

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：三菱ガス化学株式会社、代表名：代表取締役社長 藤井政志

（コンソーシアム内実施者：東ソー株式会社（幹事企業））

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）

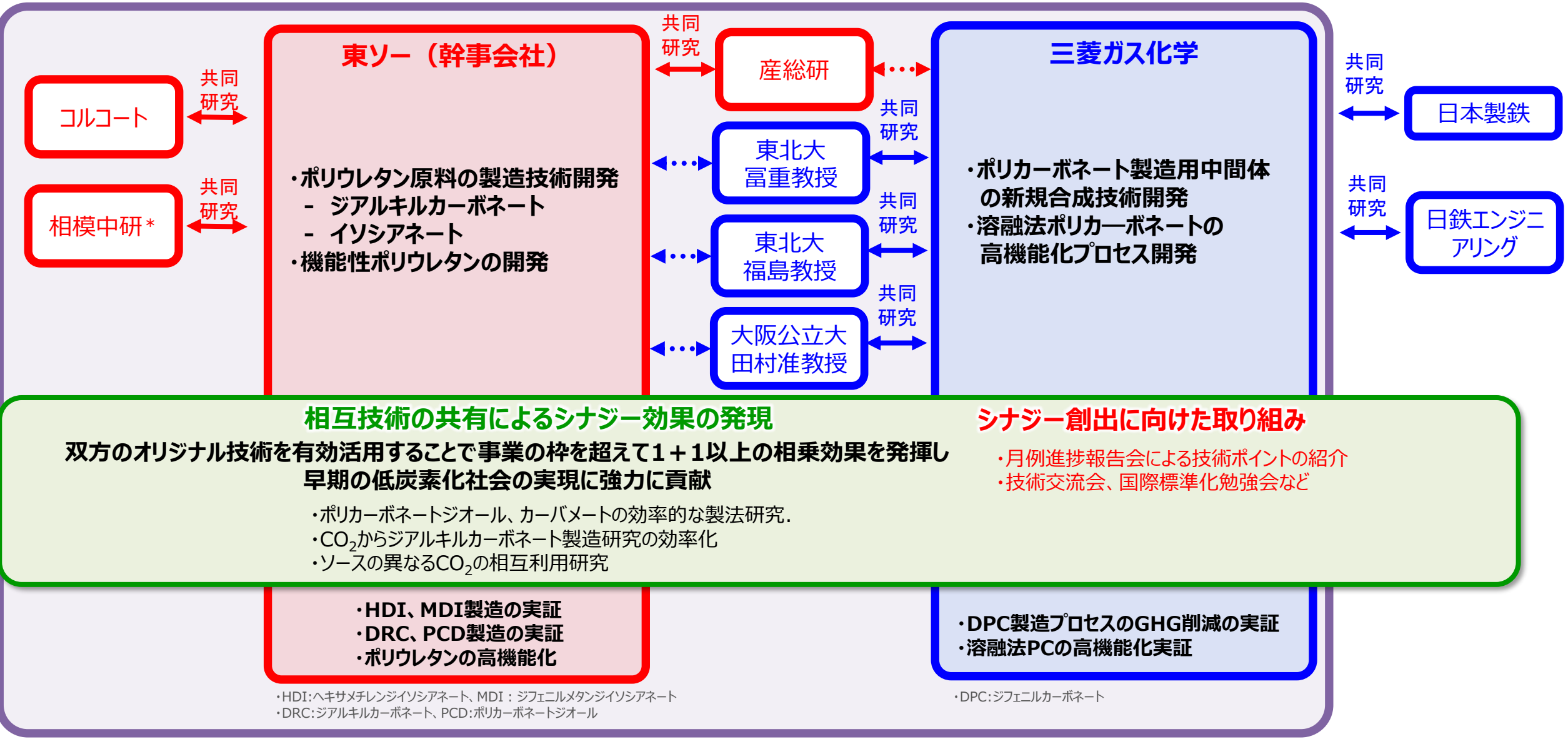
- (1) 組織内の事業推進体制
- (2) マネジメントチェック項目① 経営者等の事業への関与
- (3) マネジメントチェック項目② 経営戦略における事業の位置づけ
- (4) マネジメントチェック項目③ 事業推進体制の確保

