

事業戦略ビジョン

実施プロジェクト名：CO₂分離素材の標準評価共通基盤の確立

実施者名：産業技術総合研究所（幹事機関）、代表名：濱川 聡（材料・化学領域 領域長）

共同実施者：地球環境産業技術研究機構

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

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）

4. その他

- (1) 想定されるリスク要因と対処方針

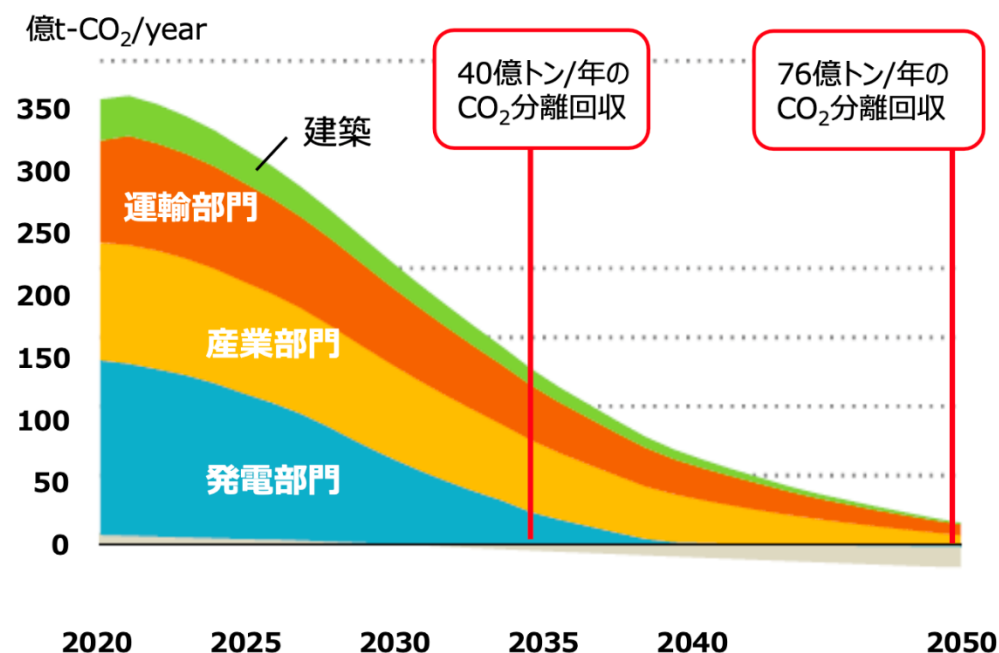
2. 研究開発計画

2. 研究開発計画

本研究開発実施の背景

- 2050年カーボンニュートラル実現のためには、CCUS技術に関する研究開発加速が急務。
- GI基金にて実施予定の他事業を含め、CO₂からの機能性化学品（ポリカーボネート等）製造や、人工光合成等のグリーン水素からアルコール類経由の基礎化学品製造等では、原料としてのCO₂が必要であり、CO₂の分離回収技術の革新は不可欠。
- 世界で拡大するCO₂分離回収市場において、産業競争力を強化してシェアを拡大し、カーボンニュートラルの実現に貢献するため、分離素材開発～実用化・商用化の流れを加速する必要がある。
- 次世代の革新素材・技術の開発、およびその社会実装を加速するため、**CO₂分離回収にかかる標準評価共通基盤を構築**する。

ネットゼロエミッションシナリオにおける世界のCO₂排出量



第8回 産業構造審議会（CO₂分離回収第2回WG）資料より抜粋
（2021/12/23開催）

標準評価共通基盤においては、ラボからベンチスケールまでの各ステップで標準となる評価・分析法、劣化メカニズムを想定した耐久性評価手法の開発により素材開発からプロセス設計までをシームレスに加速する。また、研究開発から得られる知見、ならびに市場での課題等、情報共有のハブとしての機能により、開発加速のみならずCO₂分離回収分野の研究拠点としての機能を果たす。

2. 研究開発計画

共通評価基盤の必要性

国内企業ヒアリング結果の概要

(1) 産業界からの要望

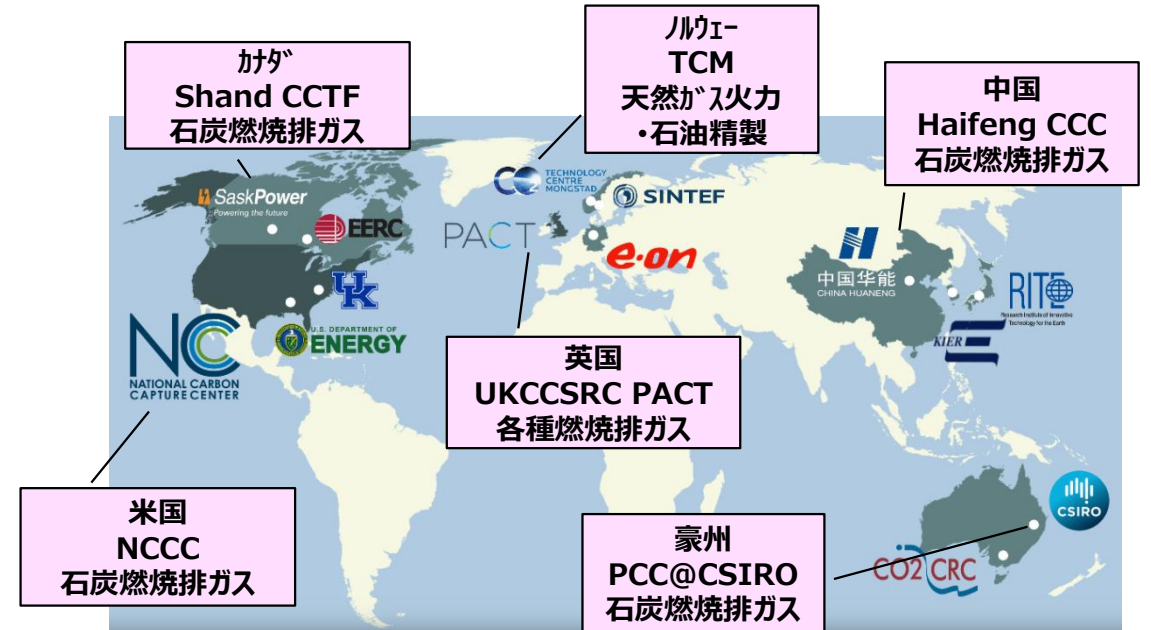
- 素材メーカー：
新規開発した自社材料の優位性を客観的に示したい
- エンジニアリング会社：
素材メーカー等が開発する様々な新規材料を客観的に比較・評価したい

(2) 個社での実ガス試験における課題

- サイトの確保、法規対応・申請作業等に時間を要する
- 実ガス試験実施には十分な初期予算の投入が必要である

(3) 海外の実ガス試験設備を利用する上での課題

- パイロット～実機レベルの対応が求められ、開発段階の分離素材の評価が不可
- 現地条件（法規対応等）に沿って開発するため、企画～試験の全ての段階で時間が必要
- 現地企業が優先されるため、スケジュール通りの評価が困難
- 知財保護、経済安全保障上の懸念



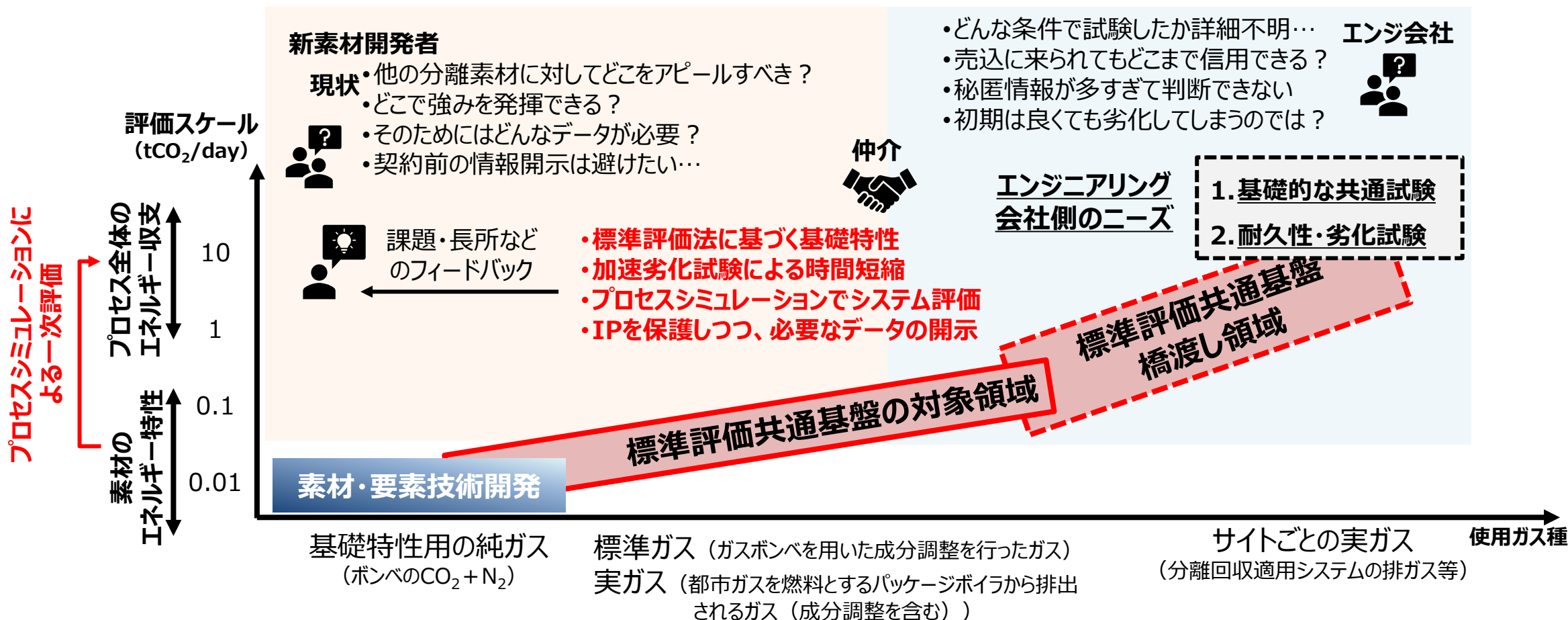
International Test Center Network (ITCN)
CO₂分離回収技術の研究開発を推進する世界各地の施設のグローバル連合
(2012年設立)

