

事業戦略ビジョン

実施プロジェクト名：CO₂を原料とする機能性プラスチック材料の製造技術開発

実施者名：東ソー株式会社（幹事企業）、代表名：代表取締役社長 栗田守

（コンソーシアム内実施者：三菱ガス化学株式会社）

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）

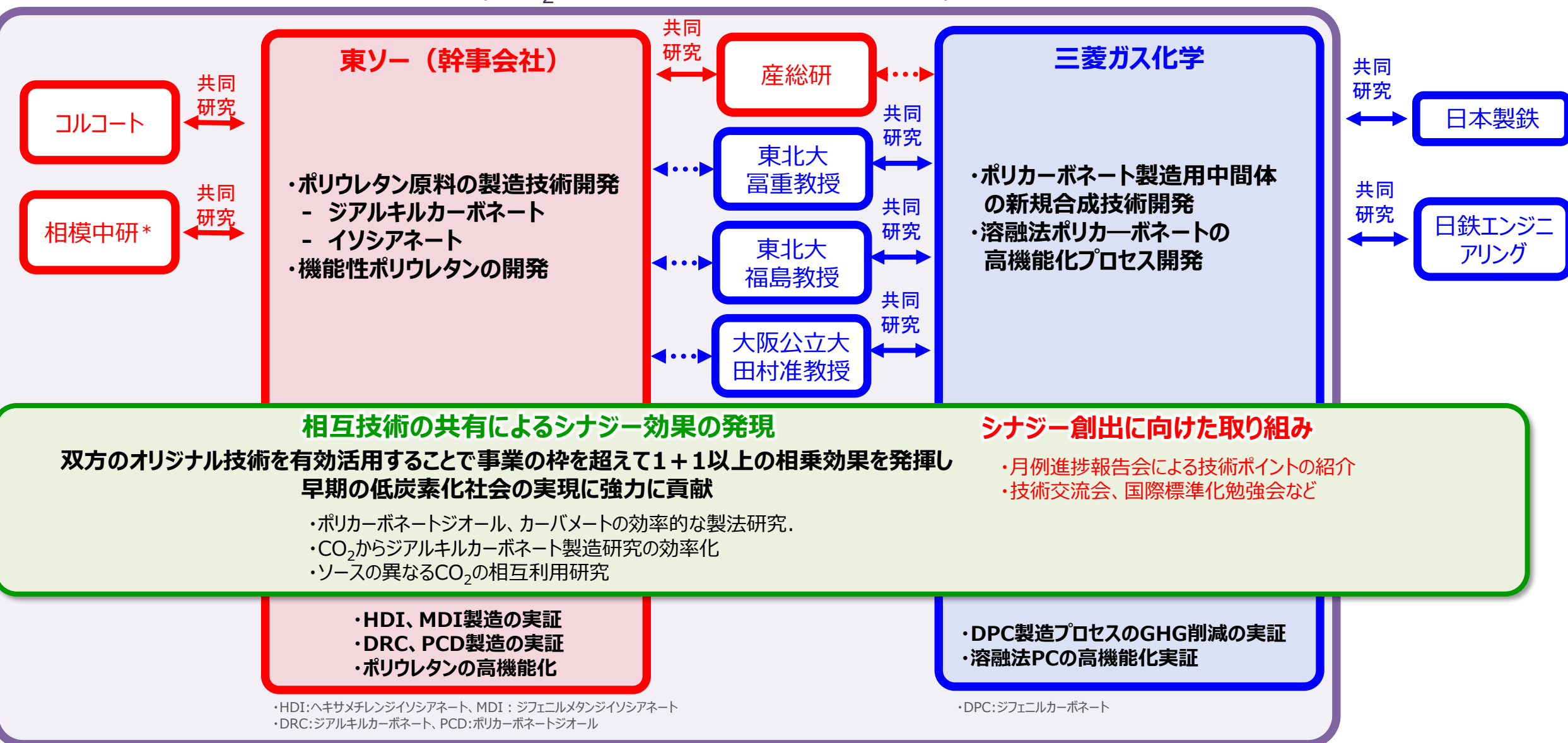
- (1) 組織内の事業推進体制
- (2) マネジメントチェック項目① 経営者等の事業への関与
- (3) マネジメントチェック項目② 経営戦略における事業の位置づけ
- (4) マネジメントチェック項目③ 事業推進体制の確保

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

産総研/CO₂分離回収・資源化コンソーシアム/ワーキンググループ



検討テーマ名： CO₂を原料とする機能性プラスチック材料の製造技術開発

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

環境問題に関する意識の向上により、環境対応型素材産業が急拡大すると予想

カーボンニュートラルを踏まえたマクロトレンド認識

（社会面）

- ・ 気候変動を肌で感じる中、GHG問題などの環境意識の高まり
- ・ 非効率型の石炭火力発電所削減の動きが活発化

（経済面）

- ・ 脱炭素社会をリードするビジネス主導権争いとESG投資の拡大
- ・ カーボンプライシングの導入に向けた動きの加速

（政策面）

- ・ 菅前総理所信表明演説で温室効果ガスの排出ゼロを宣言
- ・ 総額2兆円のグリーンイノベーション基金を創出

（技術面）

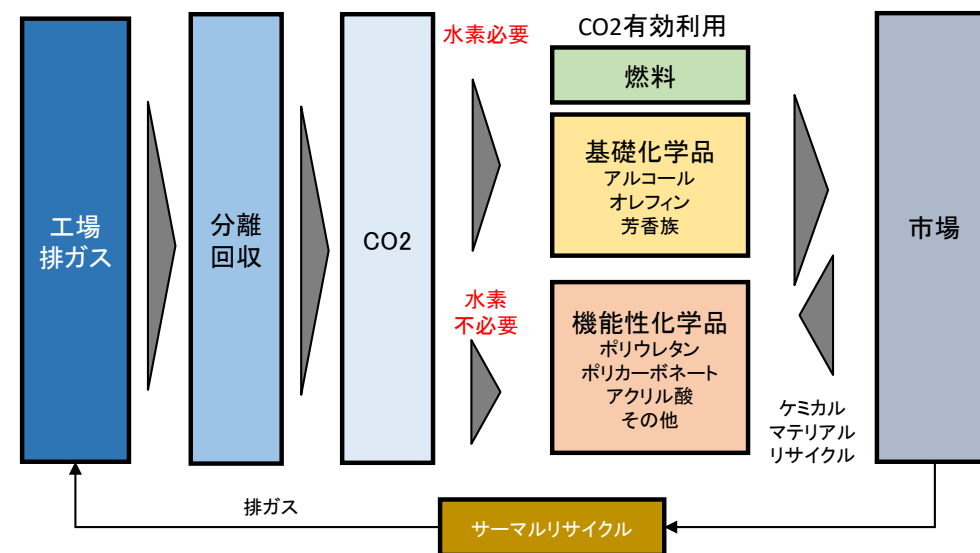
- ・ CO2分離回収・有効利用技術に関する研究開発の高まり
- ・ 水素利用社会に向けた必要技術の開発が加速

- 市場機会：
 - ・ 環境にやさしい製品が求められている
 - ・ 製品コストよりも環境対応製品の供給が重視される雰囲気
- 社会・顧客・国民等に与えるインパクト：
 - ・ 身近な製品でのプラスチックリサイクルの浸透
 - ・ 環境意識の更なる高まりと環境対応製品への購買意欲増加