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

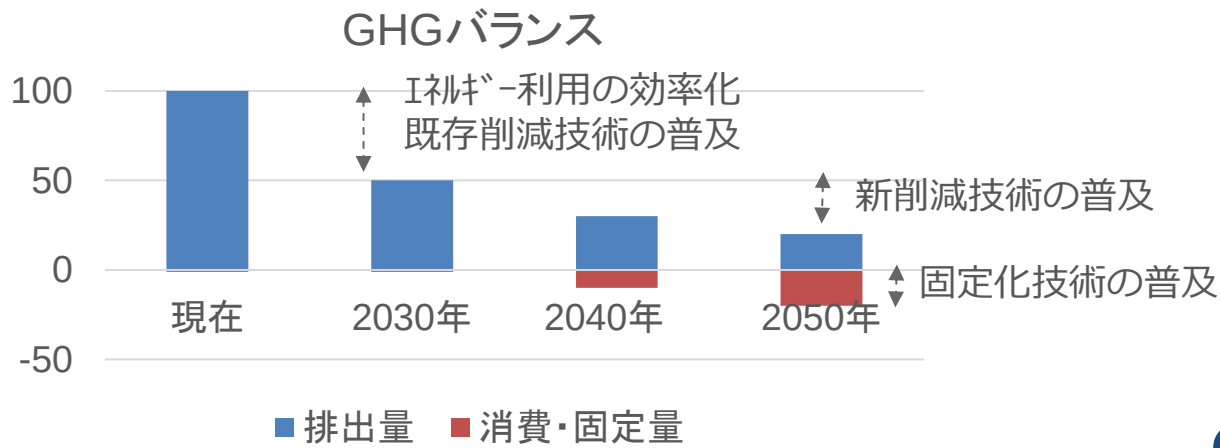


検討テーマ名： CO₂を原料とする機能性プラスチック材料の製造技術開発

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

カーボンニュートラルの実現のため、CO2排出削減と固定化、それぞれの技術が普及すると予想

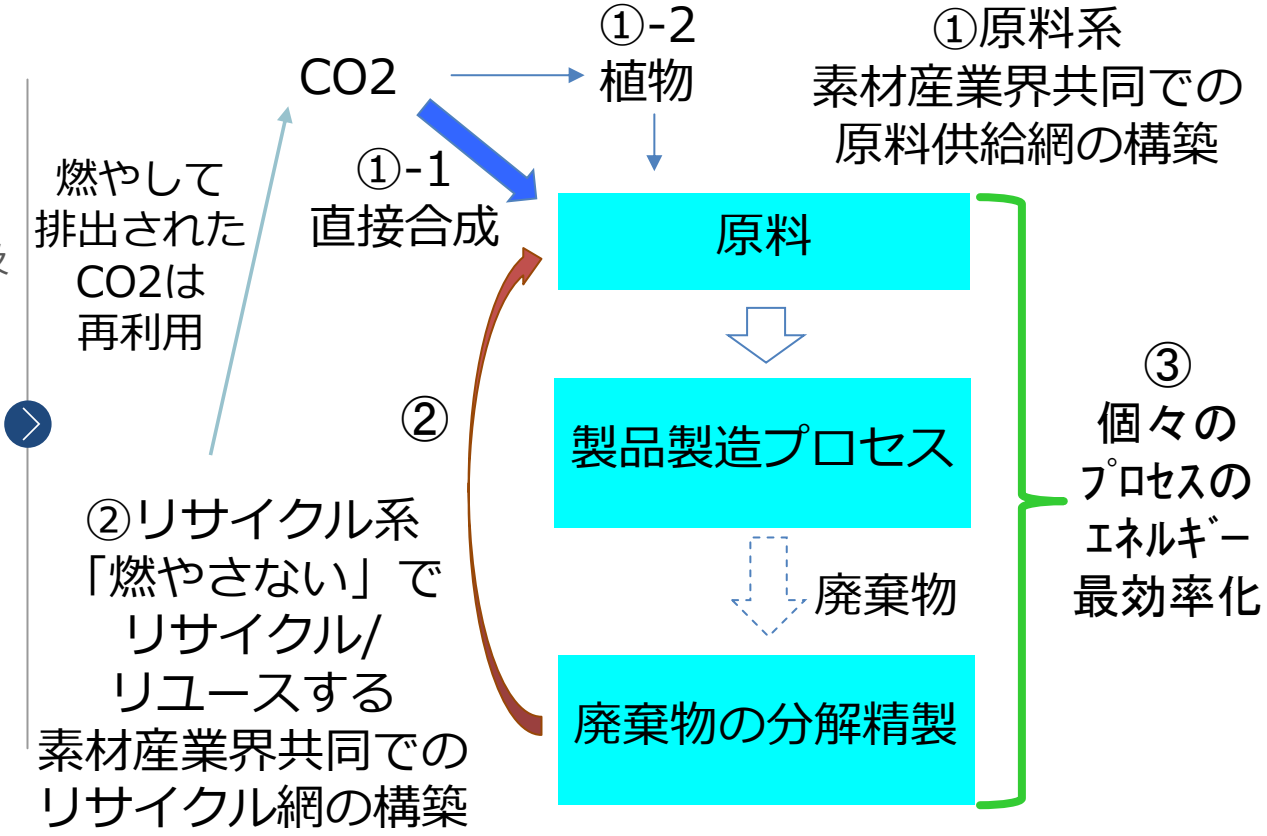


- (政策面)
- CN実施事業の育成
 - 不均衡を矯正する行政指導
- (社会面)
- CN実現への理解と社会全体の協力体制
- (経済面)
- 安定した経済成長の継続
- (技術面)
- CO2削減技術/固定化技術の確立と社会への実商化

- ※素材産業における市場機会：認識に変化なし
- ① 植物由来またはCO2直接合成による原料供給体制の構築
 - ② 廃棄物リサイクル網の構築
 - ③ プロセスのI初値-効率化による競争力強化

※社会・顧客に与えるインパクト：サステナブル素材の普及

CN社会実現に向けた素材産業のアーキテクチャ

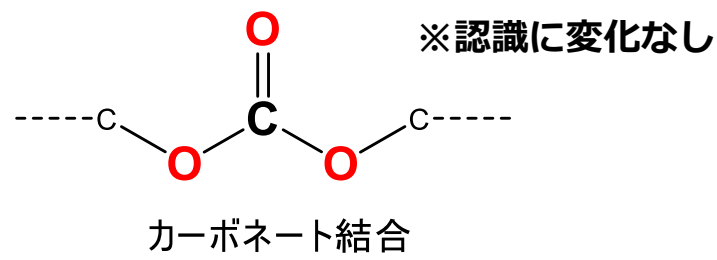


※当該変化に対する経営ビジョン：
新中期経営計画「Grow Up2023」に公示
第2章 社会的価値と経済的価値の両立 ～持続可能な成長に向けて
https://www.mgc.co.jp/corporate/news/files/Grow_UP_2023.pdf～
カーボンニュートラル貢献事業/製品例として
・地熱発電 ・火力発電+CCS
・CO2由来メタノール ・CO2由来ポリカーボネート

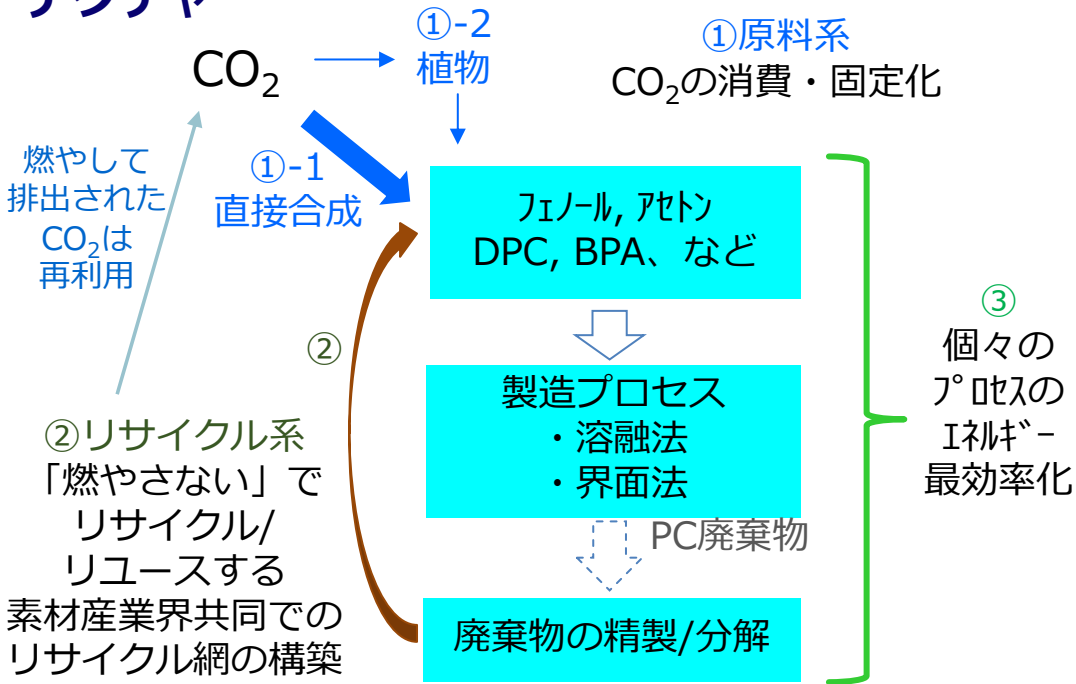
1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット

プラスチック市場のうちポリカーボネート(以下PC) をターゲットとして想定

素材産業、特に社会生活になくてはならないプラスチックの中で、CO₂の固定化が実現し得るカーボネート結合を有するポリカーボネートを注力セグメントに選択



PCセグメントにおけるCN実現に向けたアーキテクチャ



ターゲットの概要（世界市場）

1) 世界市場

単位：販売数量(t)

