

# 事業戦略ビジョン

実施プロジェクト名：水素細菌によるCO<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>を原料とする革新的なものづくり技術の開発

実施者名：DIC株式会社、代表名：代表取締役社長 池田 尚志

---

コンソーシアム内実施者  
(再委託先除く)

- : 双日株式会社 (幹事企業)
- : 電力中央研究所
- : 東レ株式会社
- : ダイセル株式会社
- : Green Earth Institute株式会社

# 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

# 0. コンソーシアム内における各主体の役割分担

## 各機関の強みを活かし、組換え水素細菌の開発、培養技術開発・実証を一体となって推進

【全体の取り纏め】：双日（幹事企業）

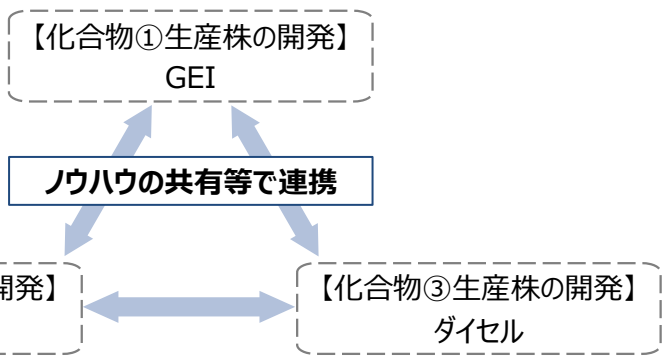
### 【研究開発項目2】化成品を生成する組換え水素細菌の開発

実施内容：

PHBから派生する化成品を高生産する水素細菌の開発

※目的生産物

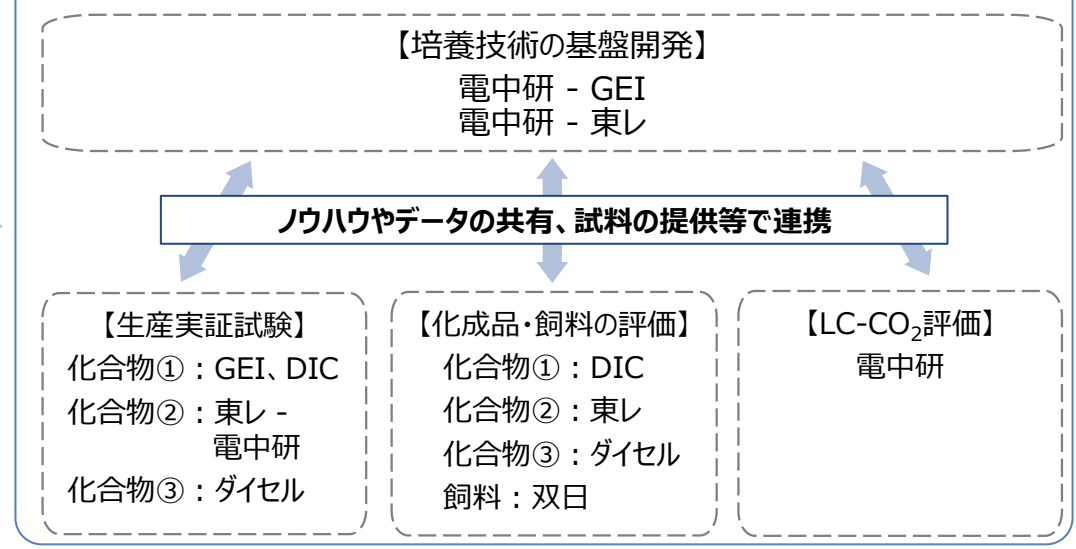
- 化合物①
- 化合物②
- 化合物③



### 【研究開発項目3】水素細菌の培養技術の開発と実証

実施内容：

段階的なスケールアップ、社会実装に向けた検証

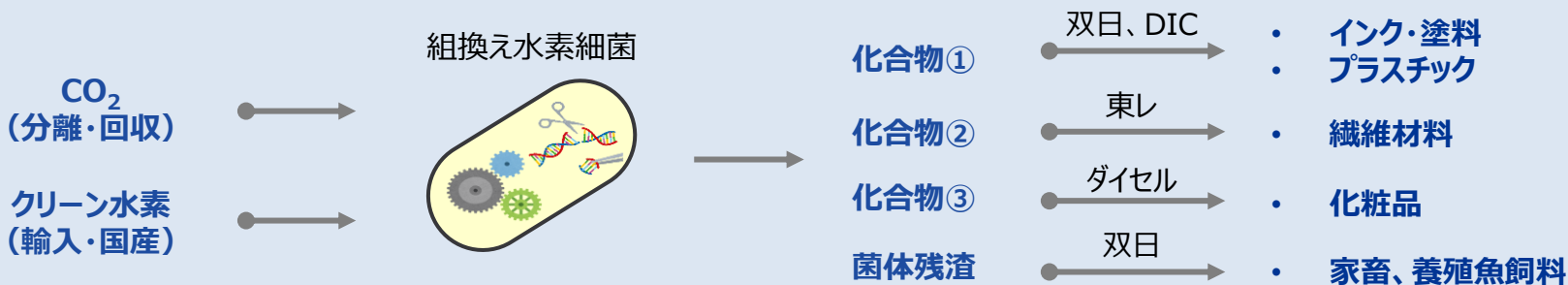


遺伝子組換え株の提供  
継続的な組換え株の改良

**連携**

課題のフィードバック

コンソーシアムで連携した事業体で、CO<sub>2</sub>を直接原料とした化成品・飼料原料の生産・販売を通じ、幅広い用途での誘導品高付加価値化を目指す



# 1. 事業戦略・事業計画

# 1. 事業戦略・事業計画 / (1) 産業構造変化に対する認識

カーボンリサイクルを志向する社会変化により、CO<sub>2</sub>を原料とするものづくり技術の進展と化学品産業の構造転換が進むと予想

## 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)

- カーボンニュートラルのドライビングフォースとして地球環境を維持する温暖化対策と、経済の成長戦略の2面がある。
- LCAを基盤とした経営により、製品のGHG排出量の見える化が進み、サプライチェーンの再編や製造場所の最適化が進む。

### (経済面)

- カーボンニュートラルが生み出す市場が排出制限による経済のブレーキを上回ると考えられ、企業が脱炭素を目指す根拠となる。
- 消費者の環境意識の高まりにより、低炭素製品の需要が高まる。

### (政策面)

- 政府による2050年カーボンニュートラルの実現に向けたロードマップ策定
- 国境炭素税をはじめとする各種炭素税制度の導入の検討
- 地球温暖化対策推進法による先進的技術への開発促進・支援

### (技術面)

- CCUS等の炭素回収・利用技術
- 化学産業においては、糖を原料とするバイオ製造技術やマスバランス方式での化学品製造に加え、CO<sub>2</sub>を直接原料とするカーボンリサイクルモノづくりの技術開発が進む。

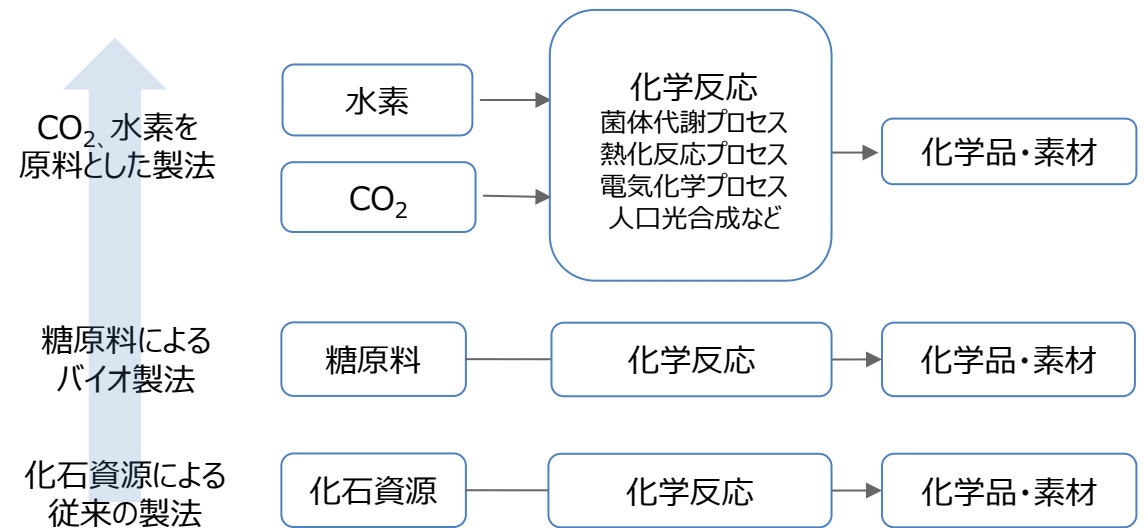
### ● 市場機会：

- 2050年カーボンネットゼロに貢献する製品に対して、政府・産業界・消費者からの期待値が上昇

### ● 社会・顧客・国民等に与えるインパクト：

- 温暖化対策への貢献。持続可能な社会実現への貢献

## カーボンニュートラル社会における産業アーキテクチャ



### ● 当該変化に対する経営ビジョン：

- 気候変動を最も重要な社会課題と位置付け、脱炭素に貢献する製品・サービスの拡大に取り組み、市場や社会におけるCO<sub>2</sub>排出削減の貢献に積極的に取り組む

# 1. 事業戦略・事業計画 / (2) 市場のセグメント・ターゲット

## 水素細菌で製造される塗料・樹脂原料をターゲットとして想定

### セグメント分析

- 脱炭素効果の高い、CO<sub>2</sub>を原料とした水素細菌の開発に取り組む
- 化学産業における脱炭素化ニーズの高まりを捉え、幅広い製品へ展開可能な汎用化学品をターゲットとする

