

事業戦略ビジョン

実施プロジェクト名： 分離膜を用いた工場排ガス等からのCO₂分離回収システムの開発
実施者名： 株式会社OOYOO、代表名： 代表取締役社長 並木 義雄

(共同実施者：住友化学株式会社 (幹事企業))

目次

1. 事業戦略・事業計画

- (1) 産業構造変化に対する認識
- (2) 市場のセグメント・ターゲット
- (3) 提供価値・ビジネスモデル
- (4) 経営資源・ポジショニング
- (5) 事業計画の全体像
- (6) 研究開発・設備投資・マーケティング計画
- (7) 資金計画

2. 研究開発計画

- (1) 研究開発目標
- (2) 研究開発内容
- (3) 実施スケジュール
- (4) 研究開発体制
- (5) 技術的優位性

3. イノベーション推進体制（経営のコミットメントを示すマネジメントシート）

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

4. その他

- (1) 想定されるリスク要因と対処方針

1. 事業戦略・事業計画

1. 事業戦略・事業計画 / (1) 産業構造変化に対する認識

2050年カーボンニュートラルの実現に向けて安価なCO₂分離回収技術の確立は必須

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)

- 温暖化対策の必要性が増し、資源循環などの“環境価値”に対するニーズが高まる
- 「消費者が環境価値に対し適正な対価を支払う」ことが一般認識として共有される社会が到来する。

(経済面)

- 投資家によるサステナビリティ考慮の要請が高まる。
- 気候変動問題対応が遅れた企業に対する、消費者や投資家の評価が低下し、不買や資金調達コスト増大などのリスクが高まる。

(政策面)

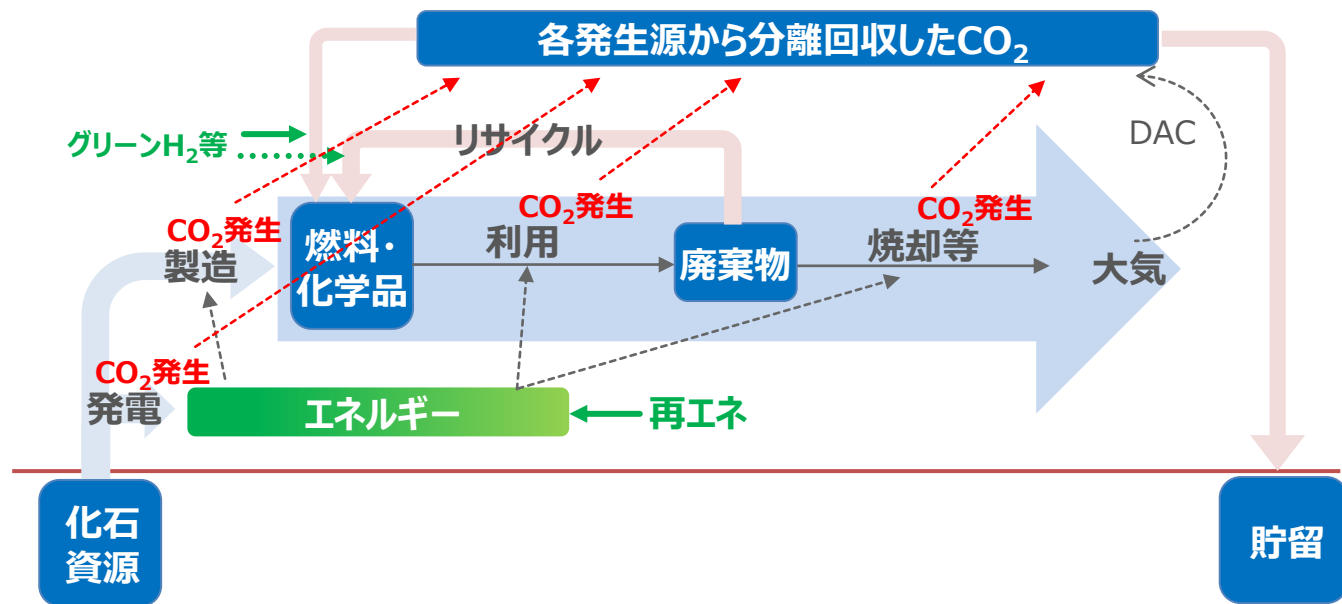
- 日本および世界各国における化石エネルギーへの新課税、カーボンタックス導入が進展し、“CO₂排出コスト”が顕在化する。
- 企業の環境対応に関する情報開示が義務化され、カーボンニュートラルへの取り組みが企業価値向上に不可欠な要素となる。

(技術面)

- 再生可能電力やクリーン燃料（水素、アンモニア）によるエネルギー分野のCO₂フリー化が進む一方で、2050年時点でも発電所や製造業からのCO₂排出は一定量予測され、ネットゼロのためにはCO₂分離回収技術が引き続き重要となる。
- EORに用いられるCO₂分離回収技術は実用化され、米国等において商用プラントが稼働している他、国内でも、石炭火力発電や製鉄プロセス等におけるCO₂分離回収技術の開発・実証が進められている。今後は、より低圧・低濃度の排ガスへの対応が進展していくことが見込まれる。

- **市場機会：**
 - カーボンニュートラルに向けた、安価なCO₂分離回収技術へのニーズの高まり
 - 工場排ガス等の10%以下の低圧・低濃度排ガスのCO₂分離回収ニーズ
- **社会・顧客・国民等に与えるインパクト：**
 - 環境負荷低減に資する技術開発・製品提供

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



多種多様な排出源からのCO₂分離回収技術が進展することにより、CO₂分離回収ビジネスの拡大に加えて、CO₂有効利用も含めた炭素循環ビジネスの創出・発展に貢献。

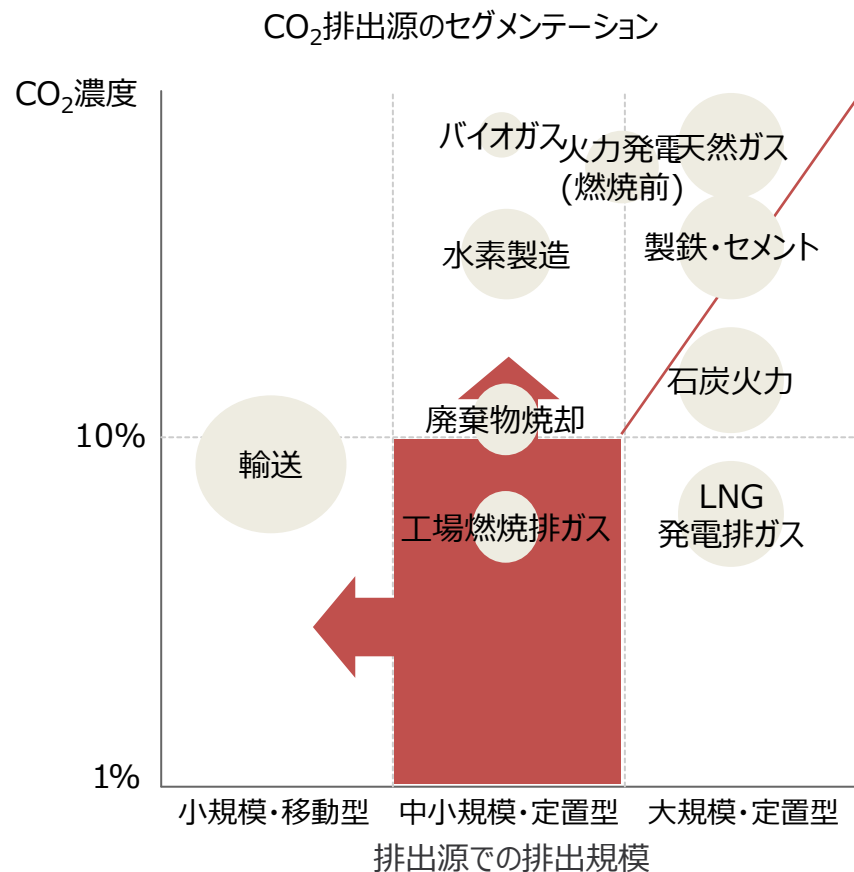
- **当該変化に対する経営ビジョン：**
 - 当社技術がグリーンエネルギーやきれいな空気をつくる未来のデバイスの核となること
 - 当社のパートナーが低コストで利潤を生み出し、消費者や環境に貢献すること

1. 事業戦略・事業計画 / (2) 市場のセグメント・ターゲット

CO₂を分離回収する対象ガスのうち、不純物の多い燃焼排ガスをターゲットとして想定

セグメント分析

開発技術の適用拡大を有利に進めるため、**CO₂濃度が低く、かつ、夾雑物を含む燃焼排ガスに注力**。確立した技術を用いて**小規模・移動型への事業展開**も目指す。



ターゲットの概要

市場概要と目標とするシェア・時期

- 産業由来のCO₂排出量は、電化により漸減傾向になるものの2050年時点でも多く、CO₂分離回収技術の重要性が高まる状況。
- 回収CO₂を化学品へ転換する炭素循環の流れをつくるには、CCU技術との連携が容易な化学産業の排ガスから実証・実用化を始めることが有利と予測。
- アルコールや合成メタン製造への利用にあたっては安価な水素の調達が必須であり、水素供給の拡大に合わせて2030年以降に徐々に事業拡大するものと考えている。

産業分野ごとのCO₂分離回収量のマイルストーン

	[Mt-CO ₂ /年]	2020年	2030年	2050年
化石燃料由来	産業	3	360	2620
	火力	3	340	860
	水素製造	3	455	1355
	非バイオ燃料製造	30	170	410
バイオエネルギー由来	全体	1	255	1380

出典： <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>

- 小規模発生源からの事業を拡大し、2035年までの累計で1.24億t-CO₂、2050年で10億t-CO₂（世界シェア13%、住友化学含む）の分離回収事業を目標とする。

1. 事業戦略・事業計画 / (3) 提供価値・ビジネスモデル

膜分離技術を用いて、持続可能な未来のためのクリーンエアを提供する事業を創出/拡大

社会・顧客に対する提供価値

- クリーンなエネルギーやクリーンな空気を創出する未来型デバイスの提供を通じて環境に対する課題解決に貢献
- 2050年カーボンニュートラル実現に向けた、国内外でのGHG排出削減に貢献
- CO₂有効利用も含めた炭素循環ビジネスの創出・発展に貢献

【定量目標】

パートナーとなる顧客企業のCO₂回収コストの削減を実現
(2,000円台 / t CO₂以下)