分野・用途	2021 年(実績)		2022 年(予測)		2023 年(予測)	
	販売数量	構成比	販売数量	構成比	販売数量	構成比
電気電子・OA	1,370,000	29.8%	1,347,000	29.9%	1,358,000	29.7%
フィルム・シート	1,130,000	24.6%	1,100,000	24.4%	1,120,000	24.5%
自動車・建機	655,000	14.2%	640,000	14.2%	675,000	14.7%
医療・保安	225,000	4.9%	233,000	5.2%	240,000	5.2%
光ディスク	215,000	4.7%	205,000	4.6%	195,000	4.3%
その他	1,005,000	21.8%	975,000	21.7%	992,000	21.7%
合計	4,600,000	100.0%	4,500,000	100.0%	4,580,000	100.0%

3) 分野・用途別採用例（表中の下線部は主要用途、表中の★は今後の有望用途）

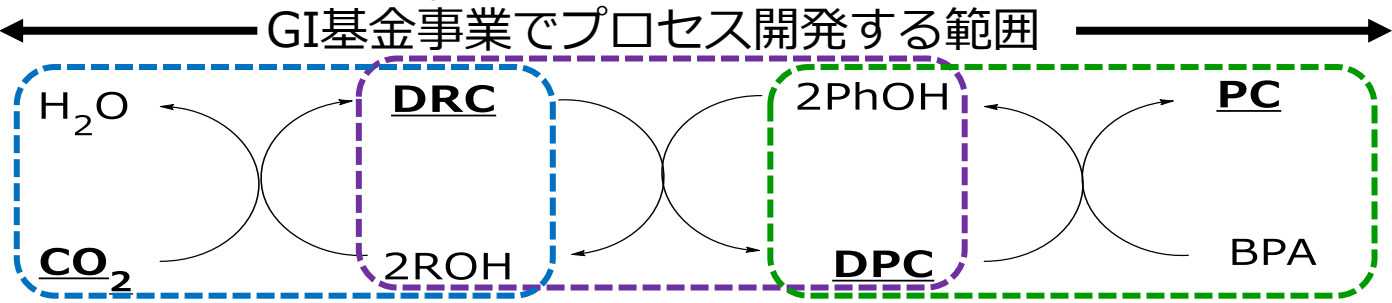
分野・用途		採用例
電気電子・OA	筐体	OA 機器、FPD、通信機器（通信基地局★）、カメラ、ゲーム機等
	その他	LED 照明部材、スマートメーター等
フィルム・シート	表示パネル	導光板、拡散板、反射板、タッチパネルの前面板、カード基材、ホログラフィ
	建築・土木資材	屋根採光板、高速道路の遮光・遮音板等
自動車・建機	外装	グレーシング★、ホイールキャップ、3D-LiDAR カバー★、等
	内装	メーターパネル、ドア周りのボタン・スイッチ等
	光学	ヘッドランプリング、DRL（Daytime Running Light）★、HUD★等
	その他	電装機器筐体、LiB ユニットケース・カバー★
医療・保安	医療	人工腎臓や人工肺の容器・キャップ★、人工透析器、輸血フィルタ、注射針等
	保安	火災探知機、消火器ケース、ヘルメット、ヘルメットシールド、防護盾
光ディスク		CD、DVD、BD
その他		ウォーターボトル、眼鏡レンズ、スーツケース等

1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

CO2の固定化と H_2O と CO_2 を最適化した原料合成技術

⇒①技術ライセンス、②DPC中間原料の製造販売、③PC製品の製造販売

社会・顧客に対する提供価値;以下三通りを設定



ROH、PhOHはリサイクル
⇒トータルとして、CO2とBPAからPCを製造、水しか副生しないプロセス

提供価値	内容	研究開発性
①原料合成技術	CO2をカーボネート結合部位として取り込み固定化し、さらにその H_2O と CO_2 を最小化したジアルキルカーボネート(DRC)の合成技術	基本合成技術は2020年度NEDO H_2 と CO_2 外までで構築済み 当GI基金で詳細(高収率化、省エネルギー化、装置小型化)検討予定
②中間原料	①のDRCとPhOHのエステル交換により得られる低環境負荷のDPC	基本技術は当社の別途非 H_2 と CO_2 DPC H_2 と CO_2 で実証済み 当GI基金で詳細(高収率化、省エネルギー化、装置小型化)検討予定
③溶融法PC	②のDPCとBPAのエステル交換により得られる低環境負荷の溶融法PC	自社の溶融法PCの量産技術は確立済み 溶融法PCの欠点を改良する新製造プロセスは基礎確立済み

提供手段とビジネスモデル

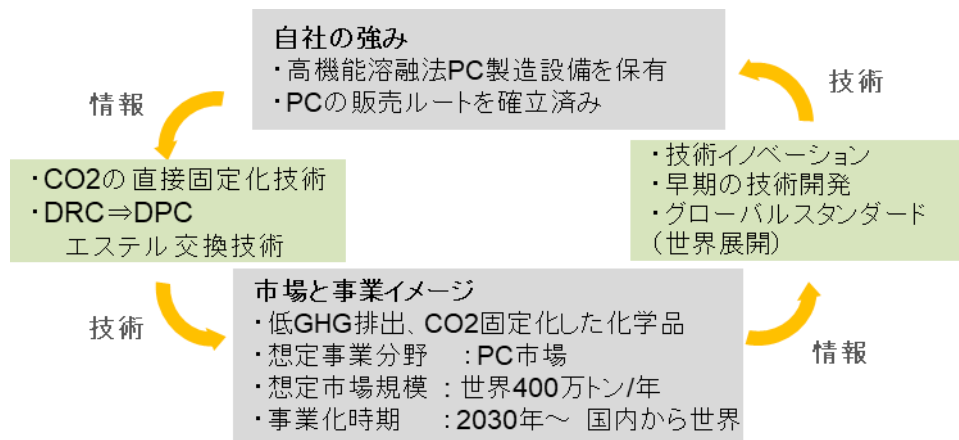
価値の提供手段	予定しているビジネスモデルと特長
①原料合成技術のライセンス	CO2の固定化と H_2O と CO_2 を最適化した原料(DRC)の合成技術をライセンスし原料供給網の構築に貢献 PCのみならず、ポリウレタン、その他カーボネート結合を有する原料を用いる素材メーカーに広く展開可能
②中間原料DPCの製造販売	当社の溶融法特殊PC向けへの自消、ならびに他社溶融法PC向けへの販売 GHG削減と原料供給網の構築に貢献
③溶融法PCの製造販売	当社の基盤事業、差異化事業として位置づけているPC事業の強化 継続的な製品の改良/新分野への進出と社会貢献とを同時に実現