カーボンニュートラル社会における産業アーキテクチャ

CO2を原料とする素材産業の構造

カーボンニュートラルの実現には、CO2を原料とする化学品の製造・CO2循環システム構築が必要

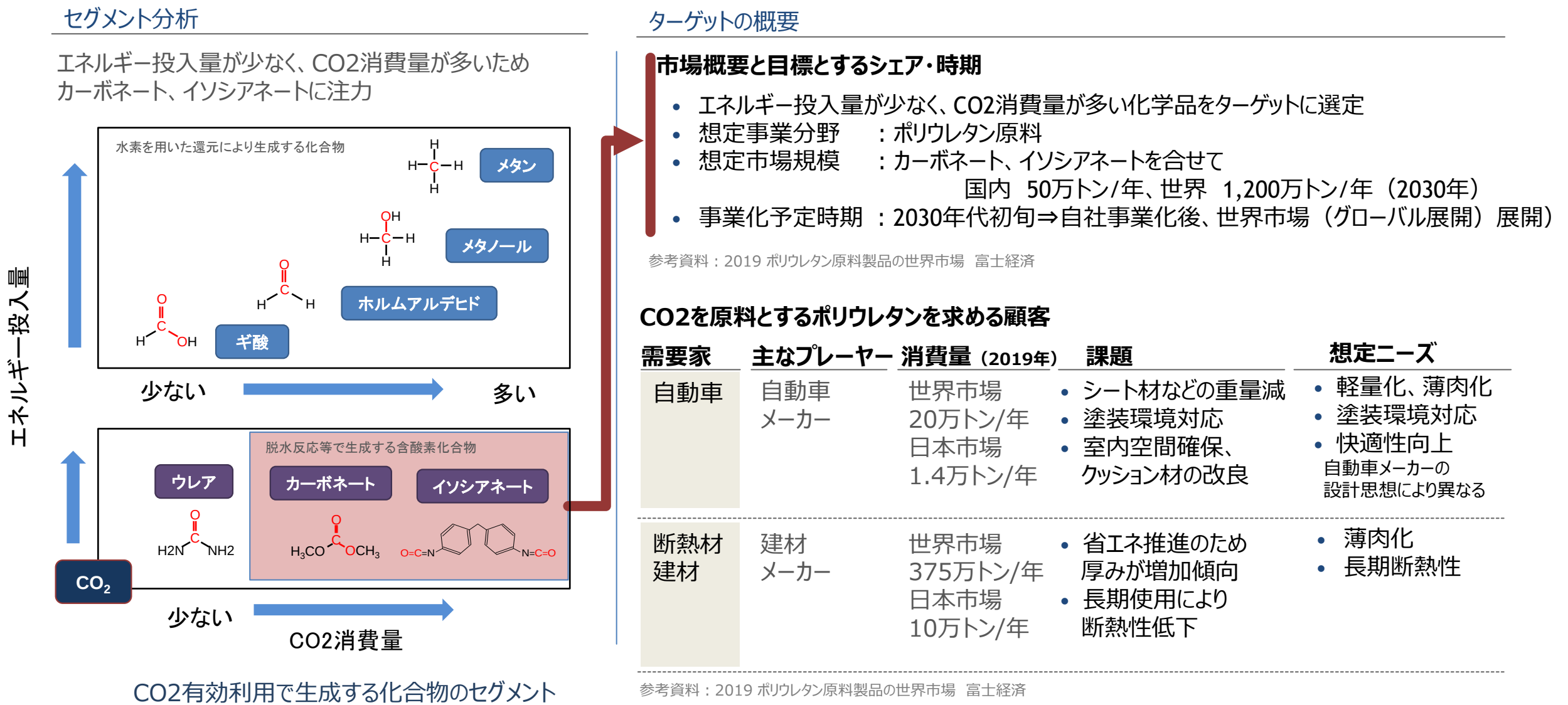


● 当該変化に対する経営ビジョン：

- ・ 温室効果ガス排出量の削減は社会的責任であり、
 不断の投資を継続する
 - ✓ 省エネルギー、燃料転換によるCO2排出量削減
 - ✓ CO2濃縮・精製技術の開発
 - ✓ CO2原料化などの具体的な検討

1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット

CO2有効利用で生成する化合物のうち、イソシアネート、カーボネートをターゲットとして想定



エネルギー投入量

参考資料：2019 ポリウレタン原料製品の世界市場 富士経済

参考資料：2019 ポリウレタン原料製品の世界市場 富士経済

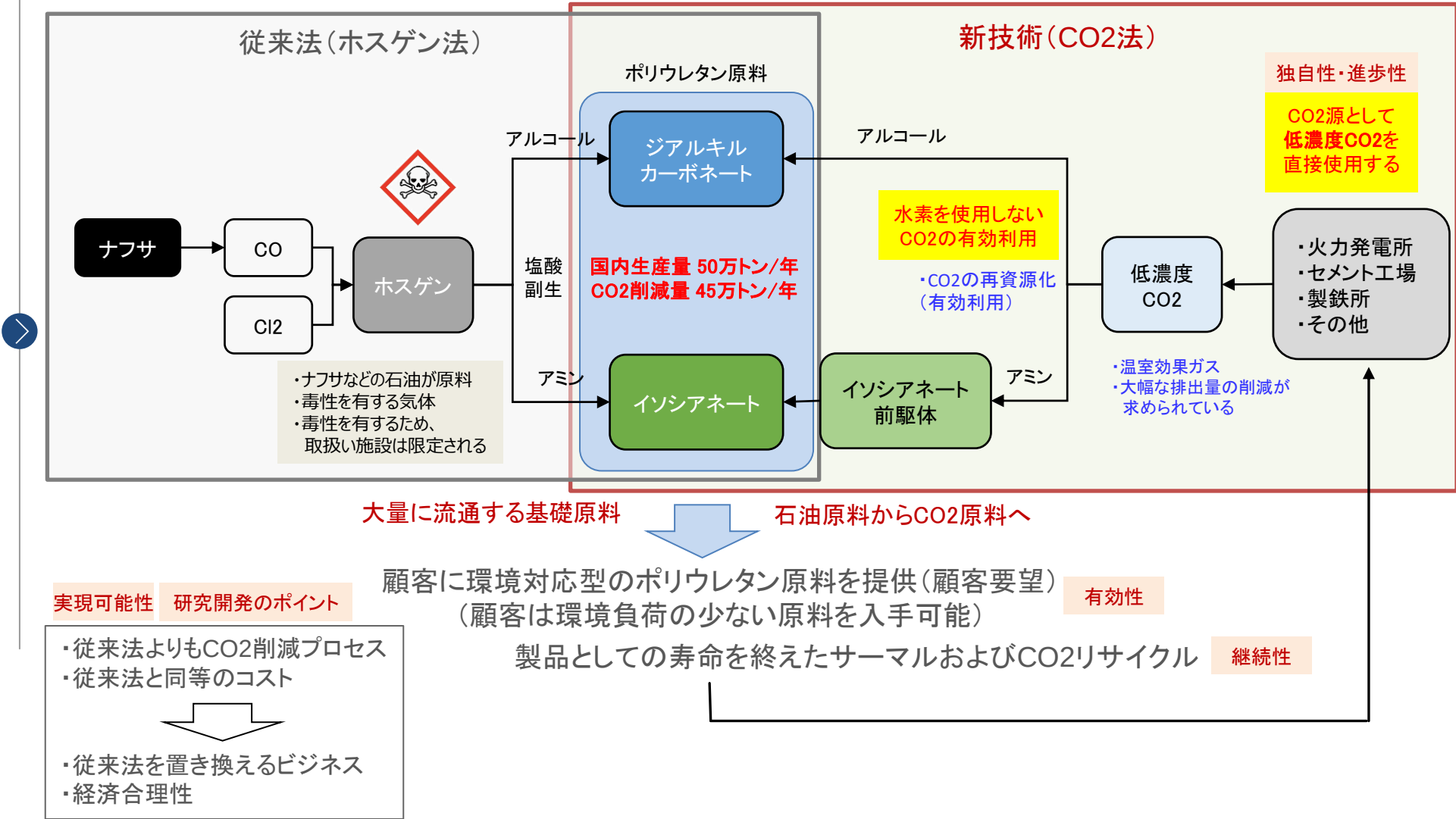
1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

CO2を原料とした環境対応型の製品を提供する事業を創出

社会・顧客に対する提供価値

- GHG（温室効果ガス）排出量削減
- CO2の再資源化・有効利用
- 環境対応型ポリウレタン原料
 - CO2の有効利用
 - 製品にCO2を固定
- 高機能ポリウレタン原料
 - 軟質フォーム軽量化
 - 軟質フォーム薄肉化
 - 硬質フォーム長期断熱性
 - 塗料・合成皮革水系化、ノンソル化
- 製造時の安全性向上
 - 毒性を有するホスゲン使用しない

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



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）

早期の技術開発による「イノベーションエコシステム」の実現に向けて推進

標準化戦略

- ①技術イノベーション …… CO₂由来ポリウレタン原料の製造技術、CO₂排出量の削減が可能な技術の早期開発
- ②CO₂を原料とする材料の規格化 …… 技術開発と並行して、CO₂由来ポリウレタン原料として規格化、ユーザー認証
- ③グローバル展開 …… 自社で製造技術確立、国内外ユーザーに販売、ウレタン原料製造メーカーに技術展開

具体的な取組内容

標準化戦略 市場創出／規格化

<攻め>

- 本技術の特徴（CO₂を原料化）を活かした材料

<守り>

- 本技術開発に賛同する仲間を増やす

知財戦略 オープン（特許出願）／クローズ（ノウハウ）

<オープン>

- 本技術のグローバルでの知財権利化とライセンス供与

<クローズ>

- 開発技術に関する特許出願とノウハウのバランス検討

- ・競争力強化のための事業戦略：CO₂原料として規格化されたポリウレタンであることを活かし、CO₂由来であることがプラスの価値となる市場に積極展開を行う
- ・事業戦略に対応した標準化戦略：CO₂を原料としていることの認証、規格化、CO₂由来ポリウレタンの評価方法の規格化について検討を行う
 - ・2023年7月1日に、ISCC PLUS Version 3.4.1でCO2認証について記載された

開発段階から、製品を有利に販売するための標準化を行うことで、グローバル市場での競争力強化を目指す

1. 事業戦略・事業計画／（4）経営資源・ポジショニング

「国内最大規模の生産設備を保有」という強みを活かして、
社会・顧客に対して「排出CO2を固定化した環境対応型の材料」という価値を提供

自社の強み、弱み（経営資源）

- ターゲットに対する提供価値**
- 環境対応型ポリウレタン原料の提供
 - イソシアネート、ポリカーボネートジオール
 - 排出CO2の有効利用（CO2排出量の削減）
 - 高機能ポリウレタンの提供
 - 軽量化・薄肉化材料（自動車向け）
 - 長期断熱性（建材、住宅向け）
 - 水系、ノンソル化（塗料、衣料、シート向け）

