

事業戦略ビジョン

実施プロジェクト名：バイオものづくり技術によるCO₂を原料とした高付加価値化学品の製品化



実施者名：積水化学工業株式会社

代表者名：代表取締役社長 加藤 敬太

コンソーシアム内実施者：公益財団法人地球環境産業技術研究機構

代表者名：グループリーダー・主席研究員 乾 将行

目次

0.コンソーシアム内における各主体の役割分担

- (1) 役割分担
- (2) 事業戦略ビジョンサマリ

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 ※研究開発項目毎に作成

- (0) 全体概要
- (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 / (1) 役割分担

各機関が保有する強みを結集し、CO₂を原料とした高付加価値化学品の製品化により、世界のカーボンリサイクルに貢献

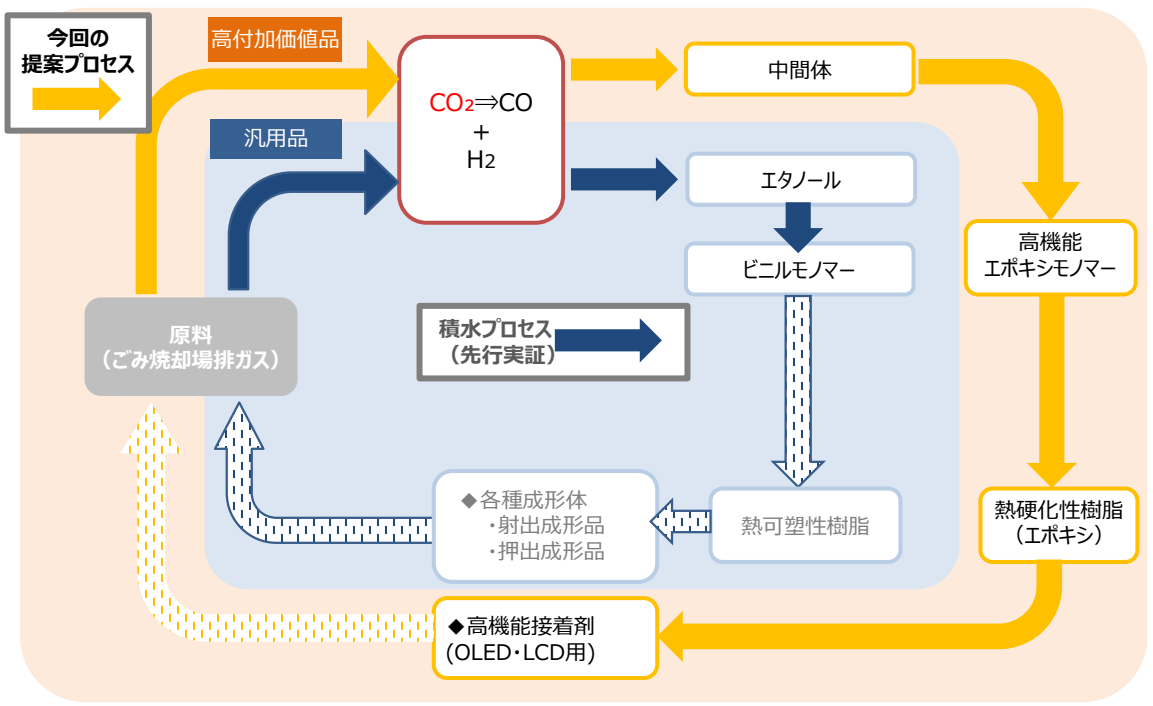


バイオものづくり技術を核として廃棄物燃焼ガス（CO₂）から高付加価値化学品の製造プロセスを確立し、世界のカーボンリサイクルに貢献

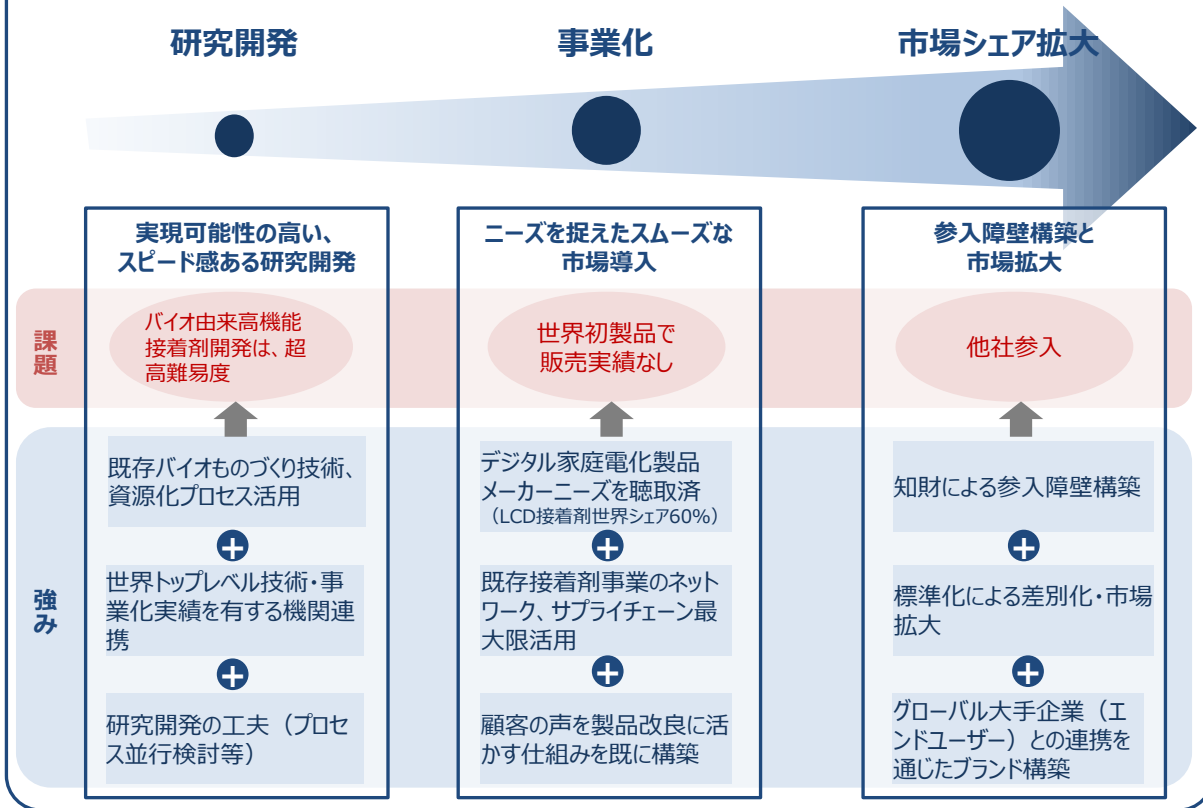
サマリ

What? どのような世界を実現したいのか？

先行実証している積水プロセスの強み（嫌気培養技術、スケールアップ技術等）を活かし、CO₂からプラスチック原料（モノマー）を経由し、自社製品に循環される新しいパスを創造しカーボンリサイクルを実現



Why? なぜ可能なのか？



CO₂を原料とした高付加価値化学品の製品化により、世界のカーボンリサイクルに貢献

1. 事業戦略・事業計画

パリ協定を契機に、世界的にカーボンニュートラルを目指す動きが加速

カーボンニュートラルを踏まえたマクロトレンド認識

政治的環境

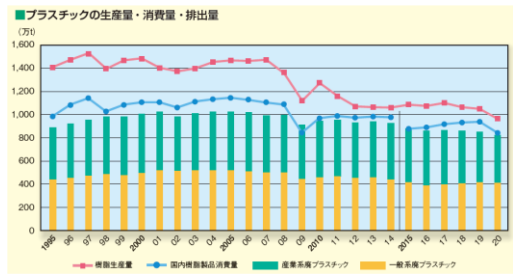
- パリ協定等に基づく温暖化ガス抑制規制
 - 既存エネルギー市場の縮小（石炭、原油）
- 炭素税の導入



社会的環境

- バイオエコノミー社会の進展
- 循環利用による製品・素材利用率の向上

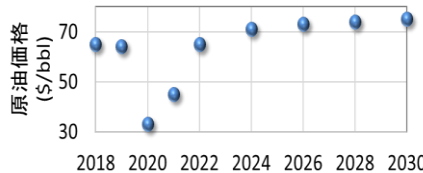
着実に進む
廃プラスチック
の有効利用



出典：（一社）プラスチック循環利用協会

経済的環境

- 2050年カーボンニュートラルに賛同国拡大
- ロシア、ウクライナ戦争による原油価格の高騰



石油価格の不
透明感



PEST分析

技術的環境

- バイオテクノロジーへの積極投資
- プラスチック循環社会実現の為の技術急成長



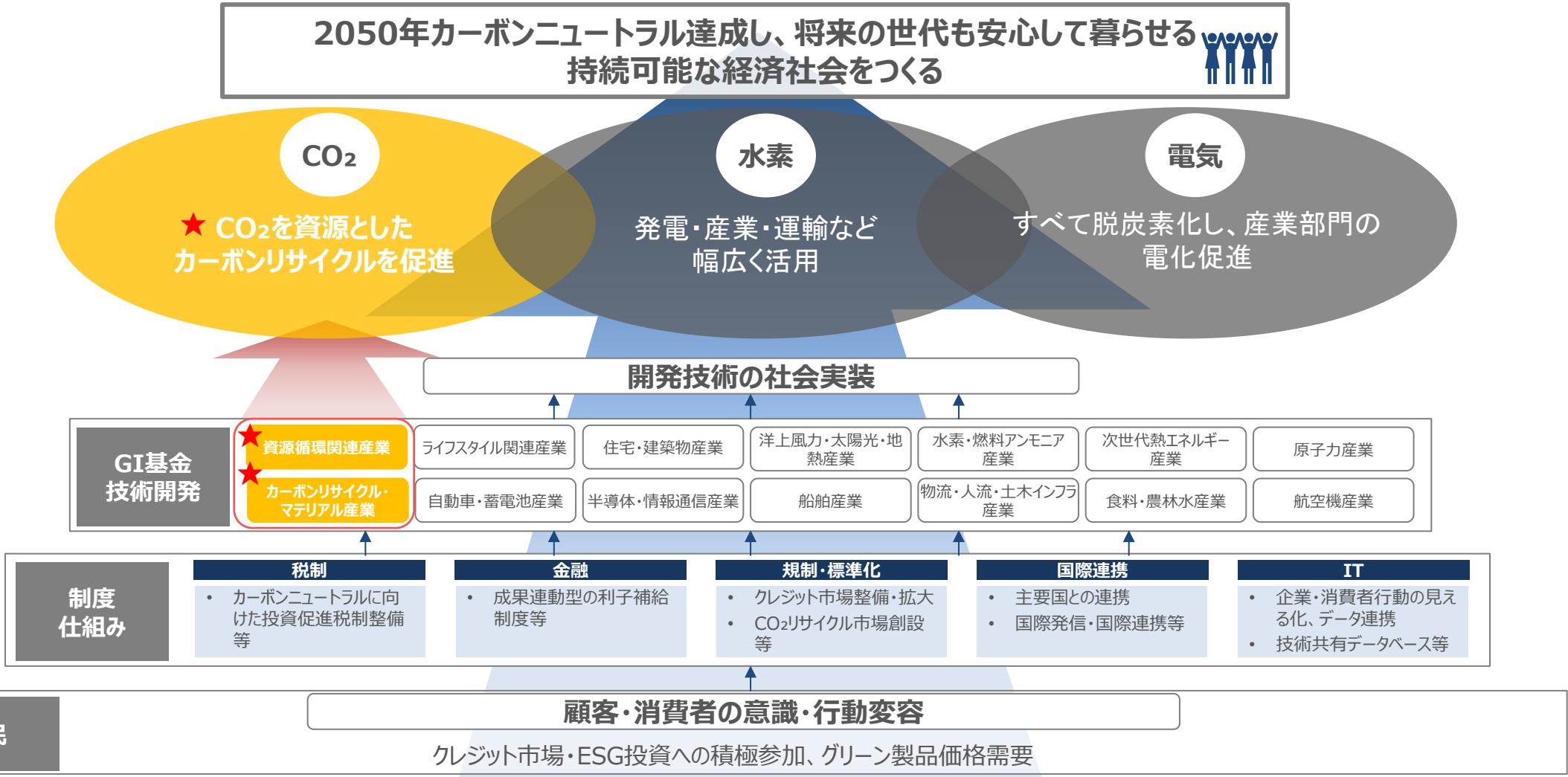
出典：当社HP

カーボンニュートラル達成のためには、CO₂を資源としたカーボンリサイクルを促進することが重要

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

★・・・当社における市場機会

見取り図
設計図



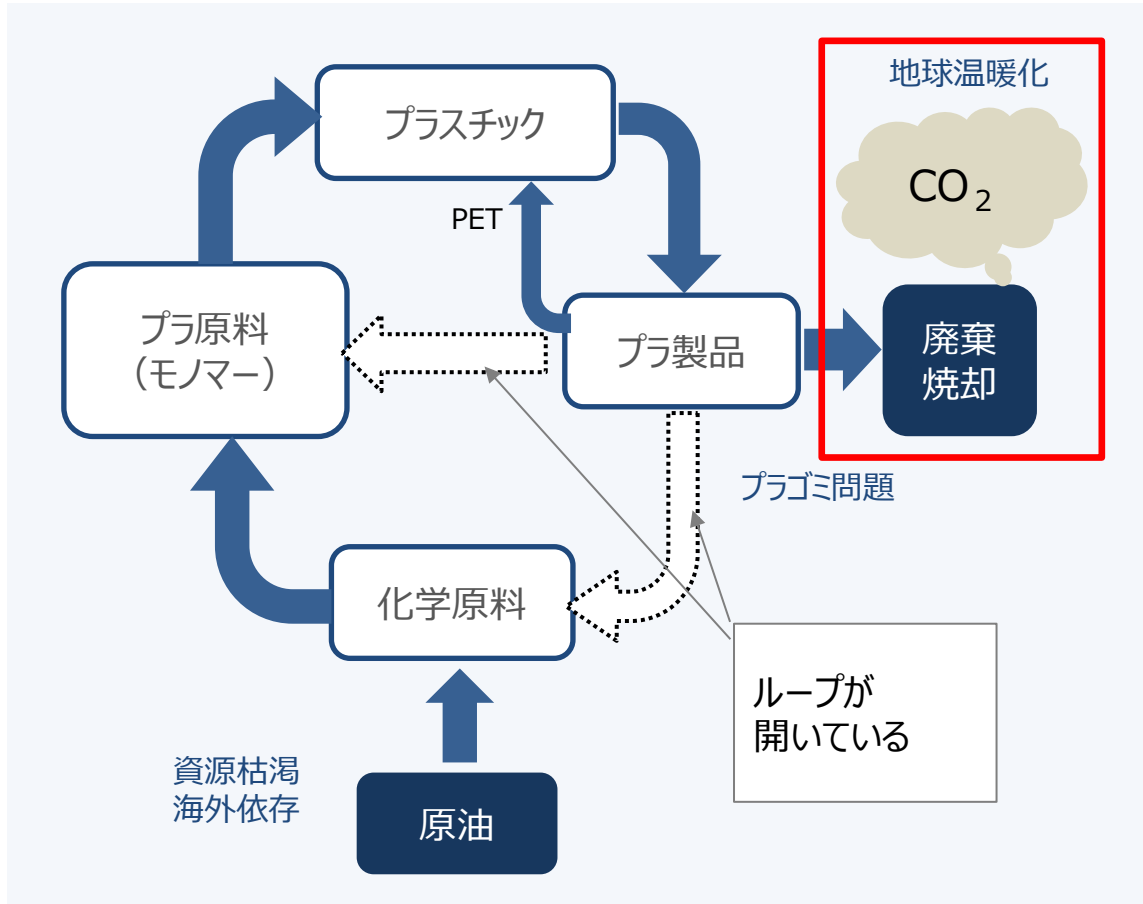
* 出典：経済産業省「グリーンイノベーション基金事業」HPを基に当社作成

1. 事業戦略・事業計画／（1）産業構造変化に対する認識

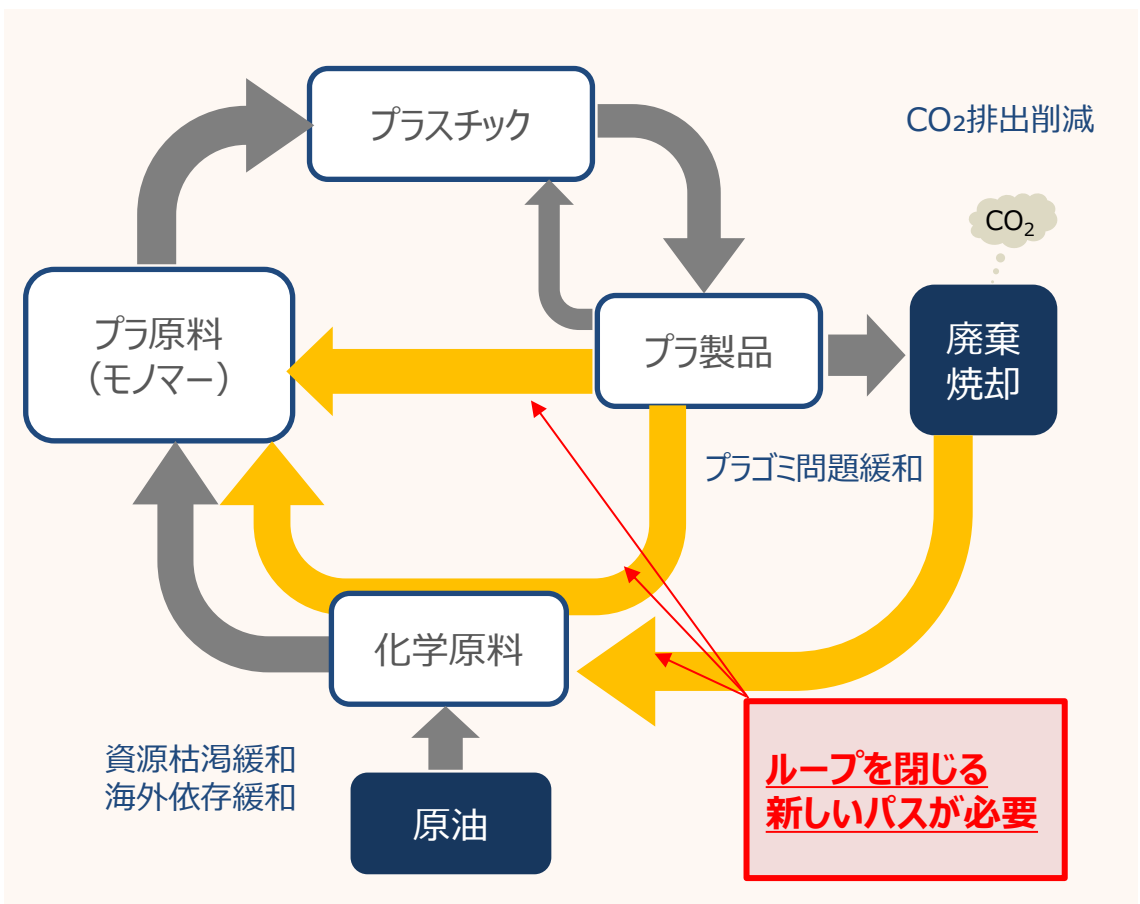
一方、プラスチック業界においては廃プラスチックの焼却過程で多くのCO₂を排出
カーボンリサイクルに向け、ループを閉じる新たなパスが必要

市場機会_プラスチック循環の課題

現状：非循環型



今後：循環型



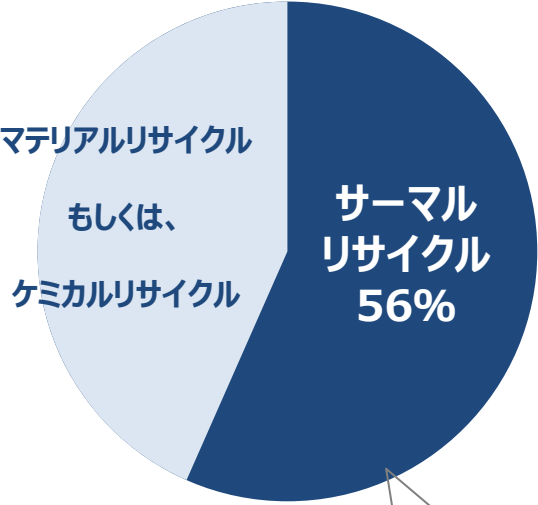
廃棄物処理施設を活用し、CO₂からプラスチック原料へ再生する手法の潜在ニーズを市場機会と認識

市場機会_廃棄物処理施設を活用した原料化

リサイクルの現状

廃プラのリサイクル方法割合

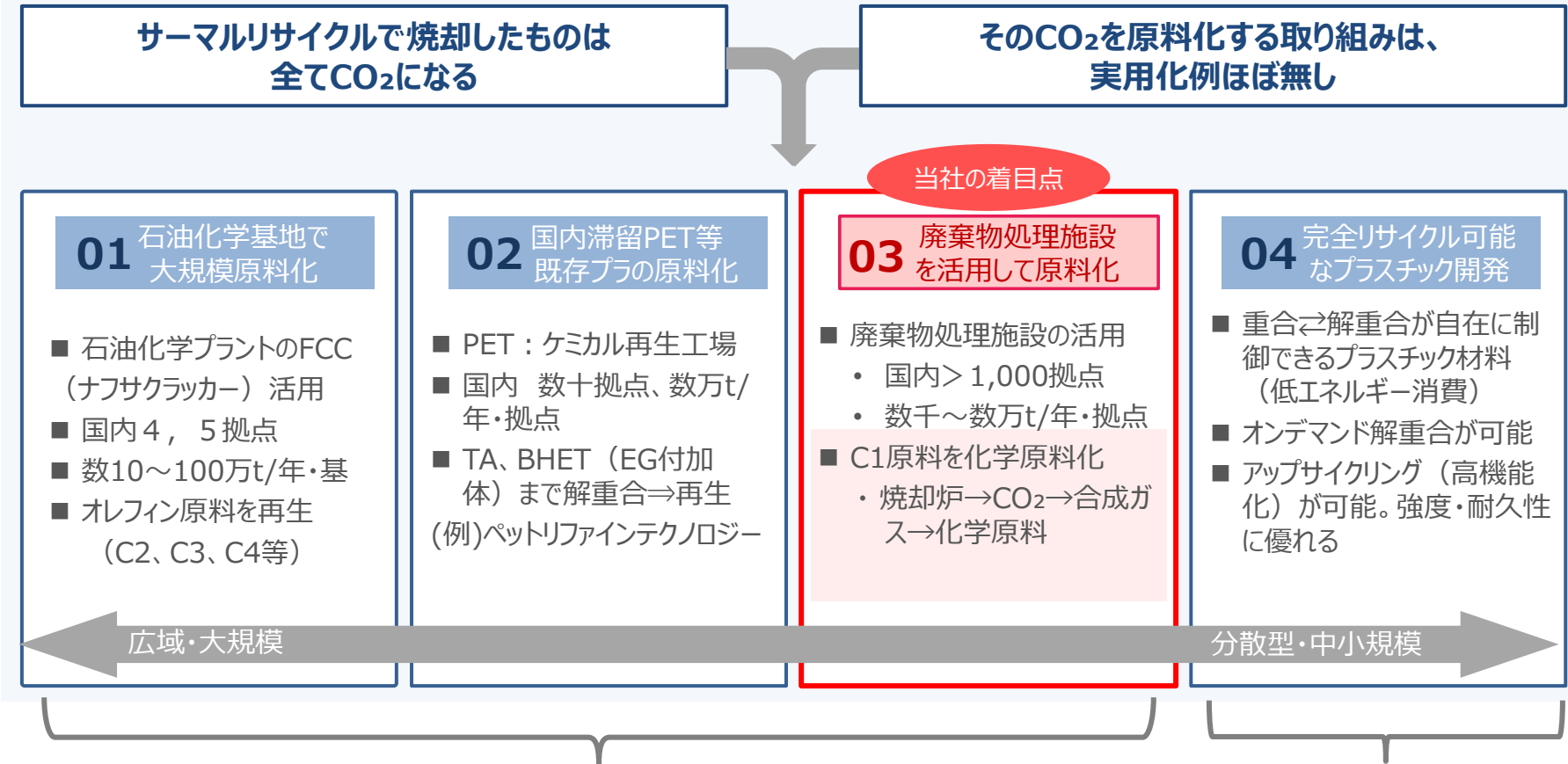
サーマルリサイクルでは、廃プラの多くを焼却。熱として回収されるのみで、物質循環にはほとんど寄与せず。



