構築に向けて、ダイセルらしく貢献していくことを目標にしている。
 - 2020年度より、社長を委員長とし、主にCSR関連部門の部門長を委員とするサステナブル経営委員会を設立し、サステナビリティに関連する課題の解決、取り組みのレベルアップを推進している。
- 事業のモニタリング・管理
 - 半期ごとに経営層による研究開発及び事業開発の進捗の確認
 - ステージゲート毎に社内推進部門を含め関係者が、実証事業の進捗状況を確認し、経営資源の投入を判断

«関連HPリンク»

[※1.長期ビジョン DAICEL VISION 4.0](#)

[※2.中期戦略 Accelerate 2025 \(daicel.com\)](#)

[※3.サステナビリティマネジメント | サステナビリティ | 株式会社ダイセル \(daicel.com\)](#)

経営者等の評価・報酬への反映（※4.）

- 取締役報酬
 - 月額報酬、業績連動賞与および株式報酬により構成しており、その支給割合は概ね、月額報酬65%：業績連動賞与20%：株式報酬15%となっている。
 - 業績連動賞与には、「サステナブル経営方針の実践状況」の観点が含まれている。

事業の継続性確保の取組（※5.）

- 長期視点でのエネルギーオフセットへの取り組み
 - 当社は、2050年カーボンニュートラルの実現に向けて、2030年GHG排出量50%削減、2025年GHG排出量37%削減（2018年度基準）を中長期目標として掲げ、社長直轄の「エネルギー戦略委員会」を設置して取り組んでいる。
 - 本事業は、上記方針と一致しており、経営者の交代時においても事業継続性を確保する。

[※4.コーポレート・ガバナンス | サステナビリティ | 株式会社ダイセル \(daicel.com\)](#)

[※5.気候変動への対応 | サステナビリティ | 株式会社ダイセル \(daicel.com\)](#)

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

経営戦略の中核に本事業を位置づけ、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（※4.5.）

- カーボンニュートラルに向けた全社戦略
 - 当社は、カーボンオフセット・エネルギーオフセットの実現として、製造プロセス革新による、省エネルギー化を進めている。また、排出したカーボンの再利用・有効活用を可能にする技術開発を行い、環境負荷低減と同時にコスト削減や生産性向上など製造業の競争力を高めていくことを目指している。
 - 2050年カーボンニュートラルの実現に向けて、2030年GHG排出量50%削減、2025年GHG排出量37%削減（2018年度基準）を中長期目標として掲げ、社長直轄の「エネルギー戦略委員会」を設置して取り組んでいる。
- コーポレートガバナンスとの関連付け
 - 社長直轄のサステナブル経営員会を設置し、取締役会および経営会議に答申を行っている。それを受けて取締役会および経営会議はサステナブル経営委員会に助言を行っている。

«関連HPリンク»

[※5.気候変動への対応 | サステナビリティ | 株式会社ダイセル \(daicel.com\)](#)

[※4.コーポレート・ガバナンス | サステナビリティ | 株式会社ダイセル \(daicel.com\)](#)

ステークホルダーとの対話、情報開示（※6.）

- 中長期的な企業価値向上に関する情報開示
 - ホームページ、ダイセルレポート（統合報告書）、サステナビリティレポートによって、ステークホルダーへの情報発信をしていく。
 - 本事業への参画機関と協調し、研究成果をプレスリリース等で対外的に公表していく。
※参画に関するプレスリリースを実施（2023年8月4日）
 - 学会にて積極的に情報発信を行う。
 - メディアにアプローチし、社会的意義と研究成果を記事化してもらい、社会へ発信していく。

[※6.ライブラリー | サステナビリティ | 株式会社ダイセル \(daicel.com\)](#)