- 自社の強み**
- 国内最大のイソシアネート製造設備を保有
 - 市場規模の大きなMDI、HDIを製造
 - 大型自家発電設備（火力発電所）を保有
 - 原料となるCO2を安定的に確保可能

- 自社の弱み及び対応**
- 排出CO2の有効利用設備が未整備
 - CO2回収用アミン、CO2分離膜を検討中

他社に対する比較優位性（ポリウレタン原料に関する比較）

	技術	顧客基盤	サプライチェーン	その他経営資源
自社	(現在) 低濃度CO2を直接CCU（ラボ検討段階）  (将来：2030年) 火力発電所排ガスのCCU（技術完成・実商開始）	(現在) 建材用フォーム、塗料、人工皮革  (将来：2030年) 自動車向けフォームなど高機能材を強化	(現在) MDI国内生産トップ 国内市場出荷トップ  (将来：2030年) 国内市場に加え、海外出荷も強化	(現在) 国内最大プラント保有 G内に関連会社保有  (将来：2030年) 環境対応型製品の生産設備保有
国内	(イソシアネート) ホスゲンを用いないプロセスの検討が行われている	- 人工皮革、不織布 - アクリル系改質剤 - 高機能品が中心	イソシアネートは、MDI、TDI、HDIの製造販売が行われている。	非ホスゲン法ポリカーボネート製造プロセスライセンス展開
海外	(ポリウレタンフォーム) 化学工場排出のCO2からポリオールを生産 (アニリン) バイオ由来アニリンを開発中	- 主力製品はポリウレタン原料、ポリオール - コーティング塗料、接着剤などを取り扱う	- MDIを製造 - 熱可塑性ポリウレタンを製造	Covestroは、Bayerマテリアル部門からスピノフ(2015年)

10年間の研究開発、市場適用性の判断後、2033年頃に事業化を行う

研究開発

グリーンイノベーション基金事業

事業化に向けた追加検討期間

事業化

10

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	- 当社ホスゲン法展開とのタイミングを重視 - 早期の事業化に向けた研究開発方針を模索 - 第1期（ラボ～ベンチ） - 外部連携/委託（オープンイノベーション） - プロセス設計（ベーシックエンジニアリング） - 第2期（パイロット評価） - プロセス設計（エンジニアリング） - パイロット評価（PoC：概念実証） - 第3期（市場適応、高機能化） - 顧客ニーズとのマッチング（PoC） - 高機能化（PoC）	- 立地戦略 - 当社南陽事業所（周南コンビナート）に実証、実商プラントを設置する予定 - 各種原料・ユーティリティーがそろっている - 設備・システム導入 - 当社のエンジニア部門による効率的な運用 - エンジニア部門は開発段階から参加 - 部品調達（原料調達） - 既存プラントのリプレイスを想定しており、転用可能な設備を最大限使用する - 原料となるCO2は火力発電所の排ガス	- 当社ウレタン製造部による製造、ウレタン事業部による販売 - 現行製品と同じ販売ルートを想定 - 環境対応型製品としての価値を付加 環境対策に関心の高いメーカーを中心にマーケティング展開をおこなう - CO2から環境対応型ポリウレタン原料の製造技術として、グローバル市場を対象としたライセンスビジネスも実施 - ウレタン製造でのデファクトスタンダードを狙う
進捗状況	- ノンホスゲン法によるCO2削減効果を検証中 - CO2排出量削減が可能なプロセス構築に向けて共同研究先と共同で検討中	- 工業化を念頭に置いた研究開発の実施 - ベンチ設備の設計、建築準備に向けてサブチームを編成して検討に着手	- 環境対応型製品の市場性検討 - 事業部門による環境対応型製品のビジネス性について引き続き検討中
国際競争上の優位性	- ベースとなる要素技術は国内に多く保有（低濃度CO2の活用など） - グローバルメーカー各社での研究開発を想定 本技術は日本が先行。 - ターゲット顧客となる自動車、建材等は、国内メーカーが多数であるため、顧客ニーズとのマッチングを行いやすい	- 当社の安価なユーティリティーを使用することで、製品コストを抑えることが可能 - 火力発電所排ガスをCO2源に想定 - 国内の厳格な排ガス排出基準により、不純物の影響を最小限に抑えることが可能	- 当社は世界最大の需要拠点である中国に研究所および営業拠点を有する - 環境対策を求めている国内外の自動車、建材メーカーなどに、スムーズにアクセスすることが可能

1. 事業戦略・事業計画／（7）資金計画

国の支援に加えて、2028年までに約70億円の自己負担を予定

資金調達方針

(単位：億円)

	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度	2028年度	2029年度	2030年度	2031年度	2032年度	2033年度
事業全体の資金需要	約190億円								本事業期間にてCO2を原料とするポリウレタン原料の製造技術の実証試験を完了させた後、引き続き、パイロット設備を用いた製造技術の向上検討や事業化に向けた市場評価を自己負担で実施する予定				
うち研究開発投資	約190億円												
国費負担※ (補助)	約120億円												
自己負担 (A+B)	約70億円												
A：自己資金	約70億円												
B：外部調達	0億円												

※インセンティブが全額支払われた場合

・自己資金の調達方法は、現時点では未定

2. 研究開発計画

2. 研究開発計画／（１）研究開発目標

CO₂を原料とする機能性プラスチック材料の製造技術開発 という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
CO ₂ を原料とする機能性プラスチック材料の製造技術開発	2030 年までにポリカーボネートやポリウレタン等の機能性を向上させ、ホスゲン等を不要とすることで有毒原料製造時のCO ₂ 排出量を削減し、更に0.3kg-CO ₂ /kg以上のCO ₂ を原料化できる技術を実現。 数百～数千トン／年スケールの実証で、既製品と同価格を目指す。
研究開発内容	KPI
1. ポリウレタン原料の製造技術開発 (イソシアネート) (ジアルキルカーボネート)	・従来法とのCO₂排出量差 < 0 ・製造由来CO₂排出量 ホスゲン法製造由来CO₂と同等を目指す ・CO₂有効利用可能なプロセスの確立 ・製品価格（製造変動費増） イソシアネート≦10%、ジアルキルカーボネート≦20% ・機能性ポリオールを用いたポリウレタン開発
2. ポリカーボネート(PC)製造用中間体の新規合成技術開発 ・ 溶融法ポリカーボネート(PC)の高機能化プロセス開発	PC製造用中間体 ・従来法とのCO₂排出量差 < 0 ・全体プロセスのGHG排出量を2021年3月末比44%(0.58kg/kg)削減 ・CO₂有効利用可能なプロセス確立 ・製品価格現行法同等以下（製造変動費減） 溶融法PC ・CO₂から合成したDPCを使用し、更に、分岐構造量を従来溶融法より減らす
	KPI設定の考え方 ・[CO₂排出量差] = [CO₂法排出量] - [ホスゲン法排出量] ・CO₂法は、CO₂取り込み、ホスゲンを使用しないためCO₂の削減が可能。 ・CO₂法の製造由来CO₂をホスゲン法に近づけることが重要。 ・CO₂法製造由来CO₂をホスゲン法と同程度にすることを目標とする。 ・プロセス最適化、電気、蒸気量削減で、製造由来CO₂の削減を行う。 ・また、製品価格は電気、蒸気量などのユーティリティー使用量に大きく依存。 ・機能性ポリオールと組み合わせて機能性ポリウレタンを開発する。 ・CO₂削減量は、[ホスゲン由来CO₂]（化合物由来） + [CO₂取込量]（化合物由来） + [製造由来のCO₂]（反応・プロセスに依存する）から成る。 ・[製造由来のCO₂]を削減するため、反応条件を最適化し消費エネルギーの削減と、CO₂を削減可能なCO₂原料とするDPC製造プロセスを確立することでKPIを達成。 ・CO₂から合成したDPCを使用し、PCのGHG排出量を削減すると共に、既存溶融法PCの欠点である分岐量を減らし、界面法PC同等の低温衝撃強度等の物性を目指すことでKPIを達成。

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

各KPIの目標達成のために必要な解決方法と実現可能性

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
1	ポリウレタン原料の製造技術開発 イソシアネート (HDI、MDI)	リッタースケール ベンチ設計中 CO2排出量 詳細未定 (TRL4)	パイロット評価、 CO2排出量が現 行プロセスと同等 コスト把握 高機能化 (TRL7)	- 反応濃度増加、反応条件の最適化 - 反応資材の最適化 - 生成物の分離回収工程方法の最適化 - ケイ素試薬の再生方法の最適化	- 生成物の分離回収方法に目途 - 反応濃度をホスゲン法同等レベル (60%)
	ポリウレタン原料の製造技術開発 ジアルキル カーボネート (アルキル=Et,Me)	リッタースケール プロセス未定 CO2排出量 詳細未定 (TRL4)	パイロット評価、 CO2排出量が現 行プロセスと同等 コスト把握 高機能化 (TRL7)	- 触媒の最適化 - CO2供給方法の決定 - 製造プロセスの設定 - ベンチ検討によるプロセスの最適化 - ケイ素試薬の再生反応の最適化	CO2排出量が下がる製造方法の実現化 (60%)
2	ポリカーボネート (PC)製造用中間体の新規合成技術開発	GHG排出量の内、加熱用役(蒸気)分が 1.17kg/kg (29.4GJ/DPC-t) (TRL4)	加熱用役(蒸気)分を 0.59kg/kg (14.7GJ/DPC-t) に減らすことで、 全体のGHG排出量を44% (0.58kg/kg)削減 (TRL7)	- 脱水剤再生消費熱量を脱水剤検討、触媒検討、溶媒使用量の削減などの反応条件の最適化で、1/5に削減。 - ジアルキルカーボネート(DRC)蒸留工程の消費熱量を脱水剤検討、触媒検討、アルコール(ROH)使用量削減などの反応条件の最適化で、50%削減。	脱水剤改良、 触媒改良、反 応条件の最適化 による消費熱量 削減がポイント (50%)
	溶融法ポリカーボネート(PC)の高機能化プロセス開発	溶融法PC： 分岐構造量が多い(TRL4)	MGC独自プロセスにより改良した溶融PC： 分岐構造量を大幅に低減 (TRL7)	特殊モノマーの添加による高速な高分子量化により、界面法PC同等の低温衝撃強度等の物性を達成。	溶融重合における熱負荷の低減がポイント (50%)