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

• ビジネスモデル

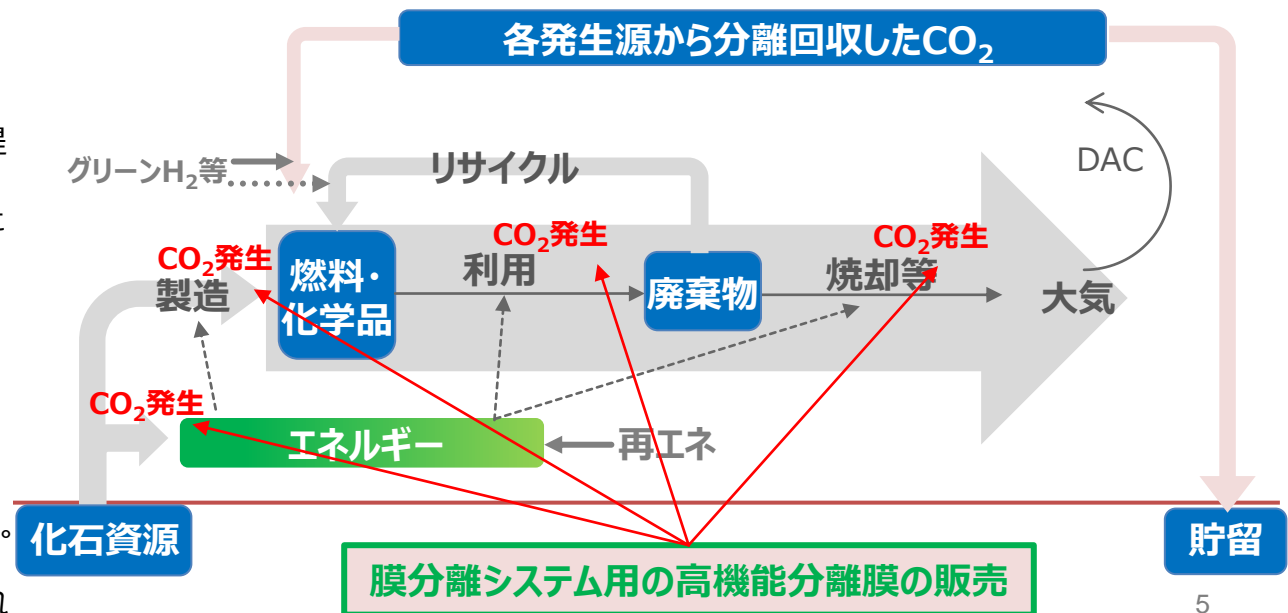
- コア技術である「空気中から有害物質、酸素や二酸化炭素（CO₂）を分離し、精製するガス分離技術」を用いた高機能分離膜の提供。
- 「独自性」：粒子径・細孔径・表面特性を精密設計したフィラー粒子を高分子樹脂と複合化した高機能CO₂分離膜
 - 「新規性」：これまで困難とされてきた高いガス選択性とガス透過速度を兼備した高機能CO₂分離膜
 - 「有効性」：工場排ガス等からのCO₂回収で求められる耐久性も兼備しており、2,000円台/t CO₂以下のCO₂分離回収コストを実現するため、実証実験を計画
 - 「実現可能性」：膜のコア材料であるフィラー粒子や高分子樹脂は、サプライチェーンから原料を入手する。製造したCO₂分離膜は、モジュール化、システム開発という一環した仕組みを構築し、住友化学を始めとするプラントエンジニアリング企業により工場等にシステムを実装し、排ガス等からCO₂を回収する。これらのサプライチェーン全体でCO₂分離回収事業を行う。
 - 「継続性」：本分離膜は膜分離システムの消耗品であり、システムの普及に伴い継続的に分離膜を提供する

• 産業アーキテクチャにおける収益機会

当社の膜を使用した膜分離システムは、本事業を通じて広く普及し、システムの消耗品として継続的に分離膜を提供販売することで収益を見込む。分離膜の開発成果により知財権を取得した場合には、ライセンスによる収益を想定している。

• 研究開発計画との関係性

分離膜によるCO₂回収システムの実現には、研究開発計画に記載の、膜・モジュール材料、製造プロセス、最適な分離プロセス設計の開発が必須である。また、開発成果により知財権が取得できれば、開発技術の競争力が確保される。



1. 事業戦略・事業計画 / (3) 提供価値・ビジネスモデル (標準化の取組等)

炭素循環の“環境価値”を確保する標準化を提案・活用し社会貢献しうるルール形成を推進

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

<課題認識>

- 新技術をいち早く社会に実装し、カーボンニュートラルに向けた革新技术を世界的に普及・促進するためには、技術主導で市場開拓してだけでなく、技術に係る標準を国内外でルール化し、展開していくことが極めて重要。
- 炭素源としてのCO₂分離回収技術事業で他社との差別化を図ることで、本事業の社会実装がより確実なものになると想定。

<当社取組方針・考え方>

- “環境価値”を適正に評価する為の国際的な「認証制度」を活用し、技術の社会実装を推進。
- 関連する公的機関や業界団体、ブランドオーナーや一般消費者など様々なパートナーと連携・協力し、環境価値を認定するルール作りに主体的に貢献
- 国内の研究機関と連携し、自社分離回収技術のCO₂回収エネルギーの国際標準化

標準化戦略について

<CO₂分離回数事業に関する標準化戦略>

- ① 国内の第三者検証機関と連携したCO₂分離膜評価の標準化
- ② CO₂分離膜評価の標準化以外での独自技術の構築・知的財産化

1. 事業戦略・事業計画 / (4) 経営資源・ポジショニング

大学発スタートアップの高度な独自技術の強みを活かして、社会・顧客に対して脱炭素社会への貢献という価値を提供

自社の強み、弱み (経営資源)

ターゲットに対する提供価値

- 他技術より低コストでCO₂を分離回収可能な膜分離システムへの分離膜提供により、CO₂の分離回収機会の向上や投資額の低減
- 導入企業のCO₂排出量削減に基づく有形、無形の価値





自社の強み

- 革新的な分離膜材料の開発技術
 - 研究機関との共同研究による先端技術

自社の弱み及び対応

- 事業開発体制の脆弱性
 - 2022年以降に順次体制を強化する

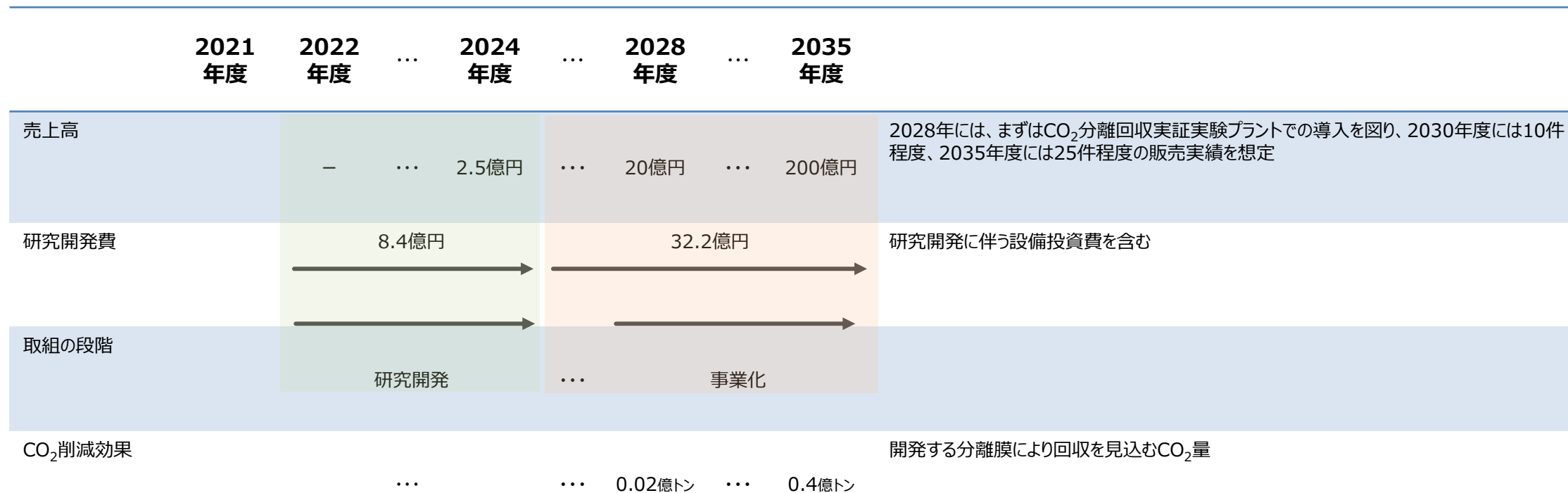
他社に対する比較優位性

	技術	顧客基盤	サプライチェーン	その他経営資源
自社	<ul style="list-style-type: none"> (現在)分離膜性能透過係数：2800 GPU、選択性：40  <ul style="list-style-type: none"> (将来)蓄積した知見を活かし、さらに高機能な分離膜を開発透過係数：3000 GPU、選択性：50 膜の寿命：5年 	<ul style="list-style-type: none"> (現在)国内化学系企業  <ul style="list-style-type: none"> (将来)国内外の化学企業及びプラントエンジニアリング企業 	<ul style="list-style-type: none"> (現在)原料供給企業及び分離膜製造委託先  <ul style="list-style-type: none"> (将来)分離膜製造企業、CO₂回収企業、CO₂リユース企業など幅広いサプライチェーンの構築により経済効果に貢献 	<ul style="list-style-type: none"> (現在)スタートアップ企業のため脆弱  <ul style="list-style-type: none"> (将来)ファブレス経営であるため、設備は最小限の投資にとどめるが、資本力、人材について体制強化を行う
競合A社 (国内)	<ul style="list-style-type: none"> 石炭ガス化炉からの実ガスを用いた試験を開始 	<ul style="list-style-type: none"> 公益財団法人の為、顧客の想定無し 	<ul style="list-style-type: none"> 公益財団法人の為、サプライチェーンの想定無し 	<ul style="list-style-type: none"> 公益事業を行う
競合B社 (米国)	<ul style="list-style-type: none"> 発電排ガス向けの分離膜を開発透過係数：1000(コマーシャルスケール) ~ 2000GPU(パイロットスケール) 選択性：50 	<ul style="list-style-type: none"> 米国を中心に活動 (DOEプロジェクト受託) 	<ul style="list-style-type: none"> 米国の分離膜メーカーであり、膜モジュールを製造販売している 	<ul style="list-style-type: none"> 1982年 起業 従業員 70名 年間売上高 約18億円 米国エネルギー省 (DOE)の支援事業を実施中