原料	評価項目	製品種別		
		燃料	汎用化学品	高機能樹脂
CO <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>脱炭素効果</li> <li>技術成熟度</li> <li>製品単価</li> <li>市場規模</li> </ul>	○ × 低 大	○ × 中 中	○ × 高 小
糖 (バイオ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>脱炭素効果</li> <li>技術成熟度</li> <li>製品単価</li> <li>市場規模</li> </ul>	△ △ 低 大	△ △ 中 中	△ △ 高 小
化石	<ul style="list-style-type: none"> <li>脱炭素効果</li> <li>技術成熟度</li> <li>製品単価</li> <li>市場規模</li> </ul>	× ○ 低 大	× ○ 中 中	× ○ 高 小

### ターゲット概要

#### 汎用化学品である塗料原料をターゲット製品として設定

- 目的化合物は、塗料、インキに加え、プラスチック等の様々な製品の原料となる
- 従来は化石資源を原料に製造される

#### 市場概要と目標とするシェア・時期

- カーボンフットプリントに関する制度設計及びトレーサビリティの向上により、化学産業における脱炭素効果の高い原料へのニーズが2020年代後半に高まることが予想される
- 菌体残渣を有効利用し、飼料化することで脱炭素効果と経済性を向上させることが可能
- 2030年度以降、国内市場の約25%のシェア獲得を目指す

需要家		課題	想定ニーズ
目的化合物	塗料・インキ製造業者	<ul style="list-style-type: none"> <li>原料が化石資源であり、塗料・インキ・工業原料として使用される際CO<sub>2</sub>が発生</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>塗料、インキ用途共にScope3を評価した際のGHG排出量を大幅に軽減できる原料資材</li> </ul>
菌体残渣	飼料産業(家畜・養魚用)	<ul style="list-style-type: none"> <li>脱炭素化</li> <li>原料の安定調達</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>代替素材対比CO<sub>2</sub>削減</li> <li>コスト競争力</li> </ul>

# 1. 事業戦略・事業計画 / (3) 提供価値・ビジネスモデル

## 周辺インフラ整備も主導し、水素細菌を用いた製造事業を創出、競争力・優位性を獲得

### 顧客に対する提供価値

#### (社会への提供価値)

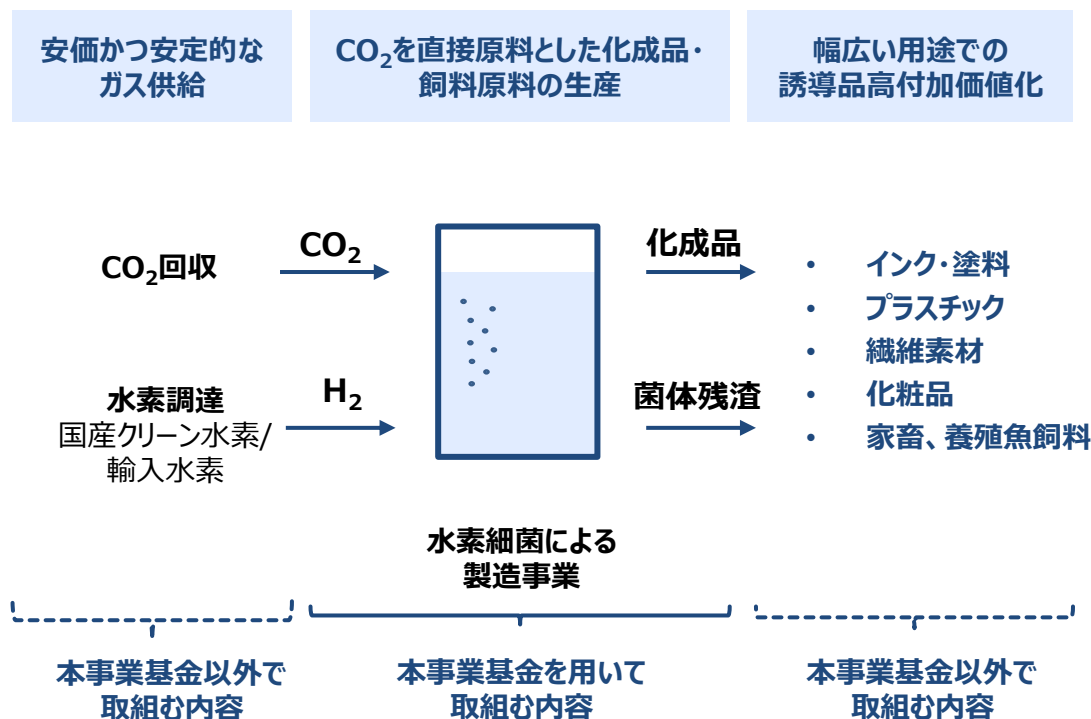
- 脱炭素化が困難な産業である火力発電所、製鉄所等からのCO<sub>2</sub>を利用し、化学品等を製造・提供することによって脱炭素化に貢献
- 菌体残渣をたんぱく源として利用することにより食料競合のジレンマ解消

#### (顧客に対する提供価値)

- 安価かつ安定的に低炭素化学品等を製造・提供
- 家畜や養殖業界における飼料不足解消
- 低炭素化製品の提供による企業の環境戦略への活用

### 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

- 包括的な事業を手掛け、バリューチェーンの競争力獲得を目指す



事業化パートナー:



#### (定量目標値 / 2040年)

- 化合物①生産量 : 数万トン
- 飼料生産量 : 数千トン
- CO<sub>2</sub>削減量 : 数万トン

#### (独自性)

- 独自に組換えを施した水素細菌を用いて、化学品・飼料を製造。

#### (有効性)

- グローバルなネットワークを駆使した製品販売のみならず、本基金外でも取組中の水素供給事業、CO<sub>2</sub>回収事業を組み合わせ、競争力を獲得。

#### (実現可能性)

- 他菌体研究の実績および、生成代謝経路を踏まえ現実的なKPIを設定。但し水素細菌特有の難易度あり。

# 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)

## 菌体によって製造するバイオ由来化学品および飼料の認定への適合性を検証

### 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

以下要素の標準化によって、世界各地での事業化を可能とする。

- 収益性に加えて、温室効果ガスのサプライチェーン排出量 (GHG プロトコル Scope 1+2+3) に基づく事業の価値判断
- CO<sub>2</sub>を原料に生産した化学品について、国の識別表示制度に基づいたバイオ由来原料としての認定を取得することで、他製品との差別化を図る
- 飼料や飼料添加物の規格への適合

### 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)

- 先行技術として、酢酸菌/H<sub>2</sub>+COによるLanzatech社が存在する
- 上記技術では菌体濃度が低く、生産性の向上が必要
- LCA手法が未確立 (バイオプロセスによる製造でのLCA)
- 飼料認証実績無し

(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)

- GEI社と環境省委託事業での共同開発で、LCA評価を実施

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

- カーボンリサイクル原料としての認定取得と識別表示による差別化
- 飼料や飼料添加物としての登録と環境優位性の確保
- CO<sub>2</sub>削減製品としての付加価値の明確化

### 知財戦略

- バイオリクターと連動した精製プロセスの知的財産の確保

# 1. 事業戦略・事業計画 / (4) 経営資源・ポジショニング

## 培養技術・精製技術を活かして、社会・顧客に対して脱炭素価値の高い製品を提供

### 自社の強み、弱み (経営資源)

### 他社に対する比較優位性

#### ターゲットに対する提供価値

- 低炭素製品の開発と提供
  - 生産品目の培養・精製技術の開発
  - 実証設備の運用
- 地産産業への低炭素な地政学リスクに左右されない国産品の安定供給
- 安定的な養殖食餌の提供

#### 自社の強み

- バイオ技術とケミカルプロセス技術の両方の技術力を有する
  - GEI社とのバイオアスパラギン酸の共同開発 (環境省委託事業 ; 2019~2021) で培ったバイオリファイナリー技術の活用

#### 自社の弱み及び対応

- バイオリファイナリー生産技術での量産化実績
  - コンソーシアム形成によって克服する
- 水素/酸素の安全な取り扱い技術
  - コンソーシアム内の活動によって克服する