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）

市場導入(事業化)しシェアを獲得するために、ルール形成(標準化等)を検討・実施

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

- 技術イノベーション …… CO2排出量の削減が可能なプロセス開発
- 早期の技術開発 …… 早期展開によるデファクトスタンダード化
- グローバルスタンダードによる世界展開 …… 世界生産拠点での実装



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）

- 国内では、種々の化学品の環境負荷情報の開示が話題になりつつある。
- 標準化や規制に向けた制度作成に向けた活動が行われつつある。
- 現状では、CO2有効利用による化学品製造に関して、新技術の規制や導入を阻むような規制はない。

（これまでの自社による標準化、知財、規制対応等に関する取組）

- 関連技術に関する特許出願（国内・海外）の実施。
- 海外技術動向や規制化合物に関する情報収集。

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

オープン戦略（標準化戦略）

- CO2東ソーとのコンソーシアム体制による技術開発
→ CO2を原料とする含酸素化合物の早期製造プロセス開発
- 各大学、新日鉄、日鉄エンジニアリングとの共同検討
→ 関連する学術情報の早期公開
- 産総研「CO2分離回収・資源化コンソーシアム」に参加
→ 分野別ワーキンググループでの話題提供
- 鹿島工場においてISCC-PLUS製造認証取得予定（24年始）
→ ISCC規約改定により、DPCの場合はPhOH、PCの場合はBPAがそれぞれ認証原料の場合、固定化するCO2は石化由来でも認証原料として認められる

クローズ戦略（知財戦略）

- 当社知財部門と連携した知財対策の推進
- 開発技術の国内・外国特許出願
- 関連技術の包括的特許調査による全世界での競合開発状況の把握

1. 事業戦略・事業計画／（4）経営資源・ポジショニング

提供価値に関する経営資源と将来性考察

自社の強みと将来的な優位性

提供価値	当社の強み	2030年における優位性
①原料合成技術	CO2を直接固定化する技術を有する ※Covestro社は当該技術を有さない	GI基金での活動を通して、PCメーカーのみならずカーボネート化合物を原料とする1-ザ-に広くアピールできている
②中間原料	DRCをDPCにIATL交換する技術を有する ※Covestro社は当該技術を有さない	中間原料に対する品質ハックの知見、受け入れ検査/検証の設備/ノウハウを利用できている
③溶融法PC	高機能溶融法PCを事業化しており、販売ルートが確立されている ※旭化成社はPCを製造販売していない	界面法PCとCO2を原料とした新溶融法PCにより、幅広く顧客ニーズに対応できる 既存のPC製造販売網が利用可能

経営資源・ポジショニング

提供価値	当社の弱みまたは不足事項	2030年までの対応策
①原料合成技術	CO2の供給源を有さない 基礎を確認した段階で、スケールアップしプロセスの確立が必要 ⇒ラボでのGHG排出量は目標達成	CO2供給源の確保 [候補；火力発電所（東リ）、製鉄所煙道ガス（日鉄グループ）、新潟ガス田余剰CO2(JAPEX)] GI基金での検討によりプロセス改善を50%削減
②中間原料	DPCの製造設備を有さない ⇒ベンチプラント23年11月初旬完工	GI基金でのパイロットプラント建設と検証運転
③溶融法PC	界面法PCよりも分岐構造が多い、着色あり	当社独自の溶融法プロセス検討により改良

1. 事業戦略・事業計画／（5）事業計画の全体像

10年間の研究開発、市場適用性の判断後、2033年頃に事業化を行う

投資計画

→ 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 → → 研究開発 → 事業化														
	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	計画の考え方
投資計画														
取組段階/意思決定	研究開発 継続				実証検討 判断				事業化判断				事業化	N13年頃から商業プラント試運転開始、 N14年度から販売開始,10万/トン・年 サイズを計画中
研究開発費 設備投資費	総事業計画費約126億円								パイロットプラント運転による 商業プラント向けデータ採取				・N8年頃からパイロット試作品のユーザー 求評開始 ・N2年度にベンチプラント投資判断 ・N5年度にパイロットプラント投資判断	
設備投資内訳														
CO ₂ ～DPC ベンチプラント		ベンチプラント建設投資 および設備追加投資												・DPCベンチプラント：8トン/年
CO ₂ ～DPC～PC パイロットプラント					パイロットプラント建設投資および設備追加投資								・DPCパイロットプラント：2,000トン/年 ・新溶融法PCパイロットプラント ：400トン/年	
CO2削減量														
CO ₂ 削減効果(トン/年)	-	-	-	-	-	-	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	16.9万	現行PCプロセスに対する目標削減量 1.69kg-CO ₂ /kg-PC

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	・本GI事業の検討過程で権利化可能な技術が見いだせれば出願する ・カーボネート化合物のメーカーから本技術のライセンスの希望がある場合は交渉に応じる ・検証プラントで試作したサンプルはユーザーに広く求評しフィードバックいただく	・本GI事業の社内モックアップを通して途中経過を検証し、定期的に社会実装への投資可否についてサステナビリティや社会貢献も加味して総合的に検討する ・CO2を始めとする原料供給網への参画を見据えた、立地場所を検討	・GHG削減を盛り込んだ製品/サービスに対する標準的な評価基準を常にアップデートする ・サステナブル素材の標準ランク付けがあれば査定に応募し、自社品の立ち位置を確認する
進捗状況	・ラボでのGHG排出量は目標達成	・ベンチプラント23年11月初旬完工	・高機能PC用途をターゲットにユーザーへのヒヤリングを実施中
国際競争上の優位性	・国際出願して権利化する ・海外にもライセンス展開する ・海外ユーザーにも求評する	・低環境負荷のプロセスであることをアピールし海外への進出、海外メーカーとの連携を模索する ・国境を越えた原料供給網、リサイクル網の構築準備	・サステナブル素材の世界基準への準拠 ・もっともGHG排出量の少ないプロセスの確立により、CO2から製造したことを証明する仕組みづくりを支援し、国際標準化を先導することが可能となる ・海外ユーザーへ広くアピールし、相手に応じて原料合成技術のライセンス、中間原料の製造販売、PCの製造販売についてアライアンスを含めて検討する