混合物、複合材は焼却せざるを得ない

当社の着目点

ループを閉じる手法に対する当社着眼点

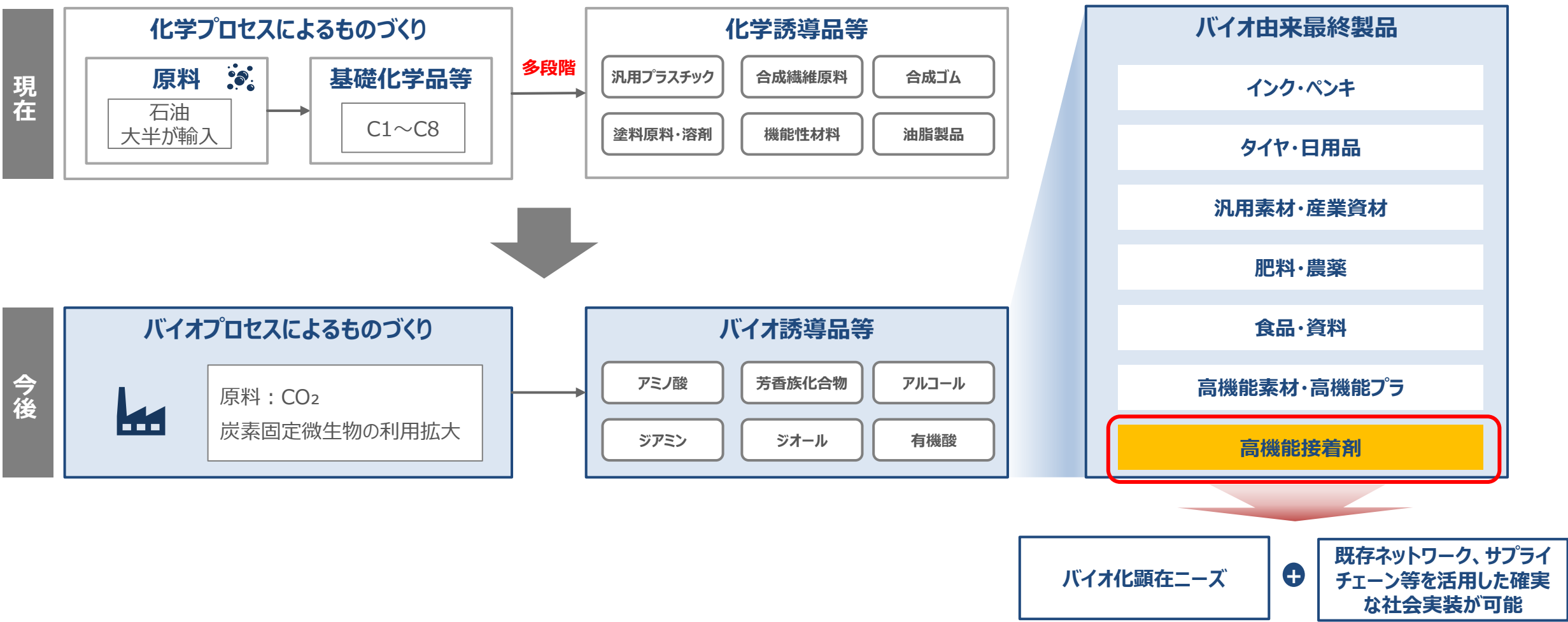


実用化検討・現場実証段階（経済産業省・環境省）

基礎研究が必要

当社は接着剤事業を有しており、超高難易度とされているバイオ化ニーズが顕在

市場機会__高機能接着剤



* 出典：経済産業省「「バイオものづくり技術によるCO₂を直接原料としたカーボンリサイクルの推進」プロジェクトの研究開発・社会実装の方向性」P.6を基に当社作成

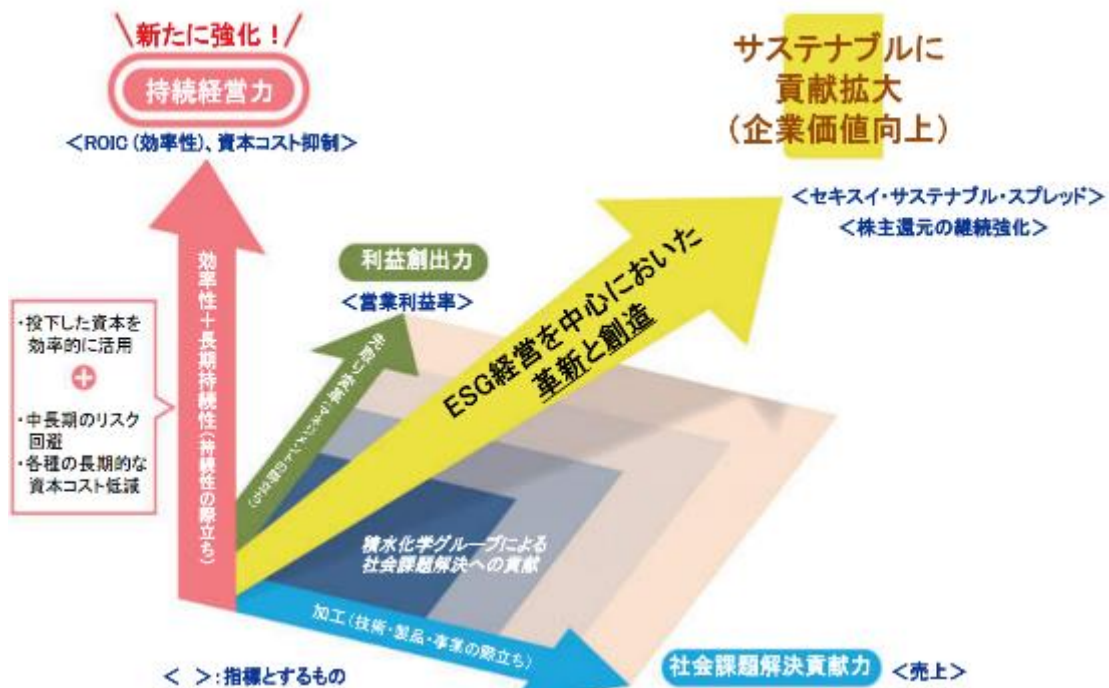
1. 事業戦略・事業計画／（１）産業構造変化に対する認識

当社は、「ESG経営を中心においた革新と創造」をビジョンに掲げており、今回のチャレンジング、かつイノベーティブな取り組みを重要な経営課題として位置づけ、事業成果にコミットする

当該変化に対する経営ビジョン

ビジョン

- **社会課題解決に対するサステナブルな貢献拡大により、企業価値を向上させる**



本テーマの事業ポジション

- 各ドメインで、コア技術の延長線上でイノベーションに挑戦し、新事業を創出する。
- **本テーマが中期経営計画に明確に記載されている。**

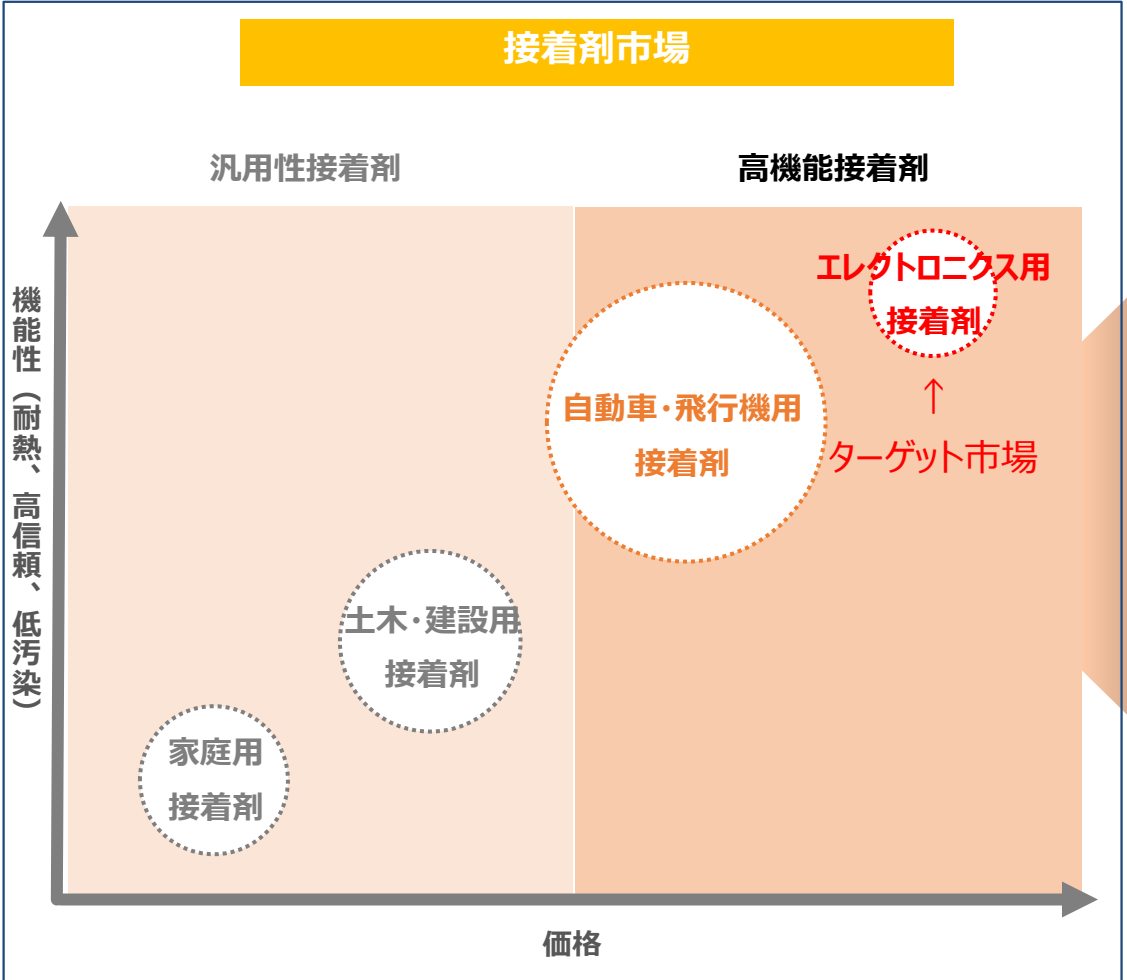


エレクトロニクス用接着剤は、バイオ化ニーズが顕在化しており、かつ高価格での販売はバイオ技術のコスト高を吸収できる可能性が高く、事業採算性の観点からもリスクが低い市場と判断

セグメント分析

ターゲット市場

選定理由



- 1 高機能、高価格接着剤**
 - バイオ技術によるコスト高を許容しやすい
- 2 バイオ化ニーズが顕在化**
 - 家電メーカーの高機能接着剤のバイオ化ニーズが顕在化
- 3 既存接着剤事業のサプライチェーンを活用した早期市場導入可能**
 - 当社はLCD用接着剤において高い世界シェア
- 4 将来の拡張性**
 - 確立した技術の展開で、大きなマーケットを獲得することが可能
有機EL(OLED)、マイクロLED用接着剤の普及拡大

1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット

本事業はバイオ高耐熱接着剤に限定するが、この技術を用いて、モノマー販売、さらには多様なポリマー作製技術につなげ世界のバイオ化を牽引

事業化Step

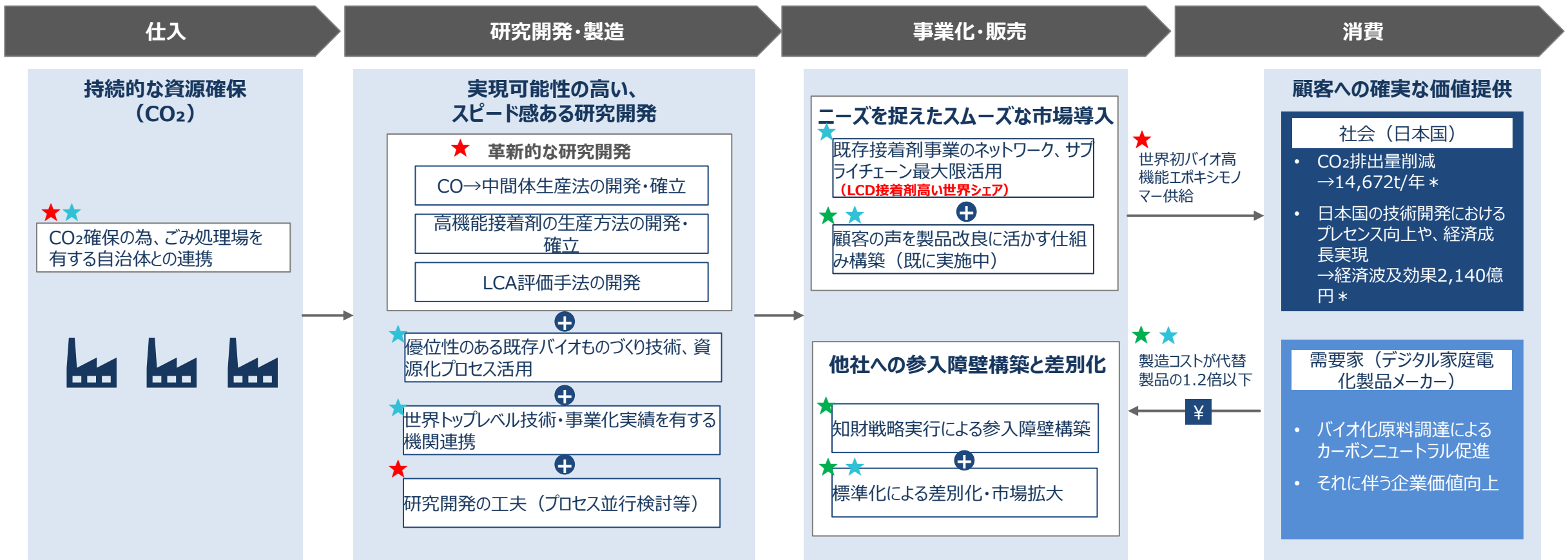
本GI基金の範囲			
	Step 1	Step 2	Step 3
概要	高機能バイオ接着剤の製造・販売	高機能バイオモノマーの製造・販売	熱硬化性バイオ樹脂の製造・販売
狙い	■ 世界に先駆け、廃棄物処理施設を活用したケミカルリサイクルを実現	■ 上流原料を抑えるため、大量生産技術を確認し、高機能バイオモノマーを大手化学メーカーに販売	■ 本技術をポリイミドポリマー、フェノール樹脂等に横展開
用途例	エレクトロニクス 	航空・自動車 	高機能フィルム、摺動部品 
市場規模 (2050)	390億円/年	2,140億円	2兆9,800億円
CO2削減 (2050)	197t/年	14,672t/年	4億2,200万t/年

* 市場規模：2031年の市場規模を当社推計（出典：富士キメラ総研社。2021 ディスプレイ関連市場の現状と将来展望」、2018 ディスプレイ関連市場の現状と将来展望（下巻）(株)富士キメラ総研、REPORT OCEAN社有機ELの世界市場、(株)グローバルインフォメーション2021年9月「複合材料における熱硬化性樹脂の世界市場」 1\$ = 138円

革新的な技術開発や、既存技術・ネットワークを最大限活用し、スムーズな市場導入を実現。知財・標準化戦略により市場シェアを拡大し、CO₂を資源としたカーボンリサイクルを実現する

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

★…独自性・新規性 ★…優位性 ★…継続性



※2040年時点数値（STEP2：バイオ高機能エポキシモノマーの場合）
詳細後述

顧客、行政機関とも協力し、「CO₂を資源としたカーボンリサイクル」実現に向け、標準化により顧客・消費者に新たな価値観を醸成し、世界のCO₂排出削減に貢献

標準化の取組

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

目的

「CO₂を資源としたカーボンリサイクル」実現に向け、顧客・消費者に新たな価値観を醸成し、世界のCO₂排出削減に貢献。

自社強み

現状日本では、ごみ（廃プラスチック）の殆どが焼却され多くのCO₂を排出。当社技術により、ごみ（炭素由来の資源）を有価物として固定化し、CO₂削減の実現が可能。

取組方針

当社技術的強みを国際展開し、世界の「CO₂を資源としたカーボンリサイクル」を実現するためには、相応のコストアップが市場に許容される必要がある。そのために、国際レベルのルールを作り、新たな価値付けを行う。

シナリオ1

LCA評価

■ 顧客・消費者の理解を得るため、資源循環におけるGHG排出を含めた環境負荷削減効果をLCA評価により可視化。

シナリオ2

認証制度への追加検討

■ リサイクル由来成分の含有量等による循環プラスチック部素材としての認証を検討し、製品の高付加価値化を実現。

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

➢ 一般社団法人日本化学工業協会（以下、JCIA）がリサイクルプラスチック製品の市場醸成を目指し、ISO 認証等により世界に通用する認証取得を進め、付随する品質規格やプロセス認証、各段階におけるリサイクル由来成分の含量等の規格・認証を検討。*1

■ 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

➢ 当社はJCIA会員であり、当社代表取締役社長は協会の理事（役員）*2として協会活動に参加。

➢ 海洋プラスチックごみ問題解決に向けた取組を推進する団体「クリーン・オーシャン・マテリアル・アライアンス」（略称「CLOMA」）に参加。*3

本事業期間におけるオープン戦略（標準化等）の取組内容

01 LCA算出基準を提示し、バイオプロセスの環境負荷低減効果を定量化

02 JCIAの活動を通じ、CO₂由来製品の認証制度等を追加検討する

03 国際レベルの認証制度等についてエンドユーザーへ直接働きかけ、提案する

*1：一般社団法人日本化学工業協会2020年12月18日「廃プラスチックのケミカルリサイクルに対する化学産業のあるべき」
*2：2022年11月14日時点
*3：CLOMA普及促進部会・技術部会・国際連携部会の構成企業・団体の紹介2022年10月31日時点（<https://cloma.net/wp-content/uploads/2021/02/WG-companies-groups.pdf>）

世界トップレベルのバイオものづくり技術（嫌気培養技術等）、既存接着剤事業（LCD接着剤世界シェア）は当社の強み

自社の強み、弱み

提供価値

<社会>

- CO₂排出量削減
- 日本国の技術開発におけるプレゼンス向上や、経済成長実現

<顧客（需要家）>

- バイオ化原料調達によるカーボンニュートラル促進
- それに伴う企業価値向上

強み

- 既存バイオものづくり技術、資源化プロセスの活用
- 既存接着剤事業のノウハウ、ネットワークの活用
- 標準化戦略による差別化
 - JCIA会員、かつ当社代表取締役が理事として参画。CO₂由来製品の認証制度等の検討が可能

弱み

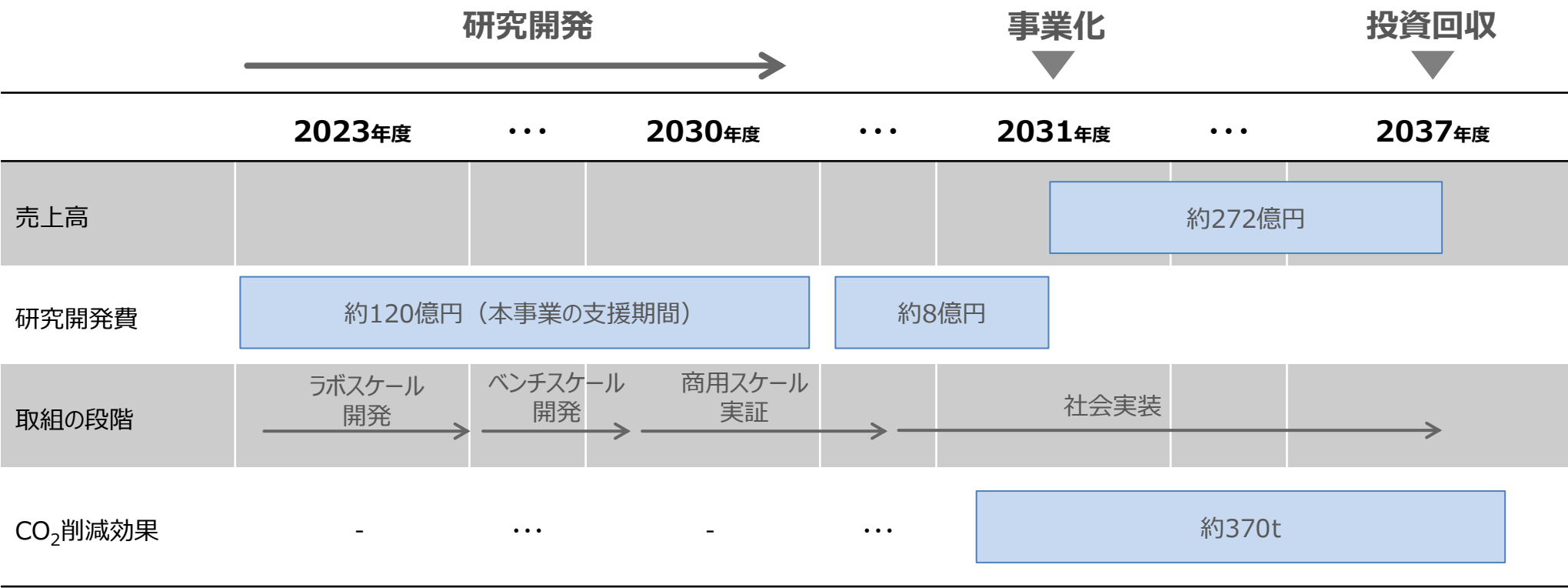
- グローバル展開時の拠点不足
 - 製造販売拠点の構築計画立案検討

世界トップレベルのバイオものづくり技術（嫌気培養技術等）、
既存接着剤事業のノウハウ、ネットワークを本事業に
タイミング良く活かすことが出来る

- 01 世界トップレベルのCO₂→CO変換触媒技術
- 当社ではCO₂をCOに変更し、COからのエタノール生産の事業化進行中
 - 世界トップレベルのCO₂→CO変換触媒技術の活用が可能
- 02 微生物によるCO→エタノール生産の実証プラント
- 廃棄物焼却炉排ガスの資源化プロセス（CO₂ + H₂→CO + H₂O）を確立
 - 微生物によるCO→エタノール生産の実証プラントを保有
- 03 既存接着剤事業のノウハウ、ネットワークの活用
- LCD用接着剤世界シェア。既存事業の顧客基盤、サプライチェーンおよび技術活用が可能