目的：CO₂分離回収技術の商業化を加速させる知識・情報の共有
特に、CO₂回収技術を組込んだ発電やプロセスのコスト削減を
可能にする次世代技術

➤ 日本には試験の拠点が無い。

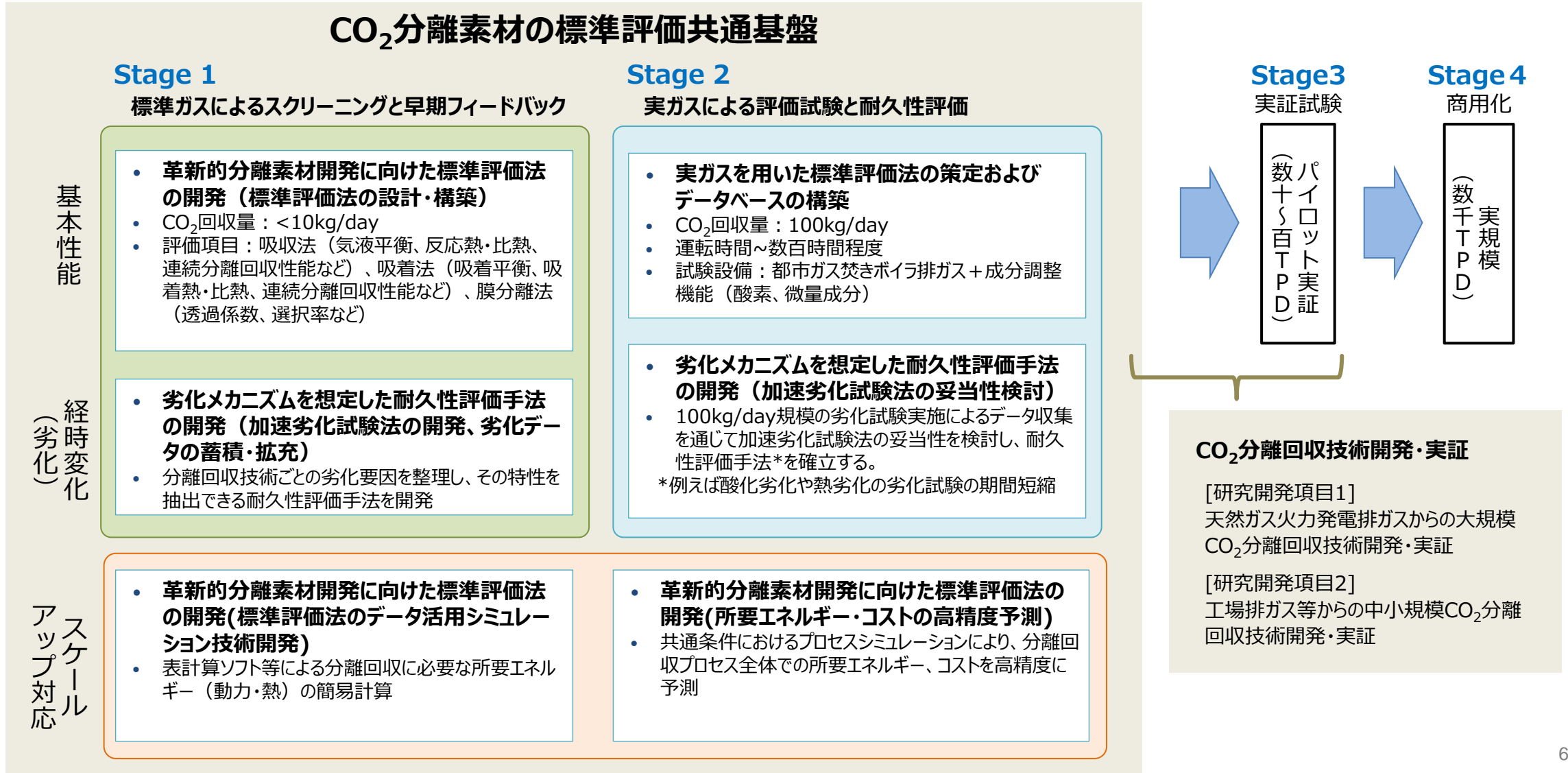
➤ 現在は日本のCO₂回収技術は海外技術に対して優位性があるが、今後も優位性を保つためには、日本国内に実ガス試験が可能な共通評価基盤が不可欠

標準評価共通基盤の役割：素材開発強化と橋渡し機能



- ✓ 整備された共通設備による素材開発側の研究障壁の低下
- ✓ プロセス開発側での多数の革新素材候補に対するスクリーニング負担の軽減

標準評価共通基盤における材料評価の流れ：標準ガスから実ガス評価への展開



2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

革新素材・技術の社会実装の加速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

事業の実施内容

CO₂分離素材の標準評価共通基盤の確立

アウトプット目標

世界で拡大するCO₂分離回収市場でシェアを拡大し、カーボンニュートラルの実現に貢献するため、標準ガス及び実ガスを用いたCO₂分離回収標準評価共通基盤を確立

研究開発項目

- 1 CO₂分離素材の標準評価法の策定
 - ①-1 素材特性評価法の構築
 - ①-2 素材評価に適した分離性能評価法の構築
 - ①-3 加速劣化試験法の開発
 - ①-4 シミュレーション技術の開発

- 2 標準ガスおよび実ガスを用いた統一的な性能評価法の確立

- 3 国際標準化

KPI

- 技術開発レベルに合わせたCO₂分離素材の横並びの性能評価を可能とする、吸収法・吸着法・膜分離法ごとの標準評価法の策定
- 標準ガスを用いた連続分離回収試験装置の整備
- 実ガスを用いた連続分離回収試験装置の整備
- これまでの劣化試験に要する時間を1/2以下に短縮可能な試験法の開発

- 標準ガスを用いた各種CO₂分離素材の評価
- 実ガスを用いた各種CO₂分離素材の評価

- 要求性能の明確化
 - 標準評価法の発信・普及*
- *普及：国内外での利用検討の実施

KPI設定の考え方

CO₂分離素材を横並びで評価する手法は無く、優劣比較が困難。開発初期段階にあるCO₂分離素材等の性能評価では、標準ガスを用いて、少量でも中立的な評価が可能な評価法を開発。実ガスを用いる分離素材の評価に関しては、100kg-CO₂/日規模の実ガス試験センターの設置および実ガスを用いた分離性能評価法を開発。加速劣化試験法やプロセスシミュレーションを含めたCO₂分離回収技術ごとの標準評価法を策定し、CO₂分離素材の開発を加速させるため、KPIに設定。

新規に開発されたCO₂分離素材の性能評価にも適合するよう、適宜評価法の改良を進め、標準ガスおよび実ガスを用いた統一的な性能評価法を確立するため、KPIに設定。

CO₂分離素材を対象とした評価法の国際標準規格は未確立。標準評価法を国内外に広く発信し、標準評価法のユーザーを増やすことで国際標準化への道筋を拓くため、KPIに設定。