1. 事業戦略・事業計画 / (5) 事業計画の全体像

3年間の研究開発の後、2028年頃の事業化を想定

投資計画



・ 成果を用いた製品・サービス等の事業化、収益化・事業成長の見通し・スケジュール（当初計画）を示すもの。事業性の検証を継続し、都度計画を見直す。

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

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

研究開発・実証

設備投資

マーケティング

取組方針

- **知財・標準化戦略**
国際競争上の優位性を確保するため、開発成果については国内だけでなく海外での権利化も行う。また開発技術の普及のため、標準評価機関との連携も検討する。
- **オープンイノベーション**
基礎検討段階では、共同研究先の京都大学等、研究機関との連携を最大限に活かし、工業化時に想定される課題等を踏まえた研究開発を行う。
- **PoCによる顧客ニーズの確認**
基礎検討、パイロット段階から、回収CO₂の純度・経済価値について想定顧客との対話を行い、適宜開発目標へフィードバックすることで実証試験後の早期事業化を行う。

- 事業開始時から、製膜の量産化を想定した研究開発を実施する。
- 原料調達・原料調製・製膜・組立加工・システム製造（住友化学、エンジニアリング会社との連携）等、一連の流れを意識した、ファブレスな製造体制を検討する。

- 事業開始後も安価化や対象排出源拡大に向けた改良検討を継続し、競争力の維持・向上に努める。
- 分離エネルギーがほぼ電力である膜分離法の特徴を活かし、コスト面だけでなく環境負荷低減効果も考慮した宣伝、価格設定を行う。

進捗状況

- **知財・標準化戦略**
京都大学出願の特許の当社への譲渡を完了した。
- **PoCによる顧客ニーズの確認**
回収CO₂の純度・経済価値について顧客との対話を開始した。

- 原料調達・原料調製・製膜・組立加工・システム製造（住友化学、エンジニアリング会社との連携）等について、複数の企業と連携の対話を開始した。

国際競争上の優位性

- 広く特許網を構築し、CO₂貯留サイトや安価な再エネを利用できる海外での事業展開を有利に進める。
- 自社開発技術の優位性を国際標準化機関の証明とともに発信することで顧客候補からの信頼獲得を目指す。

- 量産化体制を早期に確立することで、事業規模拡大を加速させ、国際競争力向上を行う。
- 最適な立地検討により、製品システムのカーボンフットプリントを低減させ、競業製品との競争優位性を確保する。

- 安価な再エネが豊富な海外適地では、上記効果をより一層アピール出来る可能性があり、競争を優位に進めることができると想定している。

1. 事業戦略・事業計画 / (7) 資金計画

国の支援に加えて、707億円規模の自己負担を予定

資金調達方針

	2022～ 2024年度	2025～ 2028年度	2029 年度	2030～ 2034年度	2035 年度	2035年度まで合計
事業全体の資金需要	8.9億円	47.85億円	36億円	453億円	170億円	715.75億円
うち研究開発投資 (研究開発に伴う設備投資費を含む)	8.4億円	11.2億円	3億円	15億円	3億円	40.6億円
国費負担※ (委託)	8.4億円 (委託)	0円	0円	-	-	8.4億円
自己負担 (A+B)	0.5億円	47.85億円	36億円	-	-	707.35億円

※インセンティブが全額支払われた場合とし、共同実施者分は含まない

(上記の自己負担が会社全体のキャッシュフローに与える影響)

- 本事業期間については、当社のキャッシュフローで対応可能と見込んでいるが、万が一外部調達が必要となった場合には、ベンチャーキャピタル (VC)、コーポレートベンチャーキャピタル (CVC)、銀行等金融機関からの融資、脱炭素事業を支援する官民ファンドによる資金調達を行う

2. 研究開発計画

2. 研究開発計画 / (1) 研究開発目標

研究開発項目

1. 低圧・低濃度CO₂分離回収の低コスト化技術開発・実証

研究開発内容

① 高CO₂透過膜の開発

② 塗工プロセス開発

③ プレート&フレーム型分離膜モジュールの開発

④ 分離システム開発

アウトプット目標

CO₂濃度が10%以下の工場排ガス等から2,000円台/ton-CO₂でCO₂を分離回収する膜分離システムの開発と、回収したCO₂からアルコール等の化学品製造への適用確認

KPI

【ガス透過性能】
 ・ CO₂透過係数
 ・ 選択性(CO₂/N₂)
 ・ 膜の製品寿命

・ 製膜コスト

・ モジュールコスト

・ 許容される夾雑ガス濃度を実現する前処理システム(膜寿命5年を達成する許容濃度を確認し、設定)
 ・ CO₂回収率：90%以上
 ・ CO₂純度：90%以上
 ・ 分離回収コスト：2,000円台/t-CO₂

KPI設定の考え方

試算結果より、2,000円台/ton-CO₂のシステムを実現するためには、高い透過係数と高い選択性が必要

モジュールの製作コストを少なくする為には、膜の製造コストを少なくする必要あり

目標分離回収コストに必要なモジュールコストを設定した(米国MTR社のF/S設定値)

・ 膜の劣化が無いレベルに数値を設定し、必要な前処理等のコストも含む形で分離回収コストを評価予定
 ・ 回収率、純度は需要に応じて設定(液化を想定)

(※1) GPU (Gas permeation unit): 1 [GPU] = 7.5×10⁻¹² [m³(STP)/s/m²/Pa]

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (全体像)

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
1 高CO ₂ 透過膜の開発	透過係数 選択性 膜の寿命	透過係数：2,800 GPU、 選択性：40(但し、1か月 後に透過係数が約10% 減少) (提案時TRL4→ 現状TRL4) 開発中の膜性能、耐久性 を安定して評価できるシス テムが未構築 (提案時 TRL4 →現状TRL4)	実証試験にてKPIを 確認 (TRL7)	<ul style="list-style-type: none"> 膜の透過性能および経時安定性の向上(OOY00) <ul style="list-style-type: none"> 支持基材の最適化 透過性能向上に寄与する基材物性、材料の解析と 試作した基材でのガス透過性能検証 ガター層の材料設計および厚み等の最適化 (各層への)添加物および添加量の最適化 高透過性膜の正確なガス透過特性評価、連続評価システムの 構築(住友化学) 	高 (90%)
2 塗工プロセス開発	製膜コスト	ラボ装置でのバッチ塗工にて 薄膜塗工が実施可能。連 続生産できる装置ではない (提案時TRL4 →現状 TRL4)	商業生産時にKPI 達成可能な見込み を得る (TRL7)	<ul style="list-style-type: none"> 製膜装置の設計・試作による商業生産機の基本設計と商業時の 生産性等に基づく製造コスト評価(OOY00) <ul style="list-style-type: none"> ラインスピードの増加 広幅化対応 製膜品の品質安定化検証と塗工条件へのフィードバック 	高 (90%)
3 プレート&フレーム型分 離膜モジュールの開発	モジュールコスト	材料費の積み上げ、および手 動生産前提 (提案時TRL4 →現状TRL4) 開発中の膜モジュールを正確 に評価できるシステムが未構 築 (提案時TRL4 →現状 TRL4)	商業生産時のスケ ールメリットを考慮し、 商業生産時にKPI 達成可能な見込み を得る (TRL7)	<ul style="list-style-type: none"> 膜モジュールの安価化検討(住友化学) <ul style="list-style-type: none"> 安価部材選定、モジュール構造最適化による材料費削減 モジュール製作装置の自動化による製造コストの低減 高透過性膜モジュールの正確なガス透過特性評価システムの構 築(住友化学) 	高 (90%)
4 分離システム開発	<ul style="list-style-type: none"> 許容される夾雑ガス濃度を 実現する前処理システム CO₂回収率：90%以上 CO₂純度：90%以上 分離回収コスト：2,000 円台/t-CO₂ 	概念システム設計、コスト評 価システムの開発途上(提案 時TRL4 →現状TRL4) ラボにて夾雑ガス除去方法に 目途を得ているが実ガスでの 確認が未(提案時TRL4 → 現状TRL4)	実証試験にて分離 回収コスト：2,000 円台/t-CO ₂ を確認 (TRL7)	<ul style="list-style-type: none"> 実ガスでの夾雑ガスの除去実証試験 プロセスシミュレーションにより最適コストとなるシステムを設計 モジュールのガス透過試験を膜開発とプロセス設計へフィードバック 	高 (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

	直近のマイルストーン	これまでの (前回からの) 開発進捗	進捗度
1 高CO ₂ 透過膜の開発	<ul style="list-style-type: none">透過膜は支持層、ガター層及び選択層で構成される。これら3層を積層した透過膜におけるガス透過性能の目標値はCO₂透過速度：3,000[GPU]、選択性：50である。これを達成するために支持層、ガター層にもガス透過性能の目標値を設定し、材料、塗工液及び塗工条件等を検討する。	<ul style="list-style-type: none">支持層はCO₂透過速度及び価格の目標値を達成した。ガター層はCO₂透過速度の目標値を達成したが、選択性は目標値を未達成であった。選択層はCO₂透過速度及び選択性ともに目標値を未達成であった。	△ / 添加剤の検討を前倒して行っている。
2 塗工プロセス開発	<ul style="list-style-type: none">新規導入する塗工装置を設置する場所を確保し、必要なユーティリティを整備する。装置を設置し、正常動作を確認する。	<ul style="list-style-type: none">装置の設計をコーターメーカーと行っているが、世界的な半導体不足の影響でコーターの納期が2年以上になるため、当初計画の2023年度第4四半期に納入できる設計の検討を行い、注文に至った。注文した装置と同型の塗工装置でガター層を塗工し、バーコーティング法と同等の性能が得られることを確認した。	○ / 設計変更を行うが計画通りの進捗である
3 プレート&フレーム型分離膜モジュールの開発	<ul style="list-style-type: none">小型品 (実機サイズ1/7スケール) の試作を行い、膜エレメント部材 (圧力容器、スペーサ、接着剤等) および封止構造の最適化検討を実施する。	<ul style="list-style-type: none">膜エレメントの基本構成は決定した。封止法は各種手法にて小型品 (実機サイズ1/7スケール) の試作し有効性を確認した。その結果、小型品の気密試験は高歩留まりで合格、透過性能も平膜と同等で良好な結果が得られた。	○ / 小型品完成 エレメント基本構成決定 封止法の有効性確認済
4 分離システム開発	<ul style="list-style-type: none">NO₂吸着実験設備を完成させ、吸着実験を開始する。分離プロセスのプロセスシミュレータの構築を行う	<ul style="list-style-type: none">微量NO₂ガスの平膜評価設備にてNO₂耐性評価が可能となった。平膜評価前に吸着剤を設置することで膜性能の低下を抑制可能となることを確認出来た。吸着剤の実ガス長期連続評価設備の設計を行い発注まで完了した。2段リサイクルシステムのプロセスシミュレータを構築した。膜性能 (透過係数、選択率) と操作条件を入力することにより物質収支が出力され、様々なプロセス条件検討が可能となった。	○ / ゼオライト吸着剤効果確認済 設備発注済 ○ / シミュレータ構築済