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
1 ポリウレタン原料 イソシアネート HDI MDI	- ベンチ評価を実施（ベーシックエンジニアリング） - CO2排出量 従来法CO2排出量差 < 0 製造由来CO2排出量の把握	- 素反応の収率向上検討（MDI、HDI 合成） （目標）カルバミン酸エステル収率が80%以上 イソシアネート収率が80%以上 （進捗）目標達成 - ケイ素反応剤に関する検討 （目標）テトラアルコキシシラン再生反応収率が60%以上 （進捗）一定の条件で目標達成 工業化に適した処方を開発 - ベンチ評価に関する検討 （目標）連続化検討、ベンチ建設に着手 （進捗）連続反応装置による連続化 ラボ設備では、連続化により滞留時間に分布が生じ未反応物が混在 社内にベンチ設備チームを結成し、ベンチ建設作業に着手 - CO2 排出量算出システム（シミュレーション）の構築 （目標）実験結果に基づき、CO2 排出量の算出が可能 （進捗）Aspen Plusを使用して、CO2排出量を算出 アカデミアと情報交換。	- 素反応収率向上 進捗度：○ - ケイ素反応剤 進捗度：○ - スケールアップ検討 進捗度：○ - シミュレーション 進捗度：○
ポリウレタン原料 ジアルキル カーボネート DEC (DMC)	- ベンチ評価を実施 - CO2排出量 従来法CO2排出量差 < 0 製造由来CO2排出量把握	- 触媒最適化および素反応の収率向上検討 （目標）触媒最適化 最適触媒決定 収率 ジアルキルカーボネート収率が60%以上 （進捗）担持検討により、均一系触媒以上の活性を発現 DRUと固体触媒を組み合わせにより、低圧CO2/常温で反応が進行 収率60%は未達 - ベンチ評価 1 L反応器を用いたベンチ設備を検討中	- 素反応収率向上 進捗度：△ - ベンチ評価 進捗度：△

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
1 ポリウレタン原料 イソシアネート HDI MDI	- ベンチ評価を実施（ベーシックエンジニアリング） - CO2排出量把握の把握 - 従来法CO2排出量差 < 0 - 製造由来CO2排出量の把握	- 素反応の収率向上検討（MDI、HDI 合成） ◇カルバミン酸エステル 高濃度で高収率条件探索 溶媒最適化、生成物分離プロセス検討 ◇イソシアネート合成（触媒熱分解） 高濃度化、触媒最適化、プロセス検討 - ケイ素反応剤に関する検討 ◇テトラアルコキシシラン再生反応 CO2排出量削減、副反応抑制、 プロセス検討 - スケールアップ検討 ◇ベンチ評価のためのデータ取得 連続装置によるプロセスデータ取得 ◇ベンチ設備の設計、建設 ベンチ設備建設のための具体化検討 - CO2 排出量算出システムの構築 ◇CO2排出量の算出 CO2排出量の精度向上、LCA評価	- 素反応の収率向上検討（MDI、HDI 合成） ◇カルバミン酸エステル 副反応抑制が方法の解決 溶媒統一化によるエネルギー検討 ◇イソシアネート合成（触媒熱分解） 触媒決定、プロセス検討 - ケイ素反応剤に関する検討 ◇テトラアルコキシシラン再生反応 副反応抑制、プロセス検討 - スケールアップ検討 ◇ベンチ評価のためのデータ取得 ◇ベンチ設備の設計、構築 連続装置稼働によるプロセスデータ取得 - CO2 排出量算出システムの構築 ◇CO2排出量の算出/LCA評価 シミュレーション手法の構築
ポリウレタン原料 ジアルキル カーボネート DEC (DMC)	- ベンチ評価を実施（ベーシックエンジニアリング） - CO2排出量把握の把握 - 従来法CO2排出量差 < 0 - 製造由来CO2排出量の把握	- 触媒最適化および素反応の収率向上検討 ◇触媒の最適化/素反応収率向上 触媒の長寿命化 触媒の再利用可能性の検証 収率向上を実現したケイ素試薬の検討 - CO2 排出量算出システムの構築 ◇CO2排出量の算出/LCA評価 CO2排出量の精度向上、LCA評価	- 素反応の触媒探索および収率向上検討 ◇触媒の最適化/素反応収率向上 最適触媒構成を選定 ベンチ評価 - CO2 排出量算出システムの構築 ◇CO2排出量の算出/LCA評価 シミュレーション手法の構築

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
2 ポリカーボネート(PC)製造用中間体の新規合成技術開発	○パイロットプラントによるCO2 to DPCプロセス確立 ・ラボ実験での消費熱量の削減 ・ベンチプラント設置・運転	○ラボ実験での消費熱量の削減 目標： CO2 to DPCプロセスは①前段反応工程、②脱水剤再生工程、③後段反応工程から成り、2021年3月時点の加熱用役はそれぞれ、①7.63GJ/t-DPC、②12.3 GJ/t-DPC、③9.45 GJ/t-DPC、①～③の総加熱用役は29.4 GJ/t-DPC、DPC製造プロセス全体のGHG排出量は1.31kg-CO2/kg-DPCである。 GI基金事業では、2021年3月の値に対し、2030年度までの削減目標を①50%削減、②80%削減、①～③の総加熱用役を50%削減、DPC製造プロセス全体のGHG排出量を44%削減に設定した。 ○ラボ実験進捗： ①更なる原料組成及び反応形式の最適化により、3.80→2.53GJ/t-DPCへと、50.2→66.8%削減。 ②脱水剤再生における反応条件を検討し、2.13GJ/t-DPCへと82.7%削減。 ①～③の総加熱用役は15.4→14.1 GJ/t-DPCとなり、47.6→52%削減。 GHG排出量は0.75→0.56kg-CO2/kg-DPC となり43→46.6%削減。 ○ベンチプラント設置工事進捗： ベンチプラント建屋（カーボンニュートラル研究棟）は2023年3月完工。 ベンチプラント装置は2023年11月7日完工、立上げ運転中。	◎（理由）ラボ実験段階において2030年度までの削減目標を概ね達成したため。
・ 溶融法ポリカーボネート(PC)の高機能化プロセス開発	○パイロットプラントによる新しい溶融法PCプロセス確立	特殊モノマーの添加による高速な高分子量化の導入により、溶融法PCの物性改善が可能であることをベンチプラント実験で確認済。	◎（理由）ベンチ実験段階において2030年度までの削減目標を概ね達成しているため。

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
1 ポリウレタン原料 イソシアネート HDI MDI	- ベンチ評価を実施（ベーシックエンジニアリング） - CO2排出量把握の把握 - 従来法CO2排出量差 < 0 - 製造由来CO2排出量の把握	- 素反応の収率向上検討（MDI、HDI 合成） ◇カルバミン酸エステル CO2排出量を削減、収率向上 高濃度プロセスの最適化 不純物の影響把握 ◇イソシアネート合成（触媒熱分解） スケールアップ検討、高濃度化検討 精製プロセスの効率化 - ケイ素反応剤に関する検討 ◇テトラアルコキシシラン再生反応 プロセス確立、オリゴマーの再生効率向上 - ベンチ評価に関する検討 ◇ベンチ設備の設計、建設 ベンチ設備の設計を完了、建設の実施 - CO2 排出量算出システムの構築 ◇CO2排出量の算出 外部専門家との意見交換、算出精度向上	- 素反応の収率向上検討（MDI、HDI 合成） ◇カルバミン酸エステル 製造プロセスは確立 CO2排出量の更なる低減を行う ◇イソシアネート合成（触媒熱分解） 触媒決定選択性と収率向上、プロセス最適化 - ケイ素反応剤に関する検討 ◇テトラアルコキシシラン再生反応 プロセス検討、副反応抑制 - ベンチ評価に関する検討 ◇ベンチ設備の設計、構築 ベンチ設備建築を継続 - CO2 排出量算出システムの構築 ◇CO2排出量の算出/LCA評価 アカデミアとの意見交換により、算出精度を向上
ポリウレタン原料 ジアルキル カーボネート DEC (DMC)	- ベンチ評価を実施（ベーシックエンジニアリング） - CO2排出量把握の把握 - 従来法CO2排出量差 < 0 - 製造由来CO2排出量の把握	- 触媒最適化および素反応の収率向上検討 ◇触媒の決定/収率向上 触媒の選択、プロセス検討決定 平衡関係あるため収率向上は難しい。 現収率での適用を探索する。 - ベンチ評価 プロセスの決定	- 素反応の触媒探索および収率向上検討 ◇触媒の決定/収率向上 触媒、プロセスを整理 現行収率の影響を把握し、進め方を決定する - ベンチ評価 触媒、プロセス決定 1 L反応器によるベンチ設備検討