#### 自社

#### 技術

- バイオリファイナリー製品の研究開発を実施
- 技術優位性のあるバイオ系スタートアップ・企業へのCVC活動を通じて、技術開発を実施



- 本事業のコンソーシアムで脱炭素価値の高い製品製造技術の獲得

#### 競合 A社

- 石油化学により化学品を製造

#### 顧客基盤

- インキ・塗料事業での製品ユーザーとしての立場
- 養殖食餌事業への製品販売



- 低炭素製品に対する需要に応えることで、自消による自社製品の競争力強化と外販先

- 工業原料、インク原料等の国内最大シェア

#### サプライチェーン

- 生産目的の化学品のユーザー



- 化学品のユーザー立ち位置からバイオ原料のサプライヤー領域 (川上) への事業領域拡大

- 原油輸入から精製、製品製造までの自社グループ内でのチェーンを保有

#### その他経営資源

- バイオポリAspの開発、ケミカルリサイクル事業 (ポリスチレン) との共同開発



- 低炭素技術への持続的な投資により、多面的なソリューションを提供

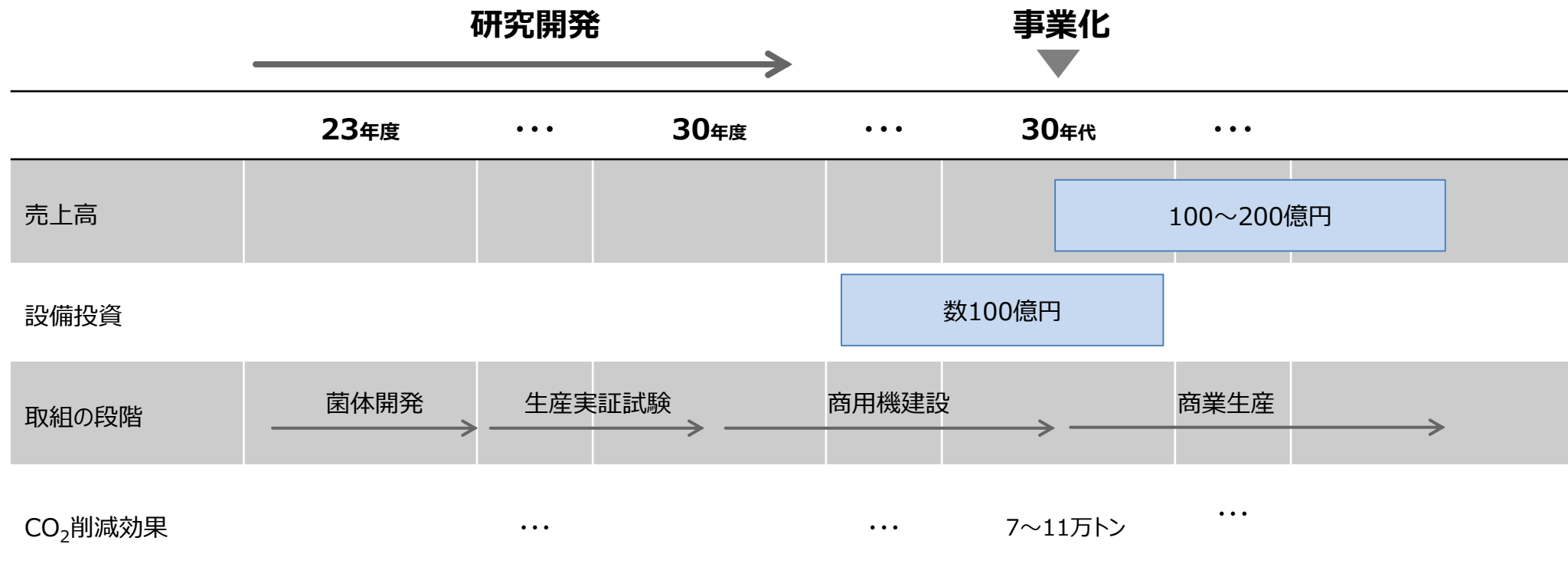
- 製油所、水素製造設備等の資産及び操業経験

# 1. 事業戦略・事業計画 / (5) 事業計画の全体像

## 2030年度までの研究開発の後、2030年以降の事業化、2040年以降の投資回収を想定

### 投資計画

- ✓ 本事業終了後、事業化にむけて商用機の建設を行い2030年代での事業化を目指す。



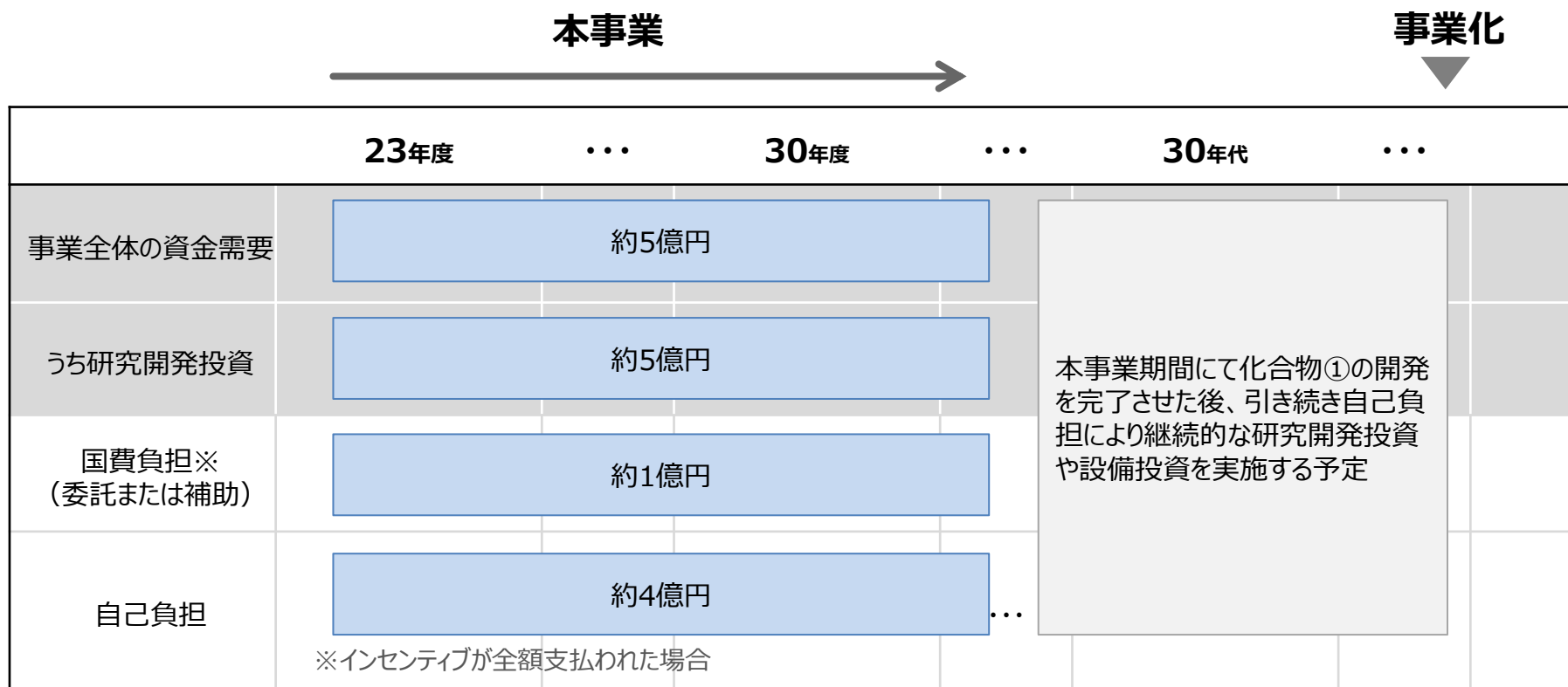
# 1. 事業戦略・事業計画 / (6) 研究開発・設備投資・マーケティング計画

## 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"><li>研究開発段階では、膜分離による生産技術を導入し、培養設備との精製設備を一体化したプロセスの最適化を図る</li><li>培養技術、設備制御技術等のコンソーシアムで共通する課題に関する成果を共有し、実証に向けた開発を促進する。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>気体原料-発酵反応-精製で可能となる一体化したシステムの構築により、低コストでの生産を目指す。</li><li>精製技術は、既存のシステムの選定・最適化により低エネルギーかつ高純度製品の製造を可能とする。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>双日株式会社と共同で、カーボンリサイクルによる化合物①の市場価値の調査を実施する。</li><li>化学品誘導体中間体としての価値把握を、個々の化学品専門メーカーと協議する。</li></ul>
進捗状況	<ul style="list-style-type: none"><li>精製技術を持つ企業・技術のリスト化を行い、比較検証を進めている</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>左同</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>化合物①の需要調査を関係企業から実施</li></ul>
国際競争上の優位性	<p style="text-align: center;">▼</p> <ul style="list-style-type: none"><li>増殖速度が最も速い微生物とされる宿主に採用</li><li>菌体開発力を有する開発企業複数社とのコンソーシアム。</li></ul>	<p style="text-align: center;">▼</p> <ul style="list-style-type: none"><li>研究開発に必要な設備投資の一部をGI基金の補助・助成で賄うことで、開発のスピードアップ、早期の社会実装が可能となる。</li><li>プロセス開発力を有する開発企業複数社とのコンソーシアムにより適切な設備設計が可能となる。</li></ul>	<p style="text-align: center;">▼</p> <ul style="list-style-type: none"><li>市場に製品提供を迅速化できる大手商社との提携により、販売・マーケティング活動の迅速化が可能。</li></ul>

# 1. 事業戦略・事業計画 / (7) 資金計画

国の支援に加えて、4億円規模の自己負担を予定



## 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

2. CO<sub>2</sub>から有用物質を生産できる組換え水素細菌の開発

### アウトプット目標

CO<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>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

① 化合物①生産株の開発

② 化合物②生産株の開発

③ 化合物③生産株の開発

### KPI

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

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

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

### KPI設定の考え方

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

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)

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

3. CO<sub>2</sub>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

### 研究開発内容

1 高度培養技術の基盤開発

2 物質生産実証試験

3 化成品/菌体飼料の評価

4 プロセスのLC-CO<sub>2</sub>評価

### アウトプット目標

CO<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>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。

### KPI

野生株を用いて、目標に定めた菌体生産速度を達成

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スケールで以下の生産性を実証

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

H<sub>2</sub>とCO<sub>2</sub>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<sub>2</sub>を実測値を基に算定

### KPI設定の考え方

生理特性に基づいたCO<sub>2</sub>やH<sub>2</sub>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

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ジビリティスタディが可能となる生産性の実証

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

プロセスのCO<sub>2</sub>削減効果を明確にするため、実測に基づいた精緻なLC-CO<sub>2</sub>算定が必須

## 2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (全体像)

### 各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

#### 【研究開発項目2】

##### 1 化合物①生産株の開発

#### KPI

化合物①生産株の構築  
目標KPIに定めた生産性を達成

#### 現状

・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)

#### 達成レベル

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)

#### 解決方法

- 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
  - 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

#### 実現可能性

(成功確率)

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

・化合物②を生産する水素細菌を取得  
・目的物質生産のためのボトルネック解決策を推定。  
・新しい課題の解決策を実施中 (TRL3)

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
  - 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
  - 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 (産総研連携)
  - 計算科学による配列設計
- 連続培養向け最適化 (産総研連携)
  - オミクス解析による課題把握と組換えによる改良
  - 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 (全体像)