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (今後の取組)

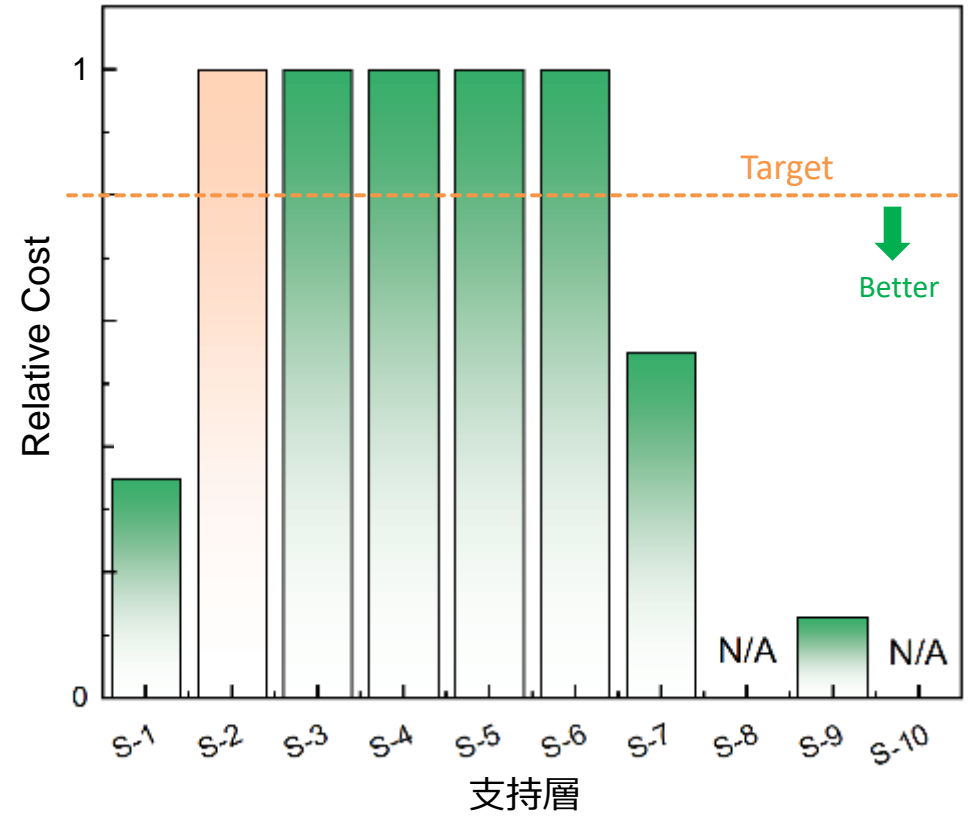
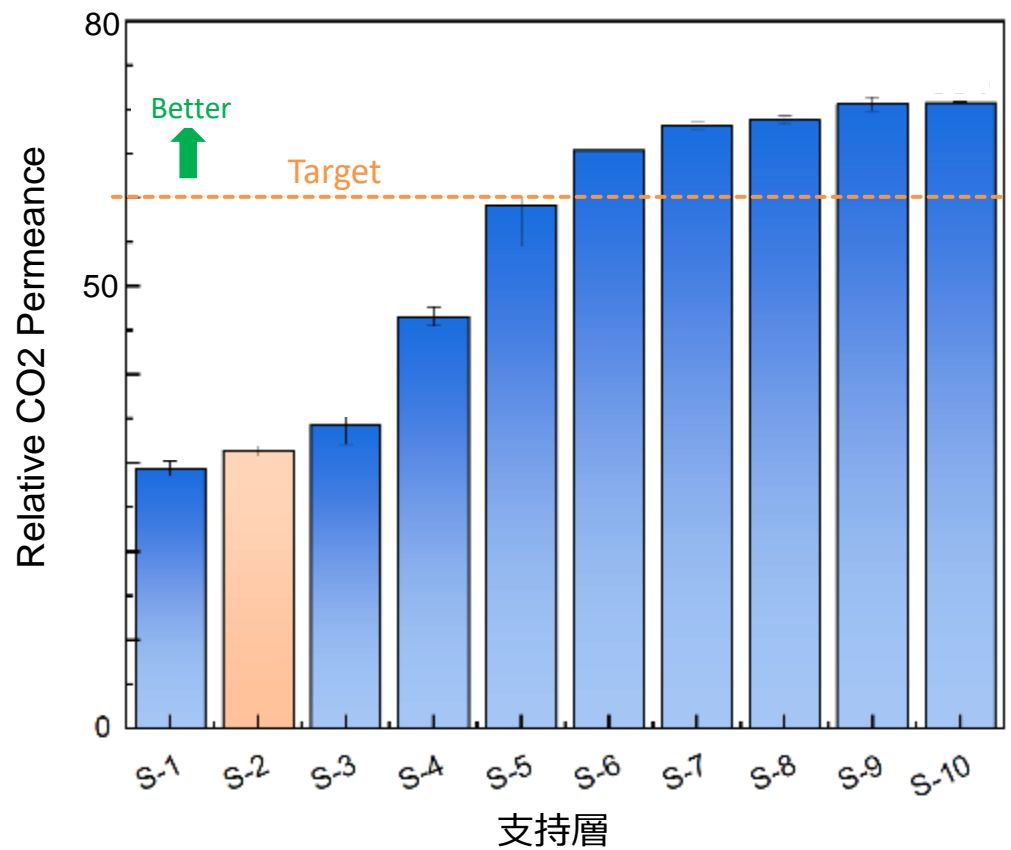
個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

	直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
1 高CO ₂ 透過膜の開発	<ul style="list-style-type: none">透過膜は支持層、ガター層及び選択層で構成される。これら3層を積層した透過膜におけるガス透過性能の目標値はCO₂透過速度：3,000[GPU]、選択性：50である。これを達成するために支持層、ガター層にも目標値を設定し、材料、塗工液及び塗工条件等を検討する。添加剤を前倒して検討する	<ul style="list-style-type: none">ガター層は選択性の改善が必要である選択層はCO₂透過速度及び選択性ともに改善が必要である。上記を補うために、添加剤によるCO₂透過速度及び選択性の改善が必要である	開発期間を短縮するために、支持層、ガター層及び選択層の開発を独立に進め、目標を達成、あるいはそれに近い性能が得られた。但し、各層の特性は互いに影響を与える場合がある。支持層は決定した為、今後、ガター層の性能を最適化し、次に選択層の性能を最適化する。並行して添加剤を開発し、両層の性能を向上させる。必要に応じて、ガター層からの再検討を行い、目標性能のを達成する。
2 塗工プロセス開発	<ul style="list-style-type: none">新規導入する塗工装置を設置する場所を確保し、必要なユーティリティを整備する。装置を設置し、正常動作を確認する。	<ul style="list-style-type: none">設置場所の確保ユーティリティの整備装置の設置試運転による動作確認	設置場所の候補が決定し契約を進めている。必要なユーティリティ及び装置の搬入方法については製作会社と協議の上、決定する。なお、導入する装置と同型装置を定期的に借用し、作業者のトレーニングを行い、導入後直ちに運用が可能になるような状態にする。
3 プレート&フレーム型分離膜モジュールの開発	<ul style="list-style-type: none">小型品（実機サイズ1/7スケール）の試作を行い、膜エレメント部材（圧力容器、スペーサ、接着剤等）および封止構造の最適化検討を実施する。	<ul style="list-style-type: none">部材、封止部の耐久性試験封止法の自動化検討（製法検討）圧力容器スケールアップ時の耐圧設計	部材劣化の加速試験を実施し確認する。ハーフサイズの自動化検証機導入(2023年度購入予定)し設計する。各種補強設計とシミュレーション&耐圧試験により耐圧設計を行う。
4 分離システム開発	<ul style="list-style-type: none">NO₂吸着実験設備を完成させ、吸着実験を開始する。分離プロセスのプロセスシミュレータの構築を行う	<ul style="list-style-type: none">実ガス長期連続評価により実機吸着塔設計に必要なデータ（吸着速度、飽和吸着量）を取得する。CO₂回収率および純度に応じた、コストミニマムとなる分離プロセスを設計する。	2023年3月頃より、実験開始予定。ブロワ、真空ポンプの動力算出によりランニングコストの算出、マテバラおよび膜面積から設備費(概算)を算出することにより設計する。

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (これまでの取組)