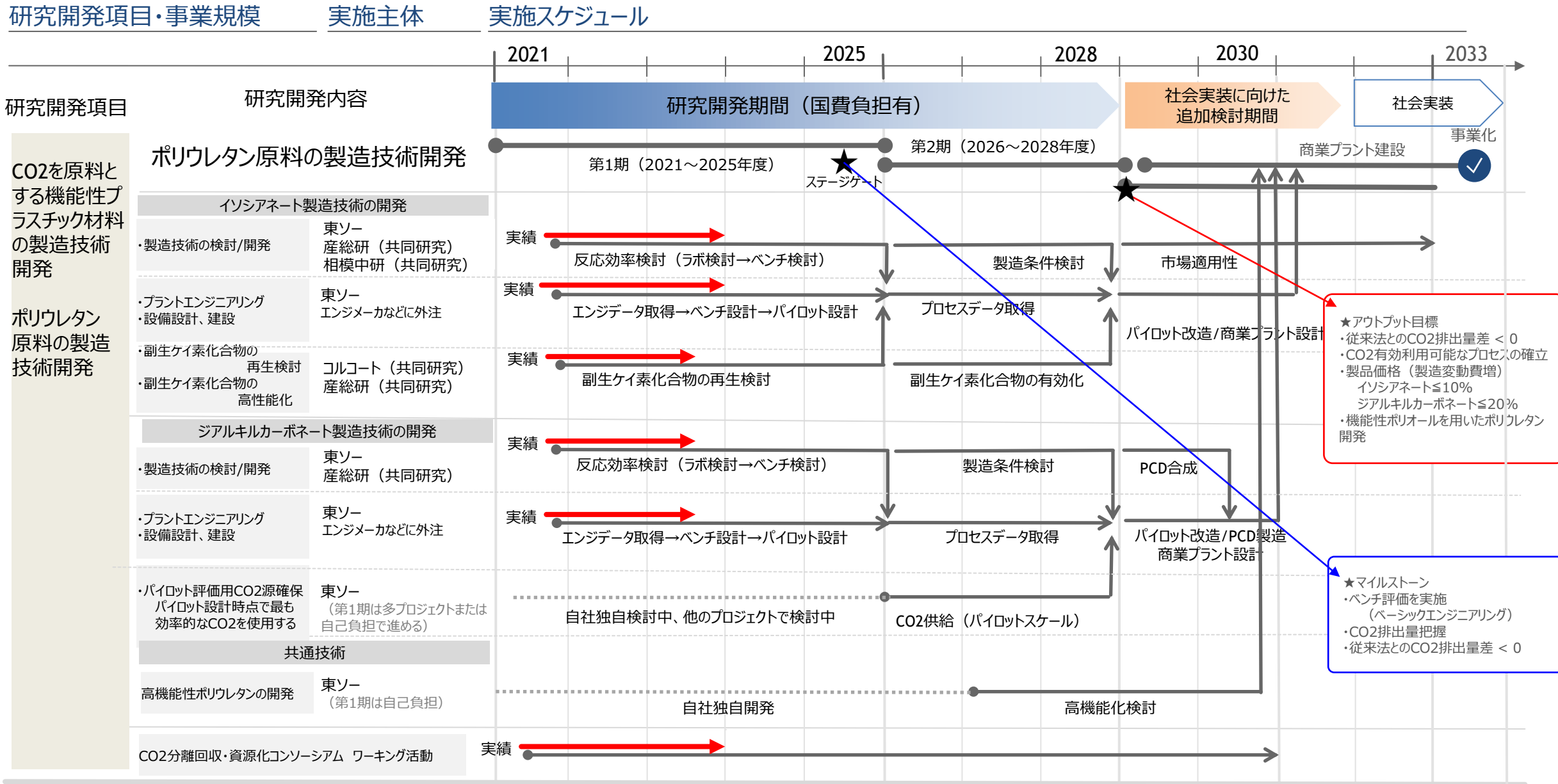
2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（今後の取組）

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
2 ポリカーボネート(PC) 製造用中間体の新規合成技術開発	○パイロットプラントによるCO2 to DPCプロセス確立 ・ラボ実験での消費熱量の削減 ・ベンチプラント設置・運転	ベンチプラントを設置し、ラボ実験における消費熱量削減結果の検証, 主要物質収支の把握, 触媒ライフの把握, 反応器形式と触媒構成を決定する.	装置完工は安全化の設計変更および高圧ガス申請の遅れのため、2023年11月初旬.パイロットプラント設計に向け、コマーシャルプラントの概略設計を実施した.そこからスケールダウンする形でパイロットプラントの基本設計に前倒しで着手した.
・ 溶融法ポリカーボネート(PC)の高機能化プロセス開発	○パイロットプラントによる新しい溶融法PCプロセス確立	特にない。	特殊モノマーの添加による高速な高分子量化はベンチプラントレベルで確立しており、パイロットプラント建設に向けた技術課題の解決に支障は無い.

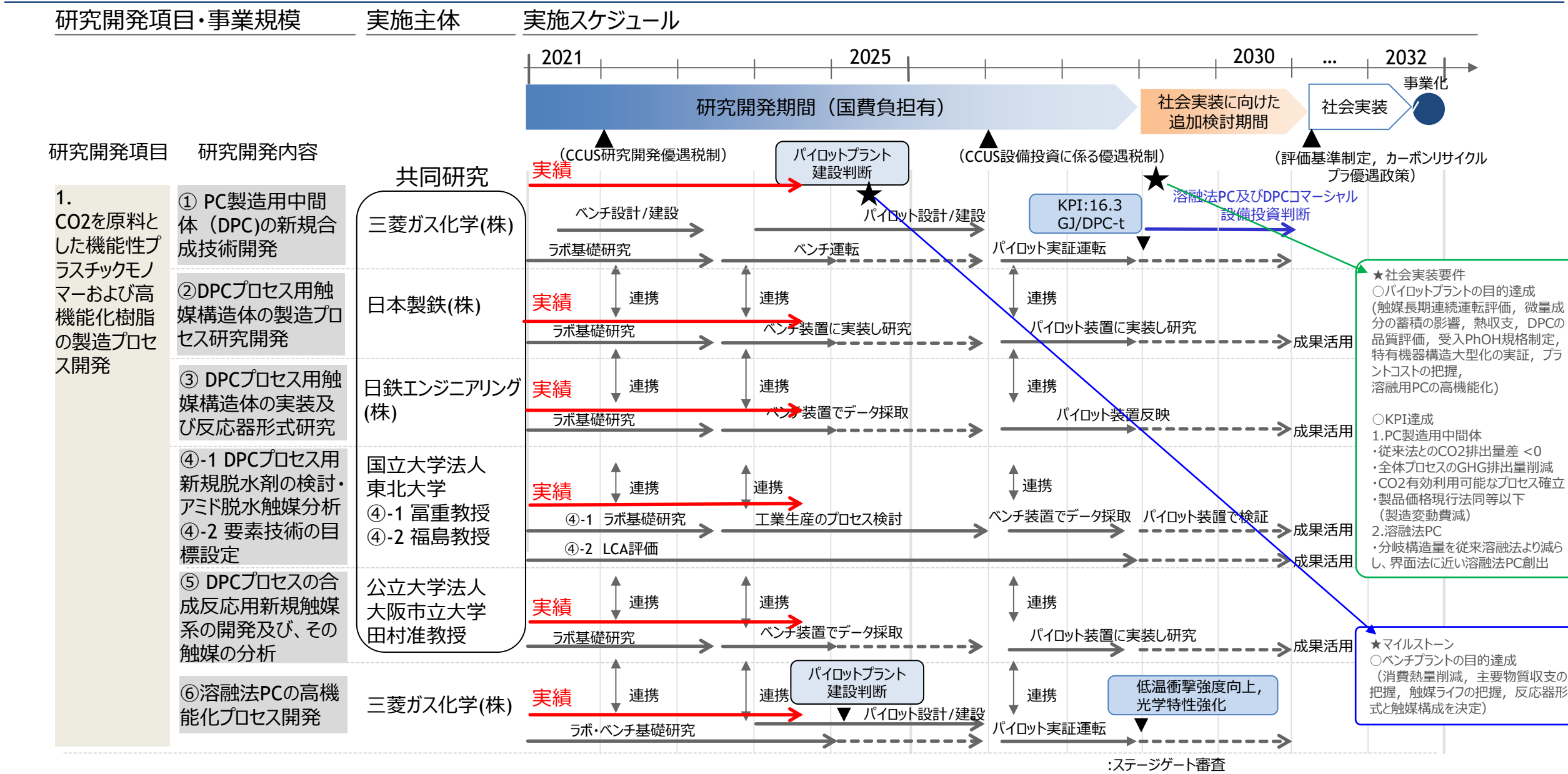
2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