### 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】

	KPI	現状	達成レベル	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	目標KPIの菌体生産速度を達成	数十 L規模での培養 (TRL2) ↔ 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"> <li>微細気泡の導入などCO<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>の効果的供給方法を開発</li> <li>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</li> <li>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アクターを開発</li> </ul>	不水溶性H <sub>2</sub> 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未滿での培養 (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"> <li>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</li> <li>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ァンドリ拠点(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</li> <li>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</li> <li>生産物の分離・精製のため、膜技術を適用</li> <li>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</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>他細菌の目的化合物組換え生産株の開発実績 (70%)</li> <li>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%)</li> <li>商用規模の連続発酵実証経験、国際実証での経験(80%)</li> <li>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%)</li> </ul>
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"> <li>生産物の機能性評価、分離・精製の検討</li> <li>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</li> <li>プリ、子豚での給餌試験による安全性評価</li> <li>飼料としての配合を検討し、販売可能な品質、形状を確立</li> </ul>	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 <sub>2</sub> 評価	CO <sub>2</sub> とH <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 評価を行う (TRL5)	<ul style="list-style-type: none"> <li>各培養規模でLC-CO<sub>2</sub>の算定に必要なインベントリ情報を実測し、プロセスのCO<sub>2</sub>削減効果を算定</li> <li>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</li> </ul>	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】

##### 1 化合物①生産株の開発

###### 直近のマイルストーン

- 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生産を確認
- 目標生産性を達成

###### これまでの (前回からの) 開発進捗

- RNAseq解析とメタボローム解析に基づき、物質生産時に発現低下が見られたCO<sub>2</sub>固定化関連遺伝子の過剰発現を、副生物生成に関与が示唆される遺伝子に入れ替える形で導入することで実施し、対応する形質転換体を14種作製・評価し、化合物①生産への影響を確認した。
- CO<sub>2</sub>以外の炭素源を添加した際の化合物①生産試験を実施し、化合物①生産能の増減を評価した。
- 上記結果から、フィードバック阻害がCO<sub>2</sub>からの化合物①生産に対して有効に働くという仮説設定が提唱された。類似の効果が期待できる遺伝子過剰発現による化合物①生産性向上可能性について検討すべく、菌株の作製および評価試験を実施中。

###### 進捗度

- △ 本事業取扱い株において化合物①生産向上につながる事が期待される遺伝子変異体の作製は順調に進むが、期待したほど化合物①生産性が向上しない。また、5L槽でのガス培養でバイアル培養での化合物①生産性が見られず、安定的に化合物①生産を実現できる培養条件の設定が必要である。

##### 2 化合物②生産株の開発

- 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生産を確認
- 目標生産性を達成

- 必要な遺伝子の高発現化を目指して、プロモーター検討、遺伝子設計、可溶化検討などを実施した。その過程で鍵酵素の高発現化が宿主の生育を阻害する現象が多発、原因を調査したところ反応中間体の蓄積が細胞毒性を示すことが示唆された。
- 産総研と協議の上、中間体の蓄積を防ぐように鍵酵素の発現量を調整する遺伝子設計を実施する方針とした。
- 誘導によって鍵酵素を高発現させる組換え水素細菌を取得。項目3で開発した東レ10L培養設備を用いた試験において、2g/L以上の化合物②を確認しマイルストーンを達成した。
- 化合物②合成酵素の改変について、酵素の評価を完了し機械学習を開始した。

- マイルストーンを達成
- 酵素改変の機械学習を開始
- 新たな課題抽出と計画を策定中

##### 3 化合物③生産株の開発

- 組換え体のガス培養により化合物③生産を確認
- 目標生産性を達成

- 水素細菌形質転換のための細胞への核酸導入手法を確立した。
- プラスミドによる遺伝子導入手法を確立し、導入した遺伝子の発現を確認した。
- 遺伝子組換えによるゲノムの構造変異導入手法を確立し、遺伝子破壊による表現型を確認した。
- 薬剤耐性遺伝子をゲノムに残さないためのマーカーレス組換え手法を確立した。
- 遺伝子組換えおよびプラスミド導入により、細胞内に代謝デザイン経路を導入し、生産候補株を作出した。
- 複数プロモーターと酵素の組合せによるコンストラクトを構築、評価を実施した。
- 代謝酵素を複数種導入し、比較的活性の高い酵素を見出した。

- △ 化合物③生産が極微量であり、安定して確認できていない。更なる発現効率の向上検討をすとともに、構築した生産菌が化合物③生産できる培養条件を探索中。

## 2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (これまでの取組)

### 各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

#### 【研究開発項目3】

##### 直近のマイルストーン

##### これまでの (前回からの) 開発進捗

##### 進捗度

1 高度培養技術の基盤開発

- 菌体生産速度 A g/Lを数十 Lスケールで達成

- 基質ガス (H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>) の利用特性を解明し、増殖に反映できる高効率培養法を確立
- 数十 L規模のリアクターを用い、目標とする菌体生産性を達成

- 実施計画の通り進捗している。

2 物質生産実証試験

- 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

- <化合物①>
- 研究開発項目[2]で構築した菌株から選抜した株について、5 L培養槽で微細気泡化ガスを用いた化合物①生産株の培養実験を実施し、各種設定条件での培養を実施した。
  - 電中研に既設の培養槽の槽モデルの作成を完了し、実現象に近い挙動を示すCFDモデルを作成した。現在、実験データとより整合性が取れるような調整を行っている。
- <化合物②>
- 10L連続培養設備の開発に向けて、発酵槽の改造を完了した。現在ポンプや接手などの選定、設計中。
- <化合物③>
- 社内安全基準を満たすラボ検討用のミニジャー設備を導入した。
  - 研究開発項目[2]で構築した組換え株をLスケールで培養、得られた菌体を用いて生産評価を実施、微量の化合物③が検出された。
  - 代謝評価系を構築し、中間代謝物を複数種生産候補株から検出した。

- <化合物①> 概ね想定通り進捗している。
- <化合物②> 概ね想定通り進捗している。
- <化合物③> 概ね想定通り進捗している。

3 物質生産実証試験

- <精製プロセスの確立、化成品の評価>
- 化合物①:
- 想定プロセスフローの一次提案および当該プロセスの妥当性検証
- 化合物③:
- 品質低下要因となる臭気原因物質の推定
- <飼料の評価>
- 野生株菌体の栄養成分の把握と配合適正量を決定

- <精製プロセスの確立、化成品の評価>
- 化合物①:
- 導入した蒸留およびゼオライト膜装置を用いて検討を実施
  - 蒸留検討に関して、1塔目では塔頂温度 & 段数と化合物①の留出口との相関を、2塔目では塔頂温度と共沸成分比との相関を解明
  - ゼオライト膜検討に関して、処理温度 / 背圧 / 流量の各種条件と、透過液 / 非透過液の各組成の相関を解明。また、工業用の化合物①の規格である0.1%以下を達成。
- 化合物③:
- 化合物③濃縮に適用可能な膜モジュールの調査を実施し、今後の検討候補とする膜選定を実施した。
- <飼料の評価>
- 水素細菌残渣の栄養成分分析結果に基づき、水産飼料作成時の配合比率を決定した。

- <精製プロセスの確立、化成品の評価> 化合物①: 実施計画の通り進捗している。
- 化合物③: 概ね実施計画の通り進捗している。
- <飼料の評価> 実施計画の通り進捗している。

4 プロセスのLC-CO<sub>2</sub>評価

- 生産フローを作成し、バウンダリを設定
- CO<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>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<sub>2</sub>を実測値を基に算定

- 水素細菌菌体と化合物を同時に生産するシステムにより既存プロセスを置き換えた場合のCO<sub>2</sub>削減効果を推算した。
- フォアグラウンドプロセスデータとして、数十 L規模のリアクターにおける水素細菌培養時の電力消費量、原料消費量、菌体生産量を実測した。

- 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】

##### 1 化合物①生産株の開発

###### 直近のマイルストーン

- 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生産を確認
- 目標生産性を達成

###### 残された技術課題

- フィードバック阻害作用代替遺伝子導入株の化合物①生産評価
- 5 L槽における各種遺伝子組換え体の副生物の測定
- 遺伝子組換え体の副生物測定データや他宿主株のRNAseq解析に基づく本事業取扱い株での化合物①生産性向上のための指針作成

###### 解決の見通し

- CO<sub>2</sub>・水素からの化合物①生産できる他宿主株を見出したことで、そのオミクス解析データを本事業取扱い株と比較することで当該株での化合物①生産性向上の糸口が見出されることが期待される。

##### 2 化合物②生産株の開発

- 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生産を確認
- 目標生産性を達成

- 改良鍵酵素の設計と評価 (産総研連携)  
→機械学習で作成した酵素の評価
- 化合物②耐性株の育種と探索  
→宿主選定
- 組換え水素細菌の取得と培養評価  
→前駆体生産経路の強化と異種酵素の発現強化 + 酵素発現バランスの最適化
- ラボ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

- マイルストーンを達成
- 開発計画の妥当性がある程度確認され、残課題の整理が完了した。
- 発現バランスの最適化設計実施、現在評価中

##### 3 化合物③生産株の開発

- 組換え体のガス培養により化合物③生産を確認
- 目標生産性を達成

- 代謝中間体から化合物③への変換に必要な遺伝子の機能発現
- 副生物経路の遮断

- 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
- 化合物③生産は宿主保有経路の活用と遺伝子最適化により可能
- 遺伝子導入技術向上と評価系確立を背景とし検討サイクルを加速する