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

					実現可能性 (成功確率)
KPI	現状	達成レベル	解決方法		
<div>1</div> <div>CO₂分離素材の標準評価法の策定</div> <ul style="list-style-type: none">①-1 素材特性評価法の構築①-2 素材評価に適した分離性能評価法の構築①-3 加速劣化試験法の開発①-4 シミュレーション技術の開発	<ul style="list-style-type: none">技術開発レベルに合わせたCO₂分離素材の横並びの性能評価を可能とする、吸収法・吸着法・膜分離法ごとの標準評価法の策定標準ガスを用いた連続分離回収試験装置の整備実ガスを用いた連続分離回収試験装置の整備これまでの劣化試験に要する時間を1/2以下に短縮可能な試験法の開発	<ul style="list-style-type: none">標準評価法が無く、横並び評価が困難。また、実ガス評価は一部のエンジ企業に限定劣化評価にはパイロットクラスの実ガスで約1年程度の時間が必要（提案時TRL4）	<ul style="list-style-type: none">標準評価法が確立され、新規分離素材について性能の横並び評価が可能となっている状態中立で公平性の高い標準ガスを及び実ガスを用いた性能評価設備の整備（回収技術ごとに1基、計3基）ラボスケール・セミベンチスケールの試験装置でこれまでの劣化試験に要する時間を1/2以下に短縮可能な試験法（各分離回収技術ごとに1件、計3件以上）が開発され、利用が開始されている状態（目標TRL7）	<ul style="list-style-type: none">プロジェクト推進協議会（GI事業参加者、CO₂排出事業者、エンジメーカー、大学・研究機関等）設置による協力体制を構築低圧、低濃度排ガスの評価方法の検証に適した実ガス設備仕様の検討分離素材開発者・エンジ企業が自由に利用可能な、分離素材ごとの分離回収エネルギーの定義と標準評価手順を確立し、ベンチマークデータとともに公開分離素材ごとに影響因子の整理と劣化メカニズムを想定し、劣化モードを再現しつつ、耐久性評価を短時間化する試験方法を確立	高 (90%) これまでの知見の活用 ※加速劣化試験法については中 (60%) チャレンジングな研究開発含む
<div>2</div> <div>標準ガスおよび実ガスを用いた統一的性能評価法の確立</div>	<ul style="list-style-type: none">標準ガスを用いた各種CO₂分離素材の評価実ガスを用いた各種CO₂分離素材の評価	独自研究開発による不統一な評価（提案時TRL4）	<ul style="list-style-type: none">各種CO₂分離回収技術の新規材料評価（10種×3）を実施可能な状態（目標TRL7）	<ul style="list-style-type: none">標準評価法に従い各種CO₂分離素材の性能評価を進め、データを蓄積・拡充し、適宜評価法を改良得られた性能評価に関するデータベースを公開	高 (90%) これまでの知見を活用
<div>3</div> <div>国際標準化</div>	<ul style="list-style-type: none">要求性能の明確化、標準評価法の発信・普及 <p>*普及：国内外での利用検討の実施</p>	CO ₂ 分離回収技術のための材料を対象とした評価方法の国際標準化はなされていない	構築した標準評価法が国内外に普及し、国際標準化に向けた環境が整った状態	<ul style="list-style-type: none">標準評価法により構築したデータベースを活用し、各種CO₂分離回収技術ごとの要求性能を示す。セミナー・講演会の開催や、海外実ガスセンターとの連携により、標準評価法の普及を図る。	中 (50%) 国際標準化は各国への普及が前提

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）研究進捗	進捗度
1	<ul style="list-style-type: none">CO₂分離素材の標準評価法の策定①-1 素材特性評価法の構築①-2 素材評価に適した分離性能評価法の構築①-3 加速劣化試験法の開発①-4 シミュレーション技術の開発	<ul style="list-style-type: none">（①-1～4共通） プロジェクト推進協議会のメンバーとして、GI基金①②実施者、素材メーカー、エンジニアリング会社等から24名の委員を委嘱。第1回協議会（2023年1月10日）、第2回（2023年3月22日）、第3回（2023年10月26日）を開催。①-1 各分離回収技術（吸収法・吸着法・膜分離法）の基礎特性評価法構築に向け、既存の評価法に関する諸元調査を実施。評価対象とする標準分離素材や標準ガス組成、評価項目等を決定。標準分離素材を用いた各素材特性評価を開始。①-2 各分離回収技術それぞれについて、標準ガスを用いた分離回収試験装置（～10kg-CO₂/日規模）の仕様を検討し、装置の発注を完了。24年3月末に納品完了。また、実ガス試験設備（100kg/日規模）の仕様検討するが、予算および工期が合わずエンジ会社を変更、仕様確定と発注を実行中。①-3 加速劣化試験法に関する諸元調査から、想定されるCO₂分離素材の劣化要因（温度、夾雑成分等）を整理。それに基づく試験方法や試験条件を決定し、加速劣化試験装置の発注を完了。24年3月末に納品完了。①-4 各分離回収技術の簡易評価ツールのプロトタイプを完成。	<ul style="list-style-type: none">（①-1～4共通） ○（理由）計画通りに進捗している。①-1 △（理由）23年度実施予定の一部の評価開始を24年度に後ろ倒し。①-2 標準ガス試験設備：△（理由）23年度実施予定の試験開始を24年度に後ろ倒し。 実ガス試験設備：△（理由）設備竣工予定を24年12月から25年2月に後ろ倒し。①-3 △（理由）23年度実施予定の試験開始を24年度に後ろ倒し。①-4 ○（理由）計画通りに進捗している。

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（今後の取組）

今後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

- 1 CO₂分離素材の標準評価法の策定
- ①-1 素材特性評価法の構築
 - ①-2 素材評価に適した分離性能評価法の構築
 - ①-3 加速劣化試験法の開発
 - ①-4 シミュレーション技術の開発

- （①-1～4共通）プロジェクト推進協議会の体制を検討・決定し、年度内に複数回開催する。
- ①-1 各種CO₂分離素材の基礎的な素材特性評価法を構築する。
- ①-2 標準ガスおよび実ガスを対象とした分離回収試験装置を設置し、CO₂分離素材の分離性能評価のための指標および評価方法を開発する。
- ①-3 分離回収技術ごとの劣化要因を整理し、その特性を抽出できる加速劣化試験法を開発する。
- ①-4 各分離回収技術の概念設計を可能とするシミュレーション技術に関し、各CO₂分離素材の分離プロセスに対応した簡易評価ツールを開発する。

残された技術課題

- （①-1～4共通）素材特性評価法、分離性能評価法、加速劣化試験法、シミュレーション技術それぞれの評価項目や評価条件等について、2022年度の議論を元に検討を進め、評価手法の妥当性について議論する。
- ①-1 各分離回収技術の素材特性評価法の完成に向け、試験条件を決定・実施し、課題や精度を明らかにする。また、各評価項目に設定した目標精度達成に向け、必要要件を明確にする。
- ①-2 標準ガスおよび実ガスを用いた分離回収試験装置の仕様を決定し、装置の設置を進める。設置完了後、標準分離素材の試験を実施し、課題や精度を明らかにする。
- ①-3 標準ガスを用いた加速劣化試験の試験方法や試験条件を決定・実施し、実時間での耐久性試験との比較から課題の整理を進める。
- ①-4 前年度開発した簡易評価ツールのプロトタイプについて、有用性の検証および適用範囲の明確化を進め、簡易評価ツールの開発を完了する。

解決の見通し

- （①-1～4共通）計画通りに実施予定。
- ①-1 一部評価開始を24年度第一四半期に後ろ倒しするが、内容は変更せず実施予定。
- ①-2 （標準ガス）試験開始を24年度第一四半期に後ろ倒しするが、内容は変更せず実施予定。
（実ガス）25年2月竣工し実施予定。
- ①-3 試験開始を24年度第一四半期に後ろ倒しするが、内容は変更せず実施予定。
- ①-4 計画通りに実施予定。

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

研究開発項目の詳細

①-1 素材特性評価法の構築（各分離回収技術の標準分離素材）

分離技術	標準分離素材	選定理由
吸収法	モノエタノールアミン（MEA） アミノメチルプロパノール（AMP） ＋ピペラジン（PZ）	<ul style="list-style-type: none">MEAは、第一世代吸収液として多くの知見があり、装置および試験法の確認のベンチマークとして最適AMP/PZは、第二世代標準吸収液として検討されている（IEAGHGのテクニカルレポートでも次世代標準液の代表例と掲載されている）<ul style="list-style-type: none">-AMP/PZは、MEAに対して再生熱量が小さい（AMPがヒンダードアミン）-PZを助剤として入れることで反応速度が向上-劣化耐性が高い
吸着法	ゼオライト（13X）	<ul style="list-style-type: none">ゼオライトは国内外の複数のプロジェクトにおける実証試験で利用されており、多くの知見があるため、標準評価法の妥当性検証のベンチマークとして最適安定な分離素材であり、保管状態等に由来する劣化の懸念なし大量製造されており、入手が容易
膜分離法	高分子膜（ポリイミド）	<ul style="list-style-type: none">ポリイミド膜およびゼオライト膜はCO₂分離膜として使用実績があり、標準評価法の妥当性検証に最適製造・販売されており、入手が容易異なる分離メカニズムにも対応（ポリイミド膜は溶解拡散、ゼオライト膜は分子ふるい）
	無機膜（ゼオライト）	

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

研究開発項目の詳細

①-1 素材特性評価法の構築（標準ガスおよび実ガスの組成）

標準ガス：ガスボンベを用いて成分調整を行ったガス

実ガス：都市ガスを燃料とするパッケージボイラから排出されるガス（成分調整を含む）

項目	ガス条件	
	標準ガス	実ガス
供給ガス	✓流量(dry)：～15 Nm ³ /h (max20 kg-CO ₂ /d) ✓圧力：常圧 ✓温度：30～50 ℃ ✓ガス種：CO ₂ 、O ₂ 、N ₂ 、水蒸気、NO _x (マスフローコントローラーで制御)	✓流量(dry)：30～60 Nm ³ /h (max100 kg-CO ₂ /d) ✓圧力：大気圧～0.9 MPa (Abs.) ✓温度：30～50 ℃ ✓ボイラ排ガス（CO ₂ 濃度8%、N ₂ 濃度87%、O ₂ 濃度5%、NO _x 濃度45ppm）
標準組成（ドライ*）	✓CO ₂ 濃度 4 %、O ₂ 濃度～14%、N ₂ ～82%（+NO _x ）	
ガス分析	✓赤外分光法、ガスクロマトグラフィ-等	