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

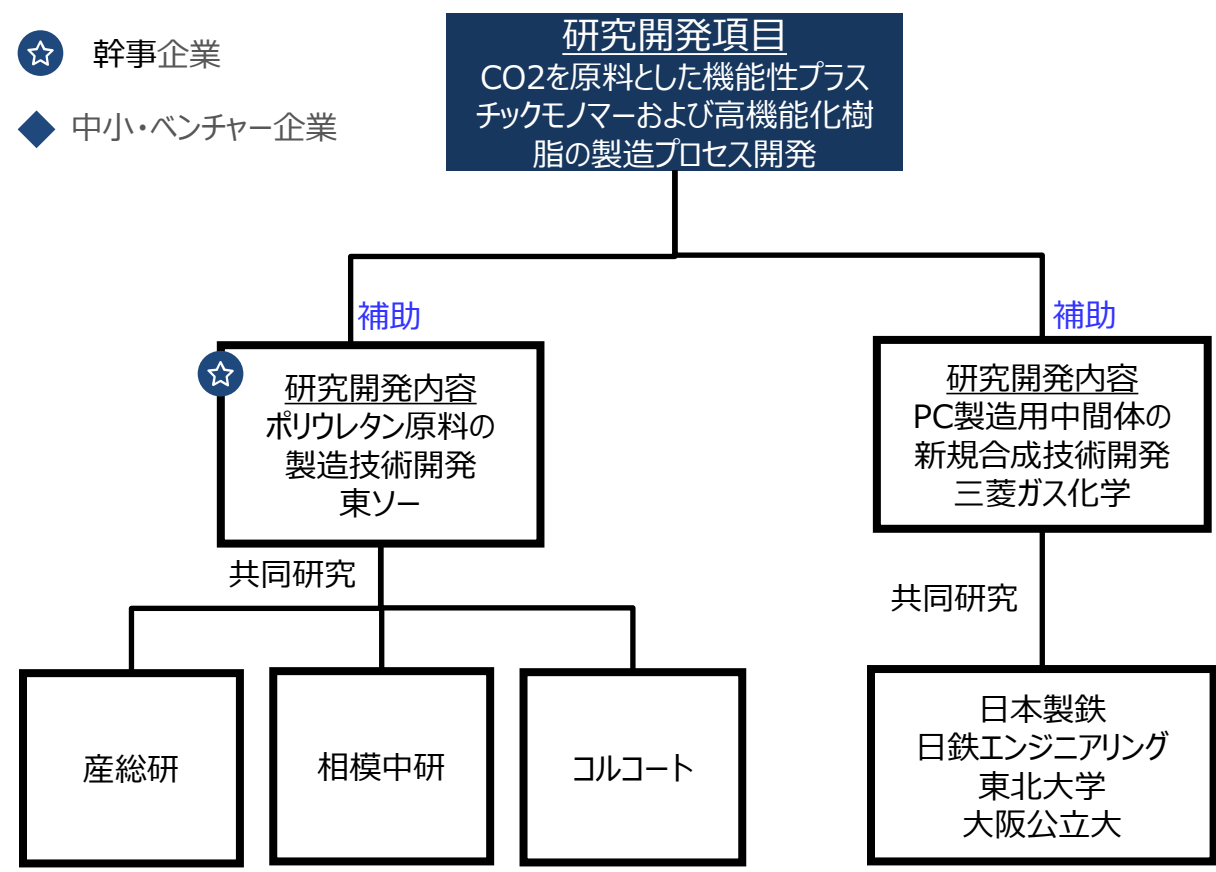
複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画



2. 研究開発計画／（４）研究開発体制

各主体の特長を生かせる研究開発実施体制と役割分担を構築

実施体制図



各主体の役割と連携方法

各主体の役割

- 研究開発内容の取りまとめは、東ソー、三菱ガス化学がそれぞれが行う
- 東ソーは、ポリウレタン原料の製造技術開発/検討、プラント設計データ取得、CO2源の確保、製造コスト検討、高機能化を担当する
- 産総研は、ポリウレタン原料の製造技術開発/検討を担当する
- 相模中研は、有機合成技術、プロセス技術、イソシアネート物性評価技術を基盤とした検討を行い、イソシアネート合成に関する基礎検討（収率向上のための合成手法、条件検討を東ソーファンクショナルポリマー研究所と密に連携して、検討を進める。
- コルコートは、産総研と共同で、副生するケイ素化合物の再生、高機能化を担当する
- 三菱ガス化学は、PC製造用中間体の新規合成技術開発、熔融法PCの高機能化プロセス開発を担当する
- 日本製鉄は、触媒構造体の製造プロセス研究、CO2供給を担当する
- 日鉄エンジニアリングは、触媒構造体の実装及び反応器形式研究を担当する
- 東北大学は、新規脱水剤の検討、触媒の分析、LCA評価を担当する
- 大阪市立大学は、新規触媒の検討を担当する

研究開発における連携方法

- 個々に課題を検討し、結果を共有し開発方針を決定し、研究を推進する

2. 研究開発計画／（5）技術的優位性

国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

研究開発項目	研究開発内容	活用可能な技術等	競合他社に対する優位性・リスク
CO2を原料とする機能性プラスチック材料の製造技術開発	ポリウレタン原料の製造技術開発 イソシアネート（MDI、HDI） ジアルキルカーボネート（DEC）	• NEDO未踏チャレンジ2050（2019年～実施中） 火力発電所排ガスからイソシアネート前駆体合成 • NEDOエネ環先導研究（2020年度） CO2分離膜（N2/CO2分離膜） • 当社ウレタン研究所で保有する高性能ウレタン技術 • CO2からイソシアネート製造 関連論文 Commun. Chem. 2021, 4, 66.（CO2からの環状ウレア） ChemSusChem 2021, 14, 842.（CO2からのDEC合成） Dalton Trans. 2020, 49, 3630.（CO2のヒドロシリル化）など • ポリウレタン原料製造プラント(東ソー周南コンビナート) - MDI 40万トン/年 - HDI 4.5万トン/年 HDI:東ソー南陽事業所内で、東ソー/旭化成の合併会社（50/50）が製造 • ポリウレタンの世界最大市場である中国を中心としたアジア地域に特化した製造・研究・販売拠点を保有 - 東曹（上海）聚氨酯有限公司[中国]（製造・研究・販売） - 東曹（瑞安）聚氨酯有限公司[中国]（製造・販売） - Tosoh Asia Pte., Ltd. [シンガポール]（販売） - Tosoh India Pvt. Ltd. [インド]（販売）	優位性 • 国内最大のポリウレタン製造設備を保有 • ポリウレタン原料として大きな市場を有するMDI、HDIを製造 • 今後、MDIの需要が拡大する見込み • グローバル顧客の近い立地に開発拠点を有することで、市場にニーズをリアルタイムで収集 リスク • 現状開発の動向が見られない海外メーカーの環境対応化合物の積極開発投資、事業化 • 競合他社によるMDI積極投資による価格下落により、収益悪化

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
CO ₂ を原料とする機能性プラスチック材料の製造技術開発	PC製造用中間体の新規合成技術開発 溶融法PCの高機能化プロセス開発	- 基本特許取得済、プロセス出願多数実施。 2020年度NEDO先導研究プログラム/エネルギー・環境新技術先導研究プログラム/CO₂利用PC製造用中間体合成技術開発の実施により、2021年3月末時点の開発段階で他社既存技術よりもGHG排出量が小さく、2030年に向けて更に削減が可能の見込み。 - 三菱ガス化学(MGC)はポリカーボネート事業実施しており、三菱グループとして世界第3位で、開発した技術を速やかに市場投入が可能。 高機能化した溶融法PCを多数上市の実績がある。 - 日本製鉄は触媒構造体製造プロセス研究実績がある。 - 日鉄エンジニアリングはCO₂回収設備を商業化しており、触媒構造体設計の実績がある。 - 東北大学富重教授、大阪公立大学田村准教授は、関連の研究について論文多数掲載の実績。 - 東北大学福島教授は、LCA評価を研究テーマとしており、論文多数掲載の実績。	優位性 - CO₂固定化、低GHG排出量 - MGCのCO₂からの炭酸ジアルキル直接合成プロセスは、産業上有用な様々な化合物合成に応用できる。 - MGCのCO₂からの炭酸ジアルキル直接合成プロセスは、環境適合性が高く、安全且つ効率的なプロセスで、新興国にもライセンスの親和性が高い。 - 溶融法PCの欠点を改善し、高機能化したMGCの新溶融法PCは、自動車や電子機器用途に展開可能。 弱点 - 海外メーカーに比べプラント規模が小さく、投資回収に時間が掛かる