8年間の研究開発の後、2031年頃の事業化、事業化7年目の投資回収を想定



社会実装（市場ニーズ）を見据えた、マーケット・イン視点での研究開発を推進

マーケティング

研究開発・実証

設備投資・立地戦略等

取組方針

時間軸

国際競争上の
優位性

①スムーズな市場導入

- ・既存ネットワーク、キーマン人脈を活かしたスピード導入
- ・代替製品の1.2倍以下の価格実現

**バイオ原料由来製品と合わせて、CO2由来開発品
エンドユーザーへのヒアリングを継続**

②顧客の声を活用した継続的な改良

- ・顧客とともに商品開発・改良
- ・既存の仕組み（月1顧客フィードバックmtg）継続

顧客要求を反映した社内評価を継続

③顧客戦略を通じたブランド構築、参入障壁引き上げ、標準化（市場拡大）

- ・グローバル大手企業（エンドユーザー）との連携強化、大手ブランドを活用したブランド構築
- ・顧客への標準化働きかけ、提案

標準化を目指した活動を継続

■ 他社よりスムーズな市場導入

- ・LCD用接着剤高い世界シェア。顧客ネットワーク（業界最大手含む）、人脈活用が可能

①市場ニーズと合致した研究開発計画

- ・製造コストが代替製品の1.2倍以下
- ・CO₂排出量代替製品の0.8倍以下
- ・顧客の声に応じて都度見直し

おおむね計画通り進捗中

②実現性高く、スピード感ある研究開発推進

- ・世界トップレベルの技術や事業化実績を有する機関の連携
- ・CO→芳香族化合物のプロセス並行検討。短期間で生産プロセス構築
- ・既存保有技術（嫌気培養、接着剤製造技術等）の最大限活用

**装置メーカーでの製作開始
菌探索ベンチャーとの協業開始**

③知財による参入障壁構築と、標準化による 差別化・市場拡大

知財運営委員会運営継続

■ 既存バイオものづくり技術、資源化プロセス活用

- ・世界トップレベルのCO₂→CO変換触媒技術
- ・微生物によるCO→エタノール生産実証プラント

①CO₂確保の為、ごみ処理場を有する自治体の 参画合意獲得

場所：茨城県ひたちなか市 処理量：200 t

特徴：

当社基礎研究場の近隣施設は新しく、運転実績あり。
試験を実施するためのユーティリティ（水）を確保することも可能

**正式契約に向け
県・市・組合、グリーンセンター・SPCと
実証プラントの面積（建物配置）協議
電力接続 手続き継続**



②自社ノウハウの最大限活用

- ・自社（ラボ、破棄物処理場）にて多数実績にある水素、一酸化炭素ガスに関わる安全設計の導入

**工程間の連結検証、
安全設計深度化を目的に
新棟建設中**

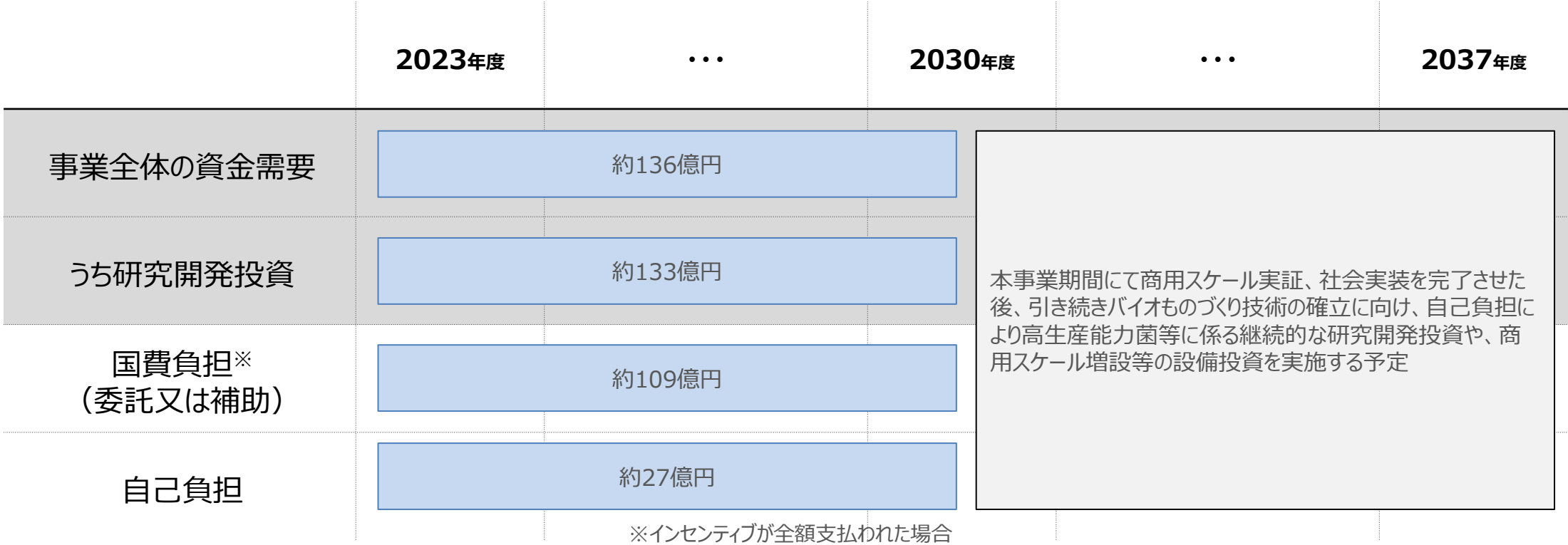
■ 世界最速でのサプライチェーン構築

- ・ごみ（CO₂）からの原料製造は、世界に先駆けた取り組みであり、世界最速のごみ処理場とのネットワーク構築が参入障壁を構築

1. 事業戦略・事業計画／（7）資金計画

当社は2022/3期末時点で144,534百万円の現預金を保有しており、当該事業計画を実施するために必要な資金計画や経営資源を有している

資金調達方針



2. 研究開発計画

2. 研究開発計画／（0）全体概要

ポリマー原料の光反応・エポキシ化により石化由来樹脂と同等の耐熱性および接着性能を確認済み
CO原料としたポリマー原料生産微生物・プロセスを開発することで、CO₂由来エポキシ接着剤生産を実現する

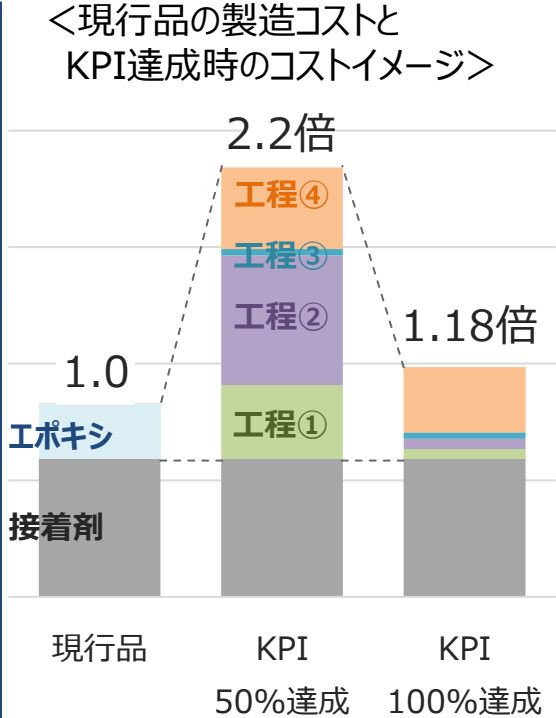


2. 研究開発計画／（0）全体概要

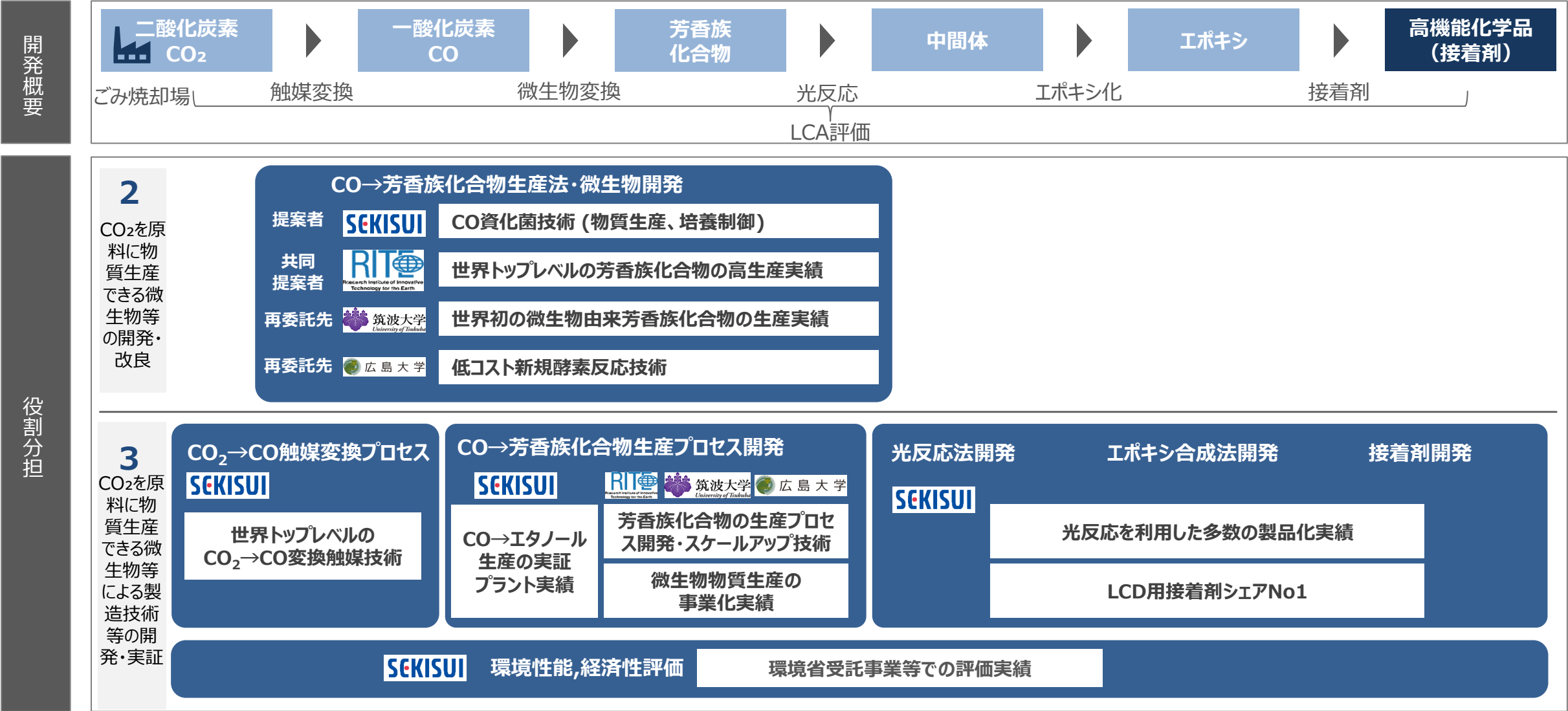
「接着剤の製造コスト現行品比1.2倍以下」を実現するための、研究開発項目2および3の主要KPI
目標生産量とコストネックとなるキーププロセスを解決することにより、コスト1.2倍以下を達成



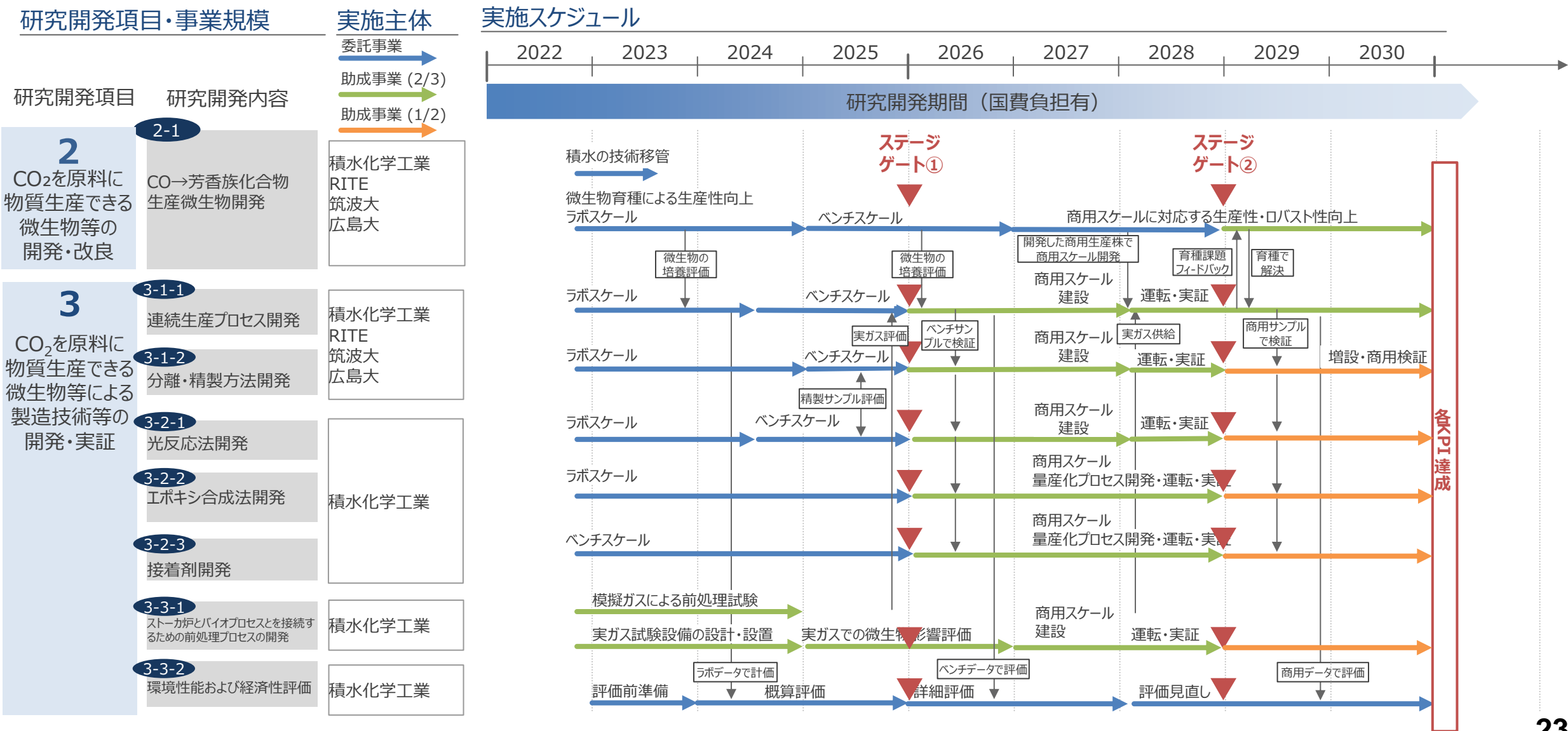
工程	① CO ₂ → CO	② CO → 芳香族化合物	③ 芳香族化合物 → 中間体	④ 中間体 → エポキシ	⑤ エポキシ → 接着剤
コストネック要素	水素コスト	高生産株開発 培養液量	中間体回収率 溶媒使用量	CO ₂ 由来品では 製造実績なし	CO ₂ 由来品では 製造実績なし
解決策	水素廃棄量のミニマイズ	生産速度向上 連続生産化 回収・精製収率向上	反応・精製工程最適化 溶媒の未使用・少量化	-	-
KPI	研究開発 項目2	-	目標生産量以上	-	-
	研究開発 項目3	水素廃棄量30%未満 (投入に対して)	目標生産量以上 回収率85%以上	回収率85%以上 溶媒使用量50%以下	目標生産量 現行石化由来製品と 同等以上の接着性能



世界トップレベルの技術や事業化実績を有する機関の連携で、プロジェクトの成功を実現



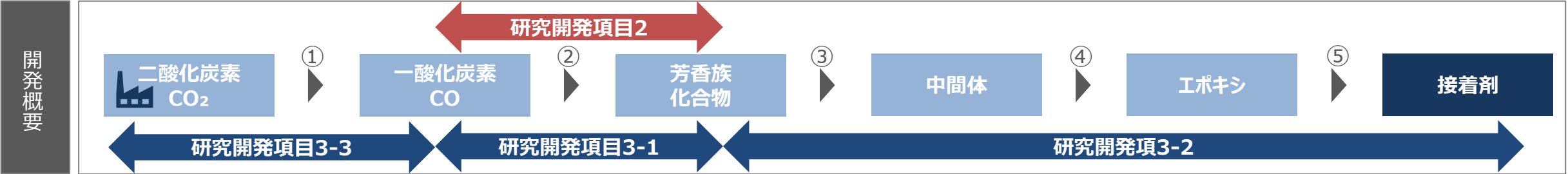
全体スケジュール概要および研究開発項目間の関係



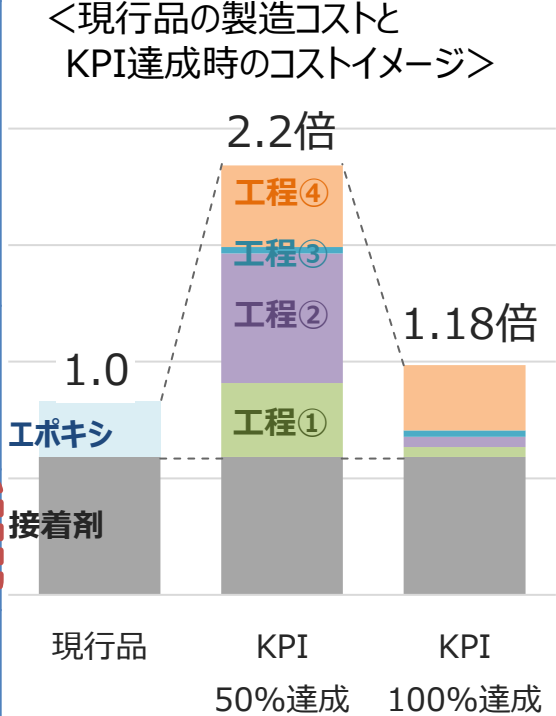
研究開発項目2

2. 研究開発計画／（0）全体概要

「接着剤の製造コスト現行品比1.2倍以下」を実現するための、研究開発項目2および3の主要KPI
目標生産量とコストネックとなるキープロセスを解決することにより、コスト1.2倍以下を達成

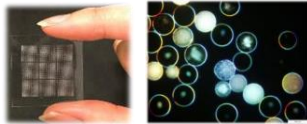
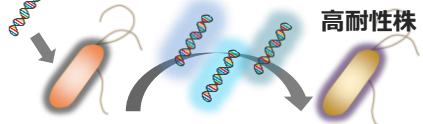

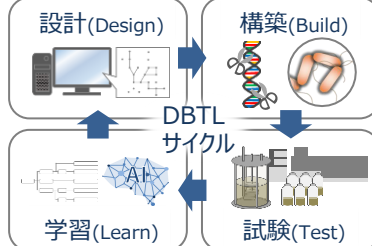
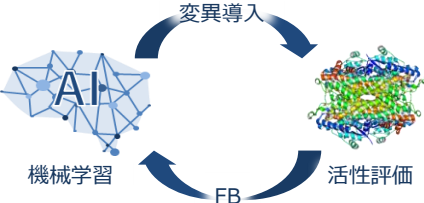
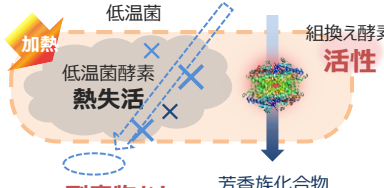


工程	① CO ₂ → CO	② CO → 芳香族化合物	③ 芳香族化合物 → 中間体	④ 中間体 → エポキシ	⑤ エポキシ → 接着剤
コストネック要素	水素コスト	高生産株開発 培養液量	中間体回収率 溶媒使用量	CO ₂ 由来品では 製造実績なし	CO ₂ 由来品では 製造実績なし
解決策	水素廃棄量のミニマイズ	生産速度向上 連続生産化 回収・精製収率向上	反応・精製工程最適化 溶媒の未使用・少量化	-	-
研究開発項目2	-	目標生産量以上	-	-	-
KPI	研究開発項目3 水素廃棄量30%未満 (投入に対して)	目標生産量以上 回収率85%以上	回収率85%以上 溶媒使用量50%以下	目標生産量	現行石化由来製品と 同等以上の接着性能



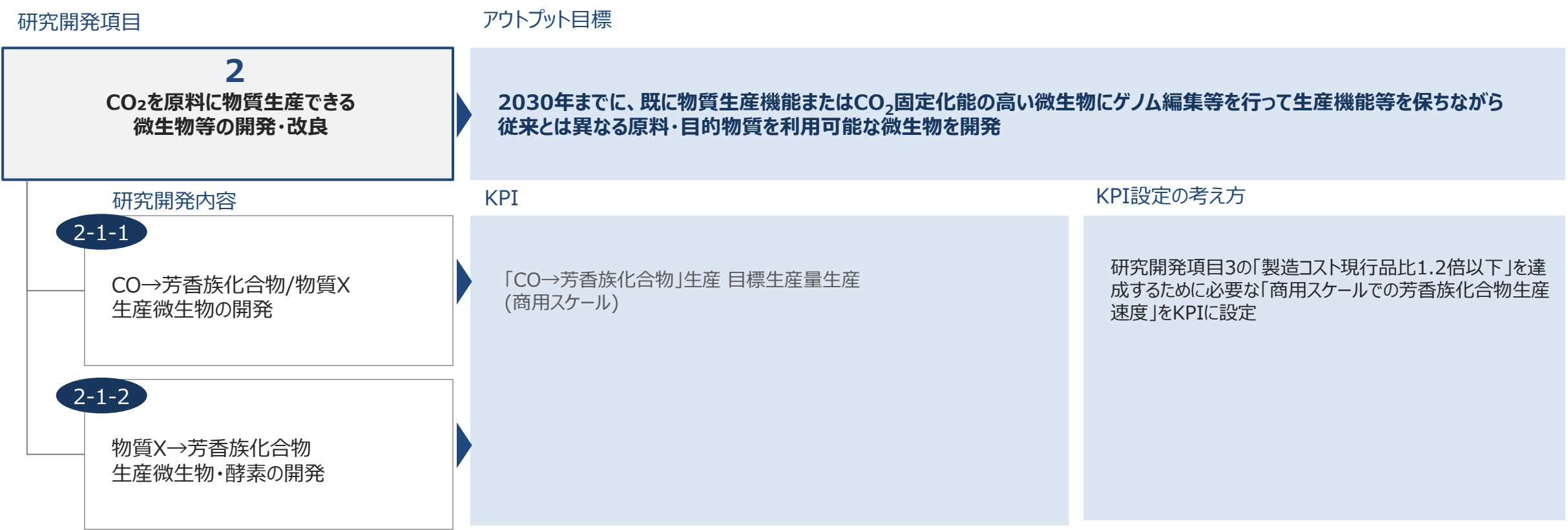
2. 研究開発計画／（0）全体概要

連携機関の保有する技術を結集・展開し、【CO→芳香族化合物 目標生産量】を実現する微生物、プロセスを開発

KPI 2-1		「CO→芳香族化合物」生産 目標生産量達成（商用スケール）	
		1段階生産において芳香族化合物毒性による生産性低下を考慮し、2段階生産によるCOから低毒性の物質Xを介した芳香族化合物生産の二方法を並行開発	
		1段階生産	2段階生産
		CO	CO
		CO資化菌	CO資化菌
		芳香族化合物	物質X
		微生物/酵素	微生物/酵素
		芳香族化合物	芳香族化合物
課題	芳香族化合物毒性	解決策	毒性耐性（耐性菌探索と高速変異技術による耐性付与）
		CO資化菌	
		<div><div><div>SEKISUI</div><div>筑波大学 University of Tsukuba</div><div>耐性菌探索</div><div>独自の一細胞分離培養デバイス・技術</div><div></div><div>探索効率×1000以上※</div><div>※従来の微生物探索法と比較</div></div><div>×</div><div><div>RITE</div><div>Research Institute of Innovative Technology for the Earth</div><div>高速変異技術で芳香族化合物への耐性向上</div><div>有用変異集積</div><div></div><div>高耐性株</div><div>独自のミューター 変異導入技術 → 変異誘発、解析、耐性向上</div><div>高速・高効率 耐性向上</div></div></div>	
		解決策	
		毒性回避（芳香族化合物耐性が高い微生物／酵素の活用）	
		微生物/酵素	
課題	低生産性	解決策	
		CO資化能に優れた芳香族化合物／物質Xの高生産株構築	
		CO資化菌	
		<div><div><div>SEKISUI</div><div>CO資化菌関連技術</div><div>有価物生産技術</div><div></div><div>CO資化菌</div><div>培養制御技術</div><div>組換え技術</div><div>CO資化菌物質高生産化</div></div><div>×</div><div><div>RITE</div><div>SEKISUI</div><div>筑波大学 University of Tsukuba</div><div>スマートセル技術で芳香族化合物／物質Xの高生産株構築</div><div></div><div>設計(Design)</div><div>構築(Build)</div><div>DBTLサイクル</div><div>学習(Learn)</div><div>試験(Test)</div><div>芳香族化合物高生産化</div></div></div>	
課題	低生産性	解決策	
		酵素高活性化・高収率化	
		微生物/酵素	
		<div><div><div>RITE</div><div>機械学習を活用した コリネ型細菌酵素の高速高機能化</div><div></div><div>変異導入</div><div>機械学習</div><div>FB</div><div>活性評価</div><div>短期間で酵素活性を向上</div></div><div>×</div><div><div>SEKISUI</div><div>広島大学</div><div>高収率な シンプル酵素触媒法構築</div><div>芳香族化合物前駆体</div><div></div><div>低温菌</div><div>低温菌酵素 熱失活</div><div>加熱</div><div>組換え酵素 活性</div><div>副産物なし</div><div>芳香族化合物</div><div>目的物収率 >98%</div></div></div>	