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

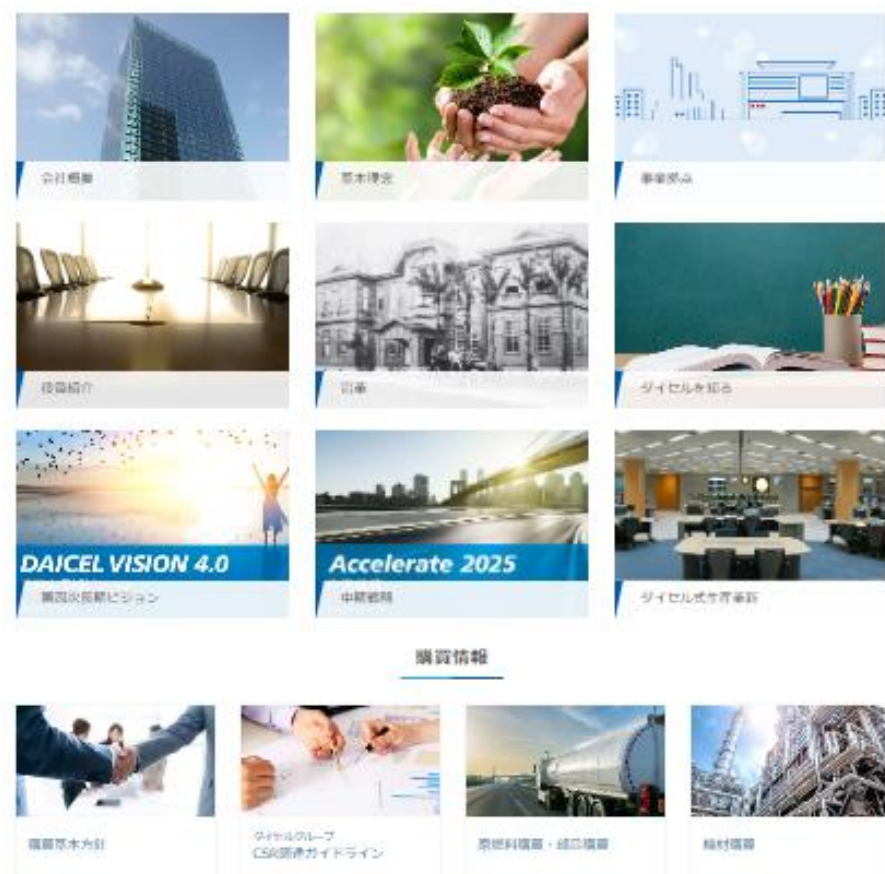
- 全社事業ポートフォリオにおける本事業への人材・設備・資金の投入方針
 - 研究開発ステージの進捗に伴い、必要となる技術を有する人材を確保する。
 - ダイセル新井工場の既存設備・土地活用を検討する
 - 技術方針を定めるための初期検討に関する費用(人件費や研究機関等との共同研究)、社内業務との切り分けが困難な研究員の人件費については自社負担で進める方針
- 機動的な経営資源投入、実施体制の柔軟性確保
 - 中期戦略 Accelerate 2025-IIに記載の通り、サステナブル経営へのシフト、他社も含めた協創体の構築、大胆な権限委譲による自律自走型の組織への移行を進めている。
 - 研究開発ステージの進捗にあわせ、開発体制の強化、リソースの追加を検討する。
 - 化粧品原料は客観数値データだけでは推し量ることのできない人間の感覚に影響される製品であることから、製品サンプル段階で顧客評価を受け方針を見直す計画としている。

専門部署の設置と人材育成

- 専門部署の設置
 - 化粧品原料の事業部門であるヘルスケアSBUを軸に、必要な技術に強みを持つ部門が全社横断的に参画する体制を構築済み。
 - 事業環境の変化を鋭敏に捉える営業部門や事業戦略部門と研究開発部門が密に連携し、変化に応じて戦略を見直す体制となっている。
- 人材育成
 - コンソーシアム内企業等への若手技術者派遣を計画する等、サステナブルな社会実現に向け将来にわたり貢献することのできる若手人材育成を実施する。
 - 学会や展示会、セミナー等を通じて大学や研究機関、スタートアップ企業とつながりを持ち、オープンイノベーションを推進する。
※本検討に関連し、若手技術者が大学にて技術指導を受けている。

(参考：各種HPリンク)

[会社情報 | 株式会社ダイセル \(daicel.com\)](https://www.daicel.com)



[サステナビリティ | 株式会社ダイセル \(daicel.com\)](https://www.daicel.com/sustainability)



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、安全性・事業性確保が困難と判断し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
<ul style="list-style-type: none">水素/酸素混合気体を安全利用可能な設備設計に到らないリスク→ コンソーシアム内の知見活用に加え、他分野におけるガス利用に関する知見も積極的に情報収集、適用を検討する市場が要求する品質の製品を得られないリスク→ 現有技術にとどまらず社外技術も積極的に活用、導入する安定的に低コストで原料ガスを入手できないリスク→ 調達先調査を実施する製造コストが下がらず市場の求める価格帯での販売が不可能となるリスク→ コスト競争力を高める新技術を積極的に検証し導入を検討する	<ul style="list-style-type: none">CO₂/水素を活用した水素細菌プロセスの経済性が成立しないため、市場が立ち上がらないリスク→ CO₂/水素の供給元、エンジン会社と連携し、市場開拓へ注力しながら、国に対しての政策提言も行っていく世界的に脱炭素の流れが普及せず、CO₂排出量の少ない化学品素材の需要が拡大しない→ 国への政策提言、ロビー活動などを通じて、脱炭素を推進する啓蒙活動を行っていく	<ul style="list-style-type: none">大規模地震等の自然災害によるリスク→ 耐震対策の徹底、設備の立地検討可燃性気体によるリスク→ 複数分野の有識者を交えた事前のアセスメント実施→ 十分な安全性を確保した設備の設置



- 事業中止の判断基準：
 - 安全が担保できる技術/設備を実現できない
 - 各ステージゲートにおいて事業性を見込める技術レベルに達していない
 - 脱炭素の流れが浸透せず事業性が見込めない