*必要に応じて加湿条件で測定

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

研究開発項目の詳細（進捗）

①-1 素材特性評価法の構築

吸収法

- ◆ 気液平衡特性・密度
 - ・ 気液平衡特性（高温域）と密度測定で再現性10%以内を達成。
 - ・ 気液平衡特性（低温域）の再現性試験を実施中。
- ◆ 比熱・反応熱
 - ・ 製作会社側の理由による反応熱量計の納入遅延のため、納品待ち。
 - ・ 反応熱量計以外の部品（架台等も含む）を納入済み。

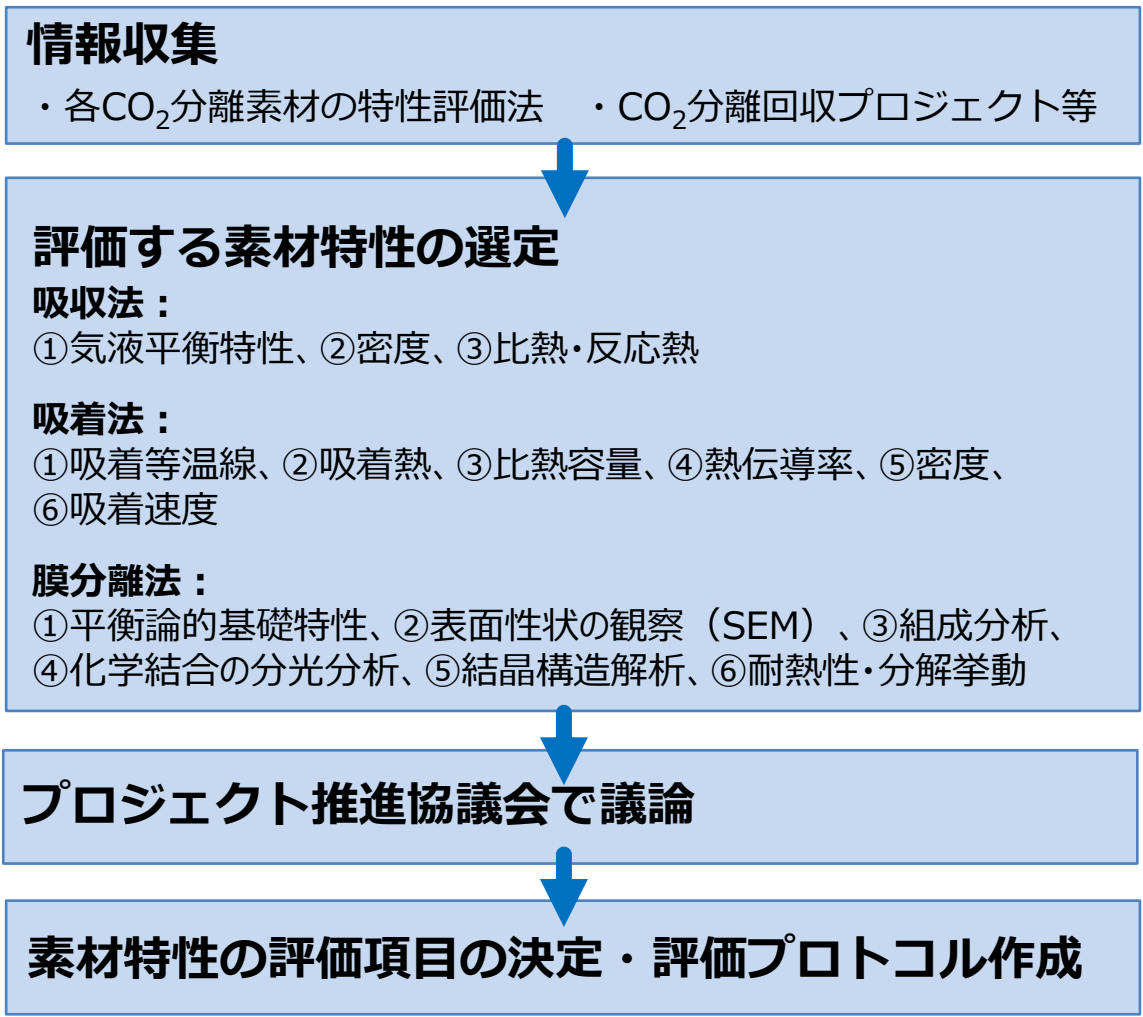
吸着法

- ・ 吸着等温線、比熱容量、熱伝導率、密度（真密度・かさ密度）、吸着速度の評価はいずれも再現性10%以内の測定精度を達成。熱伝導率以外は5%以内も達成。

膜分離法

- ・ 平衡論的基礎特性として、ガス吸着により吸着特性を評価。
- ・ 表面性状の観察（SEM）、表面元素分析(EDS)、化学結合の分光分析、結晶構造解析を用いて、材料特性を評価。
- ・ 標準分離膜の候補として、異なる分離機構の膜材料である無機膜・高分子膜の2種類を決定。高分子膜としてポリイミド膜を選定し、平衡論的基礎特性および材料特性評価を開始。