研究開発項目3のコスト1.2倍の達成に必要な芳香族化合物生産速度をもつ微生物を開発

研究開発項目2の研究開発目標



拠点間で成果を共有し研究開発推進、ステージゲートで生産株を選択し、KPIを達成

研究開発項目2の研究開発内容

2-1-1

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
CO→芳香族化合物/ 物質X生産微生物開発	<p>「CO→芳香族化合物」 生産目標生産量生産 (商用スケール)</p> <div><p>【対象反応】</p><p>CO</p><p>↓</p><p>CO資化菌</p><p>↓</p><p>芳香族化合物/ 物質X</p></div>	<p>【積水化学】 「CO→エタノール」 生産 1 kL/day (TRL 3)</p> <p>【RITE】 「糖→芳香族化 合物」生産 20 g/L/day (TRL 3)</p> <p>【筑波大】 「糖→芳香族化 合物」生産 2 g/L/day (TRL 3) 「糖→芳香族化 合物前駆体」生 産 20 g/L/day (TRL 3)</p>	<p>「CO→芳香族 化合物」 生産 目標生産量生 産 (商用スケール) (TRL 7)</p>	<p>■ 芳香族化合物毒性を考慮した芳香族化合物生産法(1段階、 2段階)を並行開発、ステージゲートまでに決定</p> <p>■ ステージゲートの生産速度を達成した「CO資化菌」「微生物/ 酵素」を選択し商用開発実施</p> <p>【積水化学】CO資化菌技術(組換え、培養制御)を共有し RITE・筑波大と連携し開発促進</p> <p>■ 培養評価</p> <ul style="list-style-type: none">方法：CO培養技術による高生産条件探索方法：代謝解析による育種課題抽出 <p>■ 微生物育種</p> <ul style="list-style-type: none">方法：高活性酵素探索・開発 <p>【RITE】世界トップレベルの芳香族化合物の高生産技術を用い 芳香族化合物高生産株を開発</p> <p>■ 微生物育種</p> <ul style="list-style-type: none">方法：遺伝子組換え法最適化で育種短期化方法：スマートセル開発技術で短期高生産化方法：高速高機能化技術で酵素高活性化方法：ミュータータ化法で芳香族化合物耐性化 <p>【筑波大】芳香族化合物の高生産技術を活かし、有用宿主探索と 独自育種技術で芳香族化合物高生産株開発</p> <p>■ 有用宿主探索</p> <ul style="list-style-type: none">方法：ハイスループットスクリーニング法で有用宿主獲得 (芳香族化合物耐性、CO高資化性など有用性質株) <p>■ 微生物育種</p> <ul style="list-style-type: none">方法：独自の育種開発サイクルで高生産化方法：高活性酵素探索・開発	<p>積水化学工業の CO→エタノール生産 等のCO資化菌技術</p> <p>RITEの様々な芳香 族化合物の世界トッ プレベルの高生産実 績</p> <p>筑波大の微生物探 索技術、芳香族化合 物の高生産実績</p> <p>以上の技術の連携で 実現可能性は高い (80%)</p>


拠点間で成果を共有し研究開発推進、ステージゲートで生産株を選択し、KPIを達成

研究開発項目2の研究開発内容

2-1-2	物質X→芳香族化合物 生産微生物・酵素開発	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
		<p>「CO→芳香族化合物」 生産 目標生産量生産 (商用スケール)</p> <div data-bbox="540 839 794 1153"><p>【対象反応】</p><p>物質X ↓ 微生物/酵素 ↓ 芳香族化合物</p></div>	<p>【RITE】 「糖→芳香族化合物」 20 g/L/day (TRL 3)</p> <p>【広島大】 「芳香族化合物前駆体→芳香族化合物」 17 g/L/day (TRL 3)</p>	<p>「CO→芳香族化合物」生産 目標生産量生産 (商用スケール) (TRL 7)</p>	<ul style="list-style-type: none">■ 二段階生産法の「微生物/酵素」反応は2種の方法を並行開発■ ステージゲートを達成した方法で商用開発実施 <div data-bbox="1370 489 2142 903"><p>【RITE】 芳香族化合物毒性耐性のコリネ型細菌を用いた RITEバイオプロセス</p><ul style="list-style-type: none">■ 代謝経路設計<ul style="list-style-type: none">・ 方法：人工代謝経路、変換酵素の設計による物質X→芳香族化合物の代謝経路設計■ 酵素活性・安定性向上<ul style="list-style-type: none">・ 方法：高速高機能化技術で活性向上・ 方法：ミューテータ化法で芳香族化合物耐性化<div data-bbox="1370 918 2142 1332"><p>【広島大】 芳香族化合物毒性の影響を受けない シンプル酵素触媒法</p><ul style="list-style-type: none">■ 酵素活性・安定性向上<ul style="list-style-type: none">・ 方法：分子進化による高活性化・ 方法：酵素固定化法開発による安定化■ 補酵素再生系構築<ul style="list-style-type: none">・ 方法：補酵素再生系酵素の共発現で低コスト化</div></div>	<p>2拠点で並行開発し成功確率向上</p> <p>広島大はポリマー素材となる各種化学品を100%近い高収率で生産実績あり</p> <p>RITEは糖から様々な芳香族化合物の世界トップレベルの生産実績あり</p> <p>以上より、実現可能性は高い(90%)</p>




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

研究開発内容	直近のマイルストーン	これまでの（前回からの）開発進捗	進捗度
<div>2-1-1</div> <div>2-1-1①</div> <div>CO→芳香族化合物/物質Xの生産微生物の育種・評価技術開発</div> <div>SEKISUI</div>	CO→ポリマー原料「〇〇 g/L」相当生産確認	<ul style="list-style-type: none">生産物・副生産物の分析条件設定完了ラボスケール培養環境整備完了、培養開始培地成分、細胞内メタボローム解析法の導入完了	進捗度：○ 計画通りに進捗
<div>2-1-1②</div> <div>CO→芳香族化合物/物質Xの生産微生物開発</div> <div>RITE Research Institute of Innovative Technologies for the Earth</div>		<ul style="list-style-type: none">CO資化菌を用いて遺伝子組換え系を構築、高発現プロモーターの獲得成功、遺伝子破壊に用いる薬剤セレクション系の構築成功	進捗度：◎ ・計画を前倒し達成
<div>2-1-1③</div> <div>CO資化菌探索に基づくCO→芳香族化合物/物質Xの生産微生物開発</div> <div> 筑波大学 University of Tsukuba</div>		<ul style="list-style-type: none">COガス発酵の研究環境整備完了環境試料を分離源としたCO資化能をもつ新規菌株の探索を継続し、多数のCO資化菌を分離得られた新規菌株の形質転換の可否検証中	進捗度：○ 計画通りに進捗

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

研究開発内容	直近のマイルストーン	これまでの（前回からの）開発進捗	進捗度
<div>2-1-2</div> <div>2-1-2①</div> <div>物質X→芳香族化合物変換微生物の開発</div> <div> Research Institute of Innovative Technology for the Earth</div>	CO→ポリマー原料「〇〇 g/L」相当生産確認	<ul style="list-style-type: none">・遺伝子組換えによってポリマー原料生産基本株を構築に成功・ポリマー原料の生成ステップの鍵となる酵素の高活性な新規酵素遺伝子を獲得	進捗度：◎ 計画を前倒し達成
<div>2-1-2②</div> <div>物質X→芳香族化合物変換酵素の開発</div> <div> 広島大学</div>		<ul style="list-style-type: none">・目的芳香族化合物を生成する酵素を発現するシンプル酵素触媒を構築、マイルストーンを超える生産量を確認	進捗度：◎ 計画を前倒し達成
<div>2-1-2③</div> <div>物質X→芳香族化合物変換微生物・酵素の開発</div> <div></div>	酵素活性向上	<ul style="list-style-type: none">・酵素活性の向上確認	進捗度：○ 計画通りに進捗

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（今後の取組）

個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

研究開発内容	直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
<div>2-1-1 2-1-1①</div> <div>CO→芳香族化合物/物質Xの生産微生物の育種・評価技術開発</div> <div>SEKISUI</div>	CO→ポリマー原料「○○ g/L」相当生産確認	<ul style="list-style-type: none">CO資化菌の育種による生産性向上	<ul style="list-style-type: none">ランダム変異導入条件を構築完了、変異株の作製により獲得予定
<div>2-1-1 2-1-1②</div> <div>CO→芳香族化合物/物質Xの生産微生物開発</div> <div>RITE</div>		<ul style="list-style-type: none">CO資化菌の育種による生産性向上	<ul style="list-style-type: none">遺伝子組換え技術は構築完了、遺伝子組換えにより改良株を構築
<div>2-1-1 2-1-1③</div> <div>CO資化菌探索に基づくCO→芳香族化合物/物質Xの生産微生物開発</div> <div>筑波大学</div>		<ul style="list-style-type: none">環境試料から更に多くのCO資化菌を分離分離したCO資化菌の性能の評価	<ul style="list-style-type: none">CO資化菌の分離と性能評価の手法は確立、探索を継続し候補株を増やす

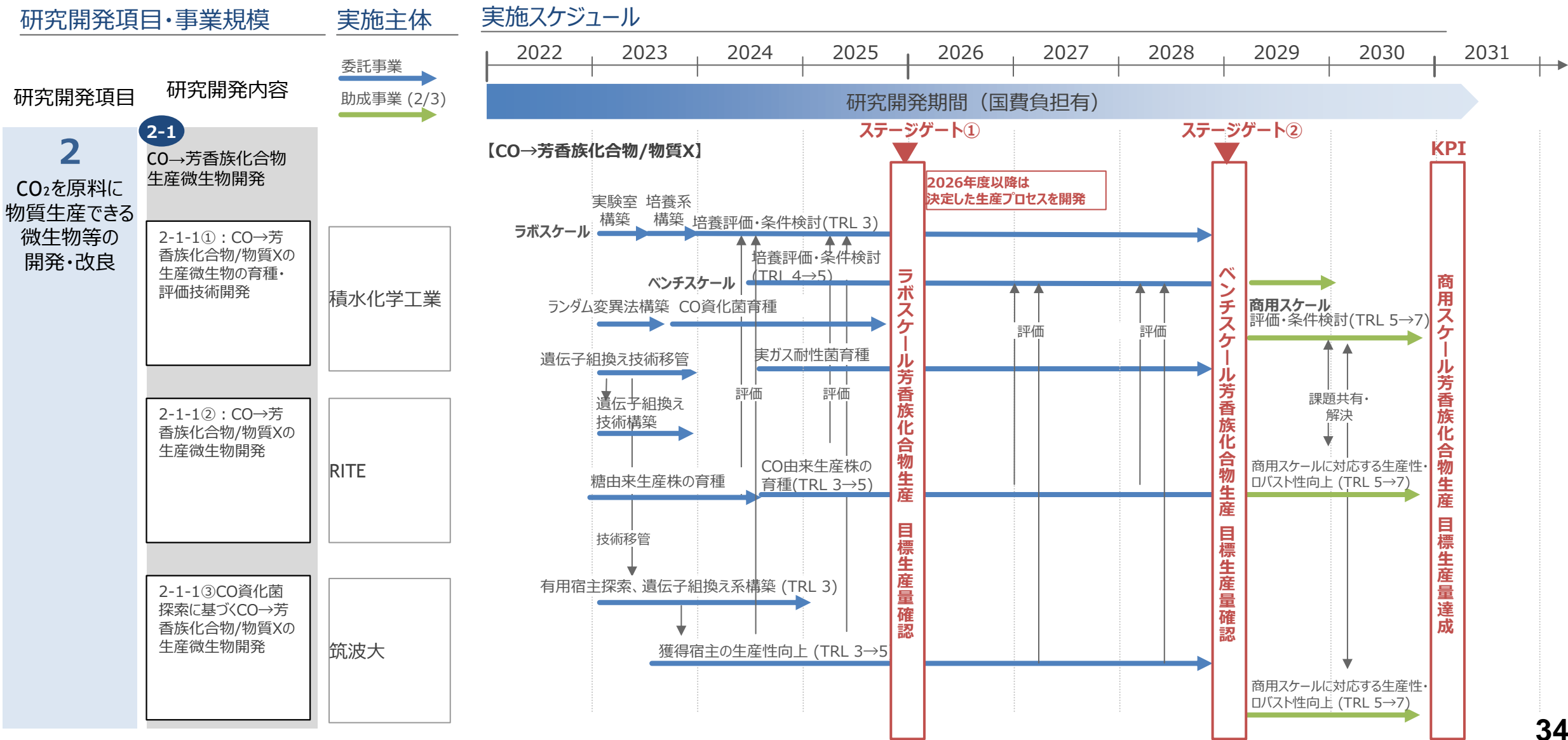
2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（今後の取組）

個別の研究開発における技術課題と解決の見通し



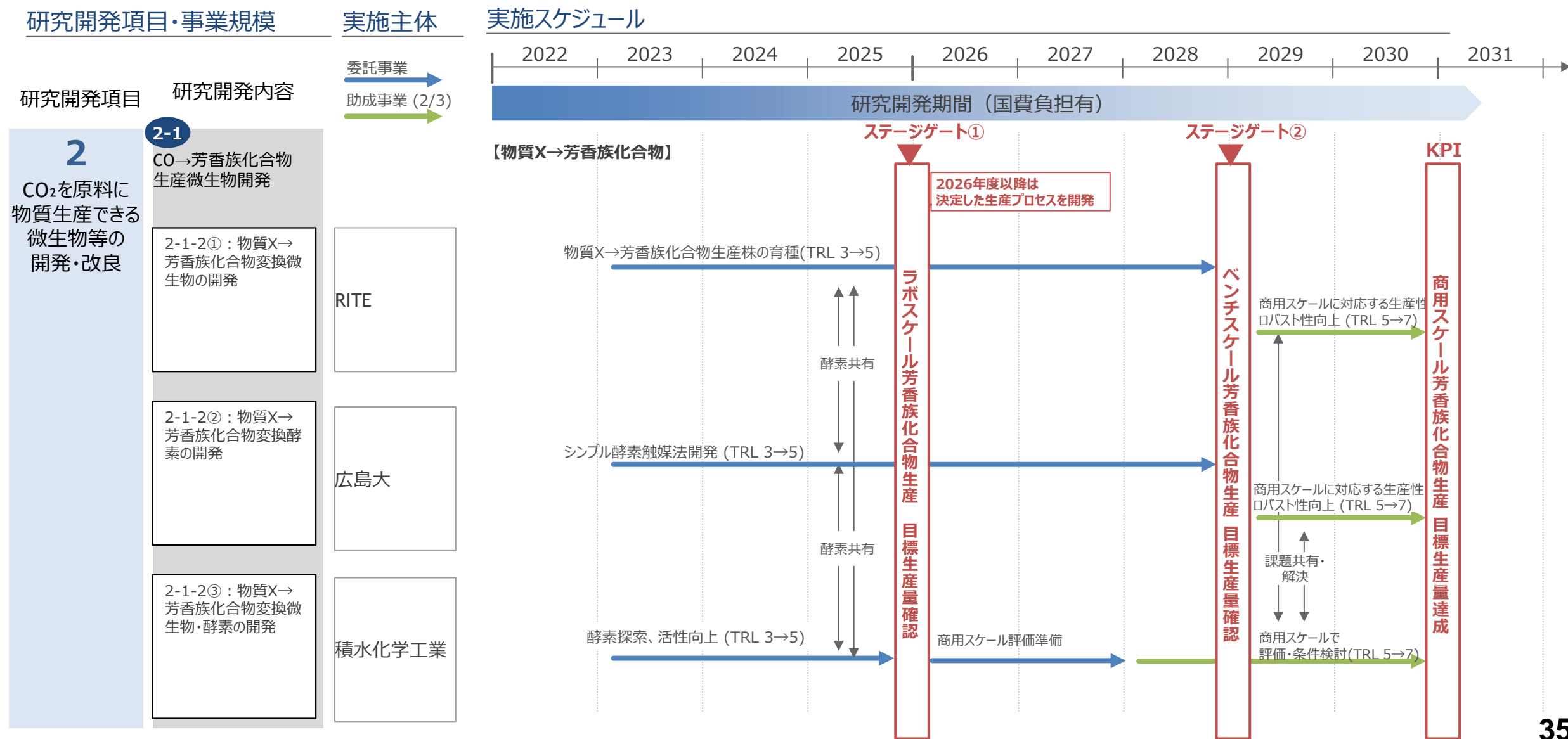
2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

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



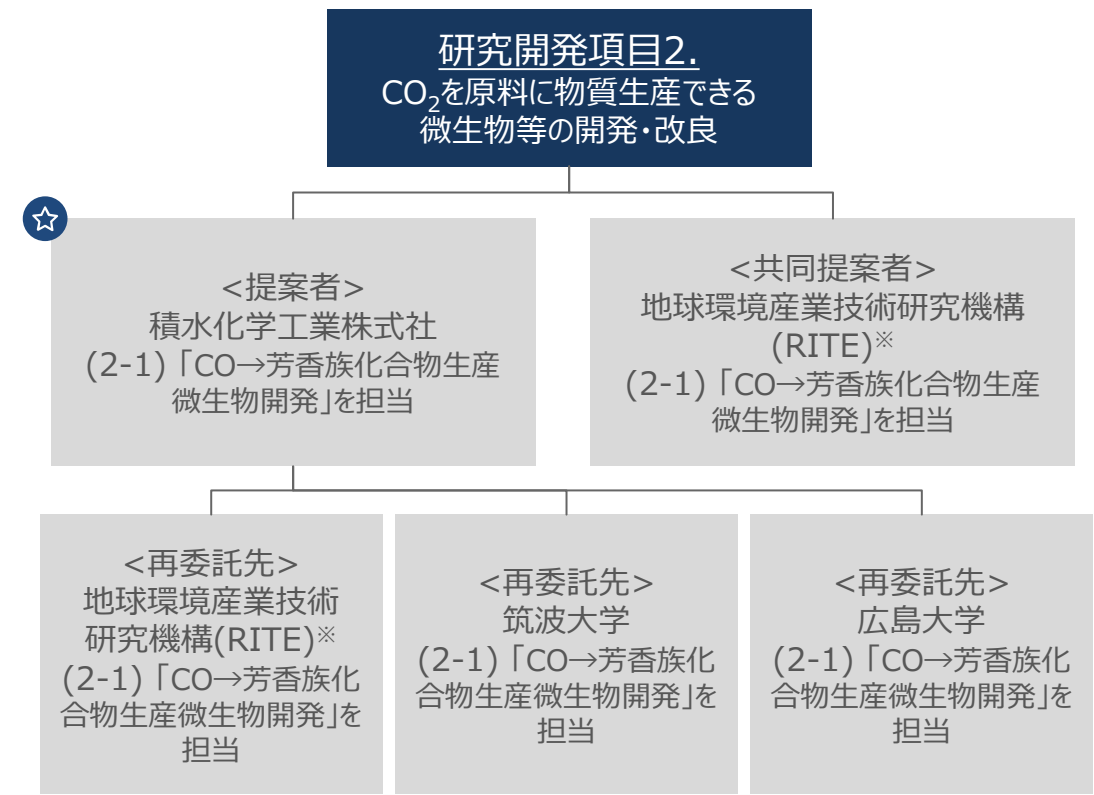
2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

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



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



☆ 幹事会社

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、積水化学が行う。
- 積水化学は、宿主探索・酵素開発・培養評価を担当する。
- 地球環境産業技術研究機構 (RITE) は、育種・酵素開発・培養評価を担当する。
※当初は共同提案者として、ステージゲート後(2027年度以降)は積水化学の再委託先とする。
- 筑波大学は、宿主探索・育種・酵素開発・培養評価を担当する。
- 広島大学は、酵素変換プロセス・酵素開発を担当する。

研究開発における連携方法（共同提案者間の連携）

- 積水化学は、RITEと筑波大学が開発した微生物の培養評価を実施する。
- 積水化学と筑波大学は、連携して宿主探索を実施する。
- RITEと筑波大学は、微生物育種の成果を共有し連携して開発する。
- 各機関は定例打合せ（四半期毎以上の頻度）を実施し、進捗を共有・管理する。
- 知的財産権およびデータ取り扱いに関する合意書を各機関間で別途締結する。
- 積水化学と筑波大学は、開発促進のため筑波大学に集中研を設置する可能性がある。