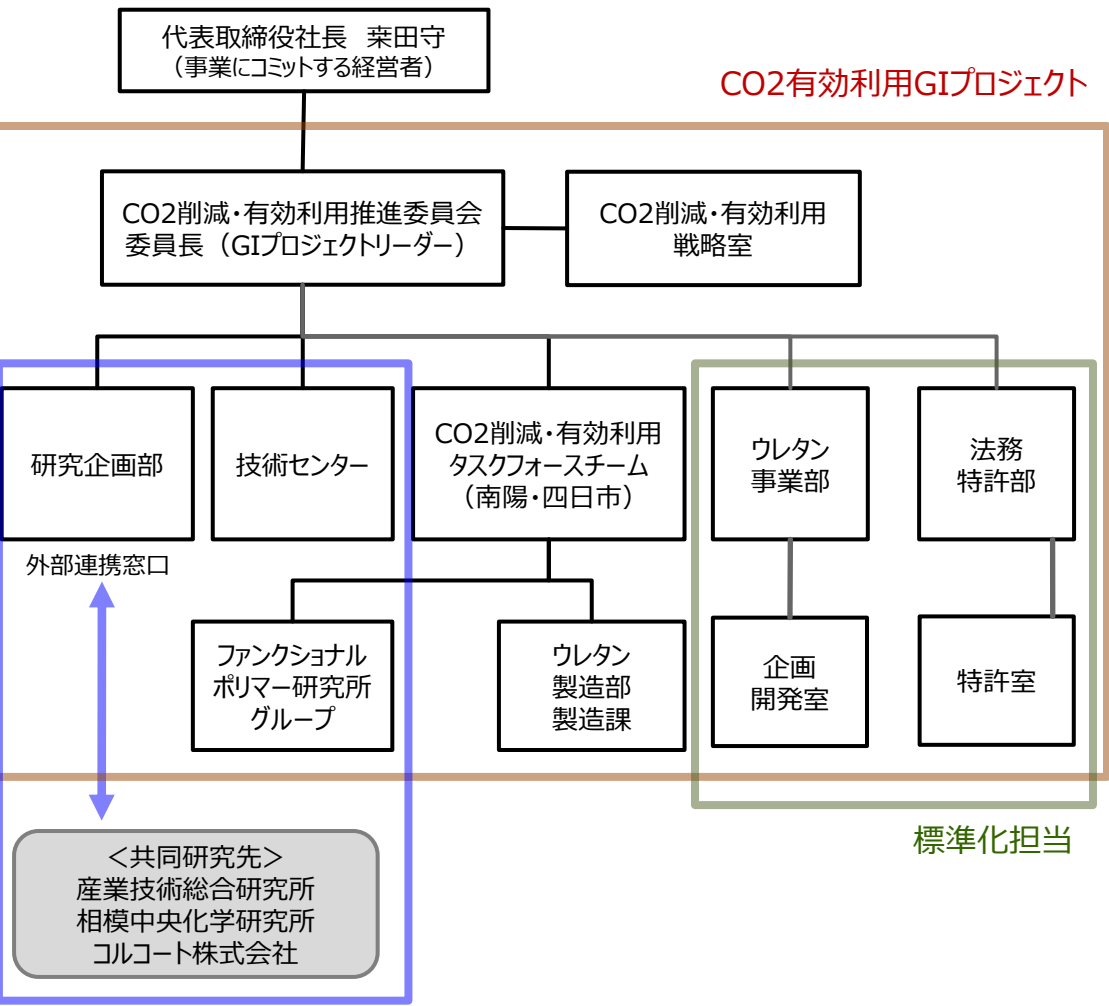
3. イノベーション推進体制

(経営のコミットメントを示すマネジメントシート)

3. イノベーション推進体制／（1）組織内の事業推進体制

社長のコミットメントの下、CO2削減・有効利用委員会委員長をトップとした研究開発体制を構築

研究開発体制図（CO2有効利用GIプロジェクト）



外部連携（研究開発の実施）

研究開発体制と組織内の役割分担

研究開発体制

- CO2削減・有効利用委員会 委員長をトップとする「CO2有効利用GIプロジェクト」を設定。
- CO2削減・有効利用委員会：CO2削減・有効利用に関する方針策定、進捗管理などを議論する担当取締役を委員長とする代表取締役社長直下の当社の最高委員会。

研究開発責任者と担当チーム

- 研究開発責任者（GIプロジェクトリーダー、CO2削減・有効利用推進委員会 委員長）
- 担当チーム
 - CO2削減・有効利用戦略室：CO2削減・有効利用委員会事務局、戦略立案を担当。
 - 研究企画部：共同研究先との連携を担当。
 - 技術センター：ベーシックエンジニアリング、ベンチプラント、パイロットプラントの設計を担当。
 - CO2削減・有効利用タスクフォースチーム：南陽事業所、四日市事業所にそれぞれ設置。各事業所での研究/製造プロセス開発の推進を担当。
 - ウレタン事業部：事業化検討を担当。
- チームリーダー
 - 研究企画部長：研究開発部門のトップ。研究進捗・外部連携を指導。
 - 技術センター長：エンジニアリング部門のトップ。プロセス開発を指導。
 - タスクフォースチームリーダー：事業所生産技術部門のトップ。本事業の開発を指導。
- 社会実装/標準化戦略担当
 - ウレタン事業部 企画開発室長
 - 法務特許部 特許室長

部門間の連携方法

- 各チームは研究開発責任者を交えたCO2削減・有効利用推進会議（CO2削減・有効利用推進の下部会議 議長：CO2削減・有効利用戦略室長）にて、進捗状況の報告を行い議論する。
- 研究開発責任者はCO2削減・有効利用推進委員会にて、上記会議で起案された案件を決議する。必要に応じて、取締役会や経営会議で審議し、決議する。

3. イノベーション推進体制／（2）マネジメントチェック項目① 経営者等の事業への関与

経営者によるCO2を原料とするポリウレタン原料の製造技術開発への関与の方針

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

CO2排出量削減・有効利用に向けた取り組みとして、経営者から以下のメッセージを発信し、積極的に取り組むことを宣言している。

「気候変動は世界で最も関心が高い社会課題のひとつです。東ソーグループは事業活動を通じた温室効果ガス排出量削減への貢献が、中長期的な成長における最重要課題と認識し、省エネルギーや燃料転換によるCO2排出削減、CO2の有効利用に向けた技術検討を推進しています。」

「東ソーを幹事会社としたグリーンイノベーション基金事業に採択されました。GHG排出量削減への取り組みが事業の中長期的な成長につながると考えており、今後もCO2の有効利用技術の開発を推進し、持続可能な社会の実現に貢献していきます。」

（東ソーレポート2023より）

● 事業のモニタリング・管理

事業進捗状況のモニタリング

- 担当取締役を委員長とするCO2削減・有効利用推進委員会を中心に本事業のモニタリング・管理を実施（CO2削減・有効利用推進委員会は最低2回/年開催する）。
- CO2削減・有効利用推進委員会の開催前に、研究開発責任者を交えたCO2削減・有効利用推進会議を開催し、各チームでの進捗状況の報告と今後の方針について議論（CO2削減・有効利用推進会議：議長 CO2削減・有効利用戦略室長、最低4回/年開催）。
- 各担当チームは定期的にチーム会議を開催し、進捗状況の確認と今後の方針について議論。

事業進捗管理

- 開発方針の決定/大幅変更等は、各担当チームリーダーがCO2削減・有効利用推進会議で起案、議論した後、CO2削減・有効利用推進委員会にて決議。結果は取締役会で委員長が報告。

事業の継続性確保の取組

● 研究開発責任者の交代

研究開発責任者（GIプロジェクトリーダー、CO2削減・有効利用推進委員会 委員長）が交代する場合には、滞りなくCO2削減・有効利用委員会が開催されるように、新委員長の方針を踏まえつつ、事務局であるCO2削減・有効利用戦略室が補佐し、事業の継続性を確保する。

● 担当チームリーダーの交代

担当部のチームリーダーが交代する場合には、事業が継続して実施されるよう、着実な引き継ぎを行うことを徹底する。必要に応じて、CO2削減・有効利用推進会議やCO2削減・有効利用推進委員会の事務局であるCO2削減・有効利用戦略室が引継ぎ内容に確認や事業推進方針に関する確認を行う。

● 事業方針の大きな変更

研究開発責任者、担当チームリーダーの交代に関わる事業方針の変更、検討進捗による検討内容の変更やスケジュールの変更など、本事業の継続に関わる事案が発生した際には、本事業の社内起案元である研究企画部、CO2削減・有効利用戦略室が責任元となって社内外との調整を行う。

社内会議の種類と頻度

以下の会議で本事業の進捗状況の確認と今後の方針に関する共有を行う。

- CO2削減・有効利用推進会議 最低4回/年
- CO2削減・有効利用推進委員会 最低2回/年
- 取締役会、経営会議 適宜
- （その他、担当チームは定期的にチーム会議を開催する）