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

将来の社会実装を見据えて行う、事業化面の取組

①CO2源の検討

コマーシャルプラントの操業を想定した、原料CO2の量・質ともに安定した調達元について調査・ヒヤリングを開始

②コマーシャルプラント設置場所の検討

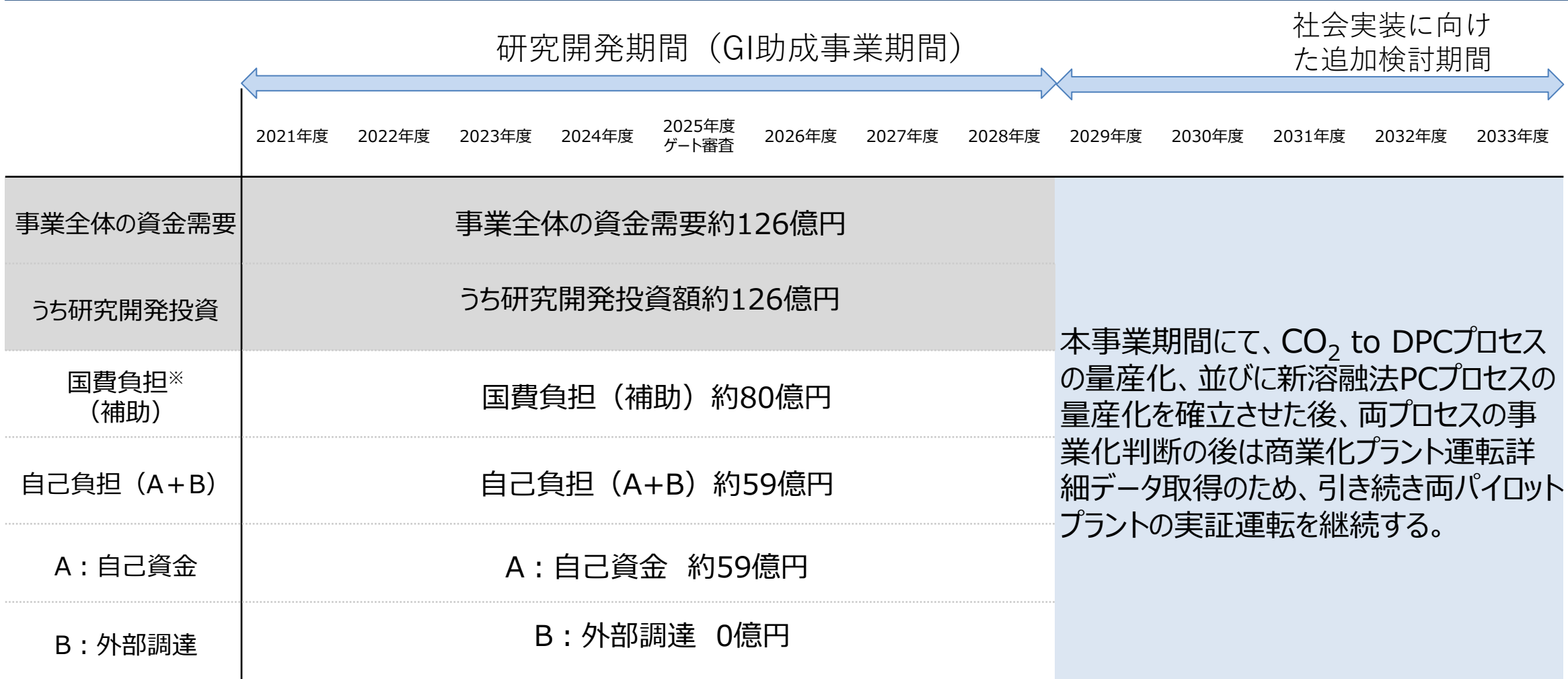
①CO2源の調査状況を鑑みながら、好適な設置場所について検討を開始

②コマーシャルプラント建設費用算定

CO2 to DPC装置、熔融法PC装置、両プロセスでのコマーシャルプラント建設を想定し、凡その装置規模の仮定と建設費の概算を実施中

1. 事業戦略・事業計画／（7）資金計画

国の支援に加えて、2028年度までに59億円規模の自己負担を予定
（同期間内での事業全体の資金需要は126億円規模）



※インセンティブが全額支払われた場合

2. 研究開発計画

2. 研究開発計画／（１）研究開発目標

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

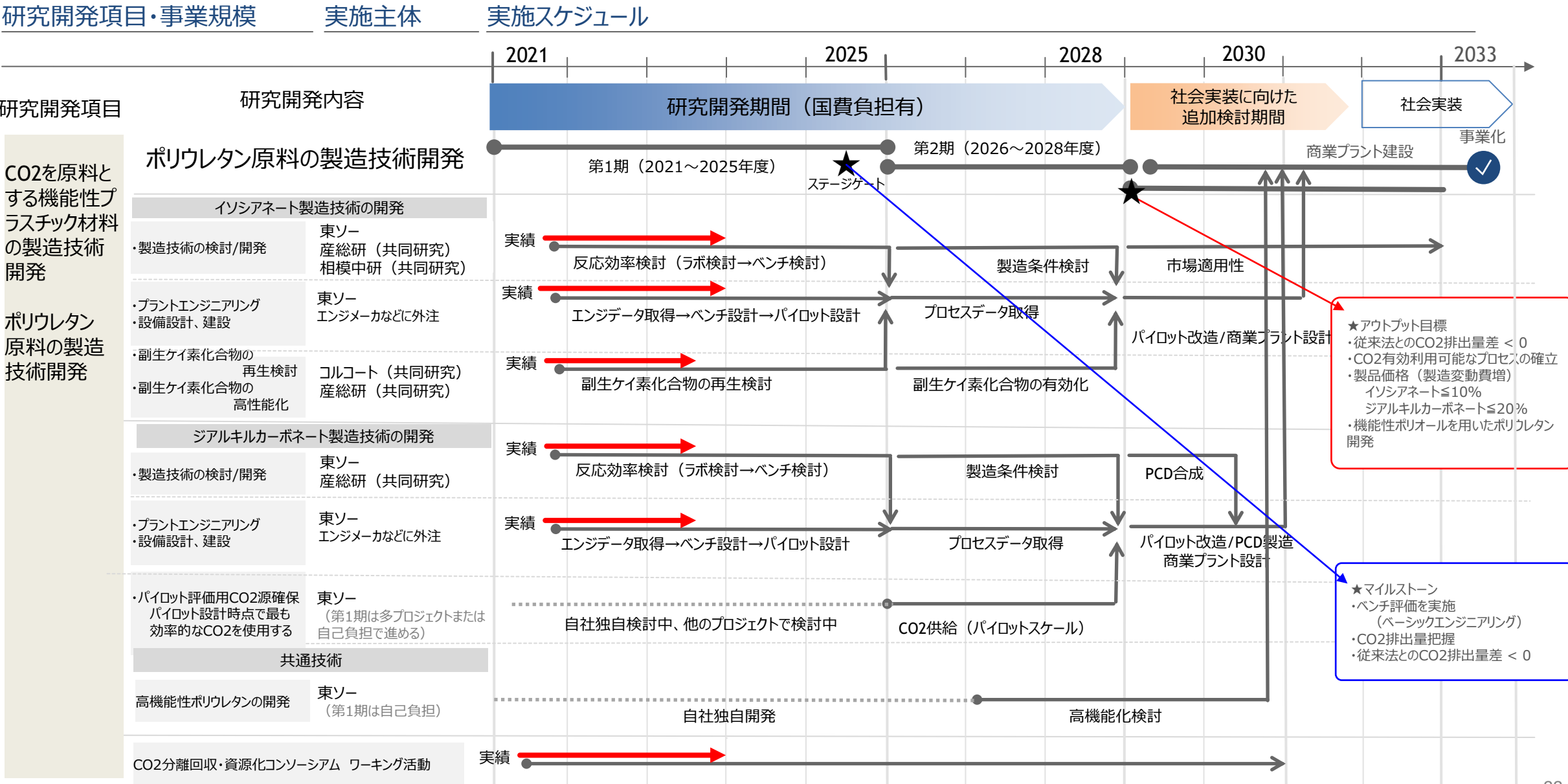
2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（今後の取組）

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.