## 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

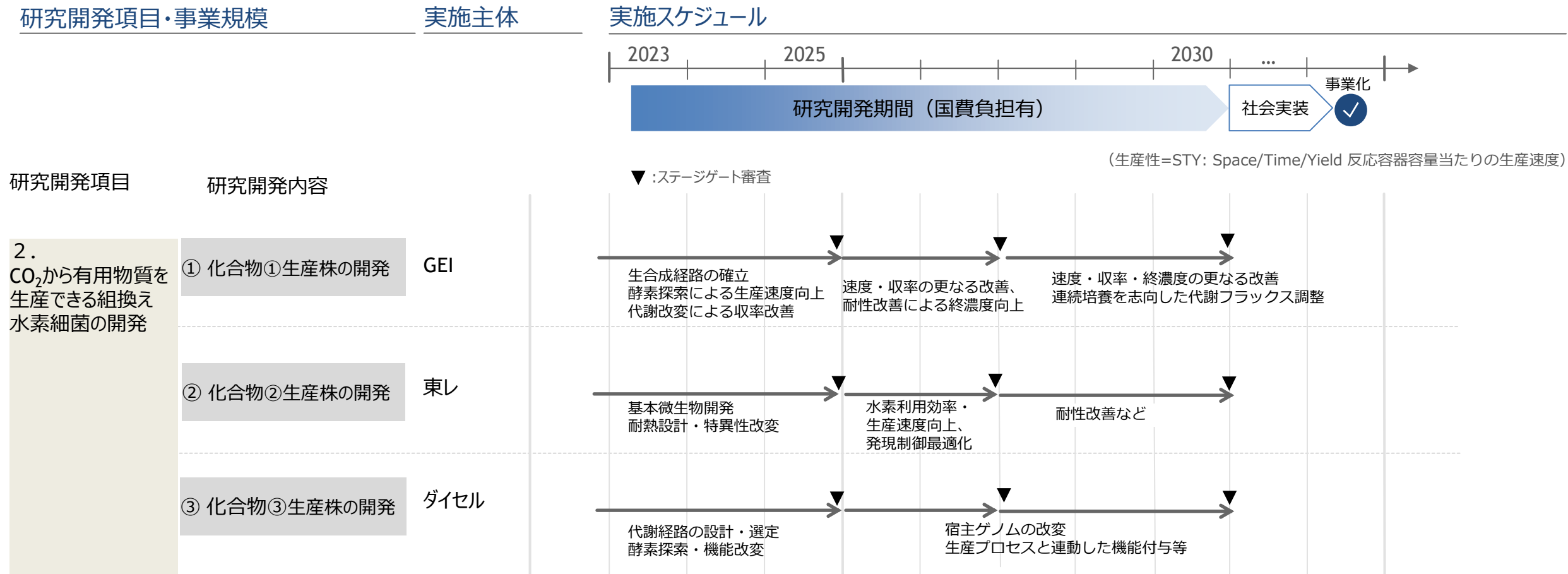
#### 【研究開発項目3】

	直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
<p>1 高度培養技術の基盤開発</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>菌体生産速度 A g/Lを数十 Lスケールで達成</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>マイルストーンは達成</li> <li>数十 L規模リアクターを用いた培養条件の検討による菌体・物質生産性の向上</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>数十 L規模リアクターを用い、種々の条件下で培養、物質生産データを収集する</li> </ul>
<p>2 物質生産実証試験</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> </ul>	<p>&lt;化合物①&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>数 L規模リアクターデータに基づくCFDモデルの調整完了</li> <li>数十 L規模リアクターデータへのCFDモデル適用</li> <li>数十 Lスケールでの実培養とCFDモデル予測の比較とCFDモデルの修正</li> </ul> <p>&lt;化合物②&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>設計したラボ培養装置の動作確認と、水素細菌の培養プロセス構築 →物質収支測定と連続培養改造</li> </ul> <p>&lt;化合物③&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>生産培養条件の効果確認</li> <li>ミニジャースケール以上での低水素濃度条件における培養評価及びプロセス構築</li> </ul>	<p>&lt;化合物①&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>CFDモデル作成は概ね予定通り</li> </ul> <p>&lt;化合物②&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>概ね予定通り</li> </ul> <p>&lt;化合物③&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> </ul>
<p>3 化成品/菌体飼料の評価</p>	<p>&lt;精製プロセスの確立、化成品の評価&gt;</p> <p>化合物①:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>想定プロセスフローの一次提案および当該プロセスの妥当性検証</li> </ul> <p>化合物③:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>品質低下要因となる臭気原因物質の推定</li> </ul> <p>&lt;飼料の評価&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>野生株菌体の栄養成分の把握と配合適正量を決定</li> </ul>	<p>&lt;精製プロセスの確立、化成品の評価&gt;</p> <p>化合物①:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>模擬反応液を用いた精製条件の検討</li> </ul> <p>化合物③:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>発酵液からの化合物③濃縮、精製検討と簡易臭気評価</li> </ul> <p>&lt;菌体飼料&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>今年度のマイルストーンは達成済</li> </ul>	<p>&lt;精製プロセスの確立、化成品の評価&gt;</p> <p>化合物①:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>今後ラボ蒸留および膜装置導入し、技術検討を進める</li> </ul> <p>化合物③:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>生産菌株の構築、発酵生産が確認された後、発酵液を用いた検討を進める</li> </ul>
<p>4 プロセスのLC-CO<sub>2</sub>評価</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>生産フローを作成し、バウンダリを設定</li> <li>CO<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>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<sub>2</sub>を実測値を基に算定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>数十 L規模リアクターでのフォアグラウンドプロセスの実測</li> <li>バックグラウンドデータの継続的な情報収集</li> <li>異なる原料調達フローごとのCO<sub>2</sub>排出量推算</li> <li>CO<sub>2</sub>を原料とした物質生産のLC-CO<sub>2</sub>評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>数十 L規模リアクターにおいても運転に伴うフォアグラウンドプロセスデータを取得し、LC-CO<sub>2</sub>評価に活用する</li> </ul>

## 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<sub>2</sub>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

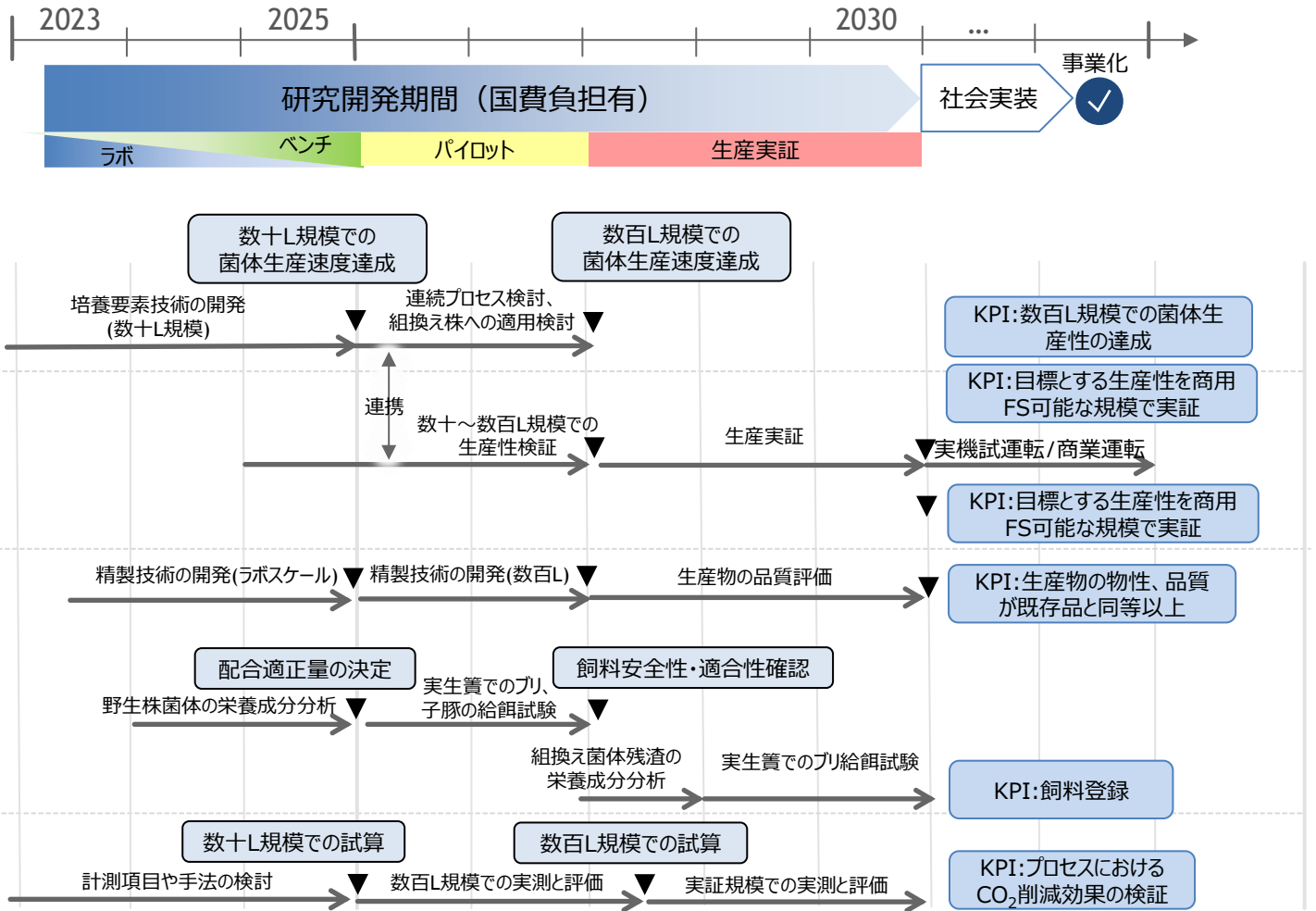
GEI、DIC、東レ、電中研、ダイセル

③化成品/菌体飼料の評価

双日、DIC、GEI  
東レ  
ダイセル

④LC-CO<sub>2</sub>評価

電中研

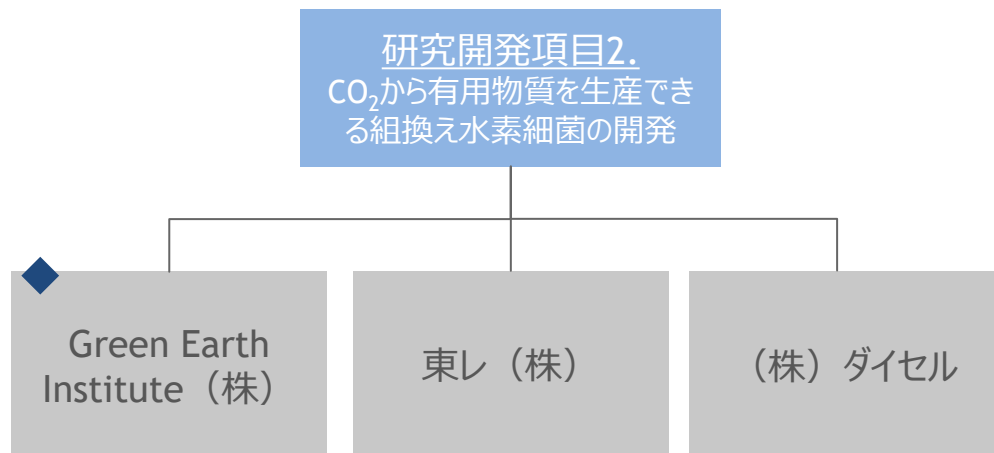


▼:ステージゲート審査

## 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ンネルを有し、特に最近ではバイオファウンドリ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（共同実施者間の連携）