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

- 研究開発項目1の採択機関 (NITE) と連携し微生物開発を加速する可能性がある。

中小・ベンチャー企業の参画

- 酵素改変を、当該技術を有するベンチャー企業に外注し、開発を加速する。

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	実施主体	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 を原料に物質生産できる微生物等の開発・改良	2-1 CO→芳香族化合物生産微生物開発	積水化学	<ul style="list-style-type: none">CO資化菌を用いたCO→エタノール生産のプラント技術 (基本特許：特許第6689729号他登録：35件、出願中：66件)CO資化菌を用いたCO→イソプレン生産技術 (特許6546674号、特許6355562号、特許6375227号、他15件)CO資化菌の連続培養ノウハウ・人材環境中からの新規酵素取得ノウハウ・人材	<p>優位性：ゴミガスからCO資化菌を用いた物質生産の例は世界的にない実証プラント開発実績がある積水は世界トップレベル</p> <ul style="list-style-type: none">CO→エタノール生産1kL/dayの実証プラントCO→イソプレン生産実績ラボ(0.005～2L),パイロット(エタノール生産20kL/y),実証プラント(エタノール生産 1kL/day)の大量培養スケールアップの実績CO資化菌研究10年以上の技術蓄積未知の新規酵素取得の実績を持つ技術力 <p>リスク：CO利用のベンチャー、他企業の追随</p>
		RITE	<ul style="list-style-type: none">スマートセル開発技術 (Metab.Eng.65:232(2021),特許第6685388号(2020), US11,359,217(2022))人工代謝経路の設計技術 (同上, 特許第6685388号 (2020) US11,359,217 (2022))芳香族化合物生産技術 (Appl.Environ.Microbiol. 84:e02587-17(2018), Metab.Eng. 65:232 (2021),特許第6327653号 (2018), 特許第6327654号(2018),特許第6685388号 (2020))ハイスループット酵素探索・酵素の高機能化技術RITEバイオプロセスによる物質生産技術と実績 (Biotechnol.Bioeng.110:2938(2013), Metab. Eng. 38:204 (2016), 特許第5698655号(2015), 特許第6302073号(2018))微生物の耐性向上技(Appl.Environ.Microbiol.81:2284(2015),)遺伝子組換え技術と実績(J.Microbiol.Methods.146:13(2018), Microbiology 156:3609(2010), Appl.Microbiol. Biotechnol. 81:1107(2009))大量培養技術(90 L, 500 L), 事業化大量培養実績(380 kL)	<p>優位性：世界トップレベルの芳香族化合物等の高生産技術と実績</p> <ul style="list-style-type: none">高効率生産株の作製と高生産の実績（有機酸、アミノ酸、アルコール類、芳香族化合物等）事業化の実績：バリリン、アラニン（ノウハウと人材）パイロットテスト：フェノール、4-ヒドロキシ安息香酸、プロトカテク酸、シキミ酸（ノウハウと人材）酵素の高機能化実績（ノウハウと人材）嫌気性細菌（クロストリジウム菌）の遺伝子組換え技術ミューテーター変異導入法による耐性化実績（ノウハウと人材） <p>リスク：海外ベンチャーによる技術模倣</p>

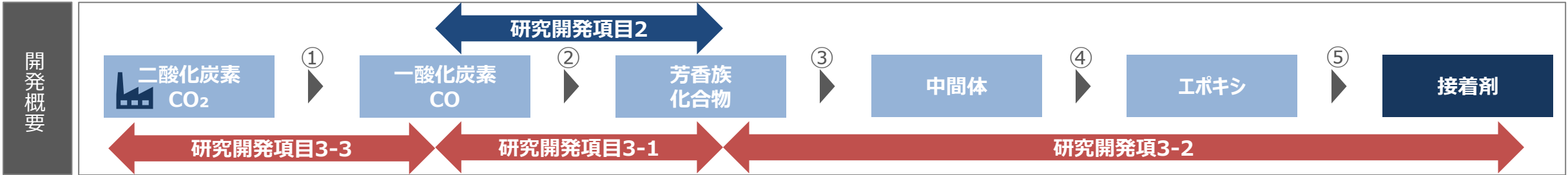
国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

研究開発項目	研究開発内容	実施主体	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 を原料に物質生産できる微生物等の開発・改良	2-1 CO →芳香族化合物生産微生物開発	筑波大学	<ul style="list-style-type: none">ハイスループット菌探索、代謝分析、芳香族化合物生産プラットフォーム技術、酵素探索、改良技術 (特許第6570514号(2019), WO2019168203A1/US11352652B2(2019), 特許第6796927号(2020), 特開2021-180166, 特願2022-159637, Sci. Rep. 6, 25764 (2016), Front. Bioeng. Biotechnol. 10, 843843(2022) 他)0.3～30 kLの大量プロセス構築技術・ノウハウ (Process Biochem. (2019), Adv. Sustainable Syst. (2020), Biosci. Biotechnol. Biochem. (2022), Appl. Microbiol. Biotechnol. (2018), Macromolecules (2016)他) 国プロ：S I Pスマートバイオ産業・農業基盤技術事業(2019-2023), JST・CREST事業(2013-2017), JST・ALCA事業(2010-2017), NEDO・バイオマスエネルギー先導技術研究開発事業(2009-2011)	<p>優位性：新規生産株の開発実績多数 芳香族化合物生産20年以上の実績</p> <ul style="list-style-type: none">微生物用の最先端機器既設（5億円相当）筑波大・微生物サステナビリティ研究センターの専門家集団による支援微生物の開発から大量培養までの一貫型開発大型プロジェクト研究の参画実績多数独自の事業化母体の設立準備中 <p>リスク：強力な欧米バイオベンチャーの出現と追従</p>
		広島大学	<ul style="list-style-type: none">シンプル酵素触媒法、酵素遺伝子最適化、遺伝子導入法 (AMB Express, 3(1), 69, 2013; JBB, 125(2), 180-184, 2018)固定化酵素技術、熱処理条件の最適化技術 (IJMB, 42(10), 1319-1324, 2015)ポリマー素材の生成系への適用、酵素の繰り返し、連続使用技術、酵素反応条件の最適化、生成物精製 (J. Biotechnol., 312, 56-62, 2020; J. Biotechnol., 323, 293-301, 2020; BBB, 85(3), 728-738, 2021; JBB, 132(5), 445-450, 2021; 特願2018-124796低温菌を用いたイタコン酸の製造方法)	<p>優位性：従来の酵素技術と比較し低コストな酵素反応技術 簡易酵素抽出、生物毒性の回避、補酵素再生経路との連携、多様な中温性酵素群から選抜し変換系を設計 中温に近い低温で培養可能、酵素発現システム確立、変換酵素の耐熱性による調製法確立 シンプル酵素触媒の固定化手法確立、固定化触媒による連続反応が可能、高速・高収率変換</p> <p>リスク：膜結合型酵素の発現、熱処理による酵素活性への影響 細胞凝集による細胞取扱や変換反応への影響 酵素反応の持続性、芳香族化合物の難水溶性</p>

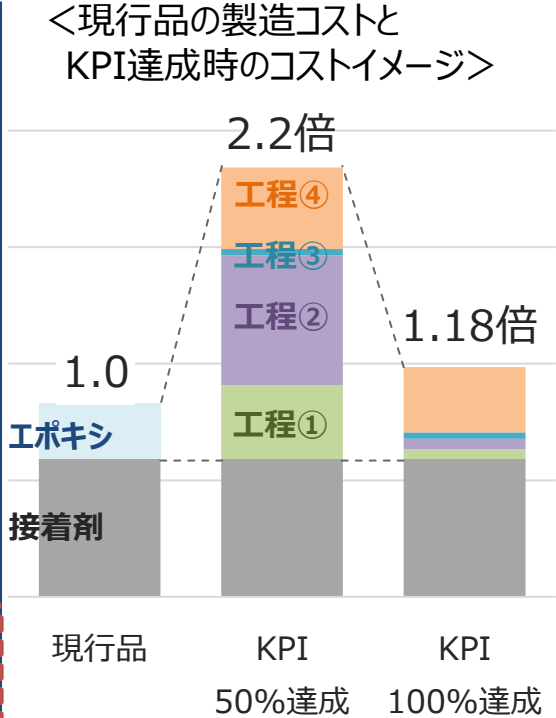
研究開発項目3

2. 研究開発計画／（0）全体概要

「接着剤の製造コスト現行品比1.2倍以下」を実現するための、研究開発項目2および3の主要KPI
目標生産量とコストネックとなるキーププロセスを解決することにより、コスト1.2倍以下を達成



工程	① CO ₂ → CO	② CO → 芳香族化合物	③ 芳香族化合物 → 中間体	④ 中間体 → エポキシ	⑤ エポキシ → 接着剤
コストネック要素	水素コスト	高生産株開発 培養液量	中間体回収率 溶媒使用量	CO ₂ 由来品では 製造実績なし	CO ₂ 由来品では 製造実績なし
解決策	水素廃棄量のミニマイズ	生産速度向上 連続生産化 回収・精製収率向上	反応・精製工程最適化 溶媒の未使用・少量化	-	-
KPI	研究開発 項目3	研究開発 項目2	研究開発 項目2	研究開発 項目2	研究開発 項目2
	水素廃棄量30%未満 (投入に対して)	目標生産量以上 回収率85%以上	回収率85%以上 溶媒使用量50%以下	目標生産量	現行石化由来製品と 同等以上の接着性能



研究開発項目2で開発した微生物を用いて、コスト1.2倍を達成する芳香族化合物生産プロセスを開発

KPI
3-1

「CO→芳香族化合物」生産 目標生産量達成（商用スケール）
芳香族化合物回収率 85%

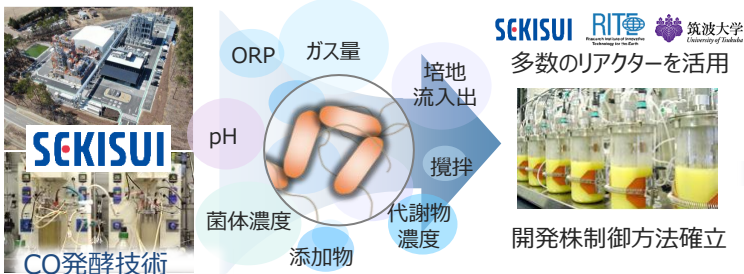
課題

連続培養の不安定性

解決策

培養制御ノウハウの再構築と不安定化要因の除去システムの構築（積水化学・RITE・筑波大）

（1）培養制御技術の最適化【積水化学・RITE・筑波大】



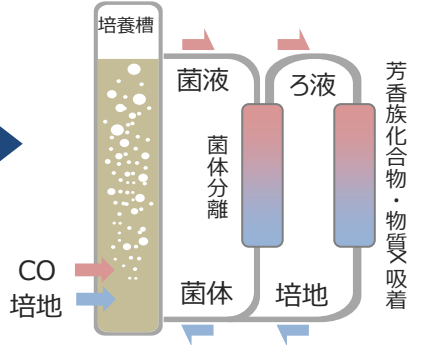
ORP ガス量
pH
菌体濃度
代謝物濃度
添加物

SEKISUI RITE 筑波大学
多数のリアクターを活用
開発株制御方法確立

CO発酵技術

積水化学のCO固定菌培養制御技術を
開発株に最適化

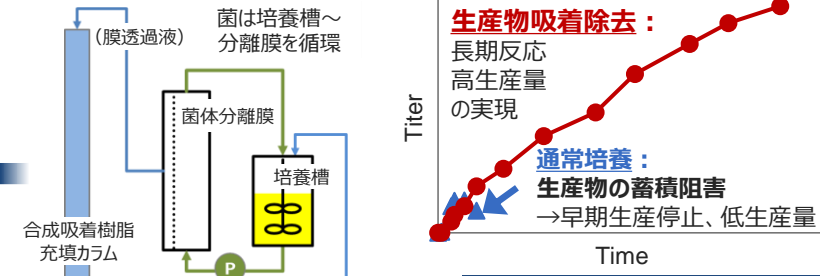
連続生産プロセスの長期安定化



培養槽
菌液
ろ液
菌体分離
菌体
培養地
CO
培養地

芳香族化合物・物質も吸着

（2）生産物の除去による培養安定化【積水化学・RITE】



（膜透過液）
菌は培養槽～
分離膜を循環

菌体分離膜
培養槽
P

合成吸着樹脂
充填カラム

樹脂吸着を用いた連続生産システム模式図

生産物吸着除去：
長期反応
高生産量
の実現

通常培養：
生産物の蓄積阻害
→早期生産停止、低生産量

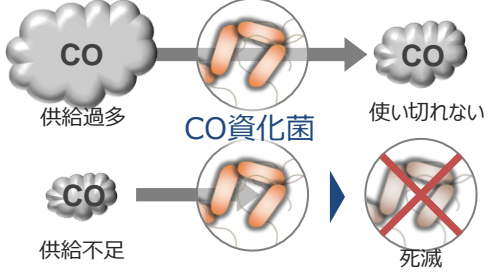
Titer
Time

不安定要因除去による
連続培養の安定化

解決策

多段階培養スケールアップ（積水化学・RITE・筑波大）

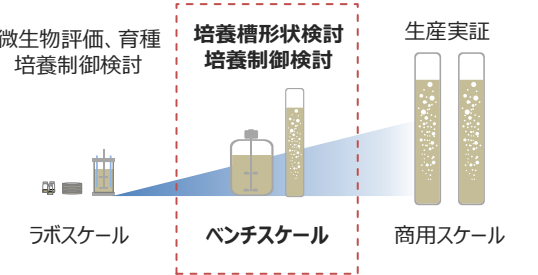
CO固定菌培養の特殊性



CO
供給過多
CO
供給不足
CO固定菌
死滅

CO培養 → ガスの滞留制御が重要
≒スケールやリアクター形状の影響大

ベンチスケールでスケールや形状の影響を可視化



微生物評価、育種
培養制御検討

培養槽形状検討
培養制御検討

生産実証

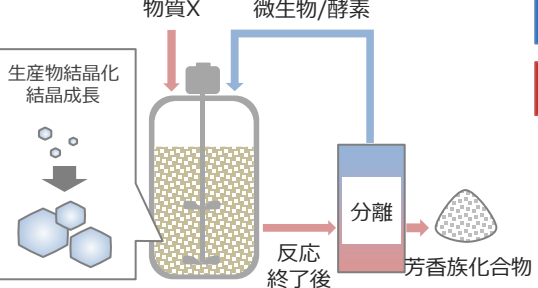
ラボスケール
ベンチスケール
商用スケール

スケールアップを多段階化
短期間で確実なスケールアップ可能

解決策

分離回収法の効率化（積水化学・RITE・広島大）

晶析発酵を利用して精製工程を効率化



晶析発酵…生産物を析出させながら反応

物質X
微生物/酵素

生産物結晶化
結晶成長

反応終了後
分離
芳香族化合物

プロセス削減・効率化

通常 通常の培養 菌体分離 上清濃縮 晶析 再結晶

晶析 晶析発酵 結晶成長 結晶分離 削減 再結晶

結晶サイズ 大 少
不純物 多 少

分離工程 易 小
精製工程 易 小

精製の工程数減で回収率向上

スケールアップ

精製による回収率の悪化

41

2. 研究開発計画／（0）全体概要

- 研究開発項目3-1で生産した芳香族化合物を用いて、コスト1.2倍を達成するエポキシ接着剤製造プロセスを開発
- 研究開発項目3-1に供給可能なCO製造プロセスの開発およびトータルプロセスの環境性能及び経済性を評価

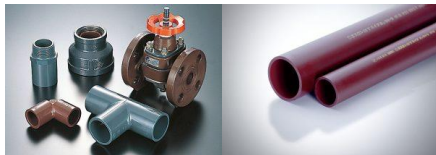
KPI
3-2

エポキシ接着剤生産 目標生産量達成

- 1 中間体 目標生産量生産・回収率 85%以上
- 2 エポキシ 目標生産量生産
- 3 現行石化由来製品と同等以上の接着性能

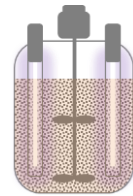
解決策 反応効率の向上による不純物低減

(1) 固液分散光照射反応のCPVCプロセス条件を展開

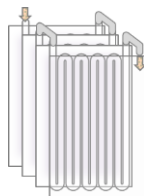


積水化学工業で事業化している塩素化塩ビ（CPVC）

(2) リアクター形状を最適化 反応効率・回収率向上



A. 光反応リアクター



B. 光反応フローリアクターイメージ

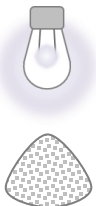
リアクター形状のメリット比較イメージ

	A	B
反応効率	△	○
スケールアップ	△	○
省エネルギー	△	○
設備費	○	△
開発要素	○	△

未反応物質による回収率の低下要因を除去

解決策 溶媒使用量低減プロセスの開発

溶媒不使用



水分散系
&
固体照射
検討

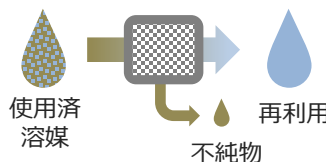
溶媒使用量低減

反応時溶液の
高濃度化



溶媒リサイクル

反応後の不純物評価
除去工程検討



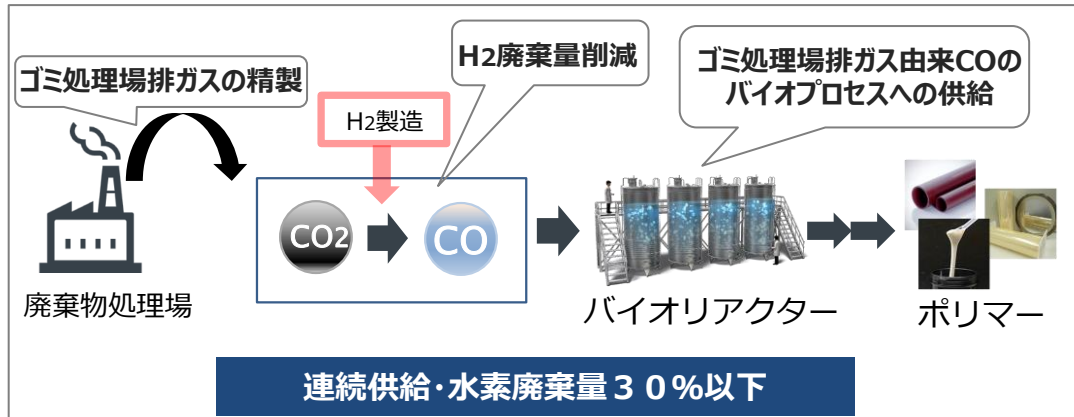
溶媒使用量を50%以下※に低減

※現行ラボプロセス対比

KPI
3-3

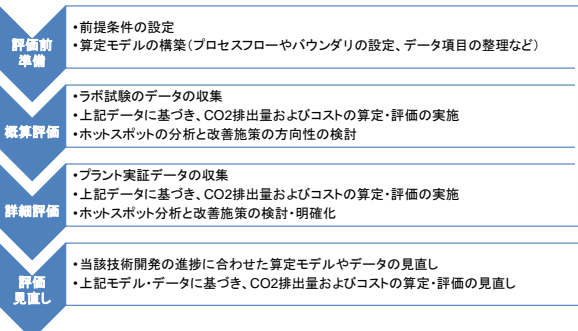
CO₂→CO：連続運転・目標供給量達成・投入水量量に対して廃棄量30%以下
経済性評価：接着剤1kg当たり製造コストを算定し代替候補製品の1.2倍以下
環境性能評価：CO₂削減効果を算定しCO₂排出量が代替候補製品の0.8倍以下

解決策 微生物の要求仕様充足及び水素廃棄量削減プロセス開発

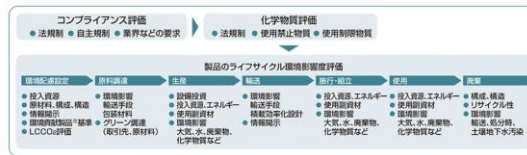


連続供給・水素廃棄量30%以下

解決策 ラボ開発、プラント実証と連携しデータ収集・モデル構築



環境影響度評価部署との連携



https://www.sekisui.co.jp/sustainability_report/eco/initiatives/others/env_risk/

評価手法の議論を通じた知見の活用

https://www.sekisui.co.jp/news/2023/1385755_40075.html

環境性能評価および経済性評価方法確立

接着剤の製造コスト現行品比1.2倍以下の実現を達成するために必要な複数のKPIを設定



接着剤の製造コスト現行品比1.2倍以下の実現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 を原料とした エポキシ接着剤の製造実証	2030年までに、微生物等を用いてCO ₂ を原料として生産した接着剤の製造コストが、 2030年時点の代替候補製品の1.2倍以下 となる技術を開発する		
研究開発内容	KPI	KPI設定の考え方	
3-2 エポキシ接着剤の生産方法の開発	エポキシ接着剤 目標生産量生産	■ コスト1.2倍以下を達成に必要な年間生産量から換算	
3-2-1 光反応法開発	・中間体目標生産量生産 ・回収率 85%以上	■ 回収率を考慮し、エポキシ目標生産量生産に必要な中間体生産量から設定 ■ コストを満たす回収率として85%を設定	
3-2-2 エポキシ合成法開発	エポキシ目標生産量生産	■ コスト1.2倍以下を達成に必要な年間生産量から換算	
3-2-3 接着剤開発	現行石化由来製品と同等の接着性能	■ 現行品をCO ₂ を原料とした原材料で置き換えるため、同程度の接着性能が必要	

接着剤の製造コスト現行品比1.2倍以下の実現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	
<div>3</div> <div>CO₂を原料としたエポキシ接着剤の製造実証</div>	<div>2030年までに、微生物等を用いてCO₂を原料として生産した接着剤の製造コストが、2030年時点の代替候補製品の1.2倍以下 となる技術を開発する</div>	
研究開発内容	KPI	KPI設定の考え方
<div>3-3</div> <div>その他</div>	—	—
<div>3-3-1</div> <div>ストーカ炉とバイオプロセスとを接続するための前処理プロセスの開発</div>	<div>・バイオプロセスへCOガス供給</div> <div>・目標供給量達成（商用運転）</div> <div>・投入水素量に対して廃棄量30%以下</div>	<div>■ 製造コスト1.2倍以下の達成に必要な接着剤年間生産量から必要CO供給量を換算</div> <div>■ 製造コスト1.2倍以下の達成にはコストインパクトが大きいと想定される水素を、投入量に対して廃棄量30%以下とすることが必要と想定</div>
<div>3-3-2</div> <div>環境性能および経済性評価</div>	<div>・接着剤1 kg当たり製造コストを算定し代替候補製品の1.2倍以下達成</div> <div>・CO₂削減効果を算定しCO₂排出量が代替候補製品の0.8倍以下達成</div>	<div>■ バイオエポキシ接着剤の製造コストを算定し現行品と同程度の製造コストであることを検証する</div> <div>■ 新規バイオプロセスのCO₂排出量算定モデルを構築し、環境影響評価も実施することで、現行品よりCO₂削減効果を有することを検証する</div>

積水化学のCO資化菌培養制御技術、RITEと筑波大学の芳香族化合物生産プロセス技術を融合し、実現

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
3-1-1 CO→芳香族化合物/ 物質Xの生産プロセス開発	「CO→芳香族化合物」生産 目標生産量 達成	【積水化学】 「CO→エタノール」 生産 1 kL/day (TRL 3)	「CO→芳香族化合物」生産 目標生産量 達成(商用スケール) (TRL 7)	■ 連続生産プロセス <ul style="list-style-type: none">方法：菌体リサイクルと生産物吸着を融合した安定連続生産プロセス開発方法：多段階スケールアップによる確実なスケールアップ開発	積水化学のCO→エタノール実証プラント実績、RITE・筑波大の500 L規模の生産のスケールアップ実績、各機関の連続生産プロセスの開発実績があり、可能性は高い(80%)
3-1-2 物質X→芳香族化合物 の生産プロセス開発		【RITE】 【筑波大】 芳香族化合物生産 500 L以上 (TRL 3)			
3-1-3 分離・精製プロセス開発	芳香族化合物回収率 85%	試薬芳香族化合物 回収率 90% (TRL 2)	芳香族化合物 回収率 85% (TRL 7)	■ 晶析発酵、溶媒抽出、樹脂吸着などの様々な手法による精製経験やノウハウの応用	様々な精製プロセス開発の実績があり可能性は高い(90%)