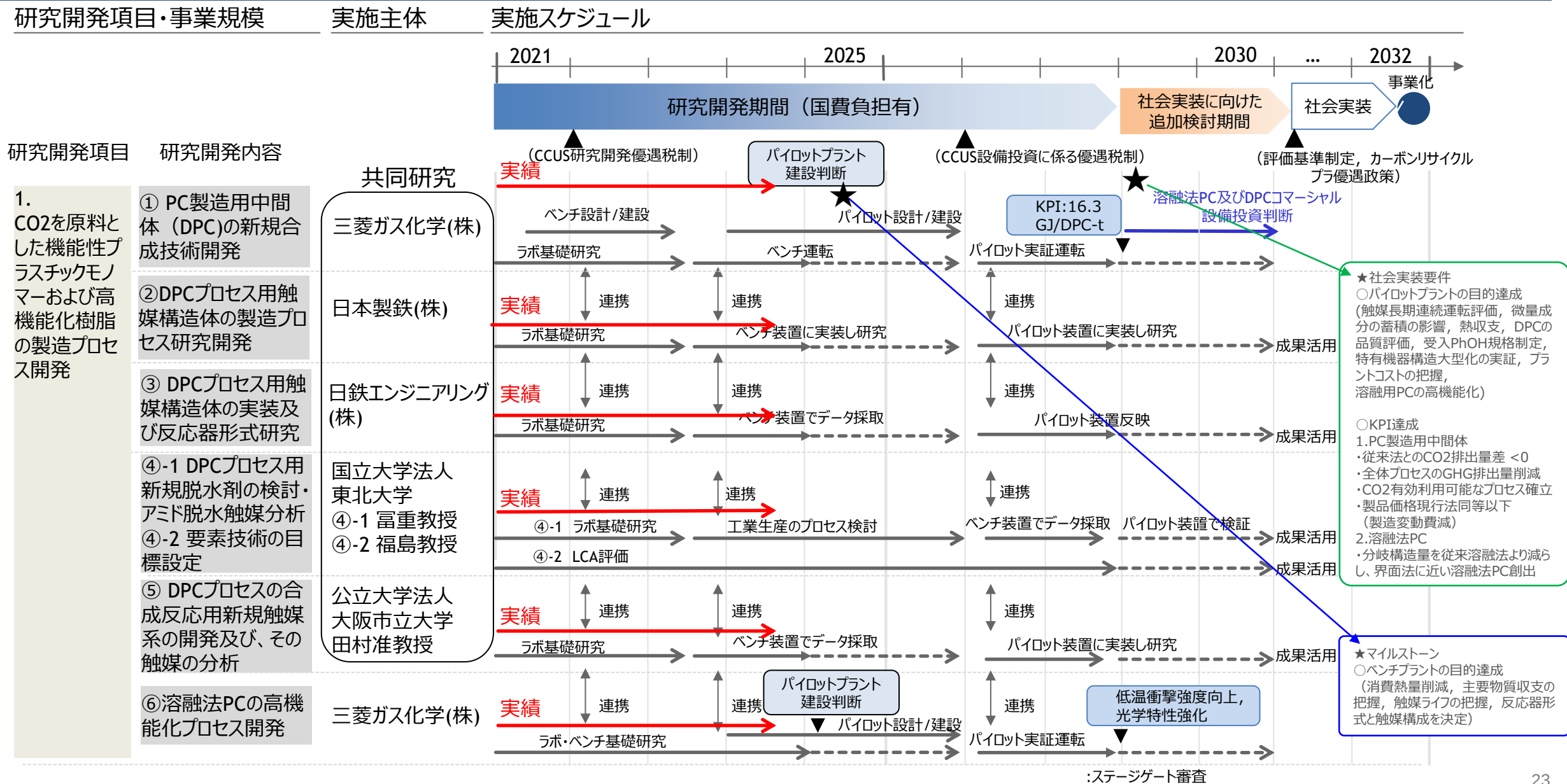
2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

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

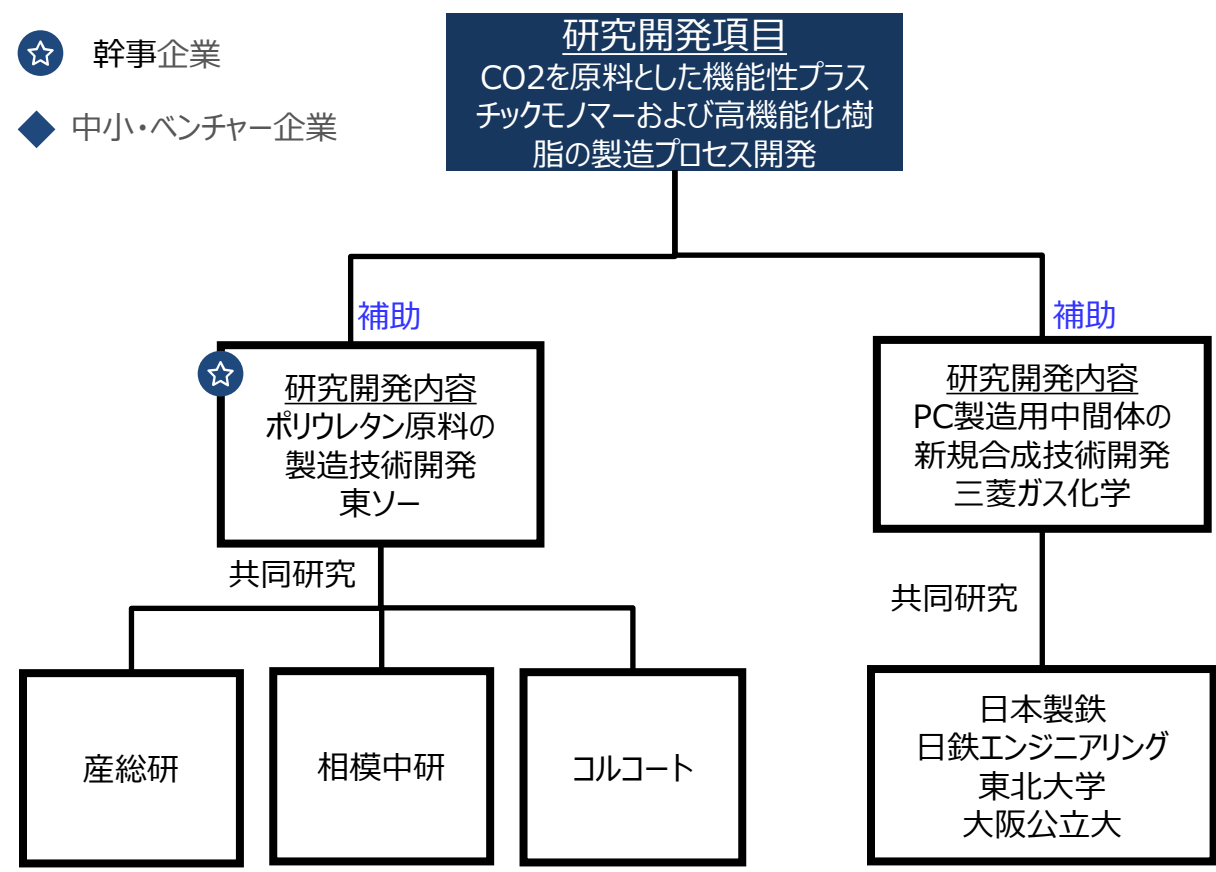
複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画