- 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）

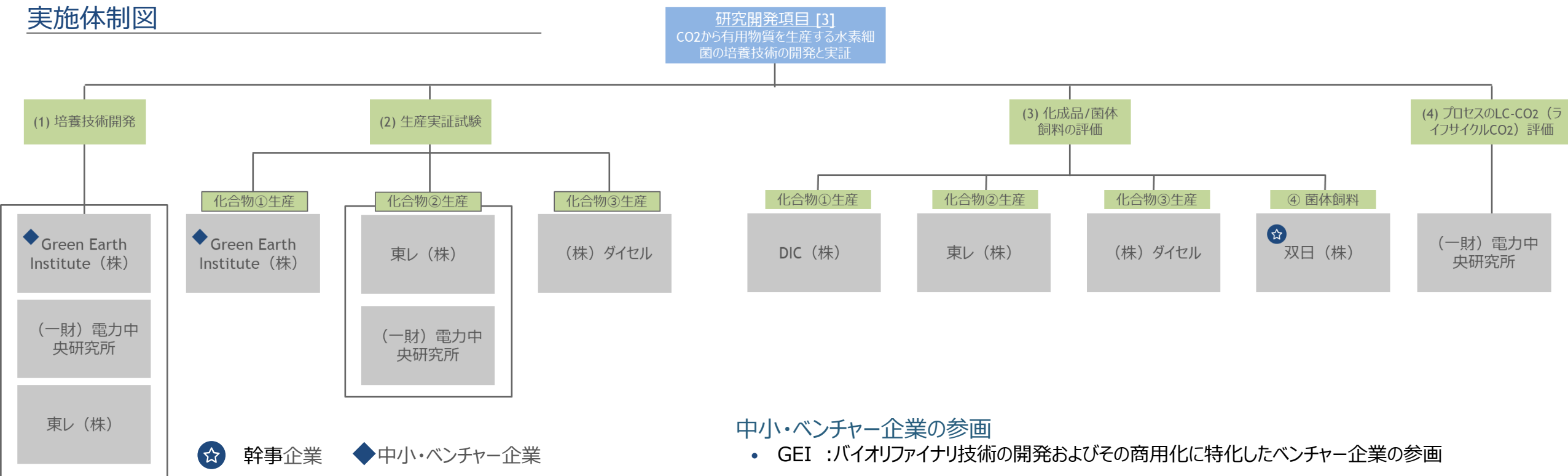
##### 共同実施者以外の本プロジェクトにおける他実施者等との連携

- 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-CO<sub>2</sub>評価

#### 研究開発における連携方法（共同実施者間の連携）

- 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 <sub>2</sub> 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"> <li>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)</li> <li>組換え株の開発受託業務で得た知見・ノウハウ (GEI)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>組換え菌体の商用化実績 (GEI)</li> <li>組換え菌 (水素細菌以外) 取扱い実績 (GEI)</li> </ul>
	2 化合物②生産株の開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>微生物改変技術、ナイロンモノマー微生物技術 (東レ) <a href="https://www.toray.co.jp/news/details/20220817150637.html">https://www.toray.co.jp/news/details/20220817150637.html</a></li> <li>酵素AI設計・シミュレーション技術 <a href="https://staff.aist.go.jp/kameda-tomoshi/index2.html">https://staff.aist.go.jp/kameda-tomoshi/index2.html</a></li> <li>酵素生産実用菌の育種技術 (東レ) <a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589014X21001110?viewFullText=true">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589014X21001110?viewFullText=true</a></li> <li>膜利用発酵プロセスのスケールアップ技術 (東レ) <a href="https://cs2.toray.co.jp/news/toray/newsrrs01.nsf/0/AFB55CAF3DF5A0E649258076002F6B18">https://cs2.toray.co.jp/news/toray/newsrrs01.nsf/0/AFB55CAF3DF5A0E649258076002F6B18</a></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>独自のモノマー前駆体ターゲット保有 (東レ)</li> <li>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)</li> <li>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</li> </ul>
	3 化合物③生産株の開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>化合物③生産に関わる特許技術 (ダイセル) 特許5787360 (<a href="https://patents.google.com/patent/JP5787360B2/ja">https://patents.google.com/patent/JP5787360B2/ja</a>)</li> <li>微生物の取り扱い、物質生産技術 (ダイセル) <a href="https://www.nature.com/articles/d42473-020-00552-8">https://www.nature.com/articles/d42473-020-00552-8</a></li> <li>ヒドロゲナーゼ発現ベクター (ダイセル、東大) 特開2013-32</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ガス利用培養の実績・知見 (ダイセル)</li> <li>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</li> </ul>
	共通技術および共通のリスクとその対策	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Hydrogenophilus</i>の代謝特性解析 (電中研/東大) <a href="http://www.extremophiles.jp/gakkaishi_old/jjse16_2v3.pdf">http://www.extremophiles.jp/gakkaishi_old/jjse16_2v3.pdf</a></li> <li>水素細菌の代謝制御技術 (電中研) 特許6241906, 特許5104005, 特許5985331</li> <li><i>Hydrogenophilus</i>の遺伝子組換え技術 (公知情報)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> <li>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</li> </ul>

## 2. 研究開発計画 / (5) 技術的優位性

### 国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

研究開発項目	研究開発内容	活用可能な技術等	競合他社に対する優位性・リスク
<p>3. 水素細菌によりCO<sub>2</sub>から有用物質を生産する培養技術の開発と実証</p>	<p>1 高度培養技術の基盤開発</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水素細菌を含むCO<sub>2</sub> 利用細菌の培養技術 (電中研) 特許6241906, 電中研報告U94055, U92058, U90020, <a href="https://jsbba2.bioweb.ne.jp/jsbba_db/download_pdf.php?p_code=4C01a08&amp;pdf=2020, doi:10.1007/s00284-006-0151-1">https://jsbba2.bioweb.ne.jp/jsbba_db/download_pdf.php?p_code=4C01a08&amp;pdf=2020, doi:10.1007/s00284-006-0151-1</a></li> <li>バイオリクター技術 (電中研) 電中研報告U96011, U97012, U98051, U99054, V12011</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CO<sub>2</sub>利用細菌の数十年の研究実績 (電中研)</li> <li>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)</li> </ul>
	<p>2 物質生産実証試験</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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)</li> <li>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)</li> <li>非可食バイオマスからの連続培養技術 (東レ) <a href="https://www.env.go.jp/earth/ondanka/cpttv_funds/pdf/db/168.pdf">https://www.env.go.jp/earth/ondanka/cpttv_funds/pdf/db/168.pdf</a></li> <li>実証プラント技術・省エネ濃縮技術 (東レ) <a href="https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_100989.html">https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_100989.html</a></li> <li>バイオ用途向け中空糸膜技術 (東レ) <a href="https://cs2.toray.co.jp/news/film/newsrrs01.nsf/0/0C1F0DAE7B2253BE49258797000398EE">https://cs2.toray.co.jp/news/film/newsrrs01.nsf/0/0C1F0DAE7B2253BE49258797000398EE</a></li> <li>水素社会に向けた取り組みと関連技術 (東レ) <a href="https://www.toray.co.jp/story_economist/">https://www.toray.co.jp/story_economist/</a></li> <li>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)</li> <li>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)</li> <li>膜分離技術 (東レ、ダイセル、DIC) <a href="https://prtimes.jp/main/html/rd/p/00000014.000035577.html">https://prtimes.jp/main/html/rd/p/00000014.000035577.html</a> <a href="https://www.daicel.com/business/field/other">https://www.daicel.com/business/field/other</a> <a href="https://www.toray.co.jp/news/details/20211119133725.html">https://www.toray.co.jp/news/details/20211119133725.html</a></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>商用生産スケールまでのスケールアップ実績 (GEI)</li> <li>水素細菌以外による生産技術開発ノウハウ (GEI)</li> <li>精製プロセスでの膜分離技術活用 (東レ、ダイセル、DIC)</li> <li>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)</li> <li>水素調達・コスト見通し (東レ)</li> </ul> <p>⇒対策：自社水素PJとの連携、コスト情報入手</p> <div data-bbox="1786 733 2448 1105" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><u>各研究開発内容の共通のリスクと対策</u></p> <p>リスク：水素培養の安全性確保 水素・CO<sub>2</sub>調達・コスト見通し 実証試験地確保 製品の品質</p> <p>対策：研究開発項目2と3間の情報交換や連携 CO<sub>2</sub>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</p> </div>
	<p>3 化成品/菌体飼料の評価</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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)</li> <li>新規材料の飼料適合性評価技術</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>不純物の同定と低減プロセス構築のノウハウ (ダイセル)</li> <li>飼料の成分分析ならびに効果検証を行う技術を保有</li> <li>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</li> </ul>
	<p>4 LC-CO<sub>2</sub>評価</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>LCA評価技術 (電中研) 電中研報 V19004,C1808, Y06, V13021, V10025</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>LCA手法の開発実績と実プロセスでの実測の経験 (電中研)</li> </ul>