積水化学の光反応技術および接着剤開発ノウハウを応用し、CO₂由来接着剤を開発

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
3-2-1 光反応法開発	中間体 目標生産量生産 回収率 85%以上	中間体収量 17.2 g/L/day 回収率86% ラボスケール (~1L) (TRL 2)	中間体 目標生産量生産 回収率85%以上 (TRL 7)	<div>■ 光反応の反応効率、速度の向上<ul style="list-style-type: none">反応溶媒、光量、攪拌等の最適化反応リアクターの検討（形状、LED等）想定不純物による反応への影響評価</div> <div>■ 商用スケールへのスケールアップおよび運用<ul style="list-style-type: none">商用スケールで反応可能なリアクターの設計微生物生産芳香族化合物を用いた光反応</div>	光反応の知見および 関連事業化実績が多く 実現可能性は高い (85%)
3-2-2 エポキシ合成法開発	エポキシ 目標生産量生産	エポキシ回収率 90% ラボスケール (~1L) (TRL 3)	エポキシ 目標生産量生産 (TRL 7)	<div>■ 既存事業の連携会社と協力し、スケールアップを考慮した反応、 精製プロセスを構築</div>	一般的な化学品反応、 精製工程のため、条 件最適化およびスケ ールアップは実現可能 性は高い (95%)
3-2-3 接着剤開発	現行石化由来製品 と同等の接着性能	芳香族化合物 (試薬)を用い た接着剤試作済 (現行品比) (TRL 3)	現行石化由来 製品と同等の接 着性能 (TRL 7)	<div>■ 配合および反応条件の最適化による接着剤物性最適化</div>	当社において多数の 接着剤製品上市済 み。配合や反応条件 の知見も豊富なため、 実現可能性は高い (95%)


環境省プロ、NEDOプロでの開発知見により実現可能性は高い

研究開発内容

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
3-3-1 ストーカ炉とバイオプロセスとを接続するための前処理プロセスの開発	連続してバイオプロセスへCOガス供給 目標供給量達成 (商用運転) 投入水素量に対して 廃棄量30%以下	「CO ₂ からCO製造」部のみで水素転化率 <70%, 24h連続実証済だが、 後段バイオプロセスの要求仕様への調整、全プロセスの水素廃棄量削減検討は未実施 (TRL2)	後段要求を満たすガスの連続供給 目標供給量達成 投入水素量に対して廃棄量 30%以下 (TRL 7)	■ 本事業で使用する微生物に特有の廃棄物由来ガスの前処理プロセス開発 <ul style="list-style-type: none">不純物種類・濃度の制御プロセス開発CO/H₂組成比の制御プロセス開発実排ガスを原料としたCO製造プラント建設・運転3-3-2の評価結果を反映したプロセス開発水素廃棄量を最少化するプロセス条件探索	これまでの開発・実証実績の知見により 実現可能性高い (90%)
3-3-2 環境性能および経済性評価	接着剤1 kg当たり製造コストを算定し代替候補製品の1.2倍以下達成 CO ₂ 削減効果を算定しCO ₂ 排出量が代替候補製品の0.8倍以下達成	(TRL1)	コスト:代替候補製品の1.2倍以下 CO ₂ 排出量:代替候補製品の0.8倍以下	■ 各プロセス毎および全体の経済性評価, LCA評価 <ul style="list-style-type: none">前提条件の設定、算定モデルの構築各プロセス毎の経済性評価, LCA評価の実施実機データでの全体の経済性評価、LCA評価の実施評価結果に基づく、さらなるコスト削減およびCO₂排出量削減の手段の検討	これまでの開発・実証・連携実績の知見により実現可能性が高い (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

研究開発内容	直近のマイルストーン	これまでの（前回からの）開発進捗	進捗度
<div>3-1-1</div> <div>3-1-1①</div> <div>CO→芳香族化合物 /物質X の生産プロ セスの開発</div> <div>SEKISUI</div>	ラボスケールでCO資 化菌を連続培養	<ul style="list-style-type: none">・ラボスケールの培養設備導入完了・連続培養に成功・ガス培養の条件最適化実施中	進捗度：○ ・計画通りに進捗
<div>3-1-1②</div> <div>CO→芳香族化合物 /物質X の生産プロ セスの開発</div> <div>RITE <small>Research Institute of Innovative Technology for the Earth</small></div>		<ul style="list-style-type: none">・CO資化菌を用いて糖原料から物質X生産に成功・CO資化菌の物質Xに対する耐性評価完了	進捗度：◎ ・計画を前倒し達成
<div>3-1-1③</div> <div>CO 資化菌探索に 基づくCO→芳香族 化合物/物質X の生 産プロセスの開発</div> <div> 筑波大学 <small>University of Tsukuba</small></div>	CO培養実験構築	<ul style="list-style-type: none">・COガス発酵の研究環境整備完了・独自の分離株の多検体長期培養系を構築	進捗度：○ ・計画通りに進捗




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

研究開発内容	直近のマイルストーン	これまでの（前回からの）開発進捗	進捗度
<div>3-1-2 3-1-2①</div> <div>物質X→芳香族化合物の微生物変換プロセスの開発</div> <div> RITE Research Institute of Innovative Technology for the Earth</div>	ラボスケールで目的芳香族化合物生産確認	<ul style="list-style-type: none">物質Xから目的芳香族化合物の生産に成功目的芳香族化合物に対する耐性を評価し、コリネ型細菌が他の微生物より耐性が優位であることを確認	進捗度：◎ ・計画を前倒し達成
<div>3-1-2②</div> <div>物質X→芳香族化合物の酵素変換プロセスの開発</div> <div> 広島大学</div>		<ul style="list-style-type: none">酵素触媒の宿主微生物の培養検討し、増殖の向上と培養時間の短縮する培養条件を確認	進捗度：○ ・計画通りに進捗
<div>3-1-2③</div> <div>物質X→芳香族化合物の微生物・酵素変換プロセスの開発</div> <div> SEKISUI</div>	ラボの結果からコスト試算完了	<ul style="list-style-type: none">RITE、広島大学と連携しプロセスフローを作成物質収支、エネルギー収支量を見積各工程ごとのコスト計算を実施し、理論値ベースのコスト試算完了コスト高になっている項目を明確化	進捗度：○ ・計画通りに進捗

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

研究開発内容	直近のマイルストーン	これまでの（前回からの）開発進捗	進捗度
<div>3-1-3 3-1-3①</div> <div>芳香族化合物/物質Xの精製プロセスの開発</div> <div> RITE Research Institute of Innovative Technology for the Earth</div>	ポリマー原料回収率〇〇%	<div>・試薬の目的芳香族化合物の吸着精製検討し、マイルストーンの〇〇%以上の回収率達成</div>	進捗度：◎ ・計画を前倒し達成
<div>3-1-3②</div> <div>物質X→芳香族化合物の酵素変換における精製プロセスの開発</div> <div> 広島大学</div>		<div>・目的芳香族化合物の精製時の有機溶剤検討し、適した溶剤を確認</div>	進捗度：○ ・計画通りに進捗
<div>3-1-3③</div> <div>精製プロセスの商用スケール開発</div> <div> SEKISUI</div>		<div>・目的芳香族化合物の濃縮膜の選定完了</div>	進捗度：○ ・計画通りに進捗

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

研究開発内容	直近のマイルストーン	これまでの（前回からの）開発進捗	進捗度
<div>3-2-1</div> <div>3-2-1 光反応法開発</div> <div>SEKISUI</div>	中間体 ○g/バッチ	・光反応時の波長、溶媒評価実施	進捗度：○ 計画通りに進捗
<div>3-2-2</div> <div>3-2-2 エポキシ合成法開発</div> <div>SEKISUI</div>	エポキシ ○g/バッチ	・エポキシ○g/バッチの合成達成	進捗度：○ 計画通りに進捗
<div>3-2-3</div> <div>3-2-3 接着剤 開発</div> <div>SEKISUI</div>	性能±○○%	・試薬から合成したエポキシで接着剤試作 現行品の接着剤と比較し、マイルストーン目標の性能○○%を達成	進捗度：○ 計画通りに進捗

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

研究開発内容	直近のマイルストーン	これまでの（前回からの）開発進捗	進捗度
<div>3-3-1</div> <div>ストーカ炉とバイオプロセスとを接続するための前処理プロセスの開発</div> <div>SEKISUI</div>	複数回実ガス分析完了 基本設計(FEED)完了	実ガス分析年4回完了, 模擬ガスボンベの見積準備中 模擬ガスを用いた不純物の影響評価のための設備導入完了 小型実ガス実証設備基本設計（FEED）完了 EPC発注に向けた発注先選定中	○ 計画通りに進捗
<div>3-3-2</div> <div>環境性能および経済性評価</div> <div>SEKISUI</div>	フォア/バックグラウンド プロセス明確化	想定ブロックフロー図を作成し機能単位や評価範囲の検討開始 標準化の調査としてガイドラインの調査を実施 CO ₂ 要因とコスト（変動費）要因を特定 CO ₂ 以外の環境影響要因についても評価範囲の検討を開始	○ 計画通りに進捗

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



2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（今後の取組）

個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

研究開発内容	直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
<div>3-1-2 3-1-2①</div> <div>物質X→芳香族化合物の微生物変換プロセスの開発</div> <div></div>	ラボスケールで目的芳香族化合物の生産確認	目的芳香族化合物の毒性を回避する連続生産プロセスの開発	・晶析発酵プロセス等の開発により解決見込み
<div>3-1-2②</div> <div>物質X→芳香族化合物の酵素変換プロセスの開発</div> <div> 広島大学</div>		<ul style="list-style-type: none">・安価な培地成分を用いたコスト削減・繰り返し利用可能な酵素触媒の構築	<ul style="list-style-type: none">・増殖に有効な培地成分を見出し培地最適化により解決見込み・固定化手法の検討により解決見込み
<div>3-1-2③</div> <div>物質X→芳香族化合物の微生物・酵素変換プロセスの開発</div> <div></div>	ラボの結果からコスト試算完了	・ラボ結果から商用スケールの推定	・過去の実績や調査結果から解決できる見込み

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（今後の取組）

個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

研究開発内容	直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
<div>3-1-3 3-1-3①</div> <div>芳香族化合物/物質Xの精製プロセスの開発</div> <div> Research Institute of Innovative Technology for the Earth</div>	ポリマー原料回収率 〇%	<div>・目的芳香族化合物の分離・精製プロセスの開発</div>	<div>・精製手法（晶析、洗浄、再結晶、活性炭処理等）を組み合わせ解決見込み</div>
<div>3-1-3②</div> <div>物質X→芳香族化合物の酵素変換における精製プロセスの開発</div> <div> 広島大学</div>		<div>・抽出・生成方法の構築</div> <div>・触媒と生成物の分離方法の検討</div>	<div>・有機溶媒による精製・抽出手法の検討により解決見込み</div> <div>・固定化触媒化により解決見込み</div>
<div>3-1-3③</div> <div>精製プロセスの商用スケール開発</div> <div></div>		<div>・物質Xの濃縮・精製法の構築</div>	<div>・濃縮手法の検討や濃縮条件の最適化により解決見込み</div>

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（今後の取組）

個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

研究開発内容	直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
<div>3-2-1</div> <div>3-2-1 光反応 法開発</div> <div>SEKISUI</div>	二量化体 ○g/バッチ	<ul style="list-style-type: none">・反応速度・収率向上・高安全性、低コストな溶媒探索	<ul style="list-style-type: none">・照射光の波長検討により解決見込み・溶媒検討し解決見込み
<div>3-2-2</div> <div>3-2-2 エポキシ 合成法開発</div> <div>SEKISUI</div>	エポキシ ○g/バッチ	<ul style="list-style-type: none">・スケールアップ・収率向上（副反応の低減）	<ul style="list-style-type: none">・反応条件最適化により解決見込み
<div>3-2-3</div> <div>3-2-3 接着剤 開発</div> <div>SEKISUI</div>	性能±○%	<ul style="list-style-type: none">・合成エポキシの純度向上	<ul style="list-style-type: none">・光反応とエポキシ合成反応の最適化で解決見込み

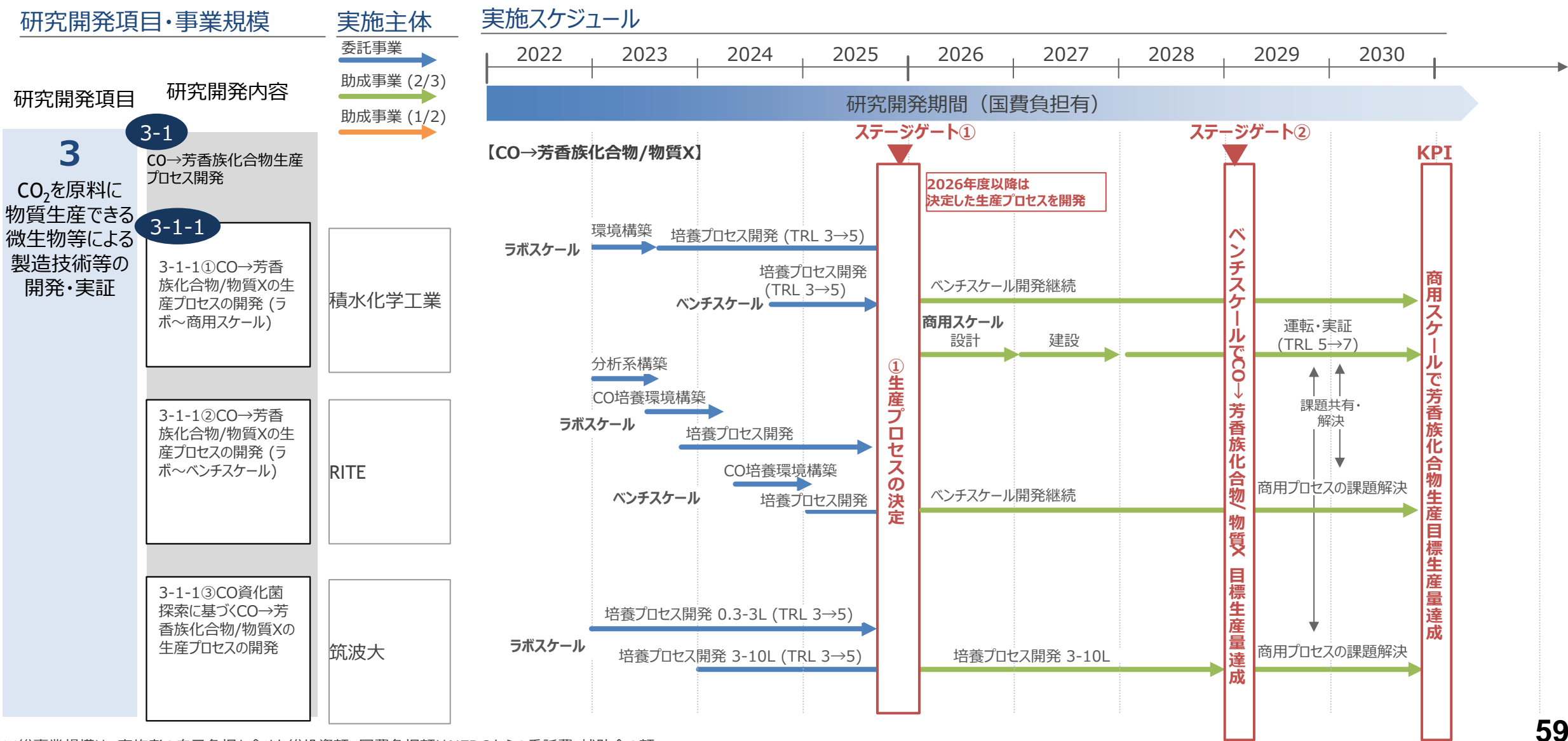
2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（今後の取組）

個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

研究開発内容	直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
<div>3-3-1 3-1 1 ストーカ炉とバイオプロセスとを接続するための前処理プロセスの開発</div> <div>SEKISUI</div>	複数回実ガス分析完了 基本設計(FEED)完了	なし	安全対策の徹底及び必要に応じて設備改造を行う予定 模擬ガスが作成できない成分は設備に対する導入用ガス配管の導入改造を行う予定 ⇒作成できない成分はない見込み
<div>3-3-2 3-3-2 環境性能および経済性評価</div> <div>SEKISUI</div>	フォア/バックグラウンドプロセス明確化	なし	・調査を継続し、開発の進捗と併せて更新を行う予定

2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

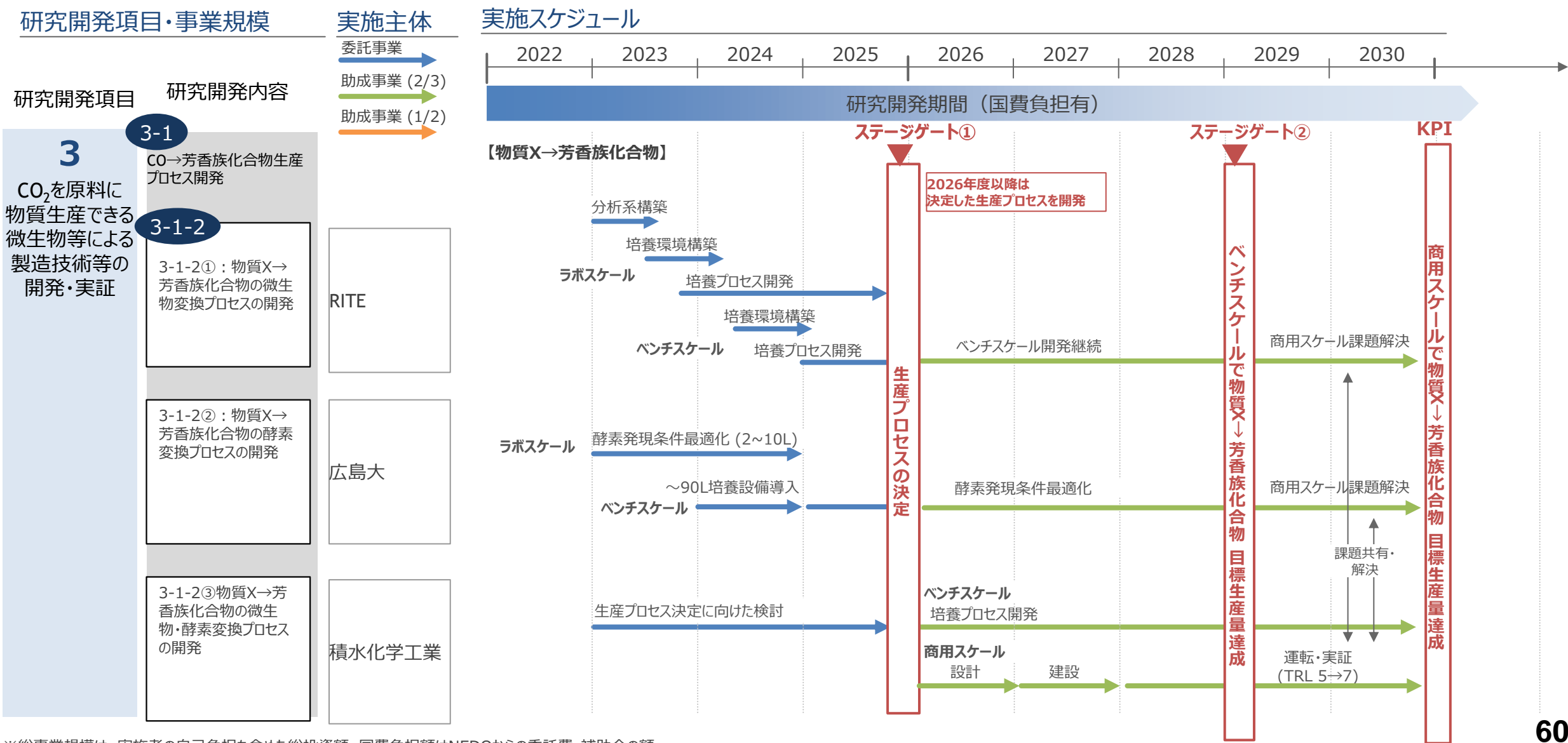
複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画



※総事業規模は、実施者の自己負担も含めた総投資額、国費負担額はNEDOからの委託費・補助金の額

2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

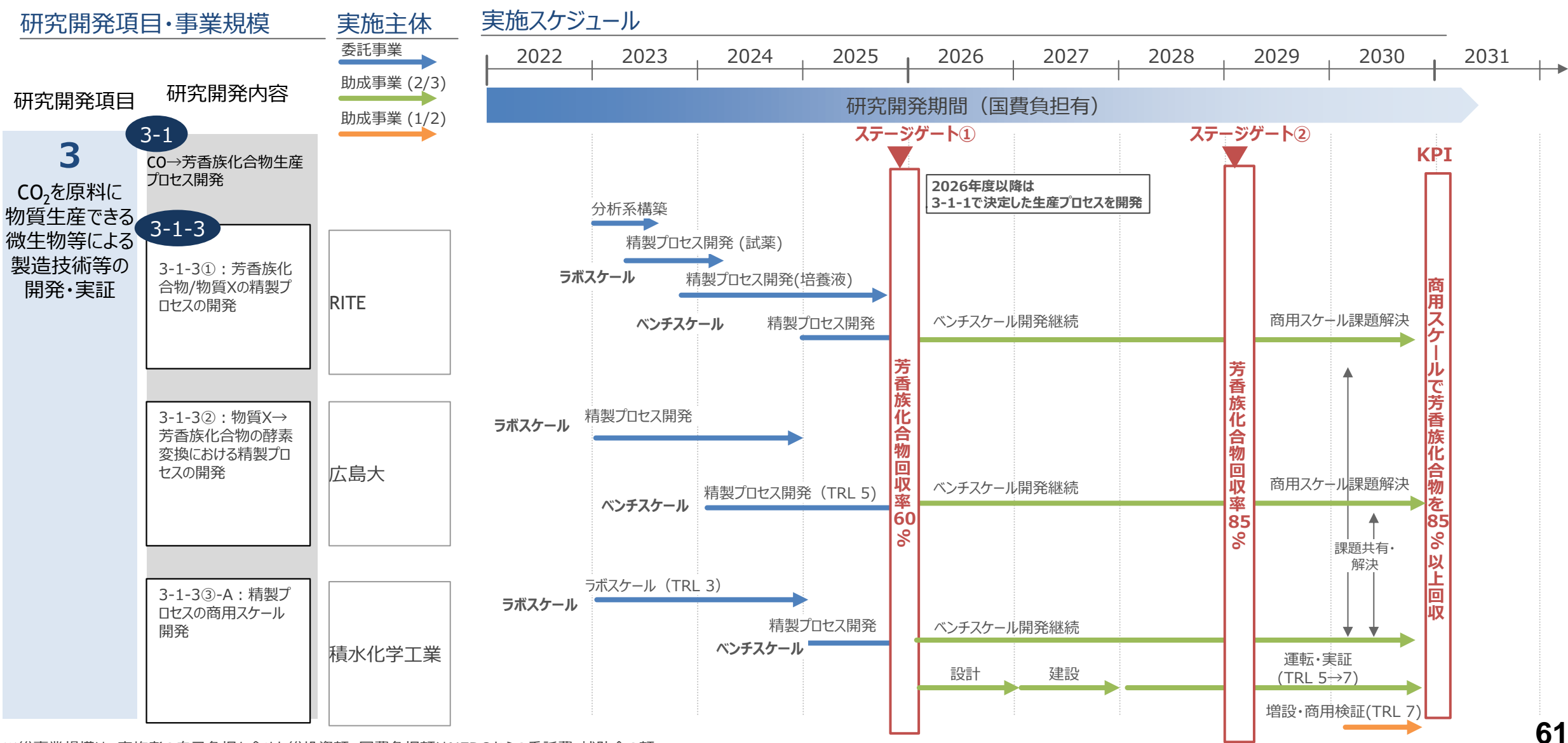
複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画