研究開発項目 - 1: 高CO2透過性分離膜の開発

1-1a) 支持層の検討

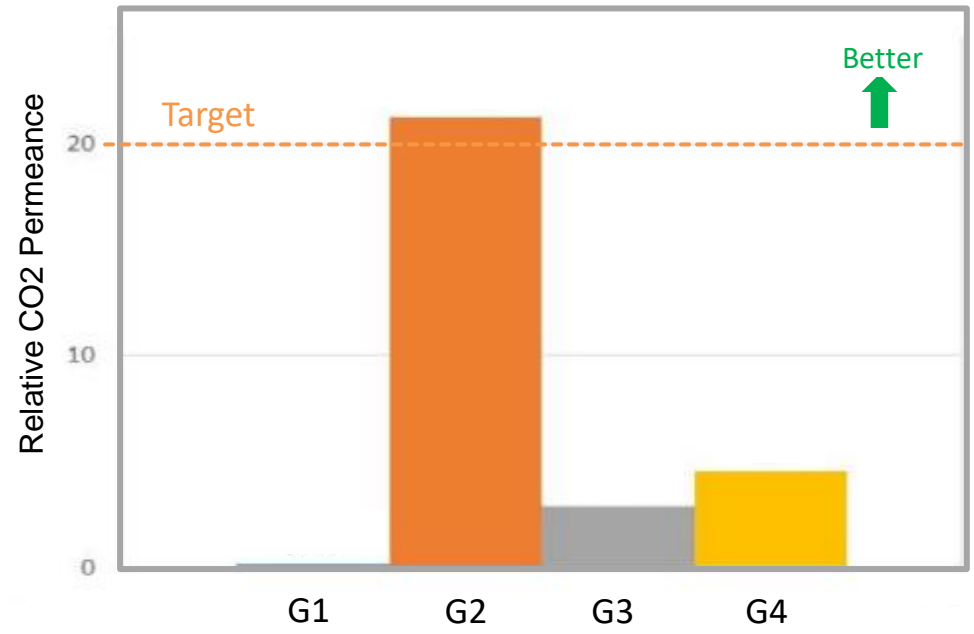
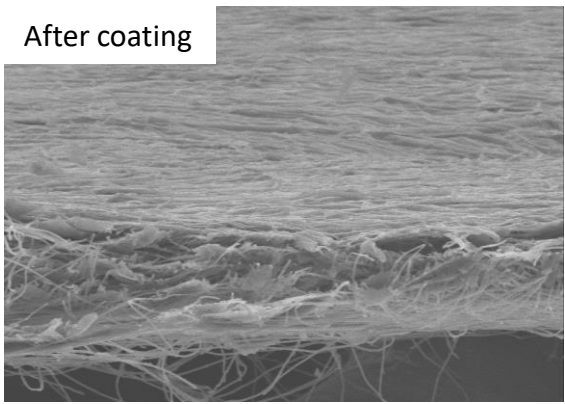
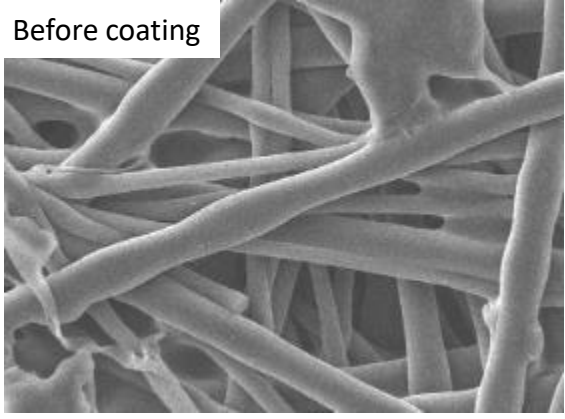


新支持層の採用によりCO2透過速度及びコストの目標値を達成した。

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (これまでの取組)

研究開発項目 - 1: 高CO2透過性分離膜の開発

1-1b) ガター層の検討

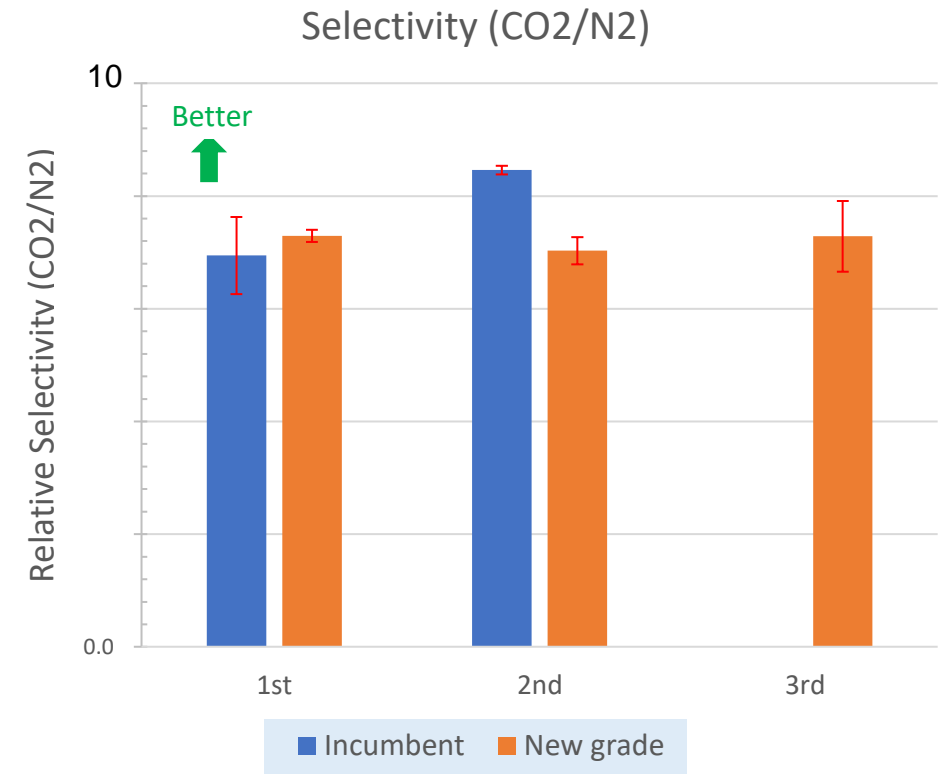
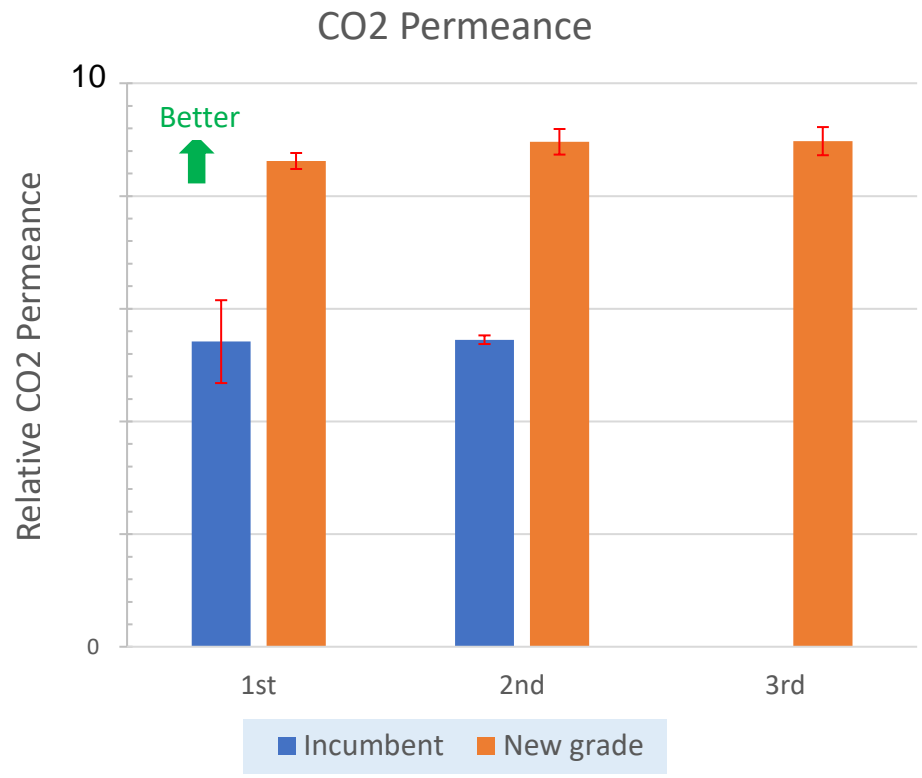


- 炭素ベース材料の採用によりCO2透過速度の目標値を達成した。
- ただし、選択性は目標値を未達成であった。

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (これまでの取組)

研究開発項目 - 1: 高CO2透過性分離膜の開発

1-2) 選択層材料の検討1/2



CO2透過速度及び選択性ともに改善が見られたが、目標値を未達成であった。

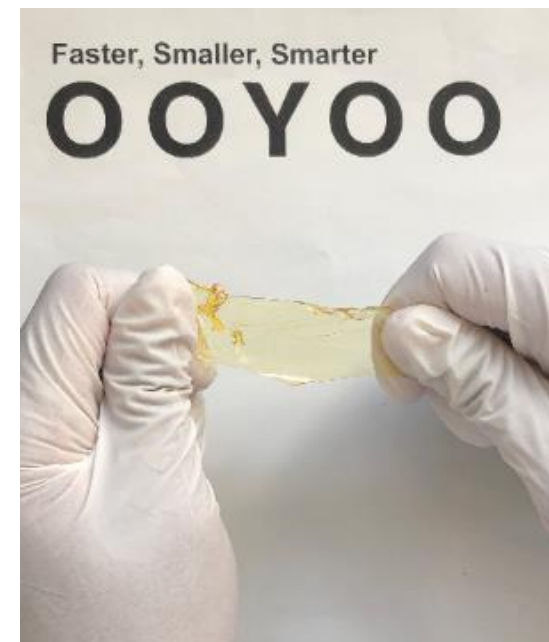
2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (これまでの取組)

研究開発項目 - 1: 高CO2透過性分離膜の開発

1-2) 選択層材料の検討2/2

ガス透過係数(厚膜)

Polymer	Relative CO2 Permeability	Relative Selectivity (CO2/N2)
PS-1	45	60
PS-2	57	86
OY-1	97	43
OY-2	55	94
OY-3	23	46
OY-4	33	97