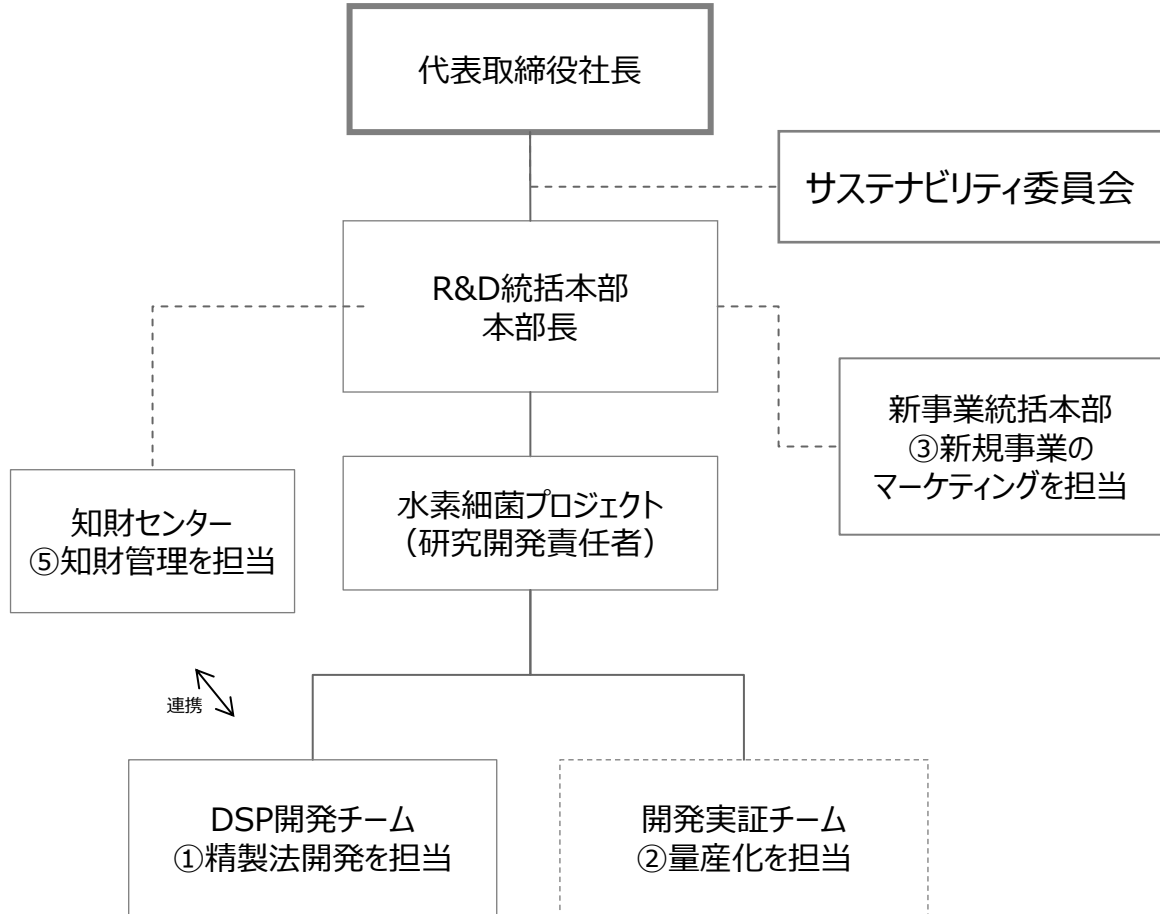
# 3. イノベーション推進体制

(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
- DSP開発チーム①
  - ：チームリーダー
  - ：プロセス開発を担当（併任2人規模）
- 開発実証チーム②（2026年度より組織化予定）
  - ：チームリーダー
  - ：実証プラントでの量産化を担当（専任1人、併任2人規模）
- 新事業統括本部③
  - ：バイオ製品のマーケティング活動を担当

#### 部門間の連携方法

- コーポレート開発案件を担うR & D統括本部内に本事プロジェクトテーマを設定し、同本部で開発運営を開始した。
- バイオ技術による新素材開発テーマを、従来よりマーケティングを担当する新事業統括本部と連携して進めており、既存の社内連携ルートで連携を図っていく。
- サステナビリティ委員会は、当社グループのサステナビリティ活動に関する方針および活動計画の策定並びに活動の評価・推進、その他当委員会が必要と認めた事項の審議・決定をしている。

### 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

## 経営者等によるサステナビリティ戦略への関与の方針

### 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
  - 「DICサステナビリティ方針」を制定し、事業活動を推進している。  
DICグループは、地球環境への配慮と、グローバルなビジネス・ルールに基づき、1) 安全と健康の確保、2) リスクマネジメント、3) 公正な事業慣行・人権と多様性の尊重、4) 環境との調和・環境保全、5) イノベーションによる社会的価値の創出と持続的な成長の実現、を強く意識した事業活動を推進している。 [DICグループのサステナビリティ\(dic-global.com\)](https://dic-global.com)
  - DICでは、長期経営計画「DIC Vision 2030」にて、サステナビリティ戦略の推進で“カーボンニュートル社会の実現”を目指すことを明記し、DIC Net Zero 2050などの施策を発信している。  
長期経営計画： [長期経営計画 \(dic-global.com\)](https://dic-global.com)
  - DICでは気候変動を重要な経営課題の一つとして認識している。重要な審議は社長直轄で運営する「サステナビリティ委員会」（年4回開催）において審議・決定するとともに、取締役会規則に基づき取締役会に報告し、取締役会の監督が適切に図られる体制を整えている。  
[DICレポート \(P.45\) : DICレポート2025 \(dic-global.com\)](https://dic-global.com)
- 事業のモニタリング・管理
  - DICグループでは、社長直轄のサステナビリティ委員会を設置し、中期方針の議論、社会的要請に基づく重要課題の審議を行っている。
  - 本事業は社長直轄のR&D統括本部が担当し、テーマ管理ルール（ステージゲートシステム）に基づき、開発ステージに応じた目標を設定して、その到達度を社内報告会で関係役員が進捗管理する。

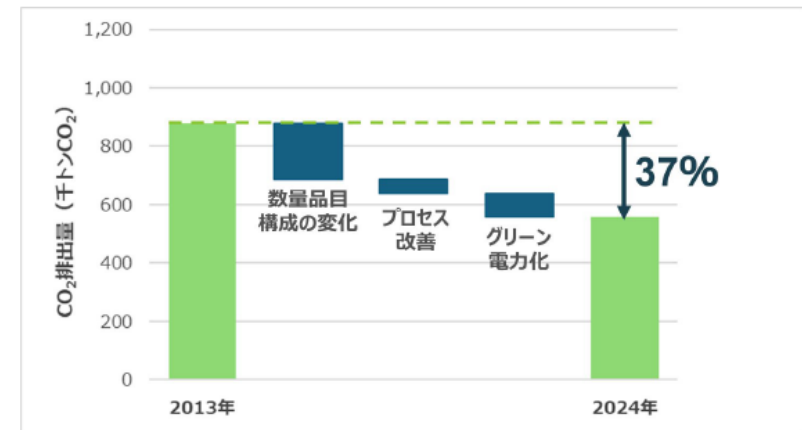
### 事業の継続性確保の取組

- DICは、2030年までの長期経営計画を策定している。その中にサステナビリティ戦略があり、当社の戦略として後継者への引き継がれている。

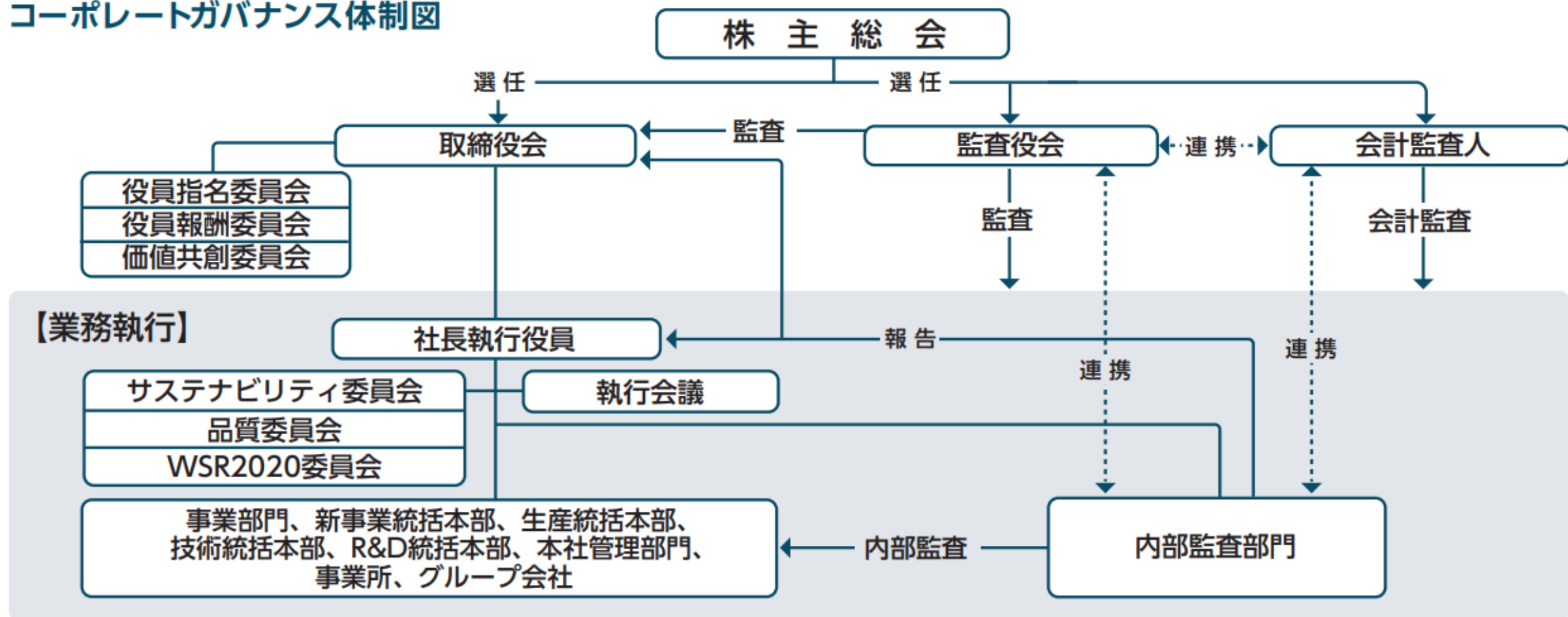
### サステナビリティ戦略における取り組み

#### ■ カーボンニュートル社会の実現に貢献する施策の実行

- 食品パッケージ市場における循環型社会の実現を目指し、四日市市との包括連携協定を締結
- グリーン電力化や低炭素燃料ボイラーの導入などを通じて、2024年時点でCO<sub>2</sub>排出量の37%削減（2013年対比）を達成