※総事業規模は、実施者の自己負担も含めた総投資額、国費負担額はNEDOからの委託費・補助金の額

2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

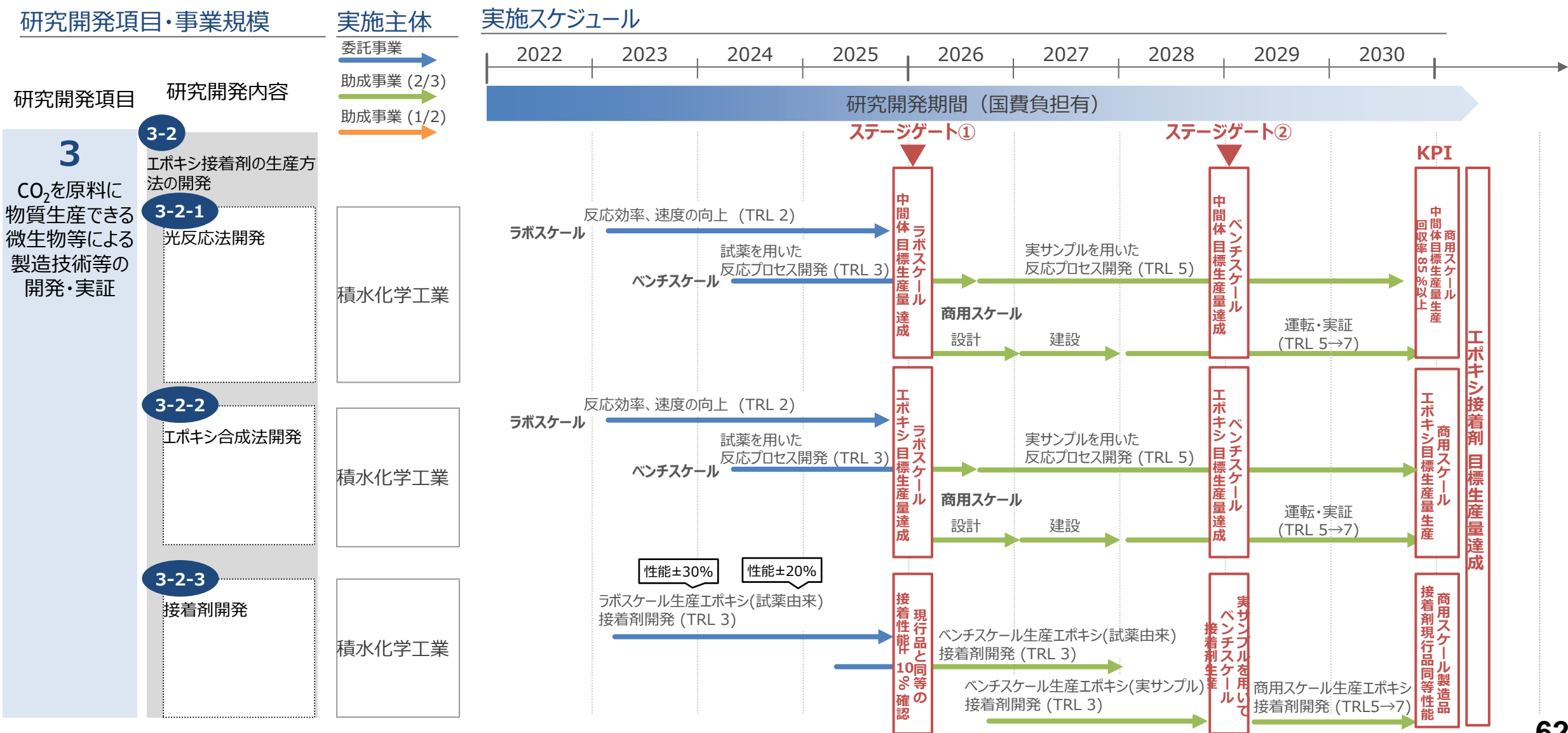
複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画



※総事業規模は、実施者の自己負担も含めた総投資額、国費負担額はNEDOからの委託費・補助金の額

2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

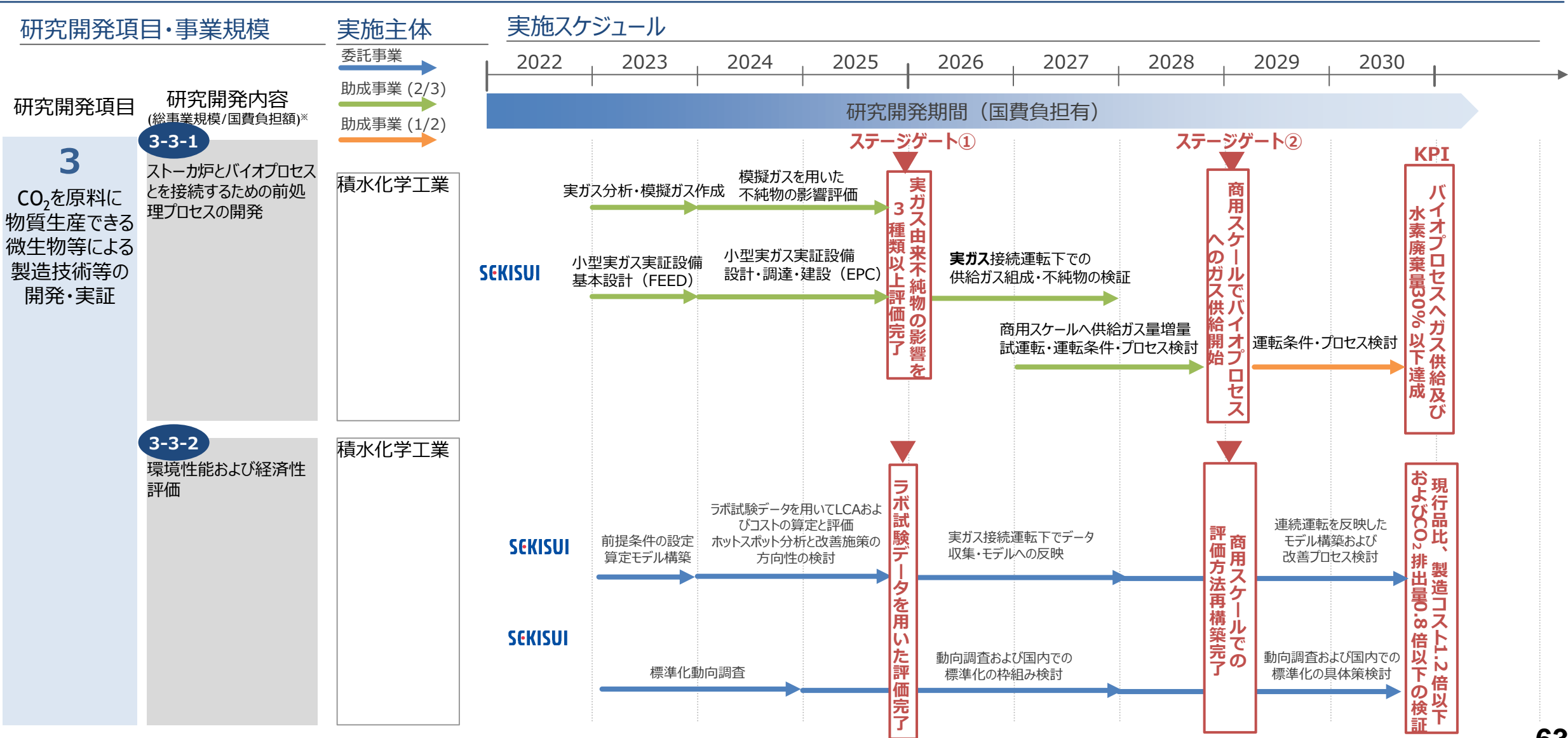
複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画



※総事業規模は、実施者の自己負担も含めた総投資額、国費負担額はNEDOからの委託費・補助金の額

2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

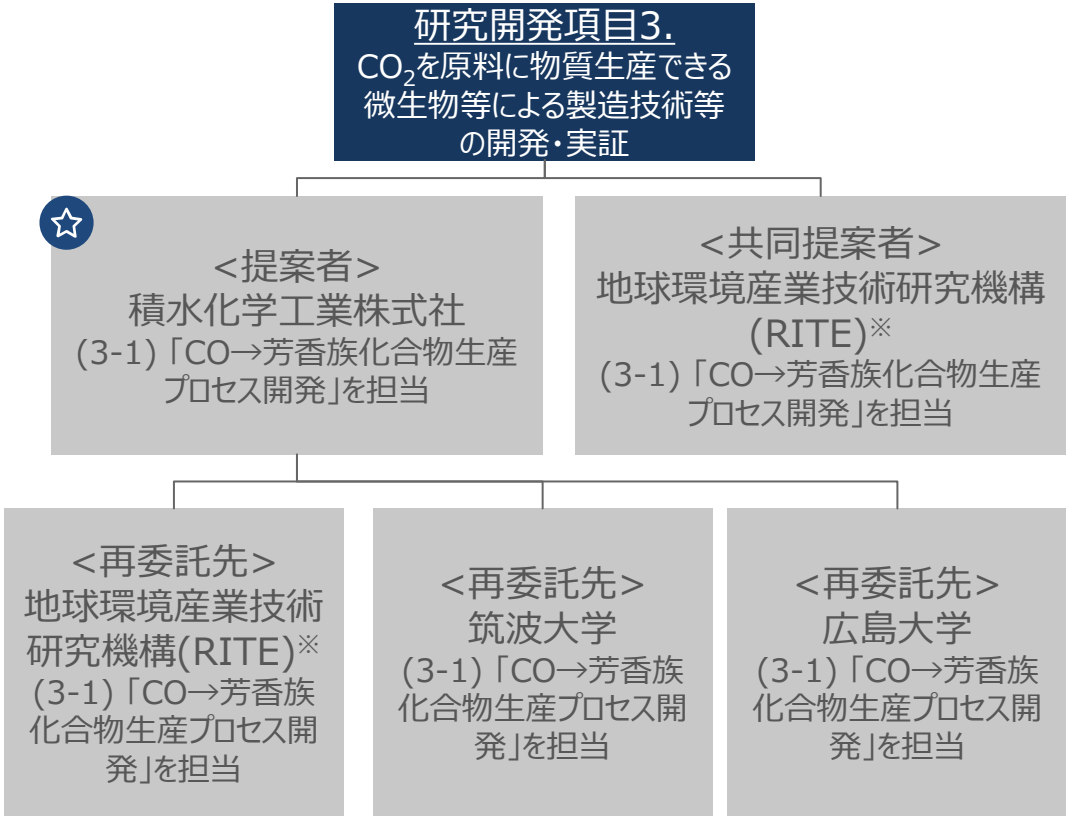
複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画



※総事業規模は、実施者の自己負担も含めた総投資額、国費負担額はNEDOからの委託費・補助金の額

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全体の取りまとめは、積水化学が行う。
- 積水化学は、「CO→芳香族化合物プロセス開発」の全体を担当する。
- 地球環境産業技術研究機構(RITE)は、「CO→芳香族化合物生産プロセス開発」の全体を担当する。
※当初は共同提案者として、ステージゲート後(2027年度以降)は積水化学の再委託先とする。
- 筑波大学は、「CO→芳香族化合物生産プロセス開発」のベンチスケールまでの開発を担当する。
- 広島大学は、「CO→芳香族化合物生産プロセス開発」のベンチスケールまでの開発を担当する。

研究開発における連携方法（共同提案者間の連携）

- 積水化学とRITEは連携し、商用スケールの生産プロセスを開発する。
- 広島大学・筑波大学はベンチスケールで開発し、商用スケールの開発は積水化学が主体で実施する。
- 各機関は定例打合せ（四半期毎以上の頻度）を実施し、進捗を共有・管理する。
- 知的財産権およびデータ取り扱いに関する合意書を各機関間で別途締結する。

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。）

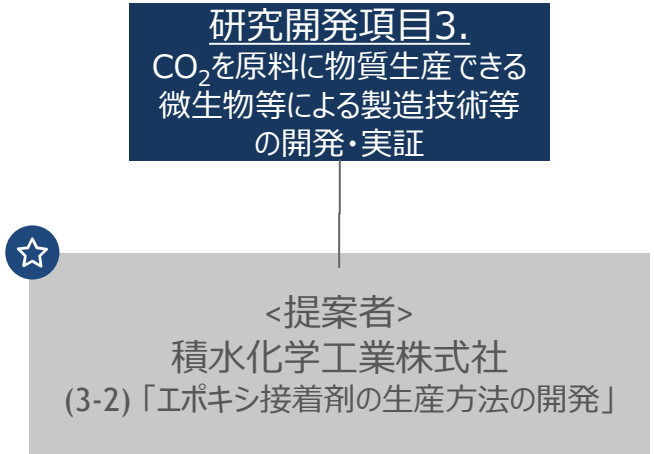
- 特になし

中小・ベンチャー企業の参画

- 酵素改変を、当該技術を有するベンチャー企業に外注し、開発を加速する。

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

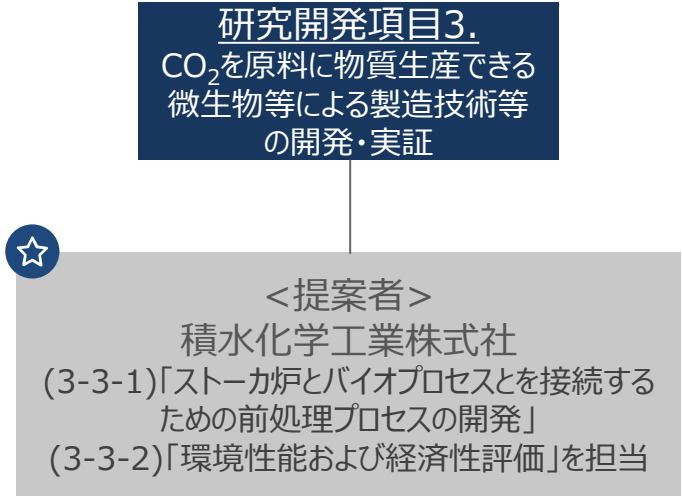


各主体の役割と連携方法

- 各主体の役割
- ・ 積水化学は、「エポキシ接着剤の生産方法の開発」を担当する。
- 研究開発における連携方法（共同提案者間の連携）
- ・ 積水化学内において、事業部間で連携して開発を進める。
- 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。）
- ・ 特になし
- 中小・ベンチャー企業の参画
- ・ 特になし

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全体の取りまとめは、積水化学が行う
- 積水化学は、(3-3-1)「ストーカ炉とバイオプロセスとを接続するための前処理プロセスの開発」の全体を担当する
- 積水化学は、(3-3-2)「環境性能および経済性評価」の全体を担当する

研究開発における連携方法（共同提案者間の連携）

- 積水化学は共同提案者と連携し、環境性能評価および経済性評価を実施し開発を進める

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。）

- 特になし

中小・ベンチャー企業の参画

- 特になし

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	実施主体	活用可能な技術	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 「CO→芳香族化合物」生産プロセス開発	積水化学工業	<ul style="list-style-type: none">CO資化菌を用いた連続培養プロセス開発ノウハウCO資化菌を用いた培養のスケールアップノウハウ (CO→エタノール生産の実証プラント開発)	優位性：ゴミガス由来COからCO資化菌を用いたエタノール生産の実証プラント開発の実績 <ul style="list-style-type: none">CO→エタノール生産 1 kL/dayの実証プラントCO→イソブレン生産ラボ(0.005〜2 L),パイロット(エタノール生産 20 kL/y) ,実証プラント (エタノール生産 1 kL/day)のスケールアップ実績CO資化菌研究10年以上の技術蓄積 リスク：ベンチャー、他企業の追従
		RITE	<ul style="list-style-type: none">微生物を用いた物質生産(ものづくり)の事業化実績 (Appl.Environ.Microbiol.79:1250(2013), ibid. 78:865(2012), ibid.87: 159(2010),特許第5960701号 (2016), 特許第4745753号 (2011))スケールアップ開発技術 (Appl.Environ.Microbiol.84:e02587-17(2018), 特許第5932649号 (2016), 特許第5932660号(2016), 特許第5996434号(2016), 特許第5887277号(2016),特許第6327653号(2018), 特許第6327654号(2018), 国プロ(NEDO省エネPJ,NEDOスマートセルPJ)など)長時間連続生産プロセス開発技術 (Appl.Microbiol.Biotechnol.68:475(2005)、特許第4451393号(2010)、国プロ(NEDOものづくりPJ)など)分離・精製技術(RITEの晶析培養技術(未発表))	優位性：国際的競争力を有するアップストリーム技術とダウンストリーム技術 <ul style="list-style-type: none">スマートセル作製技術世界トップレベルの高生産技術と実績ラボ(10 mL, 10 L)⇒ベンチ(90 L) ⇒パイロット(500 L)の大量培養スケールアップの実績独自の工学的連続培養（反応）技術等と実績工学的連続培養（反応）プロセスの実績・晶析、膜、蒸留精製の実績（ノウハウ、経験と人材）
		筑波大学	<ul style="list-style-type: none">芳香族発酵の最適化の実績（BBB. 86:1114 (2022); Adv. Sus Syst. 2000193 (2020); Front. Bioeng. Biotechnol. 10, 843843(2022))大量培養精製技術 (Process Biochem. 77:100-105; 国プロ（SIP-BRAIN, JST・CREST/ALCAなど）；特許第6796927 (2020), WO2019168203A1)	優位性：微生物の開発から大量培養・精製までの一貫型開発。芳香族化合物の生産のノウハウの蓄積 <ul style="list-style-type: none">芳香族化合物のスマートセル・発酵の実績バルク生産事業の起業準備中
		広島大学	<ul style="list-style-type: none">シンプル酵素触媒および固定化酵素技術による長期利用技術 (AMB Express, 3(1), 69, 2013;IJMB, 42(10), 1319-1324, 2015; JBB, 125(2), 180-184, 2018)ポリマー素材の高収率生産、補酵素再生 (J. Biotechnol., 312, 56-62, 2020; 同, 323, 293-301, 2020; BBB, 85(3), 728-738, 2021; JBB, 132(5), 445-450, 2021;特願2018-124796)	優位性：酵素機能を最大限活用する触媒構築、既存固定化技術より活性低下が低く、長期間の高活性維持、繰り返し回数の実績 <ul style="list-style-type: none">収率100%を実現可能な酵素触媒構築固定化による触媒の連続使用酵素発現システムの構築実績

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	実施主体	活用可能な技術	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 エポキシ接着剤の 生産方法の開発	積水化学工業	<ul style="list-style-type: none">光反応を用いた反応制御技術 【光固液反応技術（CPVC）】 特許：特許第7041264号 塩素化塩化ビニル系樹脂、他19件 【紫外線照射による精密ガス発生技術（SELF A）】 特許：特許第5006497号 両面粘着テープおよび両面粘着テープの剥離方法、他12件 【光重合を用いた接着剤技術（フォトレック）】 特許：特許第4643913号 液晶表示素子用シール剤、上下導通材料および液晶表示素子、他47件エポキシ合成技術（協力会社） 接着剤用エポキシ生産ノウハウ接着剤配合技術 【エレクトロニクス製品用接着剤】 特許：特許第6978314号、特許第5508001号、特許第5091534号、他194件 出願中：29件 その他接着関連特許多数 特許：特許第7028830号 粘着テープおよび面材、他1000件以上	<p>優位性：積水社内および既存事業サプライチェーン内に必要関連技術とノウハウ蓄積あり</p> <ul style="list-style-type: none">溶液に分散した固体への光照射による反応を利用した事業実績あり光反応剤およびそれを活用した製品、均一反応のための装置設計光および熱を利用した精密設計接着剤事業ありサプライチェーン内に事業化済みのエポキシ合成法および精製法あり <p>優位性：LCD向け接着剤世界シェアトップ</p> <ul style="list-style-type: none">高機能エポキシ接着剤の既存事業ありユーザー接点多数有し、ニーズ情報豊富設計が可能
	3-2-1 光反応法開発			
	3-2-2 エポキシ合成法開発			
	3-2-3 接着剤開発			

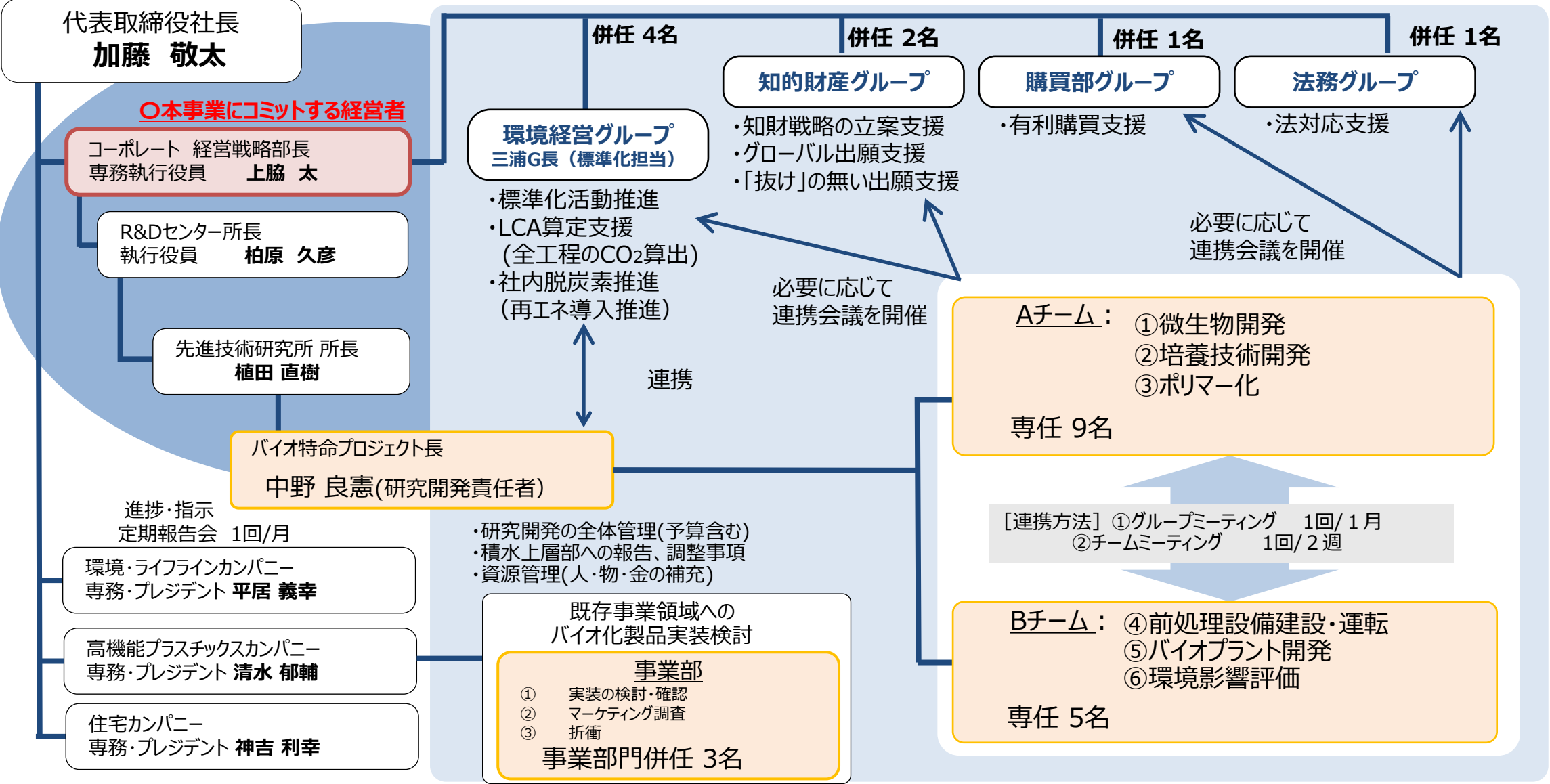
国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