素材特性評価法の検討ワークフロー

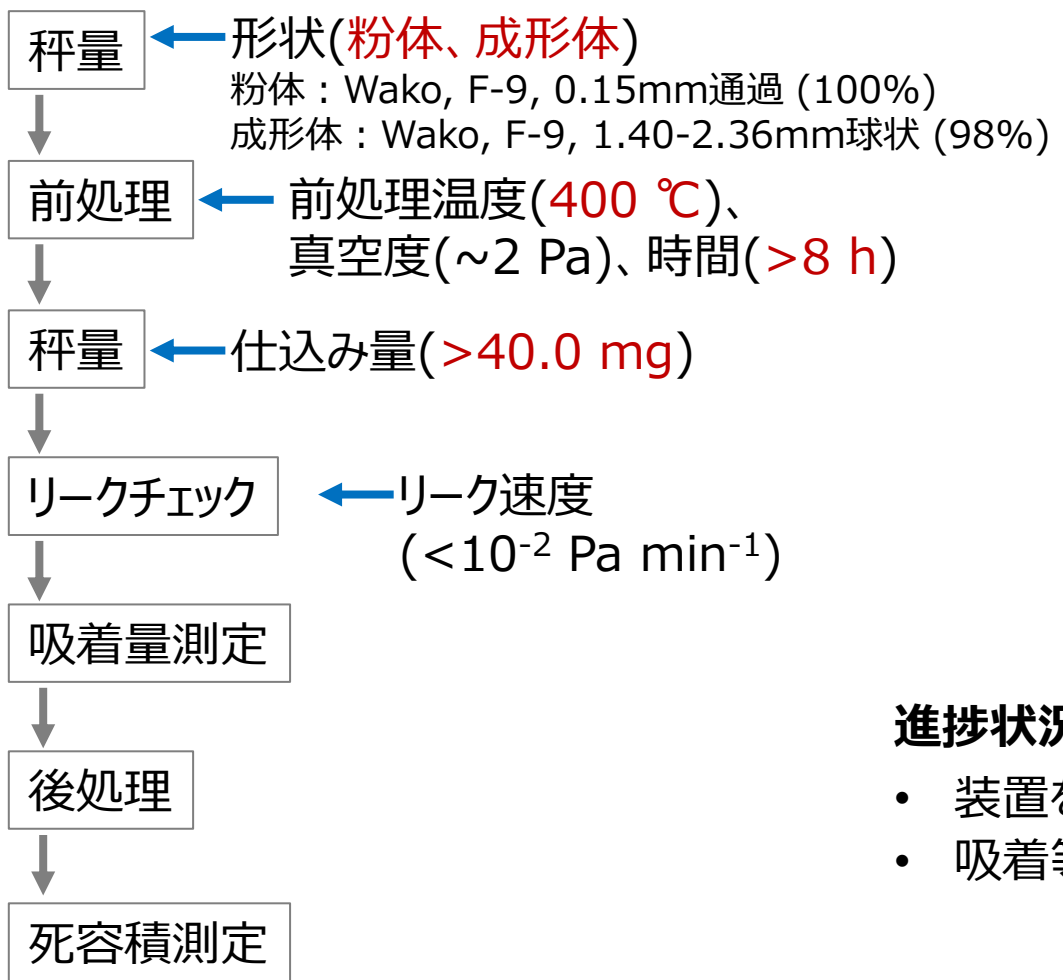


2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

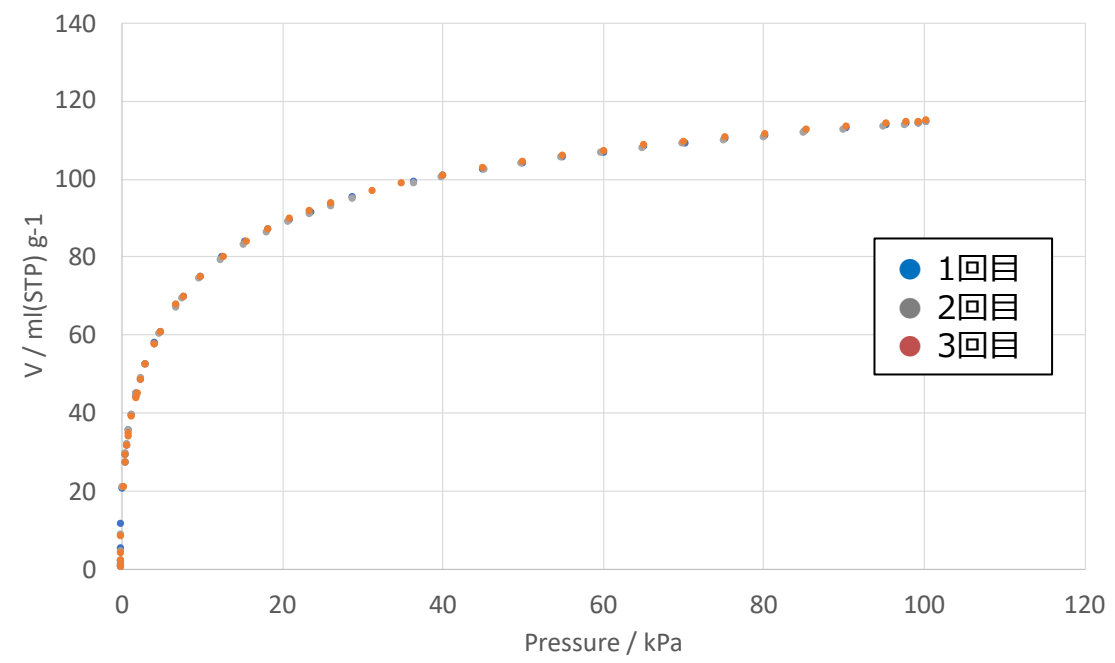
研究開発項目の詳細（進捗）

①-1 素材特性評価法の構築（例：吸着法）

吸着等温線の評価プロトコル：



吸着等温線の測定例（CO₂, 298.15K, 繰り返し性）



進捗状況

- 装置を導入し、評価プロトコルを作成
- 吸着等温線の再現性をSips式でfittingして評価（3.6%以内）

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

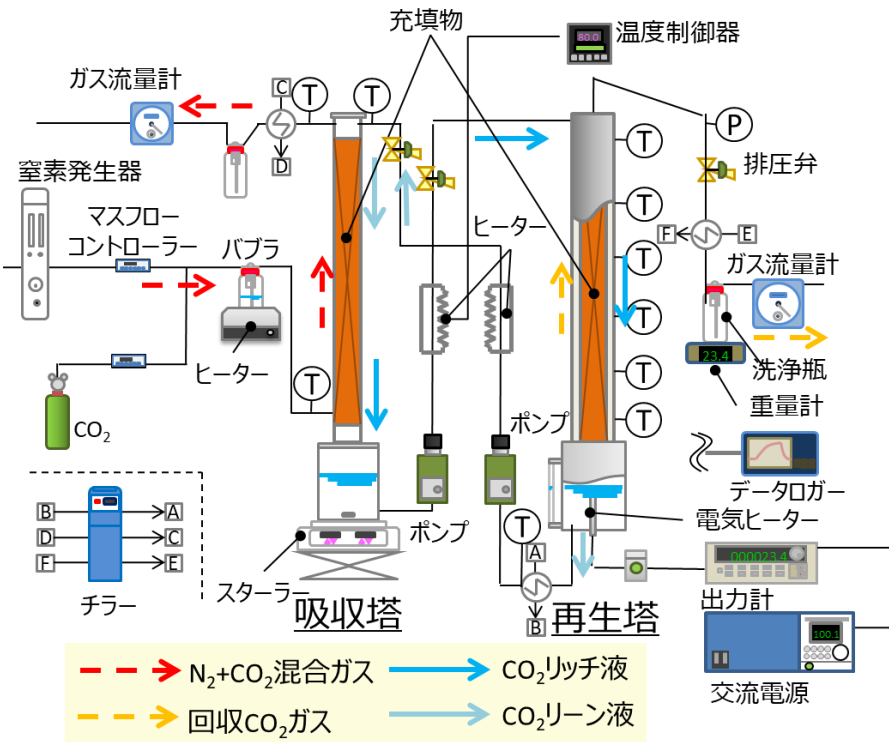
研究開発項目の詳細

①-2 素材評価に適した分離性能評価法の構築（小スケールでの評価に適した分離性能評価法の確立）

【評価法概要：吸収法】

- 液ガス比（L/G）を変数とし、所与のCO₂回収率におけるエネルギーペナルティを評価する。
- 再生熱量算出のために、別途予備試験により、再生塔の熱損失量および予熱部におけるCO₂解離量などを推算する。
- 測定項目は、①温度②圧力③液組成④吸収塔出口ガス流量⑤再生塔上部の水蒸気量⑥回収CO₂流量⑦再生塔入熱量とする。
- 評価項目は①再生熱量(液昇温熱、蒸発潜熱、CO₂解離熱)およびそれに起因する消費電力②補機類の消費電力(ポンプ・圧縮機動力など、推算式を利用)③CO₂回収率とする。

【標準ガス試験設備：吸収法】



		本評価法	文献値*1
吸収塔温度 [℃]	液(上部)/ガス(下部)	40/40	40～50/30～50
再生塔温度 [℃]	液(上部)/液(下部)	110*2/120	100～140/120～150
CO ₂ 回収率 %		90	75～98
L/G kg/kg		吸収液種ごとに範囲を設定	0.5～5

回収能力：～ 20 kg-CO₂/day

吸収塔形状：内径 約0.05 m、充填塔高さ 1.2～1.5 m

再生塔形状：内径 約0.03 m、充填層高さ 1.0 m

*1 Notz et al.,2011; Benquet et al.,2021; Cousins et al., 2015; Rabensteiner et al., 2016など
*2 厳密にはL/Gや液物性で変化するが、伝熱面積等は実設計で最適化可能と仮定し、理想的な値として設定

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

研究開発項目の詳細（進捗）

①-2 素材評価に適した分離性能評価法の構築（小スケールでの評価に適した分離性能評価法の確立）

【再生熱量の算出法】

再生熱量の測定値を以下の二つの方法で比較

- 差引：入熱量 Q_{in} －放熱量 Q_{Loss}
- 積算：液顕熱 Q_s ＋蒸発潜熱 Q_v ＋ CO_2 解離熱 Q_d

再生塔内熱バランス

$$Q_{in} - Q_{Loss} = Q_v + Q_s + Q_d \text{ ※1}$$

$$\text{液顕熱 } Q_s = \dot{m}_{lern} \cdot C_p \cdot (T_{rich,c} - T_{lean,c}) \text{ ※2,3}$$

$$\text{蒸発潜熱 } Q_v = \dot{m}_v \cdot H_v$$

$$\text{CO}_2 \text{ 解離熱 } Q_d = \dot{m}_{CO_2,out} \cdot H_{CO_2} \text{ ※3}$$

※1 Q_{Loss} は CO_2 吸収無の予備試験により取得

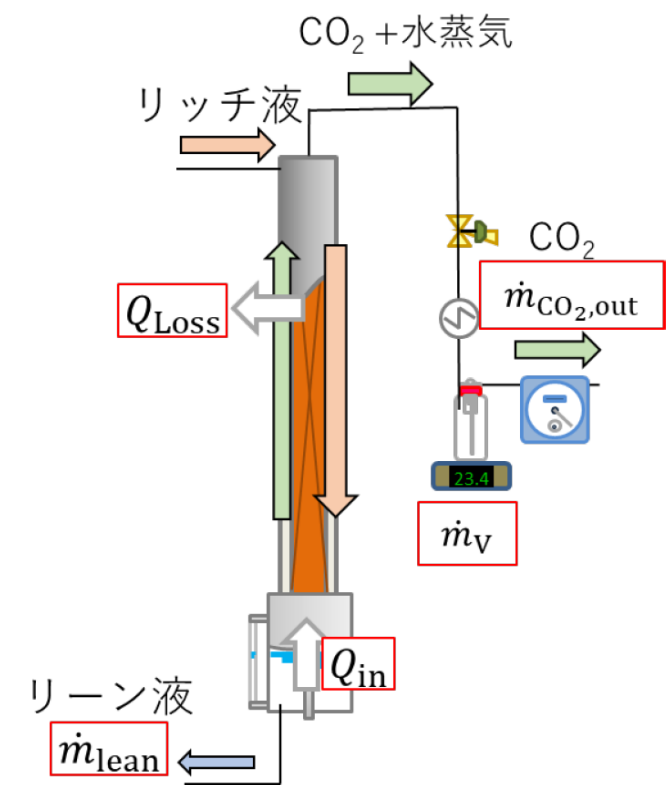
※2 熱交換器のLMTDを仮定し ΔT_c を算出

※3 比熱^[5]，反応熱^[6]は文献値を使用

[5] Hilliard, 2008

[6] Inna Kim et al., 2007

再生塔の概要



進捗状況

- 再生塔入口直前の予熱部で解離・気化する CO_2 ・水蒸気を考慮した上で、MEA水溶液を用いて再生熱量を算出したところ、上記二つの方法（差引、積算）での算出値について、概ね整合性を確認