## コーポレートガバナンス体制図



### 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

## カーボンニュートラルを経営戦略に組み込み、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
  - DIC Net Zero 2050として、CO<sub>2</sub>排出量の長期削減目標を更新し、新たな目標として「2030年度50%削減」及び「2050年度カーボンネットゼロ」の実現を掲げ、全事業部門が一丸となって取り組んでいる。  
DIC Net Zero2050: [ニュース | DIC株式会社 \(dic-global.com\)](https://www.dic-global.com/news)
- 経営戦略への位置づけ、事業戦略・事業計画の決議・変更
  - 本事業は、取締役会で決議された長期経営計画にて示されている「カーボンニュートラル社会の実現」に包含されている重要テーマである。
  - 本事業の研究開発は、DIC Vision 2030の重要テーマを担うR&D統括本部が担当する。そのテーマの進捗管理は定期的な報告会で経営層へ報告され進捗管理される。
  - マーケティング担当や事業化企画担当と連携して事業環境の継続的な収集を行い、事業環境の変化から生じた場合は、迅速に対応策を検討し、担当執行役員から直接社長などの経営層へ報告し、対応策の協議を行う運用である。(2か月毎に行う担当役員からの社長報告会にて、本プロジェクトも報告)
- コーポレートガバナンスとの関連付け
  - DICは、監査役設置会社であり、取締役会および監査役会を置いている。このほかに、執行役員制度を導入するとともに、各種委員会を設置している。  
統合報告書DICレポート (P.99) : [DICレポート2025 \(dic-global.com\)](https://www.dic-global.com)

#### 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
  - DICレポートでの情報公開、第三者の意見を開示するなど対話を実施。また、TCFD提言への賛同を表明するとともに、TCFDコンソーシアムへ参画し、情報公開を行っている。  
統合報告書 [DICレポート \(P.45\) : DICレポート2025 \(dic-global.com\)](https://www.dic-global.com)
  - TCFD : [気候変動 | 安全・環境・健康 | サステナビリティ \(dic-global.com\)](https://www.dic-global.com)
  - 研究開発の概要や事業の意義等を含めて、ニュースリリースを発信  
: [NEDOの委託事業採択のリリース \(dic-global.com\)](https://www.dic-global.com)
- ステークホルダーとの対話
  - 「コーポレートガバナンスに関する方針」の第8条において、適切な情報開示と透明性の確保を定め、これに基づき、各種ツールを用いたコミュニケーションの促進に向けた取り組みを実行している。  
ステークホルダーとの対話 : [ステークホルダーとの関わり \(dic-global.com\)](https://www.dic-global.com)

#### 企業価値に関する指標との関連性

- DIC Vision 2030において、その実現に向け、事業成長や収益拡大のための戦略投資と株主還元バランスよく資金を投入する方針を掲げ、営業利益、ROE、総還元性向の目標を公開。目標達成に向けて継続的に取り組んでいる。  
[長期経営計画 | 経営方針 | 株主・投資家情報 | DIC株式会社](https://www.dic-global.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

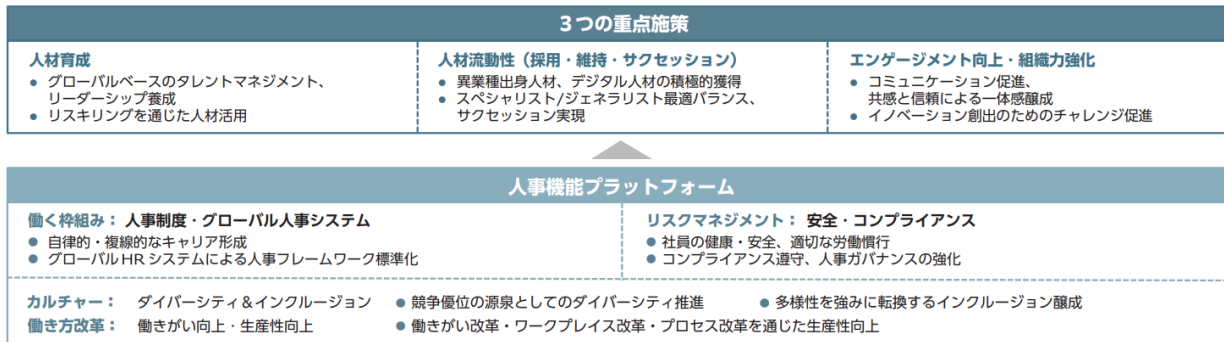
#### 経営資源の投入方針

- 機動的な経営資源投入、実施体制の柔軟性確保
  - 経営資源の投資は本事業を担当するR&D統括本部の担当役員が年次の予算検討会をへて実行してゆく。
  - 本事業は、コーポレート部門のR&Dの執行役員が担当しており、環境変化で修正が必要な時には、随時社長への報告の上、必要に応じて執行会議に上程するなど、フレキシブルに対応できる体制である。
  - マーケティング部門、事業企画部門も連携メンバー入っており、顧客評価などマーケティングを並行して実施する体制としている。

#### 専門部署の設置と人材育成

- 専門部署の設置
  - 本事業を担当する部署は、社長直轄のR&D統括本部内に設置し、担当役員が機動的に指揮を執る。
  - 新設する水素細菌テーマでは、既存のバイオリファイナリー関連部署の責任者がリーダーとなり、技術開発チームを設置し運用を開始した。今後の開発の進捗に合わせ量産化のチームを機動的に設置し、運用する。
  - 新規事業のマーケティング部門、並びに、製品部門の事業企画にも担当者を置いて連携を行い、事業環境、潜在顧客のニーズを並行して検証しつつ本事業を推進する。
- 人材育成
  - DICの事業ポートフォリオにおいて、本事業を含めて若手人材の登用を推進しており、その育成も重要であると認識して取り組んでいる。
  - DICはオープンイノベーションに積極的に取り組んでおり、CVC組織(新事業統括本部)、産学連携(R&D統括本部)など、必要な技術を探索、獲得する部署と緊密な連携を取って本事業にあたる。  
オープンイノベーションの推進：[研究開発 | DIC株式会社 \(dic-global.com\)](https://www.dic-global.com)
  - 人材マネジメントの重要施策として、人的資本経営の強化を掲げている統合報告書 [\(P.75\) : DICレポート2025](#)

[DIC Vision 2030] の3つの重点人事施策と人事機能プラットフォーム



# 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、自然災害等の事態に陥った場合には事業中止も検討

#### 研究開発（技術）におけるリスクと対応

- 目的生成物を効率的に生成する遺伝子改変水素細菌が開発できないリスク。  
→ 技術開発、システム設計、条件変更等、種々のアプローチにて対策を検討する。
- 目的物の分離精製技術が確立できず、製品品質の未達、許容コストの未達等が発生するリスク  
→ 要素技術を有する協力企業の追加する。
- 爆発混合気体の取扱技術が確立できないリスク  
→ ガス専門メーカーやエンジニアリングメーカーとの連携強化により対策を検討する。

#### 社会実装（経済社会）におけるリスクと対応

- 研究開発費用の超過リスク  
→ 費用超過要因の解析及び実証可能な対策検討。実証内容・スケジュールの見直し可否検討。
- 遺伝子組み換え由来飼料の使用に対する法制化の遅延リスク。  
→ 政府機関との情報交換を緊密に行い、制度設計に関する情報を的確に把握する。
- 原料水素の価格が想定通りに下がらず、予定する製品の経済性が低下するリスク  
→ グリーン、ブルー、ターコイズ等幅広く水素源の調査と調達ルートの確保。

#### その他（自然災害等）のリスクと対応

- 自然災害によるリスク  
→ 過去の自然災害の記録を確認し、地理的な災害リスクを考慮して実証設備や生産設備の設置を検討する。
- 遺伝子組換え菌株の漏洩リスク  
→ 培養槽周囲にタンク容量相当以上の流出防護壁を設置。加えて排水経路下流で流出シャットダウン対策を実行



#### ● 事業中止の判断基準：

- 社会情勢の変化により、低炭素ケミカルの市場ニーズ・普及可能性が低いと判断され事業性を失った場合。
- より優れた類似技術が先行して市場に投入され、後追いで参入余地がないと判断された場合
- 本事業での開発・実証結果から上記リスクが顕在化し、当初想定していた事業性・経済性・実現性が見込めない場合。
- 爆発混合気体の制御で技術的に解決できない問題が生じ、安全操業を維持できないと判断した場合。
- 予想外の要因により、自社の資本力・投資能力が著しく低下し、開発断念せざる得ないと判断された場合