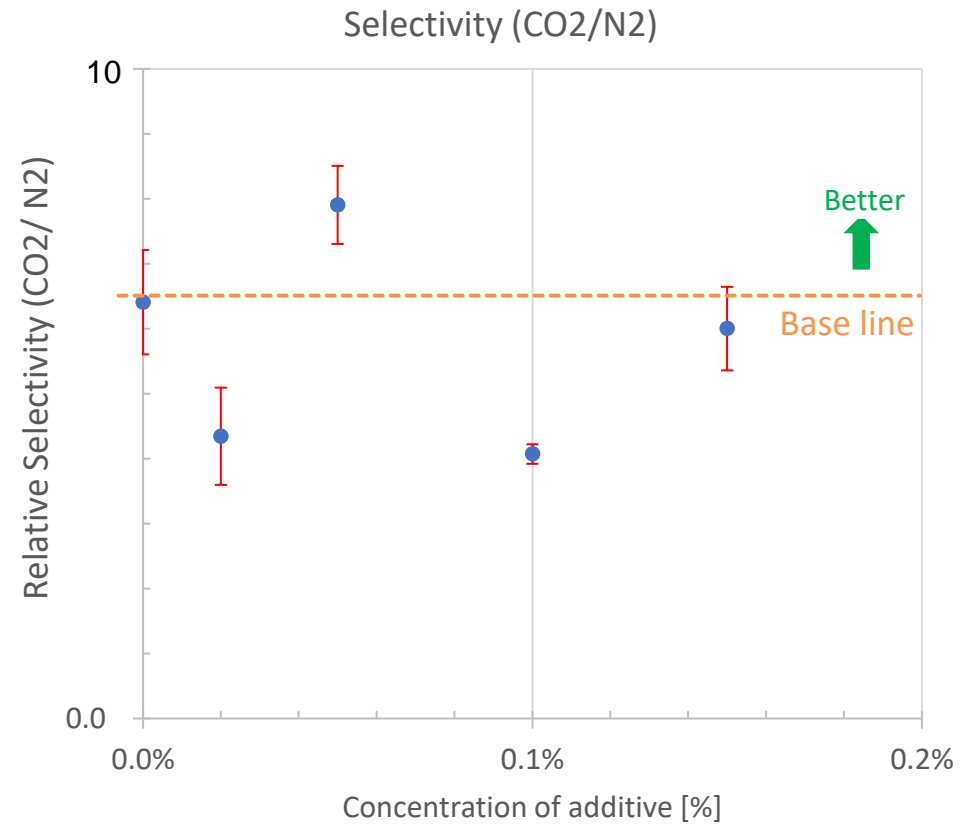
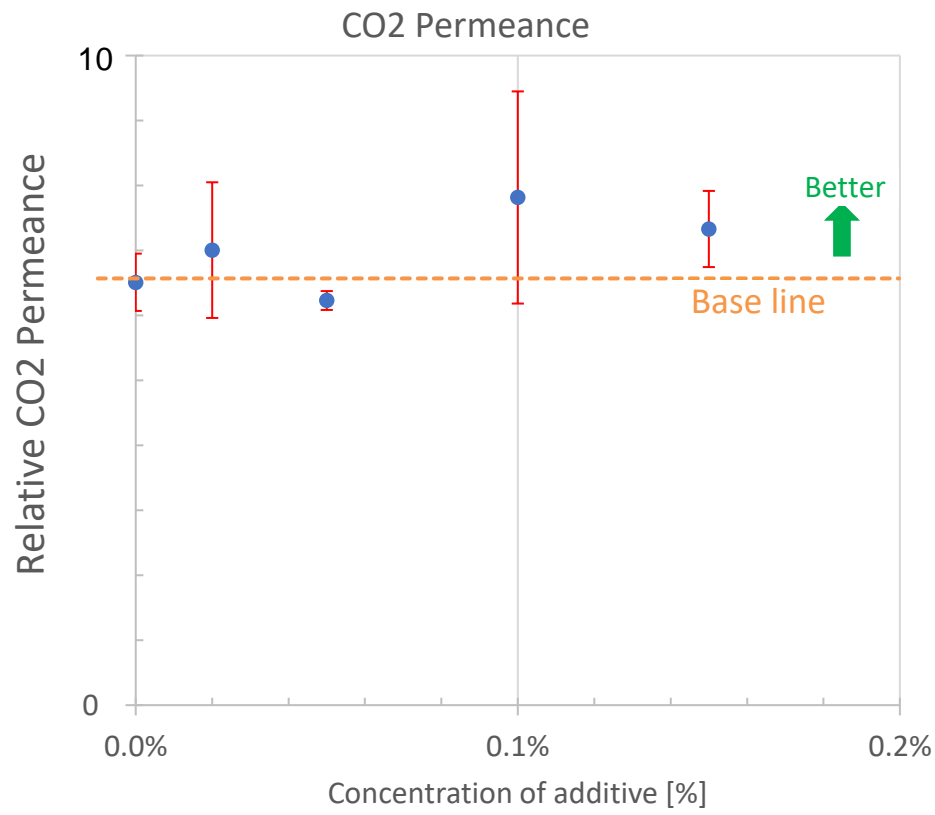


他社品と同程度の性能を示す自社合成ポリマーが得られており、その改良を進めている。

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (これまでの取組)

研究開発項目 - 1: 高CO2透過性分離膜の開発

1-3) 添加剤の検討



1つの添加剤(自社合成品)により、選択性が25%向上する結果が得られた。その再現性の調査し、ばらつきを抑える等さらなる改良を検討する。

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (これまでの取組)

研究開発項目 - 2: 製膜プロセス開発

2-1) 製膜装置の設計検討

Specification	
Head	Slot die
Sheet width	500 mm
Line Speed	0.5-30m/min*
Oven length	6m (1.5m x 4)
Laminator	Yes
De-laminator	Yes
Corona treatment	Yes
Edge Guides	Yes

新規導入する製膜装置の設計及びスペックが決定し、注文が完了した。

2. 研究開発計画／参考資料

研究開発内容③：プレート&フレーム型分離膜モジュールの開発 (1)開発技術の特徴と意義

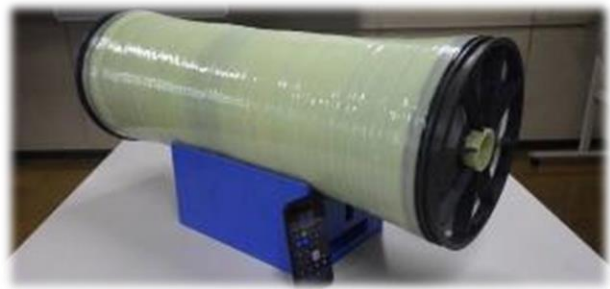
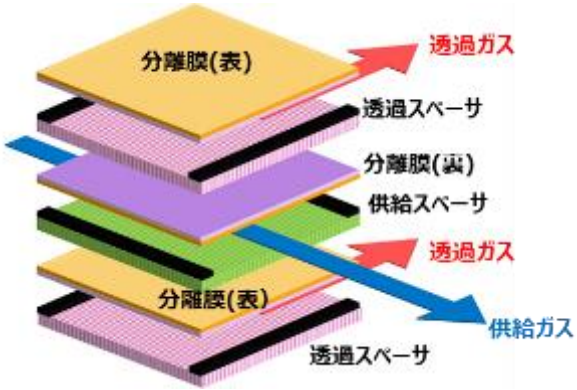
✓ 特徴

- 膜をスタッキングするプレート&フレームは、エレメント化時の機械的ダメージが少ないため**薄膜に対応しやすく、かつ圧力損失が小さい**。一方、スパイラルエレメントは、作製時の機械的ダメージによる薄膜化が難しい

✓ 意義

- 従来のスパイラルエレメントと比較して、**コスト減、充填面積増**

排ガスに適しているのは **プレート&フレーム型エレメント**

型式	スパイラル	プレート&フレーム
写真、図	<p>10inchエレメント(促進輸送膜)</p> 	
長所	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 耐圧性 ✓ 技術蓄積有り 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 薄膜化に対応し易い ✓ 圧力損失が小さい …… 排ガスは低圧のため重要
短所	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 薄膜化が難しい ✓ 圧力損失大きい 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 耐圧性が低い → 重要度小 (∵排ガスは低圧) ✓ 新規技術

2. 研究開発計画／参考資料

研究開発内容④：分離システム開発 (1)開発技術の特徴と意義

✓ 技術の開発意義

工場排ガス等には各種夾雑ガス(NO_x 、 SO_x 、 Cl 分、煤塵など)が含まれ、それらは膜性能を低下させる原因になる可能性があり、最終的には回収コストに影響する。

よって、各種夾雑ガスの膜性能への影響度を確認し除去すべき閾値の把握と、除去プロセスの開発が必要である。

✓ 開発技術の独自性

・吸着剤による NO_2 の高度脱硝技術

これまでの知見により、 NO_2 は高分子膜を分解し、長期寿命に影響する可能性が高い。膜の長寿命化には、 NO_2 の高度脱硝(1ppm未満)が必要であり、既存の技術では対応が困難である。

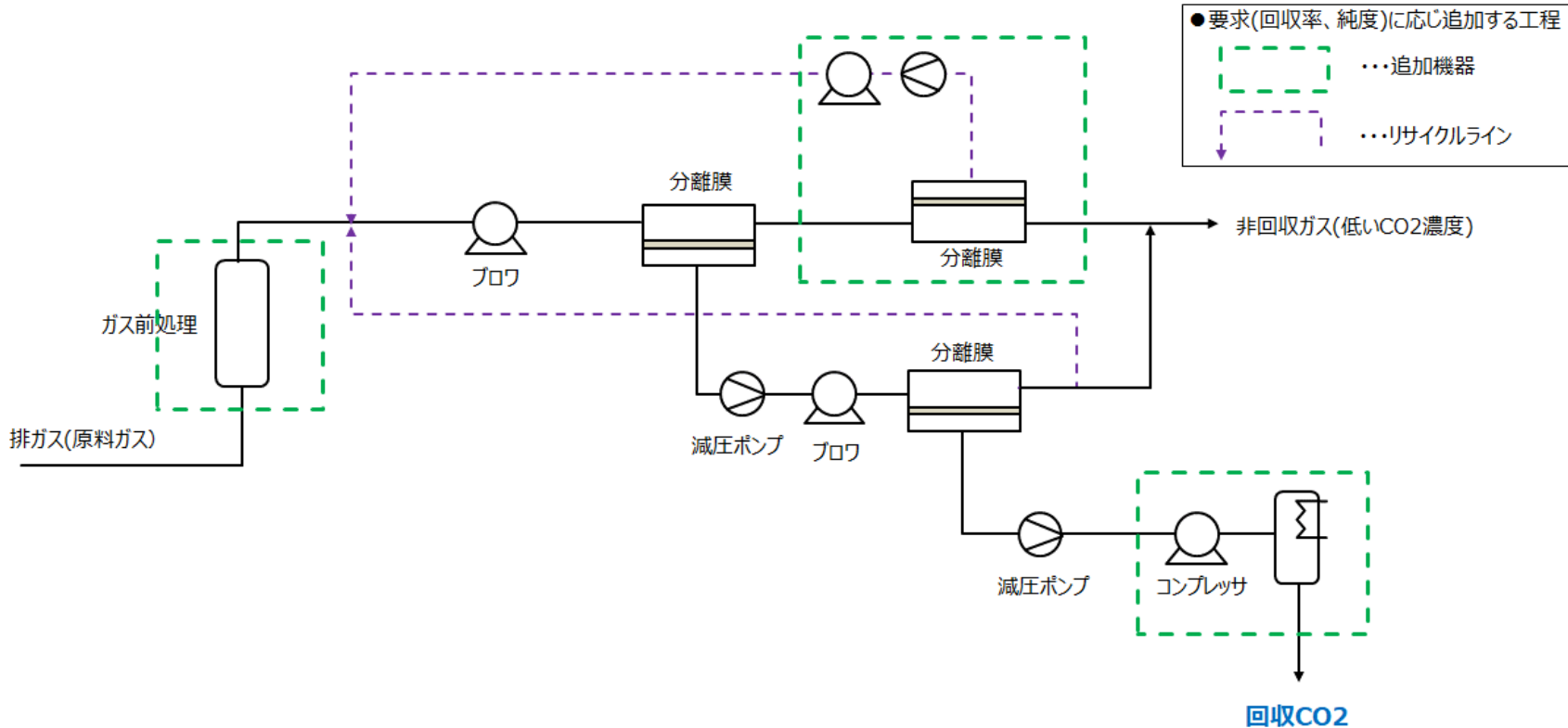
住友化学が検討中の吸着剤を用いた高度脱硝技術は、 NO_2 を特異的に吸着可能となり1ppm未満の脱硝が可能となる。