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
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	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

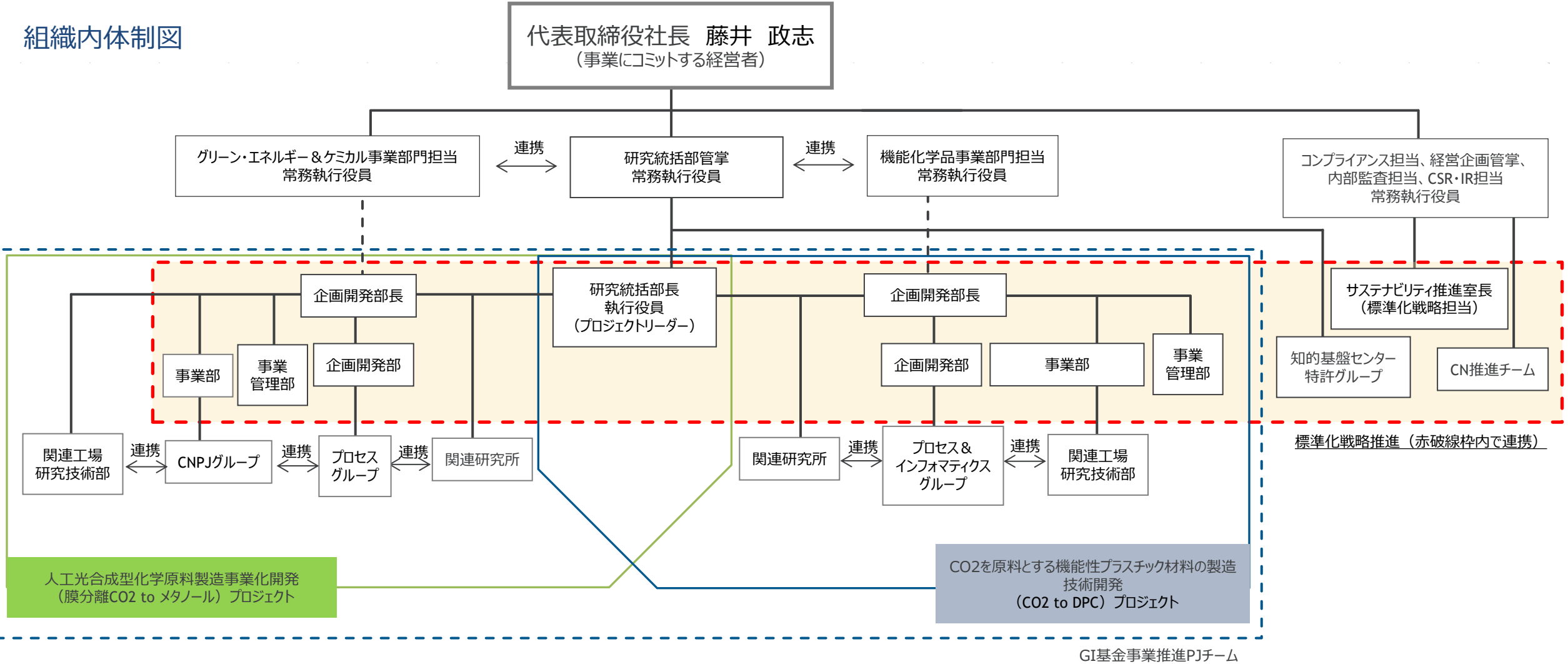
3. イノベーション推進体制

(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

経営者のコミットメントの下、組織横断的なチームを設置

組織内体制図



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、組織横断的なチームを設置

膜分離 CO₂ to メタノールプロジェクト 人員

研究開発責任者と担当部署

- プロジェクトリーダー（研究開発責任者）
 - 研究統括部長
- 担当チーム
 - 関連研究所
 - 関連工場研究技術部
エンジニアリングチーム、パイロットチーム
 - C1ケミカル事業部カーボンニュートラルPJグループ
 - 窓口：企画開発部プロセスグループ

CO₂ to DPCプロジェクト 人員

研究開発責任者と担当部署

- プロジェクトリーダー（研究開発責任者）
 - 研究統括部長
- 担当チーム
 - 関連研究所
製造プロセス研究チーム
エンジニアリングチーム
 - 関連工場

全体の進捗管理及び部門間の連携方法

- | | |
|---------------|------|
| • 経営会議（取締役会） | 適宜 |
| • 研究開発計画ヒアリング | 1回/年 |
| • 研究開発審議会 | 1回/年 |
| • 研究進捗会議 | 3回/年 |
| • 研究報告会 | 1回/月 |

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

経営者等による本事業推進への関与の方針

・事業のモニタリング・管理

- 経営会議
新規事業提案や大型投資提案等を審議する、いわゆる経営方針を決定する会議。代表取締役以下、常勤取締役全員が出席する。本会議で研究統括部からGI基金プロジェクトの進捗を報告し了承、及び必要により指示・修正を受ける。
膜分離CO2 to メタノール、CO2 to DPC両プロジェクトの進捗状況を報告した（'23/3/24）。
- R&D計画ヒアリング、R&D審議会
GI関連テーマを管轄する研究統括部の管掌役員以下、研究統括部長、各研究所長に、プロジェクトマネージャーが進捗報告を行い、方針の継続/修正を議論する。必要により指示を受ける。定例報告会として2回/年
研究統括部管掌常務執行役員、執行役員研究統括部長に22年度R&D審議会にて膜分離CO2 to メタノール、CO2 to DPC両プロジェクトともに来期の研究開発人員の増員方針を決定した（'22/7）。R&D計画ヒアリングにて、23年度は両プロジェクトともに増員を指示した（'22/12）。23年度R&D審議会にて両プロジェクトともに来期の研究開発人員の増員方針を決定した（'23/7）。
- 研究進捗会議
研究統括部の管掌役員以下、研究統括部長、研究統括部GM、各研究所長にグループリーダーが進捗報告を行い、方針の継続/修正を議論する。必要により指示を受ける。年3回の定例報告会。
膜分離CO2 to メタノールは'23/1、5、9に、CO2 to DPCは'22/12、'23/4、8に実施。
- 研究報告会
研究所長に、チームリーダーが進捗報告を行い、方針の継続/修正を議論する。必要により指示を受ける。月1回の定例報告会。膜分離CO2 to メタノールは'22/4以降毎月、CO2 to DPCは'22/4以降毎月、研究報告会を実施。新潟研究所長、東京研究所長に進捗報告。
- R&Dテーマ推進会議
研究統括管掌役員以下、研究統括部長、研究統括部GM、各研究所長及び事業部門企画開発部長、生産技術部長、特許グループGM等によるスケールアップ・事業化へ進展する時点で、技術的審査（プロセス、原単位、品質、スケジュール・体制等）を行う。R&Dテーマ推進会議で膜分離CO2 to メタノールのベンチ設備設置について技術審査を行った。（'23/9/11）