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

研究開発項目の詳細（進捗）

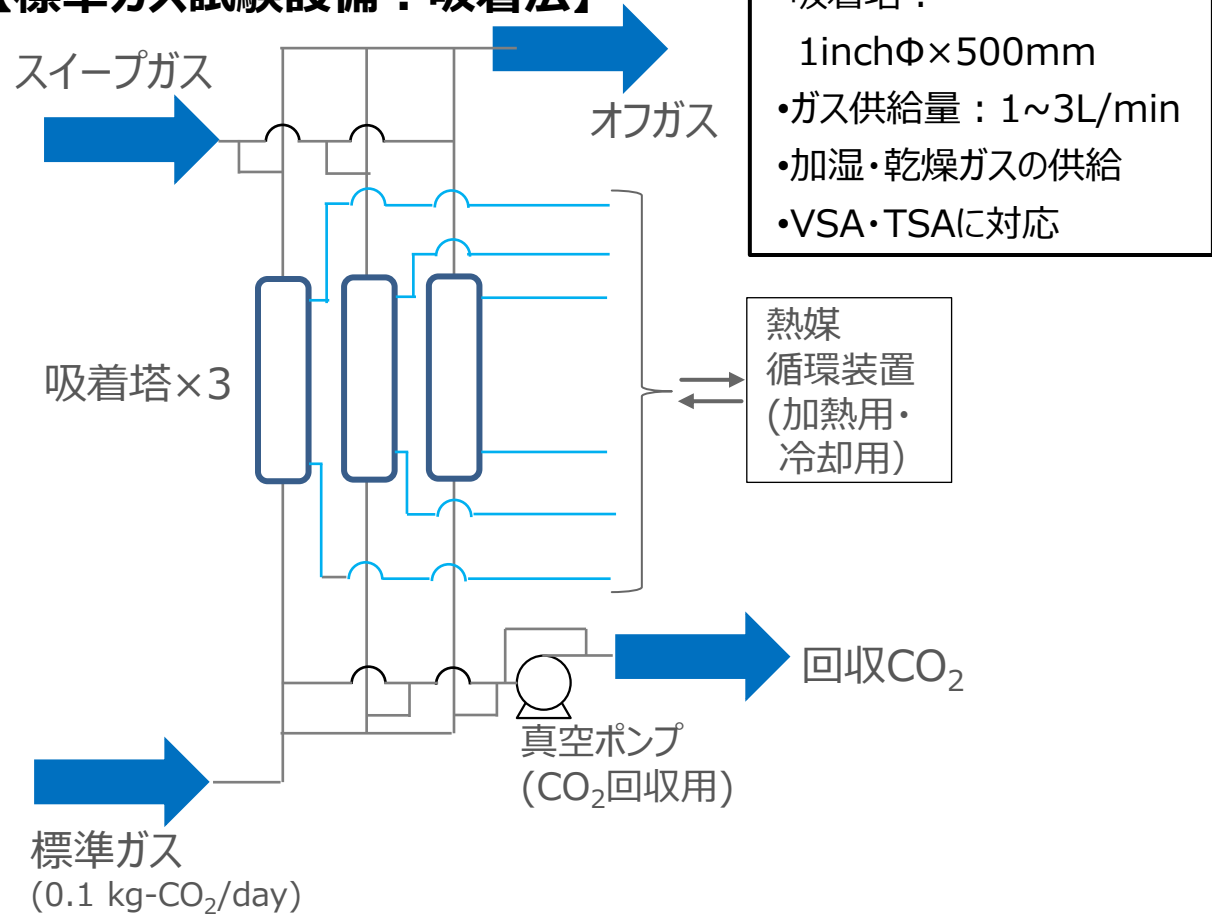
①-2 素材評価に適した分離性能評価法の構築（小スケールでの評価に適した分離性能評価法の確立）

【評価法案概要】

- 圧カスイング法（VSA）と温度スイング法（TSA）に対応できる、多塔式固定層吸着試験装置を利用する（設計図の一部を掲載）。
- 各運転法の定常運転時における、物質収支データ及びエネルギー収支データを取得し、吸着剤の分離性能を評価する。
- 測定項目は①温度、②圧力、③流量、④CO₂濃度とする。CO₂濃度分析はオフガス、回収ガスに対して実施する。
- 評価項目は、①回収CO₂純度、②CO₂回収量、③CO₂回収率、④消費電力（真空ポンプ、恒温水循環装置）、⑤耐久性とする。

	圧カスイング法 (VSA)	温度スイング法 (TSA)
温度	30℃固定	吸着：30℃ 脱着：120℃
圧力	吸着：101 kPa 脱着：<10 kPa	吸着：101 kPa 脱着：101 kPa
CO ₂ 回収率	90%（90%に達しない素材は変更）	90%（90%に達しない素材は変更）

【標準ガス試験設備：吸着法】



進捗状況

- 2024年3月末に装置の設置完了

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

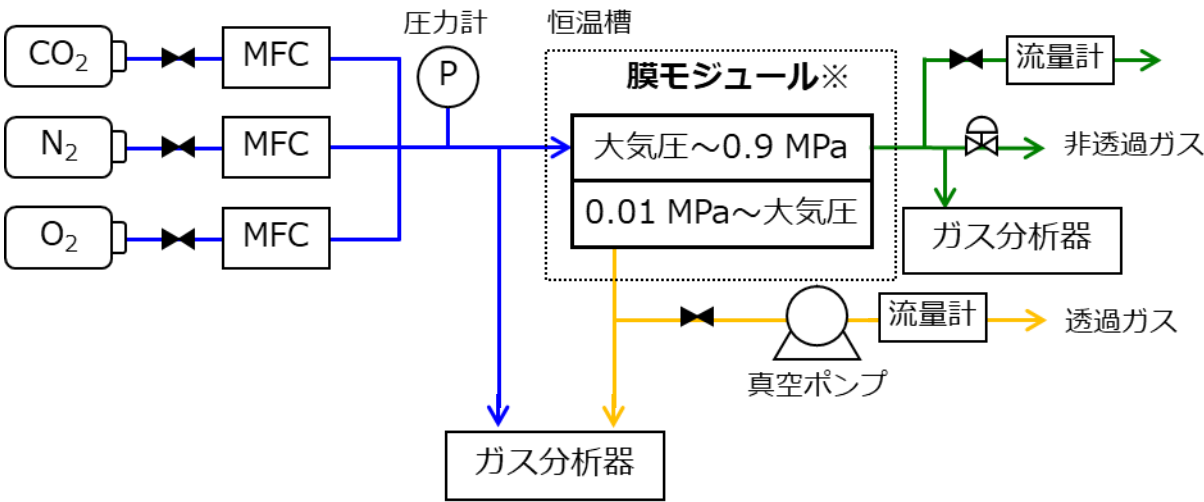
研究開発項目の詳細（進捗）

①-2 素材評価に適した分離性能評価法の構築（小スケールでの評価に適した分離性能評価法の確立）

【評価法案概要】

- 単一ガスおよび混合ガスを対象として、透過流量を測定する試験装置（差圧法）のフローを示す。（右図）
- 測定項目は、①非透過側ガス流量、②透過側ガス流量、③非透過側CO₂濃度、④透過側CO₂濃度とする。
- 測定は、ガス流量については流量計、ガス組成についてはガス分析器（ガスクロマトグラフ等）にて行う。
- 評価項目は、①単成分の透過流束（CO₂透過量／有効膜面積）、②混合成分の透過流束（CO₂透過量／有効膜面積）、③回収CO₂純度、④透過速度比とする。

【標準ガス試験設備：膜分離法】



※提供いただいた膜モジュールを恒温槽に設置して評価する

条件	単成分	混合成分
温度	30～50 ℃	30～50 ℃
供給流量	～0.06 Nm ³ /h	～0.06 Nm ³ /h（全流量1 L/min以内）

進捗状況

- 2024年3月末に装置の設置完了

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

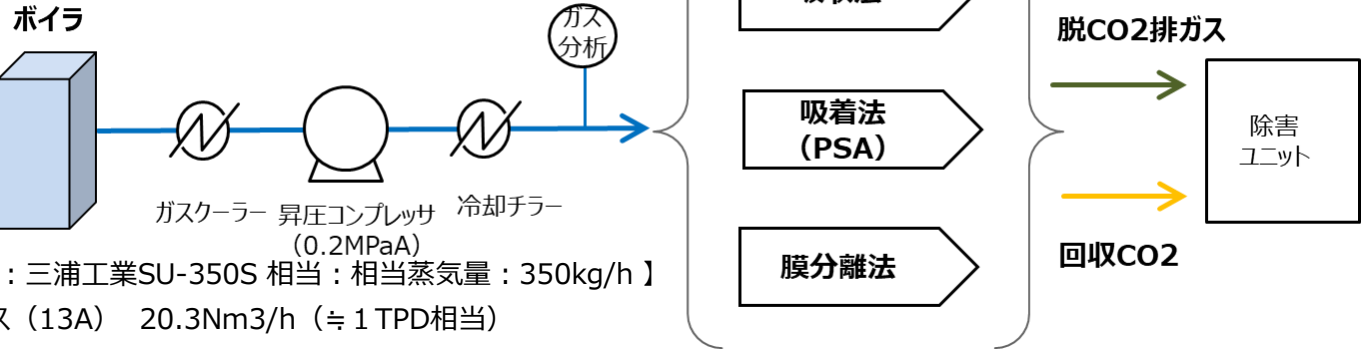
研究開発項目の詳細（進捗）

①-2 素材評価に適した分離性能評価法の構築（実ガス試験設備の設置）

- 設備・機器の仕様案を策定
 - 都市ガス焼きパッケージボイラを燃焼排ガス源とする
 - CO₂分離回収試験装置（化学吸収法、吸着法、膜分離法）
 - 実ガス試験センター設置に伴うユーティリティ（燃焼排ガス排気（NO_x, SO_x等）のためのガス清浄システム）
 - プロジェクト推進協議会メンバーからの意見を反映
 - 試験設備として魅力ある設備とする
- 建屋等の建設：RITE資金にて新設を決定
 - 独立建屋として情報セキュリティを確保