2. 研究開発計画／参考資料

研究開発内容④：分離システム開発 (2)分離システム開発

【課題】
分離コストが最小となるプロセスフローを構築する

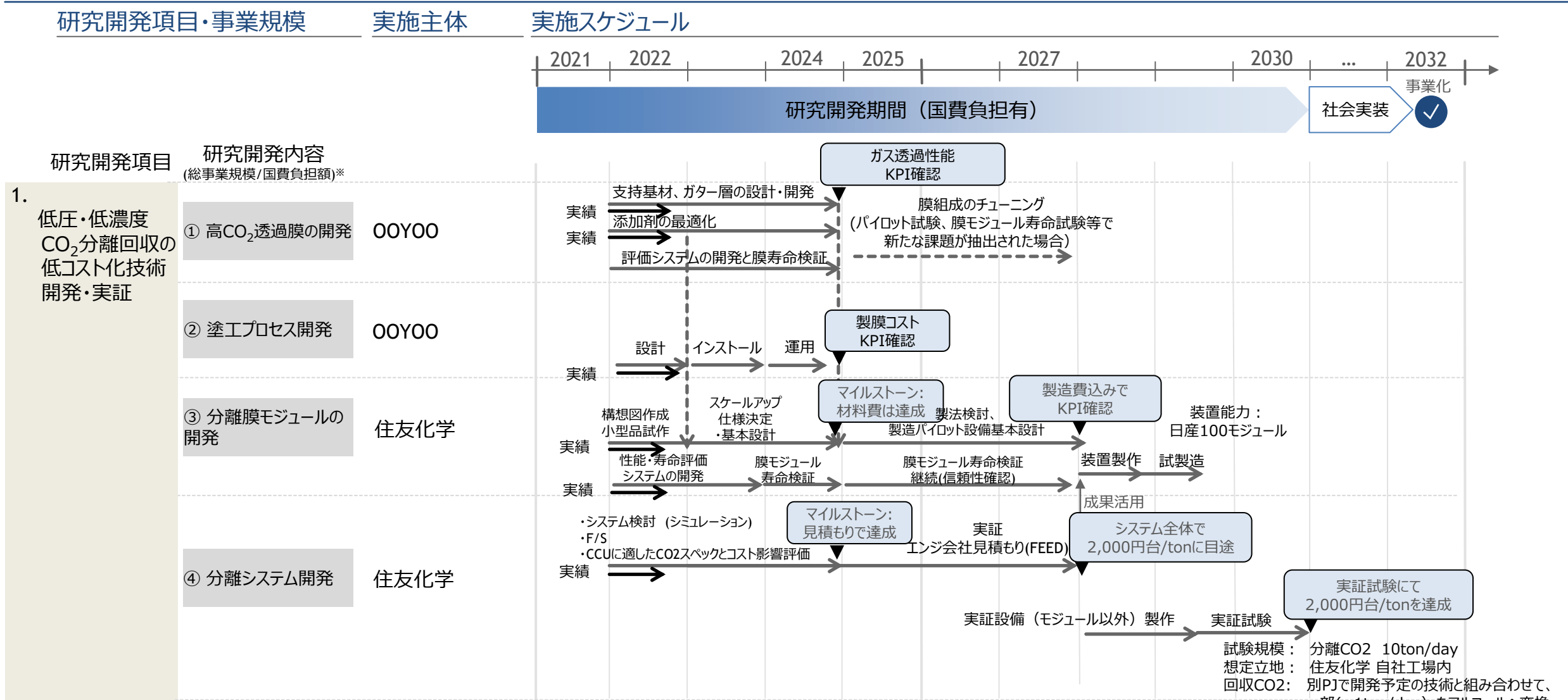
- 【解決へのアプローチ】
- プロセスシミュレーションによるプロセス設計
 - モジュールのガス透過試験による透過データ取得と開発へのフィードバック



✓ 2段階プロセスをベース、必要に応じて機器、リサイクルラインを追加

2. 研究開発計画 / (3) 実施スケジュール

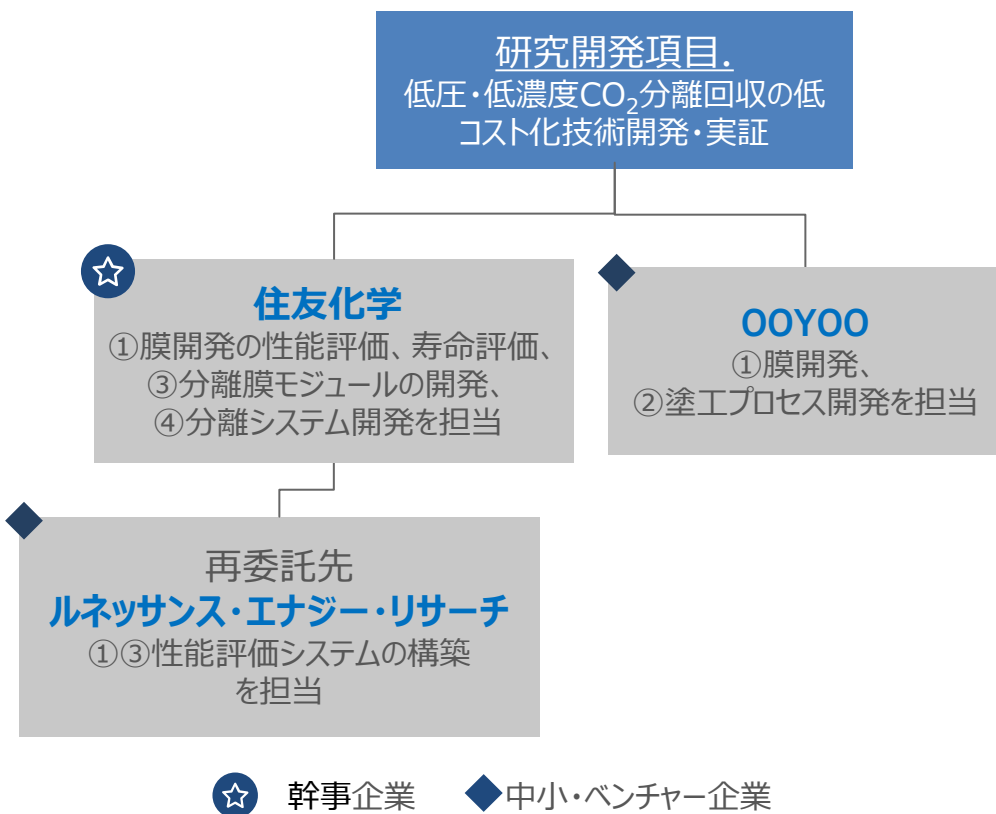
研究開発内容の実施計画とステージゲート



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 ※ 49.9億円 / 43.9億円 (総事業費 / 国費負担額)



各主体の役割と連携方法

各主体の役割

- 研究開発項目全体の取りまとめは、住友化学が行う
- OOYOOは、①膜開発、②塗工プロセス開発を担当する
- 住友化学は、①開発膜・モジュールの寿命評価、③モジュール開発、④プロセス設計、パイロット試験、実証試験を担当する
- ルネッサンス・エネルギー・リサーチは、①開発膜・膜モジュールの性能評価システムの構築と性能・寿命評価を担当する

研究開発における連携方法

- 住友化学が中心となり、コンソーシアム各社と個別に守秘契約を締結の上、各社との定例打合せを実施する

中小・ベンチャー企業の参画

- 世界トップクラスの分離膜開発技術を有するOOYOO社と、住友化学のモジュール化・工業化・プラント設計に関わる技術を効果的に組み合わせることで早期社会実装へつなげる
- 高透過膜、膜モジュールの性能評価、寿命評価に実績のあるルネッサンス・エネルギー・リサーチ社との連携により、開発品の性能評価システムを早期に開発し、材料開発等へのフィードバックを加速させる

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
1. 低圧・低濃度CO ₂ 分離回収の低コスト化技術開発・実証	1 高CO ₂ 透過膜の開発	<ul style="list-style-type: none"> 特許 (WO2018084264等) 論文 (Nature Energy 2(7):17086等) 溶液作成から塗工、膜の簡易評価設備を有する 8年間にわたる研究実績 (JST) 	<ul style="list-style-type: none"> 透過係数が1000GPUで選択性が60である透過膜を有するのは当社のみである
	2 塗工プロセス開発	<ul style="list-style-type: none"> バッチ式塗工装置を用いて8年間にわたり蓄積した塗工技術、ノウハウ及び技術者 	
	3 プレート&フレーム型分離膜モジュールの開発	<ul style="list-style-type: none"> スパイラル型モジュールの設計技術 スパイラル型モジュールの製法、自動化技術 	<ul style="list-style-type: none"> 高度な膜リーフの封止や設計技術を有し、コストと性能を両立する部材選定が可能(特6件) 高歩留まりに必要な製法技術(特許2件)を有し、自動化検討による低コスト生産を実現できる
	4 分離システム開発	<ul style="list-style-type: none"> モジュールの性能評価と解析、プロセス設計に関する知見 夾雑ガス設計に必要な各種分離プロセス技術 	<ul style="list-style-type: none"> 最高レベルの実験環境により、高速実験と高度な解析が可能 既存技術より優れた高度脱硝技術、およびプロセス技術開発技術を有する。