研究開発項目	研究開発内容	実施主体	活用可能な技術	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	3-3-1 ストーカ炉とバイオプロセスとを接続するための前処理プロセスの開発	積水化学工業	<ul style="list-style-type: none">CO₂→COガス変換反応プロセスの開発・実証およびプラント運用知見、関連特許7件保持 特許：特開2021-049489, WO2019163968A1, WO2022029880A1, WO2022029884A1, 特開2022-135912, WO2022149536A1, 特許6843489複数種類のガス反応装置の設備設計および運用各種ガス分析設備保持、運用、関連特許1件保持 特許：特開2021-054706COガス使用における安全設備の設計および運用	<p>優位性：高濃度CO生成技術の実証・運用知見</p> <ul style="list-style-type: none">高濃度COを安定供給する技術保有CO₂→COガス変換反応のプラント設計・運用実績バイオと連続する化学プラントの設計・運用実績 <p>リスク</p> <ul style="list-style-type: none">開発候補微生物への安定したガス供給実績なし微生物培養に致命的な不純物が廃棄物由来ガスに含有
	3-3-2 環境性能および経済性評価	積水化学工業	<ul style="list-style-type: none">CO₂ガス→COガスプロセスの環境影響および経済性評価経験微生物を用いたバイオプラントの環境影響および経済性評価経験	<p>優位性：これまでの開発・実証等での評価実績</p> <ul style="list-style-type: none">当社社内での環境影響評価実績化学、バイオマス、カーボンサイクル等、幅広いプロセスを対象とした算出実績国内のみならず、国際的な評価ガイドラインを把握未来戦略LCA連携研究機構への参画 <p>リスク</p> <ul style="list-style-type: none">国際的に認められるルール次第では、削減効果が認められない可能性がある

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)

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



経営者等によるバイオものづくり技術への関与の方針

マネジメントチェック項目

①経営者等の事業への関与

経営者等による具体的な施策・活動方針

経営者のリーダーシップ

事業のモニタリング・管理

カーボンニュートラルにかかわる産業構造改革の仮説や自社の事業構造転換の方針を社内外に示し、その中に当該事業を位置づけるか

経営者が、社内外の幅広いステークホルダーに対して、当該事業の重要性をメッセージとして発信するか

経営層がガバナンスイノベーションやイノベーションマネジメントシステムを理解し、非線的な試行錯誤を推奨する組織制度・組織文化を醸成するか

経営層が定期的に事業進捗を把握するために仕組みを構築しているか、経営層の時間の内、どの程度を当該事業に充当するか

経営層が、事業の進め方、内容に対して適切なタイミングで指示を出せるか

当社は、サステナブルな社会実現の為に、ESG経営を中心に、革新と創造で 社会課題解決を目指し社内外に示している
社外：当該事業は、インターネットHPに掲載されている長期ビジョン「Vision2030」の中に、「積水グループが目指す革新と創造の具体例」に登場している。
(<https://www.sekisui.co.jp/csr/vision2030/index.html>)
社内：社内イントラネット「SMILE」のトップ画面 から「Vision2030」へアクセスし、社内用に編集された、より詳しい目標設定を含めた情報が閲覧できる。また、掲載時には、全社員に対して「社長の説明動画」の閲覧と、Visionに関する「理解度確認テスト」が実施され、社内で設定された理解度の合格点（全問正解）取得まで何度も繰り返し受験する仕組みになっている。この仕組みによって、当社Visionは全社員に理解、浸透している。

当社経営層は、上述した様に社内外に対して、経営方針を明確に示している。当該事業についての発信はまだ行っていないが、バイオものづくりという広い概念に対しては①～④のプレスリリースを行っている。今後、当該事業に進捗が見られた場合には、代表取締役社長 加藤から報道各社向け、又は、株主、ステークホルダーに対しての事業説明が行われ逐次発表されることになる。

当該事業に関して、以下発信を行った。
□HP上にてプレスリリース実施（2023/04）
https://www.sekisui.co.jp/news/2023/1386118_40075.html
□BioJapan（2023/10）
スポンサーセミナーにて登壇 10/11 14:00-15:00 F201
NEDOブースにてポスター展示 10/11～10/13

①“ごみ”を“エタノール”に変換する技術の事業化を目的に合弁会社を設立 | 積水化学工業株式会社 (sekisui.co.jp)
②“ごみ”を“エタノール”に変換する1/10スケールの実証プラントが岩手県久慈市に完成 | 積水化学工業株式会社 (sekisui.co.jp)
③8月29日（月）NHK「おはよう日本」で BR 久慈実証プラントが紹介
④「株式会社脱炭素化支援機構」への出資について | 積水化学工業株式会社 (sekisui.co.jp)

当社経営陣は、成長を遂げるために、イノベーションを生み出し続けなければならないと理解しており、その権限下において、試行錯誤（チャレンジ）することを奨励する制度を繰り出している。
例：社内公募制度・・・自ら飛躍する機会を公募にて提供し、マッチングすることで、従業員の期待に合う部署、仕事に着任できる制度

経営者は、当該事業を含んだ月次進捗報告（設定されたマイルストーン達成状況と、諸報告事項）を受ける。また、取締役、執行役においては、テーマ報告会/月、テーマ審議会/半年（期）で担当者ごとに進捗管理、諸事項の報告を受ける仕組みが構築されており、1テーマに対して数時間の各担当からの報告、また質疑の時間が設定されている。

経営者は、上記報告書によって、月次報告書によって、月次間隔で担当取締役、執行役に対して指示を出すことが出来る。
担当取締役、執行役においても、月次、期（半年）単位の会議において、指示を出すことが出来る。

経営者等によるバイオものづくり技術への関与の方針

マネジメントチェック項目	①経営者等の事業への関与	経営者等による具体的な施策・活動方針	事業のモニタリング・管理	事業の進捗を判断するにあたり、社内外から幅広い意見を取り入れるか	▶ 当社は、会社法上の機関設計として、監査役会議設置会社を選択している。カンパニー制のもと、各カンパニーの事業環境変化に迅速に対応するため、監督機能（取締役）と業務執行機能（執行役員）の分離を行うことを目的として執行役員制度を導入し、幅広い意見を取り入れているとともに、社外取締役からの事業チェック機能など、社外ステークホルダーを意識した判断を実施する。
			経営者の評価・報酬への反映	事業化を判断するために、どのようなKPI・条件をあらかじめ設定しておくか	▶ 当社、研究開発課題テーマの着手から、最終、事業化までのステップを「GR制度」によって進捗・ステップ管理されている。ステップは0（ゼロ）～5までの6段階、それぞれのステップをクリアには厳格な定義があり、数値目標の設定を含め、運営されている。 （「GR制度」については社外秘のため、公開できない）
			事業の継続性確保の取組	事業の進捗状況が、経営者や担当役員・担当管理職等の評価や報酬の一部に反映されるか	▶ 役員報酬：「統合報告書2023」（ https://www.sekisui.co.jp/ir/document/annual/pdf/SC_IR2023_ALL_J.pdf ）P.76にて、役員報酬の決定プロセスに公開してある通り、指名・報酬等諮問委員会での審議を経て取締役会で決定することが規定されており、当該事業の進捗計画に差異が生じた場合、評価、報酬に反映される。 管理職：社内、基幹職（管理職）評価制度に基づき、半年毎の評価コミット（契約達成）によって上長、所属長により評価を受け、報酬が確定する「システム」がある。最終、本人への決定面談により、納得の上、フィードバック（評価・報酬に反映）される。
				経営陣が交代する場合にも事業が継続して実施されるよう、後継者の育成・選択等の際に当該事業を関連付ける等、着実な引継ぎを行うか	▶ 経営者の交代時においては、引継ぎ事項の一部となるが、当該プロジェクトの担当役員、または開発責任者からの詳細説明がなされる機会が設定されており、着実な引継ぎが行われる。

経営戦略の中核に位置付け、広く情報発信

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	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	当該分野の範囲を超えたカーボンニュートラルに向けた取り組み又はイノベーション推進体制整備等において全社戦略を策定しているか	当社においては、2023年5月23日中期経営計画「Drive2.0」を全社員、ならびにステークホルダーに対して発信しており、この中期経営計画の中に、「環境への取り組み」として、SEKISUI環境サステナブルビジョン2050を掲げている。新中期取り組みとして、「原料樹脂の資源転換（非化石・再生材）」を発表し、全社戦略として位置付けている。
			経営戦略への位置づけ、事業戦略・事業計画の決議・変更	2050年カーボンニュートラルの実現に向けて、研究開発計画に関連する事業戦略又は計画を明確に経営戦略に位置づけ、取締役会で意思決定しているか。その内容を社内に関連部署に広く周知するか	当社においては、長期ビジョン「Vision2030」、または中期経営計画「Drive2.0」によって、取締役会の意思決定の上、全社員、ステークホルダーに対して、ESG経営の推進、および社会貢献（現在のカーボンニュートラル）に対するビジョンを公開し実践している。加えて、2050年カーボンニュートラルの実現に向けた施策及び新たな2030年目標を制定し当社ホームページ上で公開している。 (https://www.sekisui.co.jp/news/2022/1379614_40074.html) 取締役会において、事業に関する決議内容は、幹部社員（セキュリティー社内規定に規定された幹部）までは周知される。よって、幹部社員以下には、内容によって幹部社員が判断し、その決議内容が周知される。
			議・変更	事業の進捗状況を取締役会等の重要な意思決定の場において定期的にフォローし、事業環境の変化等に応じて見直しを行うか	現状、取締役会の審議事項の中に、当該事業の報告は、R＆D出た一のテーマ進捗報告と一部として報告されています。よって、事業環境変化等による役員からの助言、支援委よって、事業に見直しを行うことももちろんあります。
				上記で決議された事業戦略・計画において、研究開発計画が不可欠な要素として、優先度高く位置づけられるか	事業戦略・事業計画の中で、研究開発計画が不可欠なテーマである場合、当然、事業戦略・事業計画の中で必要な優先度を勘案した結果、研究開発計画が不可欠と判断した場合、全体事業計画において、優先度を高く位置づけ、実施される。
			コーポレートガバナンスとの関係	上記の経営戦略や事業戦略・計画が目指す成果にも関連して、どのように取締役の選任、評価、報酬等が設定されているか	当社は、取締役会の機能を補完し、より経営の公正性・透明性を高めるため、指名・報酬等に関する任意の諮問委員会を設置している。持続的な成長と中長期的な企業価値の向上を図ることも目的に、過半数を独立社外役員とする諮問委員会にて取締役の構成、評価、報酬等を設定している。

経営戦略の中核に位置付け、広く情報発信

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	中長期的な企業価値向上に関する情報開示	ステークホルダーとの対話、情報開示	ステークホルダーへの説明	企業価値に関する指標との関連性	全社的な経営戦略を示す株主・投資家に統合報告書等において、どのように事業戦略・計画を明示的に位置づけるか。その際、価値協創ガイダンス※1やTCFD等のフレームワークをどのように活用しているか	長期ビジョン「Vision 2030」実現のため、2023-25年度の中期経営計画「Drive 2.0」では、気候変動課題に対応する「環境」を重要課題として定め、環境長期ビジョンと環境中期計画において2019年度のTCFDシナリオ分析を基に資源循環方針及び戦略、ロードマップを策定し、脱炭素の取組加速に繋げている。資源循環方針では、脱炭素に資する製品・技術の開発や、販売した製品の廃棄物の削減、資源循環を推進するようなサービス・技術の確立が必要であると考え、資源循環を加速するイノベーションとサステナビリティ貢献製品の創出と拡大に取り組んでいる（統合報告書p41-44）。当該技術に基づく事業先約および計画は脱炭素および資源循環を加速する事業を生み出すものと位置づけられる。（ https://www.sekisui.co.jp/ir/document/annual/pdf/SC_IR2023_ALL_1.pdf ）
						採択された場合、研究開発の概要や事業の効果（社会的価値等）をリリースやIR等でどのように幅広く継続的に発信するか	当社では、本事業に採択された場合、当該事業の研究開発計画等についてのプレスリリースを予定している。また、ステークホルダーに対しても、積極的、継続的に公表する予定であり、TCFDや統合報告書を通じて株主・投資家に公表を行い、サステナビリティレポート・WEB等によりマルチステークホルダーに対しても毎年逐次進捗を報告していく予定である。（ https://www.sekisui.co.jp/sustainability_report/pdf/report_2023/sustainability_report2023.pdf ）
						事業の見通しや中長期的な企業価値への貢献、リスク等について、投資家や金融機関、取引先等のステークホルダーとどのように対話するか	投資家等に対しては、株主総会や機関投資家説明会、個人投資家説明会等を通して事業の位置づけに関する対話の機会を持つていく予定である。 調達先に対しても、供給先に対してもサプライヤーに対してはリスク共有（確認）し、対話しながら進めていくが、特にCO2調達先のごみ処理場の近隣住民に対してはプラント建設時に説明会等を個別に実施し、対話の機会を設ける予定である。 一般国民に対しては成果が出た際にセミナー、フォーラム、展示会を通じて対話の場を持つていく予定である。
						中長期的な経営戦略において、株主・投資家との関係でどのような財務指標を重視し、目標として位置づけているか。特にPBRが1倍以下の場合、投資家の期待値を上げ、改善するためにどのような方策をとるのか	2023-25年度の中期経営計画「Drive 2.0」にて、持続経営力の強化に向けたKPIとして、ROICを導入し、この拡大に努めている。資本効率向上と長期的な広義の資本コスト低減により、持続経営力を高める指標として活用している。当該事業に対してかける社内工数や費用についても、コストではなく長期に利益をもたらす投資と考え、ROIC向上につなげると位置付けている。また、株主還元のコミットを強化・明確化するため、配当性向：40%以上、DOE：3%以上、総還元性向：D/Eレシオ0.5以下であれば50%以上中期計画の投資進捗、キャッシュポジション、株価を考慮し、適宜追加還元実施、自己株式消去：発行済株式総数の5%以内となるよう、新規取得見合い分を消却、を明記している。

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

マネジメントチェック項目	③事業推進体制の確保	経営資源の投入方式	機動的な経営資源投入、実施体制の柔軟性確保	事業の進捗状況や事業環境の変化を踏まえ、必要に応じて、開発体制や手法等の見直し、追加的なリソース投入等を行う準備・体制（現場への権限移譲等）があるか	当社においては、必要に応じて、開発体制・環境の見直し、リソース投入を、現場起案で進める。特に開発要員については、「意思を持った研究員」を広く社内から募集する「公募制度」を利用するなど、積極的に実施している。権限は、現場管理者に集中しており、現場管理者からの上申によって、上位の人事、経営を入れた検討によって調整され、実施される。
				社内や部門内容の経営資源に拘らず、目標達成に必要であれば、躊躇なく外部リソースを活用する用意があるか	現在においては、①社内・グループ会社のリソース、②関連技術を保有する外部取り仕切会社、③コンサルティング会社 の順番に必要なリソースを積極的に活用する体制を取っている。
				プロトタイプを潜在顧客に提供することでフィードバックを得て、アジャイルに方針を見直す計画があるか	すでに、秘密保持契約（NDA）、共同開発契約を締結し、サンプルを供給している協業候補の企業がある。今後、実装事業検討の段階に入れば本事業でのサンプルも供給し、フィードバック情報からのアジャイルな製品反映も増えるような体制を強化する予定である。
				中長期的な企業価値向上に向けた事業ポートフォリオの中で、本事業への経営資源配分をどのように位置づけ、統合報告等で示しているか	中期経営計画で新たにKPIとして採用したROIC（投下資本利益率）を、事業ポートフォリオの変革において活用する。また、ESG重要課題として定めた長期持続性に関するそれぞれの取り組みが広義の「資本コスト」をどれだけ抑制できるかという視点でモニタリングしている。
				どのような人材をどの部署から（又は新たな採用することで）何名程度確保する予定か	23年度より、バイオ分野において、まず「社内FA制度」による自らの「意思を持った研究員」の補充を実施しており、GI基金の採択規模に合わせて、外部からの「キャリア採用」、社内においては「公募制度」あるいは「人事異動」によって計画的に補充する予定である。23年度：4名、24年度：4名確保予定
				既存の設備、土地をどの程度活用するか	先進技術研究所（つくば市）にて基本技術の開発を行っており、ラボに設置されている5L程度までの培養設備、COを使用できる培養設備、H2やCOガスに対する安全設備が活用可能である。また、前処理用のラボ設備や共通設備として使用できる評価分析グループの分析設備も活用する計画。2024年度より敷地内にラボ・ベンチ用の開発用建屋の建設を行っている。
				国費負担以外で、何に対してどの程度の資金を投じる予定か	主に、知的財産関連費用、研究開発費、研究員の人件費、ならびに共通管理費、また施設管理費など研究開発環境の維持、拡張に関する費用、また、設備費、原材料費を年間約4億円を予算化している。（自己負担分）

材・設備・資金の投入方針

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

マネジメントチェック項目	③事業推進体制の確保	専門部署の設置と人材育成	専門部署の設置	機動的な意思決定を可能とする組織構造・権限設定を行っているか、例えば、経営者直轄の専門部署を設置するか	現状、本事業を担当する部署、開発責任者においては、実質的な事業責任者であり、承認された予算の仕様先、補充人員の選定など、すでに社内規定の範囲内での権限執行は可能となっている。ただし、決定内容、執行内容、についての報告義務はある。また、当社はカンパニー制をとっているが、当該部署は、経営者に最も近い本社機構の社会貢献案件を集中的に挑戦、開発するR&Dセンター（本社研究所）内になり、すでに経営者直轄部署である。
				事業環境の変化に合わせ、産業アーキテクチャや自社のビジネスモデルを負担に検証する体制を構築しているか	当該事業関係者は、「社内研鑽会」「テーマ検討会」において、当該部署以外的人员で構成される会合にて、テーマの実現性、ビジネスモデルなどの研鑽を実施する体制を構築しており、特に市場環境の変化に対して、機能的に分析、確認、討議を行うようにプログラムされている。
				将来のエネルギー・産業構想転換を見据え、当該産業分野を中長期的に担う若手人材に対して、育成機会を提供するか	現在、当該部署に関連する大学からの新卒採用者の配慮など、年齢構成の平坦化を意識しているが、特に生産設備開発などの開発においては、「マイスター制度（社内規定）」に登録された技術熟達者の協力などを得ながら、若手人材の育成を促進していく取組も実施する予定である。
				学会やアクセラレーションプログラム等の機会を通じて、アカデミアの若手研究者やスタートアップ企業との共同研究を推進するか	現在においても、複数の大学、また所属する若手研究者との共同研究においてのコラボレーションを実施しているが、今後も、その関係を維持するとともに、技術、方針が合う関連スタートアップ企業があり、事業が加速するなどのメリットがある場合は、躊躇なく共同研究、あるいは協業を推進する方針である。
				本事業を通じた人材確保や育成を「人的資本経営」としてどのように中長期的な企業価値向上に位置づけ、統合報告等で示すか	当社グループは、「人材」を長期ビジョン実現に向けたイノベーションを生み出す原動力と位置づけ、多様な人材が挑戦し活躍できる活力あふれる職場づくりを推進している。 統合報告書2023（ https://www.sekisui.co.jp/ir/document/annual/pdf/SC_IR2023_ALL_J.pdf ）P54,55に記載
		人材育成			

4. その他

リスクに対しては充分な対策を講じるが、研究開発目標、およびコスト目標未達成の場合には事業中止も検討する

想定リスク

★・・・事業中止の判断

研究開発(技術)におけるリスクと対応

- ①**事業化予定時期に開発目標が達成できない**（芳香族化合物・エポキシモノマーの目標生産量未達成、接着剤性能不良）
→既存バイオものづくり技術、資源化プロセス活用
→世界トップレベル技術・事業化実績を有する機関連携
→大学、研究機関の芳香族化合物プロセス並行検討等
→事業化時期の見直し、**事業中止 ★**
- ②**生産の品質安定性が保てない**
（不純物による接着剤品質の低下）
→社内外の必要な生産、精製技術の導入
→生産設備の入れ替え(設備投資増)
- ③**接着剤の安全性、性能が確保できない**
（有害性評価、接着剤性能未達、致命的な欠陥の発生）
→発生メカニズムの解析による対処
→事業化時期の見直し、**事業中止 ★**
- ④**海外、また競合メーカーによる採用技術の特許取得、あるいは先行販売**
→先んじて特許出願を推進する
→知財戦略の立案と実行

社会実装(経済社会)におけるリスクと対応

- ①**接着剤コストが目標に達しない為、市場に受け入れられない**
→事業化時期の見直し、あるいは見合う市場のみの事業縮小、または、**事業中止 ★**
- ②**接着剤の施工法については、各分野毎に施工パートナーとの取り扱い規定、施工手順などを十分に協議し、マニュアル等を作成するが、イレギュラーが多く発生する場合の対処**
→施工法、対処法のデータベース化によるトラブル発生時のノウハウを蓄積する
- ③**海外、競合会社から同等性能の安価な製品が流入**
→コスト競争力の強化、あるいはそれを払拭する性能向上で対処
→特許の侵害可能性のチェック

その他(自然災害等)のリスクと対応

- ①**ひたちなか東海クリーンセンター(ごみ焼却場)は海岸に近く、津波発生時には甚大な被害を受ける可能性が有る**
→生産拠点の分散化、移転の検討
- ②**当社の経営状態の危機的状況が発生**
→当該事業が利益を上げているならば、事業売却により、お客様への影響を最小限に留める事も可能
- ③**培養資材、消耗材の枯渇、あるいは高騰によって、現状コストが維持できない状況の発生**
→購入先変更、サプライチェーン変更
→売価修正あるいは**事業中止 ★**
- ④**ごみ処理場の設備トラブルやごみ収集のトラブルによる原料CO₂の供給停止**
→短期間の供給停止に耐えうるガス貯蔵用のバッファータンクの設置、運用
- ⑤**地震災害などによる生産設備の故障、組換え微生物の漏洩**
→培養設備周辺の拡散防止措置設備の設置および定期点検

事業中止の基準

研究開発(技術)におけるリスクが解消できない場合

- ①：KPI未達成（2030年）
- ③：接着剤の必要性能未達成（2030年）

社会実装(経済社会)におけるリスクが解消できない場合

- ①：接着剤コストがKPI目標に達しない（2030年）