実ガス試験センター全体構想（案）

各分離法に分配：1系統当たり 約0.1TPD相当

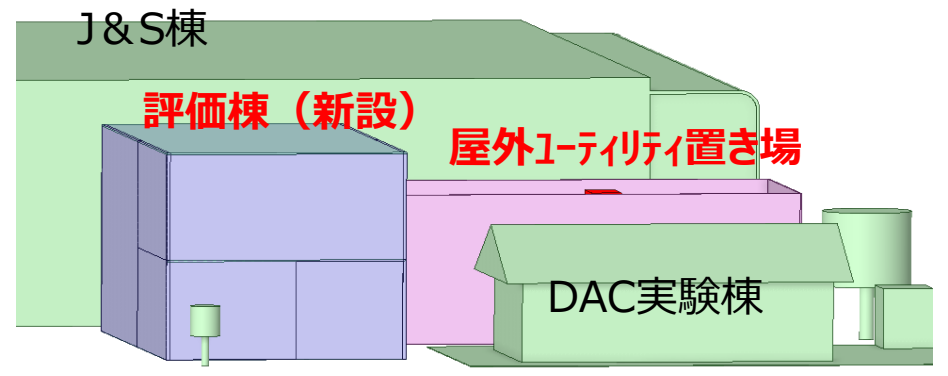


【ボイラ案：三浦工業SU-350S 相当：相当蒸気量：350kg/h】
都市ガス（13A） 20.3Nm³/h（≒ 1 TPD相当）

RITE（本部:京都府）



- 耐荷重を考慮し、既存実験室案を修正変更
- RITE資金にて評価棟を新設
- 独立建屋として情報セキュリティを確保



2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

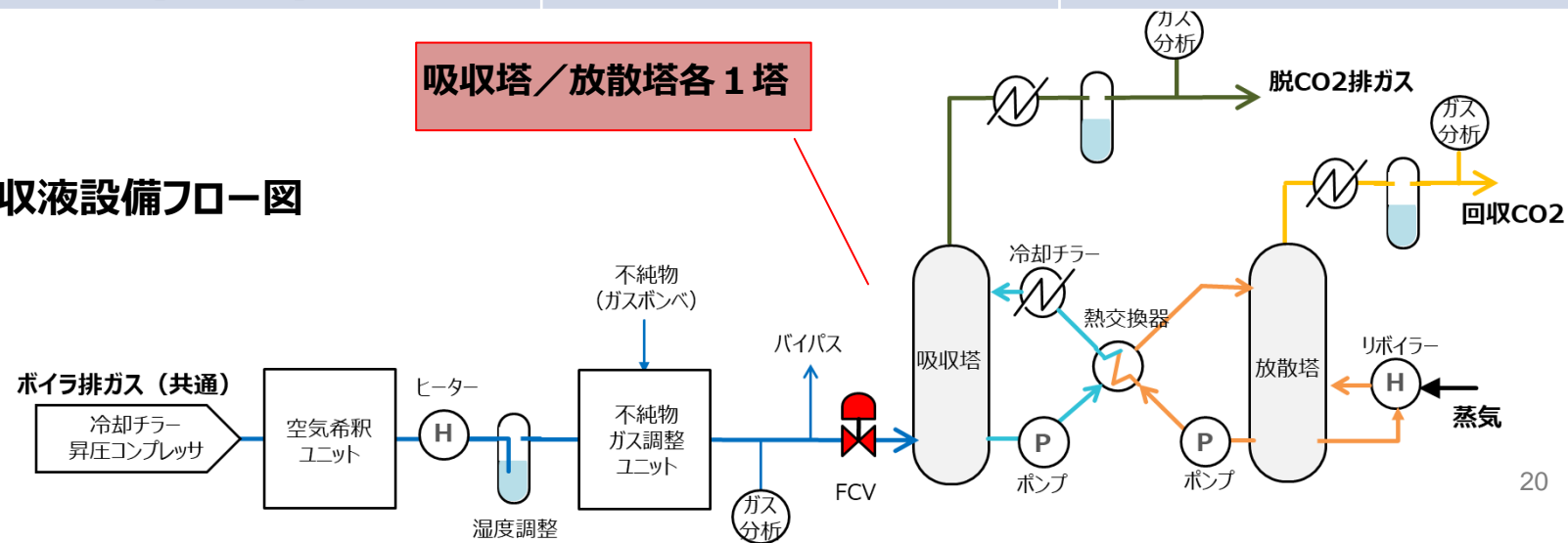
研究開発項目の詳細（進捗）

①-2 素材評価に適した分離性能評価法の構築（実ガス試験設備の設置） 設備仕様案 例（吸収法）

- 設備・機器の仕様案を策定（3手法は参考資料に記載）
 - 標準条件：基本設計
 - 試験条件を可能な設備に仕様を拡張
 - プロジェクト推進協議会メンバーからの意見を反映
- 試験設備として魅力ある設備仕様とする

項目	標準条件 (MEA30wt%水溶液)	試験条件
吸収塔温度 [℃] 液（上部） ガス（下部）	40 40（水蒸気飽和条件）	30～50 30～50（水蒸気：飽和条件上限）
再生塔温度 [℃] 液（上部） （下部）	110 120	（上限温度は左記程度 ：液物性に依存する）
液ガス比 L/G [kg/kg] （吸収液ごとに設定）	0.5～5	0.5～5
CO ₂ 回収率（目標） [%]	90	－
ガス流量 [Nm ³ /h]	30（希釈なし）/60（50%）	～60（最大50%）：可変

吸収液設備フロー図



- 【その他の仕様】
- 液量：約70L（2塔+配管）
 - 塔サイズ：内径100 x 4000mmL

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

研究開発項目の詳細（進捗）

①-2 素材評価に適した分離性能評価法の構築（標準評価法の確立）

● 案を策定

- 中立的・公平な評価を第一目標
 - 手順および押さえるべきパラメータ設定
 - プロジェクト推進協議会メンバーからの意見を反映
- 世界に通用する評価法として確立を目指す

【標準評価法案 例（吸着法）概要】

- ・ ガス分析は、吸着塔入口ガス、オフガス、回収ガスの3点を測定位置とする。
- ・ 回収エネルギーの算出のために、蒸気投入量及び真空ポンプ動力等についても記録する。JIS B9551(圧カスイング吸着装置-性能試験方法)を参照に装置安定化条件を記載する。（※JIS B9551ではデータ採取は10サイクル経過後）
- ・ 測定項目は、①温度②圧力③流量④濃度⑤真空ポンプ動力(PSA)⑥蒸気投入量、とする。各項目はJISやISOに準拠した方法で測定する。
- ・ 評価項目は、①回収CO₂純度②CO₂回収量③CO₂回収率④所要電力、エネルギー原単位

評価項目	評価項目の概要（各手法共通）
①回収CO ₂ 純度(%)	回収ガス中のCO ₂ 濃度をGC等で分析してドライベース換算にする。
②CO ₂ 回収量 (kg,m ³ /h、t/d)	①出入口のCO ₂ 量の差分、または②回収ガス中のCO ₂ 量を算出する。 ①(供給ガス量測定値×CO ₂ 濃度分析値)－(装置出口ガス量測定値×CO ₂ 濃度分析値) ②(回収ガス量×CO ₂ 濃度分析値)
③CO ₂ 回収率(%)	上記の回収量を入口CO ₂ 量で除して算出する。(CO ₂ 回収率)=(②CO ₂ 回収量)/(CO ₂ 供給量)×100
④所要電力、エネルギー原単位 (GJ/t-CO ₂)	①回収に必要な電力を補機動力定格値またはワットメーターの測定値とする。②回収に必要な熱量を蒸気使用量と蒸気条件から算出する。 ①と②を合計して、CO ₂ 回収量で除して算出する。※電気ヒーターの場合は回収電力に該当する。

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

研究開発項目の詳細（進捗）

①-2 素材評価に適した分離性能評価法の構築（海外情報の収集と発信）

- 海外情報を入手し、素材開発の方向性（世界のトレンド）をキャッチアップした設備仕様や評価法に活用する。
 - 各センターを訪問し、運営に関する情報も入手し、速やかなセンター立ち上げに努める
 - 国際標準化への取組の礎となるように、動向の把握や協力関係を構築する

✓ 2023 FECM / NETL Carbon Management Research Project Review Meeting（2023年8月28日～9月1日）

- 米国エネルギー省（DOE）の年次成果報告会、実ガス試験情報、新プロセス、新材料開発について情報収集

✓ NCCC（National Carbon Capture Center）訪問・意見交換（2023年9月22日）

- 石炭火力発電所の燃焼排ガスを対象とした試験センター（パイロット規模）としてスタートしたが、天然ガス焚きのボイラーを設置し、対象を拡大。吸収液、吸着剤、分離膜等を幅広く取り扱っており、規模も、ラボスケールから、ベンチ、パイロットスケールの評価を実施。
- 実ガス試験装置仕様や運転条件、標準評価材料、運営等について情報収集。

✓ International Test Center Network (ITCN) Meeting（2023年9月24日）

- 実ガス試験センター概要や標準評価法概要を説明し、ITCN関係者からのフィードバック。

✓ 華能集團清潔能源技術研究院（CERI）訪問・意見交換（2023年12月4日）

- 実ガス試験センター概要や標準評価法を説明し、CERIおよび中国における取組情報収集。

更に、今後もITCNメンバーのサイト（オーストラリア）等も訪問し、各センターの設備、運営状況等の把握や本取組の情報発信に努める



2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

研究開発項目の詳細（進捗）

①-3 加速劣化試験法の開発

吸収法

- 装置の納入および長期安定運転のための装置改良を完了。O₂高濃度化、高温加熱部の液滞留時間増の条件を達成できることを確認済み。
- 数種類のアミン濃度定量の手法を試行し、GC-FIDで良好な再現性を確認済み。