会議の種類

以下の会議で、進捗管理及び部門間の連携を取る

・ 経営会議（取締役会）	適宜
・ 研究開発計画ヒアリング	1回/年
・ 研究開発審議会	1回/年
・ 研究進捗会議	3回/年
・ 研究報告会	1回/月

各会議の報告者

- ・プロジェクトマネージャー（PM）は各企画開発部に所属
- ・グループリーダー（GL）は各工場、各研究所に所属
- ・チームリーダー（TL）は各チームに所属

事業の継続性確保の取組

- ・ 気候変動問題の解決への取り組みは当社取締役会で決議されて決定されており、経営者が交代する場合にも継続される方針。

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

経営戦略の中核においてGI事業を位置づけ、企業価値向上とステークホルダーとの対話を推進

MGCの2050年カーボンニュートラルに向けた経営目標と位置づけ

- MGCは中長期的にサステナブルな社会の発展と調和に貢献するため、経営として取り組むべき最重要課題（マテリアリティ）として「エネルギー・気候変動問題解決」をサステナビリティ推進会議にて審議・特定し温室効果ガス（GHG）の排出削減目標を設定。

2023年目標：2013年度比28%削減
2030年目標：2013年度比36%削減
2050年目標：カーボンニュートラル達成（経営課題）

- GHG排出削減のための当社の活動
 - ・CO2を原料としたポリカーボネート原料の開発
 - ・地熱発電事業
 - ・CO2を原料としたメタノールの合成
 - ・CCS（カーボンキャプチャーアンドストレージ）の試験
 - ・排出係数の小さい自家発電燃料への転換
 - ・DAC（ダイレクトエアキャプチャー）技術の開発

当社の中長期の経営目標の達成、マテリアリティ解決の重要な手段の一つとして当基金に応募する。

サステナビリティ推進会議

- 社長を議長とし、取締役、常務執行役員、事業部門長で構成されマテリアリティを審議、決定する会議

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
 - 中期経営計画
中期経営計画にカーボンニュートラルに関わるMGCの事業構造転換の方針を社内外に示し、その中に当該研究開発、社会実装化を位置づける
 - プレスリリース
経営者が、新聞・雑誌などの媒体を通して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発信
 - コーポレートレポート、事業報告書
当該事業の重要性をメッセージとして記載
・統合報告書（MGCLレポート）にてGI基金事業への採択、当基金事業で推進する開発内容の概要を掲載（'23/8/7発行）
- 企業価値向上とステークホルダーとの対話
 - （決算/IR）説明会
当該事業の将来の見通し・リスクを投資家や金融機関等のステークホルダーに対して、説明する予定
当該事業の効果（社会的価値等）を、国民生活のメリットに重点を置いて、幅広く情報発信する
・投資家を対象としたESGスモールミーティング「カーボンニュートラルに向けた取り組み」にて経営企画部管掌常務執行役員がGI基金事業での取り組みを紹介（'23/1/16）
・化学工業日報主催の講演会にて社長がGI基金での取り組みを紹介（'23/10/4）
・合成樹脂工業会主催のセミナーにて社長がGI基金での取り組みを紹介（'23/10/12）
・新潟日報主催の政経懇話会にて社長がGI基金での取り組みを紹介（'23/10/30）
・投資家を対象とした「カーボンニュートラル戦略説明会」にてGI基金での取り組みを紹介（'23/12/4）

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

- 実施体制の柔軟性の確保
 - R&D計画ヒアリングでの実施体制・リソースの見直し
当ヒアリングにて研究統括部管掌役員、研究統括部長、各事業部、研究所長に加え必要に応じ経営企画部長が研究開発の進捗状況や事業環境の変化を確認し、必要に応じ開発体制や手法の見直し、追加的なリソース投入を行う。
 - 社外リソースの活用
CO₂ to DPC：日本製鉄、日鉄エンジ、東北大学、及び大阪公立大学と連携し開発を進める。
 - 試作品のアジャイルな要求性能確認
CO₂を用いたプラスチック原料の導出先である鹿島工場/新潟工場で試作品評価を実施し、都度品質・性能・エネルギー使用量を確認しながら開発を進める。また、必要に応じ、企画開発部、事業部が社外ユーザーにも求評活動を行う。
 - 緊急的に必要なリソースが生じた場合、臨時に経営会議/R&D計画ヒアリングを行い補充の判断をする。
- 人材・設備・資金の投入方針
 - 研究開発人員
研究所/工場の研究開発員を専任（併任も含む）として当該事業の開発に充てる。
 - 実証から実装にかけて
社会実装の担当事業部、研究開発員、工場スタッフを充てる。
 - 投資
ベンチプラント、パイロットプラントの建設に数十億円規模を投資。

組織横断的な部署の設置と人材育成

研究統括部、研究所、工場、企画開発部、事業部でプロジェクトリーダー：研究統括部長）を組成し機動的な意思決定を可能とする。

- 社会実装までの組織体制
東京/新潟研究所、企画開発部にて基礎研究からベンチスケールの検証を実施。その後のパイロットスケールの検証を東京/新潟研究所、企画開発部、鹿島工場/新潟工場にて実施。社会実装へ向けて企画開発部、鹿島工場、新潟工場、化成品事業部、合成樹脂事業部、光学材料事業部が担当し、基礎研究から社会実装につなげる組織体制を整備。
- 若手人材の育成
研究開発・エンジニアリングに従事する技術系人材の新卒、中途採用での増員を進めており、将来にわたり継続的に当該分野の開発・実装を担う人材の育成と充当を進める。

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
ベンチ検討での加熱用役削減が計画値に達しない、反応率/収率がラボ検討を再現しない → 新規触媒系の検討、反応条件の検討	- パイロット検討においても商業プラントのコンパクト化が実現できない → パイロット検討によるプロセスの簡略化、簡素化 - 高純度CO₂の高騰などCO₂の安定供給が受けられなくなる → 複数のCO₂源のルート確保	PCの需給バランスが悪化する → 原料からPCまで、競争力のあるトータルプロセスの構築
● 事業中止の判断基準：		
計画値、ラボの再現が得られない場合、パイロットに進まない	- 商業プラントの建設費が資金回収の見込みのない見積もりの場合、社会実装に進まない - 安定したCO₂供給の見込みがない場合、社会実装に進まない	事業環境が悪化し、社会実装しても利益が出る見込みがない場合、社会実装に進まない