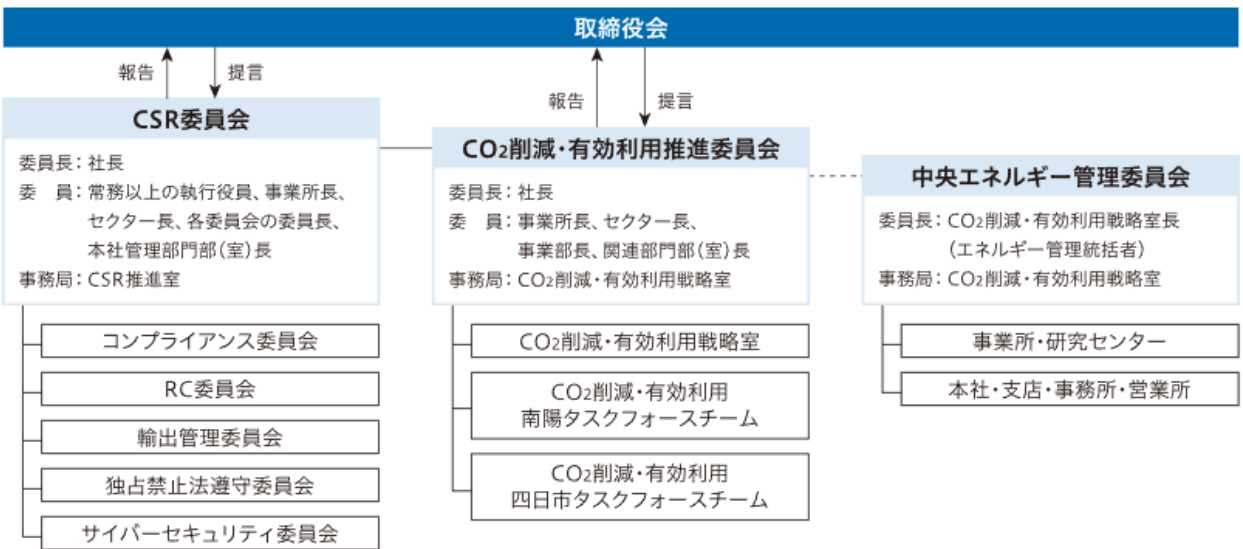
3. イノベーション推進体制／（3）マネジメントチェック項目② 経営戦略における事業の位置づけ

CO2削減・有効利用への貢献が中長期的な成長における最重要課題として、取組み状況を発信
（本事業は、当社のCO2有効利用に関する重要な施策であることを認識）ガバナンスとステークホルターとの対話

CO2削減・有効利用推進委員会での議論

- 当社のCO2排出削減目標を設定
 - 2030年度までにG H G排出量を2018年度比で30%削減
 <主な施策> 2022～2024年度中期経営計画より（2022年8月10日発表）
 CO2原料化、省エネ投資、発電設備燃料転換など
 <2022年度実績>
 南陽事業所にバイオマス発電所の新設を決定（2026年発電開始予定）
 - 2050年カーボンニュートラルへの挑戦
- 事業戦略・事業計画の決議・変更、ガバナンス
 - 本事業および関連する事業戦略を構築
 - ① CO2削減・有効利用戦略室、同タスクフォースチームで実施部門と連携して
 関連する事業戦略、事業計画を立案
 - ② CO2削減・有効利用推進会議で議論
 - ③ CO2削減・有効利用委員会に提案し了承を受ける
 - ④ 取締役会に報告し審議
 方針の大幅変更・大型投資については経営会議で審議
 - ⑤ 実施部門にて稟議起案し、実行する
 - 進捗の確認・修正
 本事業および関連する事業の進捗状況を、CO2削減・有効利用推進委員会
 委員長が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。必要に
 応じて経営会議で審議する
 - 決議内容の周知
 本事業および関連する事業について決議された内容をCO2削減・有効利用推
 進委員会委員長を通じ、社内の関連部署に広く周知する。
- 研究開発計画とCO2削減・有効利用戦略委員会での決議事項との関係
 - 研究開発計画の報告
 各担当チームは、CO2削減・有効利用戦略委員会で研究開発計画の報告を行う。
 - 決議事項の実施
 本事業および関連する事業に関する決議事項については、各担当チームにて実施する。

推進体制



ステークホルダーとの対話

- 当社での取り組み状況の報告と対話
以下の報告ツールを用いて、CO2削減・有効利用への貢献に関する情報を社内外に発信
 - アニュアルレポート（東ソーレポート）
 - 東ソーホームページ（インターネット）
 - 決算短信・決算説明会資料
 - 有価証券報告書
 - 東ソーグループ報（社内報）
 - イン트라ネット掲示板

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

・ 実施体制

CO2削減・有効利用推進委員会 委員長をトップとしたCO2有効利用GIプロジェクトを構築。

- コーポレート組織（CO2有効利用GIプロジェクト）
社長直轄のプロジェクト（社長に直接報告する組織体制）にすることで、事業の進捗状況や事業環境の変化を踏まえ、開発体制や手法等の見直し、追加的なリソース投入などの意思決定を迅速に行うことが可能。
- ベンチ設備建設サブチーム
事業所役員をトップとするベンチ設備建設サブチームを結成して、ベンチ設備に関する業務を効率的に運営。関連部署と定期ミーティングを行うことで情報を共有。
- 外部機関との連携
外部機関（共同研究先）を活用、役割分担を明確に設定することで、研究開発期間の短縮を行う。全体会議を毎月開催することで、検討状況と今後の方針を共有し、組織間コミュニケーションを円滑化。

・ 人材・設備・資金の投入方針

- CO2削減・有効利用推進委員会委員長をプロジェクトリーダーとする「CO2有効利用GIプロジェクト」を設定。
- プロジェクト構成メンバーは、研究部門、エンジニア部門、製造部門、営業部門、コーポレート管理部門などから参画
- 外部機関との連携により開発体制を強化
（外部機関との連携運営は研究企画部で行う）
- 本検討では、開発当初から研究所とエンジニア部門である技術センターが一体となって実証プロセスを想定した研究開発を行う。
- 当社山口県南陽事業所内にベンチ、パイロットプラントを設置し、評価する予定。
- 本基金および実商に関わる自社負担金
 - ⇒ 研究開発費およびベンチ・パイロットプラント設置費の一部を負担
 - ⇒ 商業プラント建設は、数百億円規模を予定（資金調達方法は未定）
 - ⇒ 2030年初めの実商を目指す

CO2削減・有効利用推進委員会委員長をトップとした推進体制

・ 推進体制

- CO2有効利用GIプロジェクト
CO2削減・有効利用委員会委員長をリーダーとし、CO2削減・有効利用タスクフォースチーム（南陽、四日市）、技術センター、研究企画部、ウレタン事業部から構成される本GI基金を推進するためのプロジェクト。
- CO2削減・有効利用委員会
CO2削減・有効利用に関する方針策定、進捗管理などを議論する代表取締役者社長直下の当社の最高委員会。
- CO2削減・有効利用戦略室
CO2削減・有効利用委員会事務局、戦略立案を担当。
GIプロジェクトの事務局として進捗管理を実施。
- 研究企画部
研究所、技術センターと共同して、共同研究先との連携を担当。
- 技術センター
スケールアップ、プロセス開発、ベンチプラント、パイロットプラントの設計を担当。
- CO2削減・有効利用タスクフォースチーム
南陽事業所、四日市事業所にそれぞれ設置。各事業所での研究/製造プロセス開発の推進を担当。
- ウレタン事業部
事業性や事業化検討を担当。
- 研究所
外部機関、技術センターと連携して反応効率の改良検討を担当。
第1期はファンクショナルポリマー研究所が担当。
- 製造部
パイロットプラントを設置。パイロットプラント設置後は、プラント運転も担当する。
セメント・エネルギー製造部動力課（火力発電所排ガスからのCO2抽出ライン設置）

・ 人材育成・若手人材の育成（含む標準化戦略人材）

- 新入社員、若手社員の活用
若いうちに大型テーマを担当することで研究開発経験を増進。
- 外部機関との交流
産業技術総合研究所等との共同開発を通じたOJTを実施。

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、CO2削減効果や経済合理性がない場合は事業中止も検討

研究開発（技術）におけるリスクと対応	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
- CO2削減効果が十分に認められないリスク - 経済合理的なプロセスを構築できないリスク（製造コストの大幅な上昇） - 競合他社による当社よりも効率的なプロセスによる実商開始 - 開発品が顧客で受け入れられないリスク（性能） ⇒ 基礎研究に優れる外部機関と連携し、革新的反応プロセスを開発する。 ⇒ 研究部門とエンジニアリング部門が一体となって開発することで効率的に開発を進める。 ⇒ 外部エンジニアリング会社と連携し、開発速度の向上とコスト優位なプロセスを開発する。	- 開発品が顧客に受け入れられないリスク（コンセプト等：CO2原料） - 商業プラント建設の制限（イソシアネート数量制限、CO2源との隣接が困難） - 法規制による原料資材の制約（化合物毒性による使用量の制約など） ⇒ 開発段階から、顧客の取り込みを実施する。 ⇒ 開発段階から、顧客要求を満たす製品へのアレンジを実施する。	- 疫病の大流行 - 災害発生（水害、地震など） - 建設費高騰（資材、人件費） - 人材不足（プラント運転） → 問題発生時には、臨機応変に対応する。
● 事業中止の判断基準： - CO2排出量の削減が不可能な場合 - 経済合理的なプロセスを構築できない場合（製造コストの大幅な上昇） - 他社開発状況に対して大幅に遅延した場合 - 開発品が顧客要求性能を満たさない場合 - 開発品が顧客に受け入れられない場合 - 法令改正等により、製品が販売できなくなった場合 - 研究開発が不可能になった場合 - プラント建設費が大幅に高騰し、固定費の回収不能となった場合 - 人材の極端な不足が発生した場合		