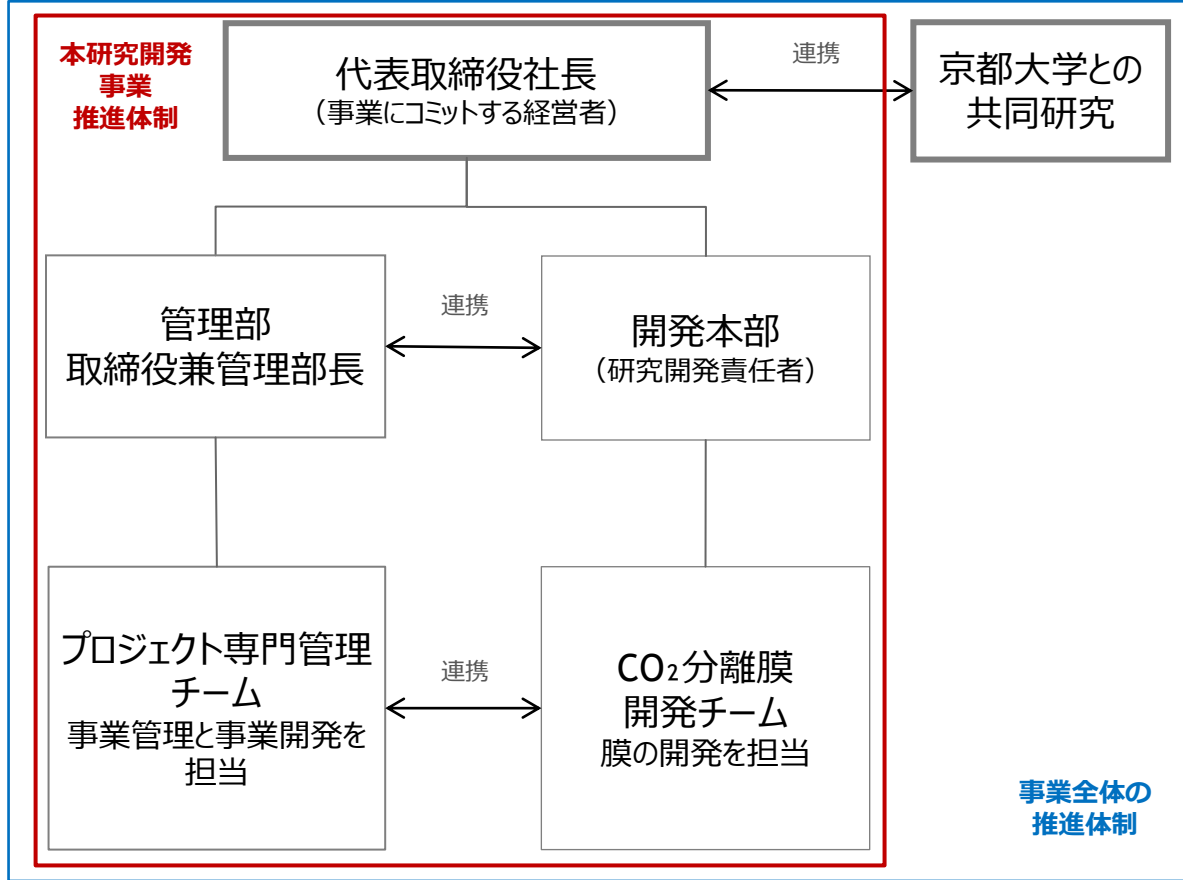
3. イノベーション推進体制

(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、各部署に専門チームを設置し密に連携

組織内体制図



組織内の役割分担

研究開発責任者と担当部署

- 研究開発責任者
 - 開発本部：プロジェクト開発の統括を担当
- 担当チーム
 - CO₂分離膜開発チーム：膜の開発を担当
 - プロジェクト専門管理チーム：管理部 取締役兼管理部長の指揮下に専門チームを設け、事業管理（予算執行管理、知財法務等）と事業開発を担当
- チームリーダー
 - チームリーダー：CO₂分離膜高機能化に係る研究開発等の実績
 - チームリーダー：補助事業等の資金管理、事業開発業務の経験者
- 標準化担当 2023年度中に設置予定

部門間の連携方法

- 定期的に部長レベルで相互の進捗報告を行う
- 定期的且つ機動的に、チームレベルで相互の進捗報告を行う

事業全体の推進体制について

- 本事業に先立ち、京都大学と分離膜の用途開発に関する共同研究を実施

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

経営者等によるCO₂分離膜開発事業への関与の方針

経営者等による具体的な施策・活動方針

● 経営者のリーダーシップ

- カーボンニュートラルに貢献するCO₂分離膜開発事業は、当社の主要事業と位置づけ、カーボンニュートラルに関わる産業構造変革の仮説や自社の事業構造転換の方針を社内外に示す
- 経営者は、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ホームページ、SNS等を通じてメッセージとして発信する
- 経営層は、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、社内研修等により理解に務め、非線形な試行錯誤を奨励する組織制度・組織文化を醸成する

● 事業のモニタリング・管理

- 経営層は、定期的に事業進捗を把握するため、定例の進捗会議を設ける
- 経営層は、事業の進め方・内容に対して、追加リソースの投入や改善策の指示、もしくはテーマの中断や選択・集中等を判断する
- 事業の進捗を判断するにあたり、共同実施者の住友化学を始め、社内外から幅広い意見を取り入れる
- 事業化には、開発するCO₂分離膜の性能向上が重要であり、事業化のKPIとして以下の条件を設定している
 - 透過係数
 - 選択性
 - 膜の寿命

経営者等の評価・報酬への反映

- 事業の進捗状況や成果が、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評価システムを構築する

事業の継続性確保の取組

- 経営層が交代する場合には、事業が継続して適切に実施されるよう、後継者の育成・選別等の際に当該事業を関連づける等、着実な引き継ぎを行う
- 2023年4月1日付けで、桑原真が取締役会長に就任し、並木義雄が代表取締役社長に就任した

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CO₂分離膜開発事業を位置づけ、広く情報発信

取締役会等での議論

- **カーボンニュートラルを含む持続可能な社会に向けた全社戦略**
 - 全ての事業とイノベーション推進体制、および戦略は、カーボンニュートラルを含む持続可能な社会に向けた取組に直結している
- **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や事業計画に対して社を挙げて取り組んでおり、取締役会等の重要な意思決定の場において決議する
 - 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
 - 事業について決議された内容を社内の関連部署に広く周知する
 - 社会情勢の影響により塗工装置の導入が1年以上遅延する事になり事業戦略を見直し、実施計画書の変更を行なった
- **決議事項と研究開発計画の関係**
 - 決議された事業戦略・事業計画において、研究開発計画が不可欠な要素であり、優先度高く位置づける

ステークホルダーに対する公表・説明

- **情報開示の方法**
 - 未上場であるため、IR資料に準ずる報告書等において、気候関連財務情報開示タスクフォース（TCFD）等のフレームワークを活用し、事業戦略・事業計画の内容を明示的に位置づける
 - 速報的にはホームページやSNSを通じて開示し、研究開発計画の概要を可能な範囲でプレスリリース等により对外公表した
- **ステークホルダーへの説明**
 - 事業の将来の見通しや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、適宜説明する
 - 事業の将来の見通し・リスクを取引先やサプライヤー等のステークホルダーに対して、ホームページやSNSを通じて説明する
 - 事業の効果や社会的価値等を、国民生活のメリットに重点を置いて、ホームページやSNSを通じて幅広く情報発信する
 - 複数のメディアを通じて事業の効果や将来の見通しについて情報発信を行なった

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、着実に社会実装まで繋げられる組織体制を整備

経営資源の投入方針

- **実施体制の柔軟性の確保**

- 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・体制を整備する
- 社内や部門内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
- 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
- 業界の知識や人脈が豊富な専門家を顧問として迎え、目標の達成度の向上を図った

- **人材・設備・資金の投入方針**

- 人材について、事業開始年度は、新規採用により、研究開発に10名、事業化および管理に2名確保した。今後も本事業の進捗に応じて増員を図り、ピーク時には新規採用もあわせ16名程度の投入を見込んでいる
- 設備について、事業開始時は、京都大学との共同研究で使用しているラボ施設で開発を行う。2023年2月、研究員の増員に伴い、イノベーションハブ京都に新たに2室の実験室を設置した。今後も本事業の進捗に応じて専用設備の導入や施設の設置を行う
- 本事業における研究開発は、全社的な研究開発テーマであり、社会実装を実現し収益回収に至るまで資源投入を継続する

専門部署の設置

- **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・権限設定を行い、経営者直轄の専門チームの設置等を行う
- 事業環境の変化に合わせて、自社のビジネスモデルを不断に検証する体制を構築する

- **若手人材の育成**

- アカデミア等研究パートナーや共同研究先の住友化学とのネットワークを通じて、将来のエネルギー・産業構造転換を見据え、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
- 化学工学会や分離技術会への参加や発表を通じてアカデミアとの交流を深め、若手人材の育成につなげる

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、事業性に顕著な支障を来す事態に陥った場合には事業中止も検討

研究開発（技術）におけるリスクと対応

● 競合技術と比べ劣位となるリスク

これまで入手可能な公開情報をもとに競合する他社技術との比較を行い、応募技術に優位性があると考えている。しかしながら、競合技術で大幅な技術改良がなされた結果、当社プロセスが競争力を有さず、社会実装に至らない可能性がある。

(対応) → 他社開発動向のウォッチングを継続し、継続的に当社プロセスの競争力評価を行う。また、研究開発状況を踏まえて、人的・金銭的な追加資源の投入を検討するとともに、適宜アカデミアとの共同研究を含めた技術改良やコストダウン検討を行う。

社会実装（経済社会）におけるリスクと対応

● インフラ整備に関するリスク

回収したCO₂を有効利用する上では、分離回収の技術開発に加え、安価な水素の調達や地域内での効率的なCO₂輸送等のインフラ・事業環境が必要となる。これらが整備されない場合、事業の実現性が損なわれる可能性がある。

(対応) → 社会実装に必要なインフラ導入やシステム整備等が進むよう、住友化学と協力し、関連行政・業界団体、及び潜在顧客等との連携を進める。

● CO₂価値(価格)の低下により収益性を確保できないリスク

CO₂分離回収の事業化には、回収コストに見合うCO₂の価値を認め、CO₂販売またはCCU製品価格への転嫁による収益確保が重要となる。回収CO₂に一定の価値を認める制度設計や社会コンセンサスが得られず、CO₂の価値が低下した際は事業創出に至らない可能性がある。

(対応) → 関連行政・業界団体、及び潜在顧客等との議論を進め、CO₂を分離回収する際の経済価値についてのコンセンサス形成を進める。

その他（自然災害等）のリスクと対応

● 台風 地震等による研究設備不具合の発生リスク
(対応) → 共同研究先である京都大学が所有する研究設備の共同利用等を通じて、バックアップ設備として活用する

● 経済情勢の変動リスク

パンデミック、世界金融危機、その等の不可抗力により当社の経営・財務状況が著しく悪化し、事業継続が困難となる可能性がある

(対応) → 外部資金調達など、持続的・継続的な事業運営に努めるとともに、技術確立後であれば技術ライセンスによる他社実施などを検討する。



● 事業中止の判断基準：

- コスト競争力の観点で明らかに優位な他社プロセスが開発・社会実装されるなど、当社技術が明確な劣位となった場合
- 経営状況の著しい悪化により、新規投資が困難となった場合
- 天災等の不可抗力により、検討継続が困難となった場合