吸着法

- 標準ガスを用いた吸着分離システム評価装置、及び加速劣化試験装置を発注済み。2024年3月末に納品完了し、試験を開始。

膜分離法

- 標準分離膜の加速劣化試験条件・方法・装置の開発に向けて、実ガスを用いたCO₂分離膜に関する文献を調査。高分子膜（ポリイミド膜）について、試験を開始。

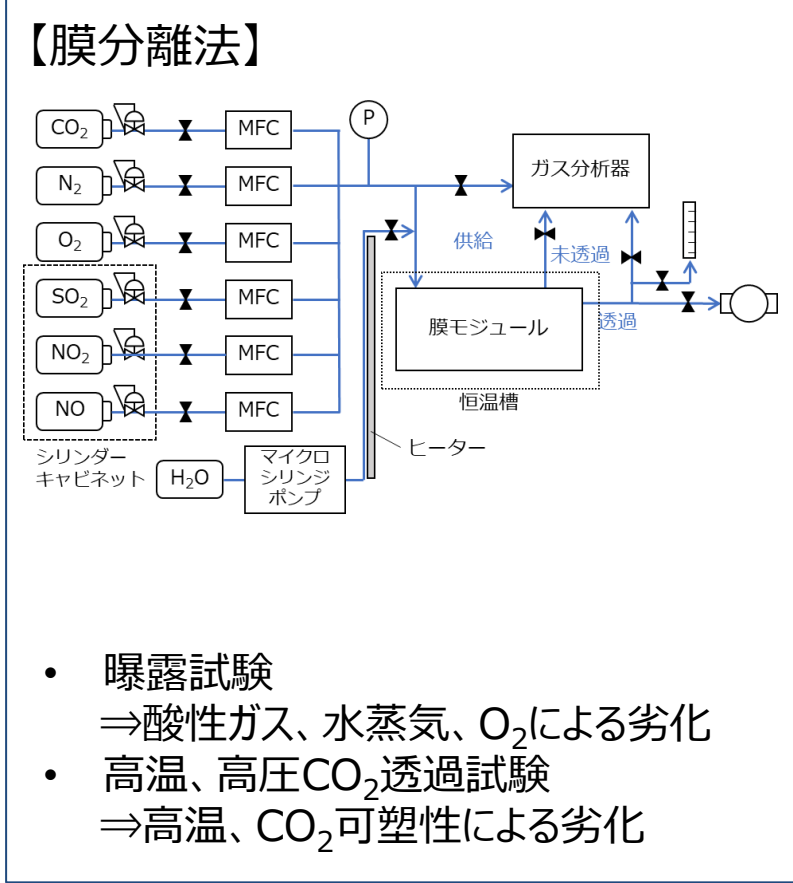
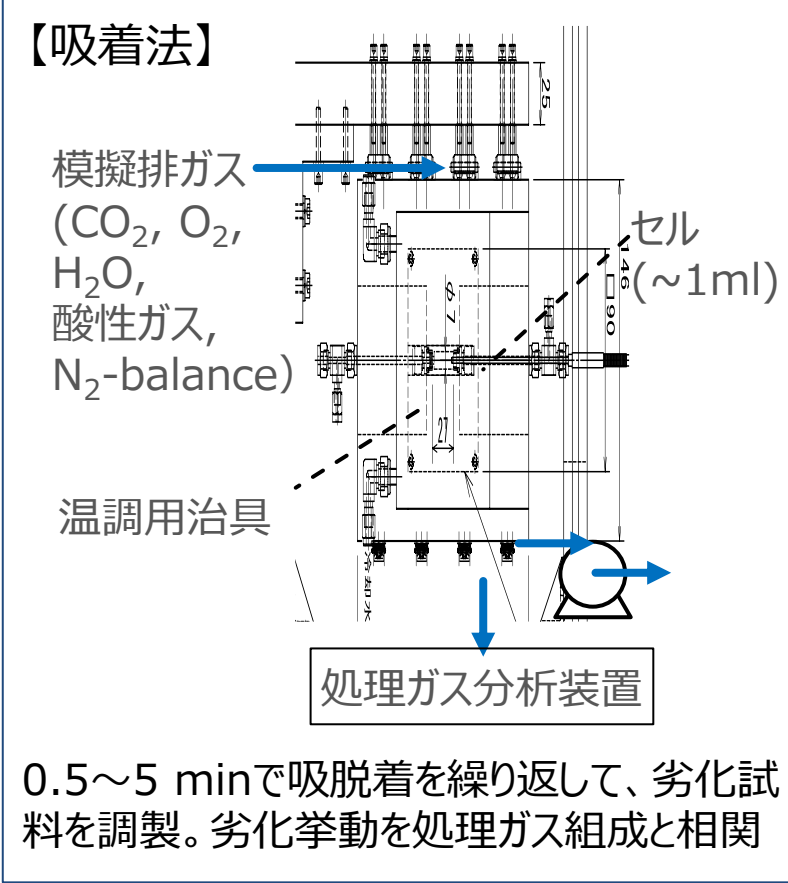
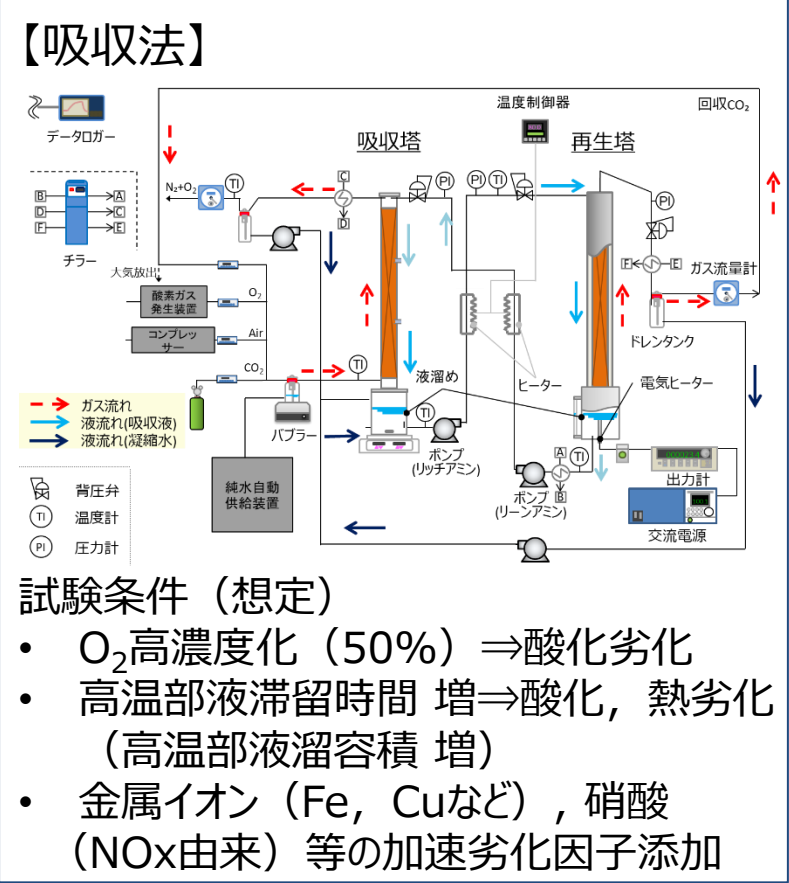
【CO₂分離素材の劣化要因】

分離技術	標準分離素材	劣化要因	劣化評価法、劣化条件
吸収法	アミノメチルプロパノール（AMP） +ピペラジン（PZ）	排ガスO ₂ 濃度、再生塔の温度と滞留時間、Fe等の金属イオン、NO _x , SO _x (今年度試験よりO ₂ 濃度が与える影響軽微⇒金属イオン等の添加必要性有)	評価法 ：アミン濃度定量（滴定,GC）、劣化生成物定性・定量（滴定,GC,イオンクロマトグラフィー） 条件 ：O ₂ 高濃度化、高温加熱部の液滞留時間増,加速劣化因子添加(金属イオン,硝酸など)
吸着法	ゼオライト（13X）	水蒸気吸着、酸性ガス吸着、吸脱着による構造変化	加湿、酸性ガス添加条件下での高速吸脱着試験（VSA）
膜分離法	高分子膜（ポリイミド）	酸、水、O ₂ 、高温による構造変化	酸性ガス曝露試験、水蒸気曝露試験、O ₂ 曝露試験、高温CO ₂ 分離試験、昇温破壊試験、高圧CO ₂ 透過試験
	無機膜（ゼオライト）	酸、水、高温による結晶構造の変化	酸性ガス曝露試験、水蒸気曝露試験、高温CO ₂ 分離試験、昇温破壊試験

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

研究開発項目の詳細（進捗）

①-3 加速劣化試験法の開発（加速劣化試験装置の概要）



※注釈
供給ガス： Air（コンプレッサー）
O₂（酸素ガス発生装置）
CO₂（ポンプ + 回収CO₂一部循環）
水分バランス一定：温度一致（吸収塔入口・出口ガス）
吸収・再生塔出口ガス凝縮水回収

進捗状況

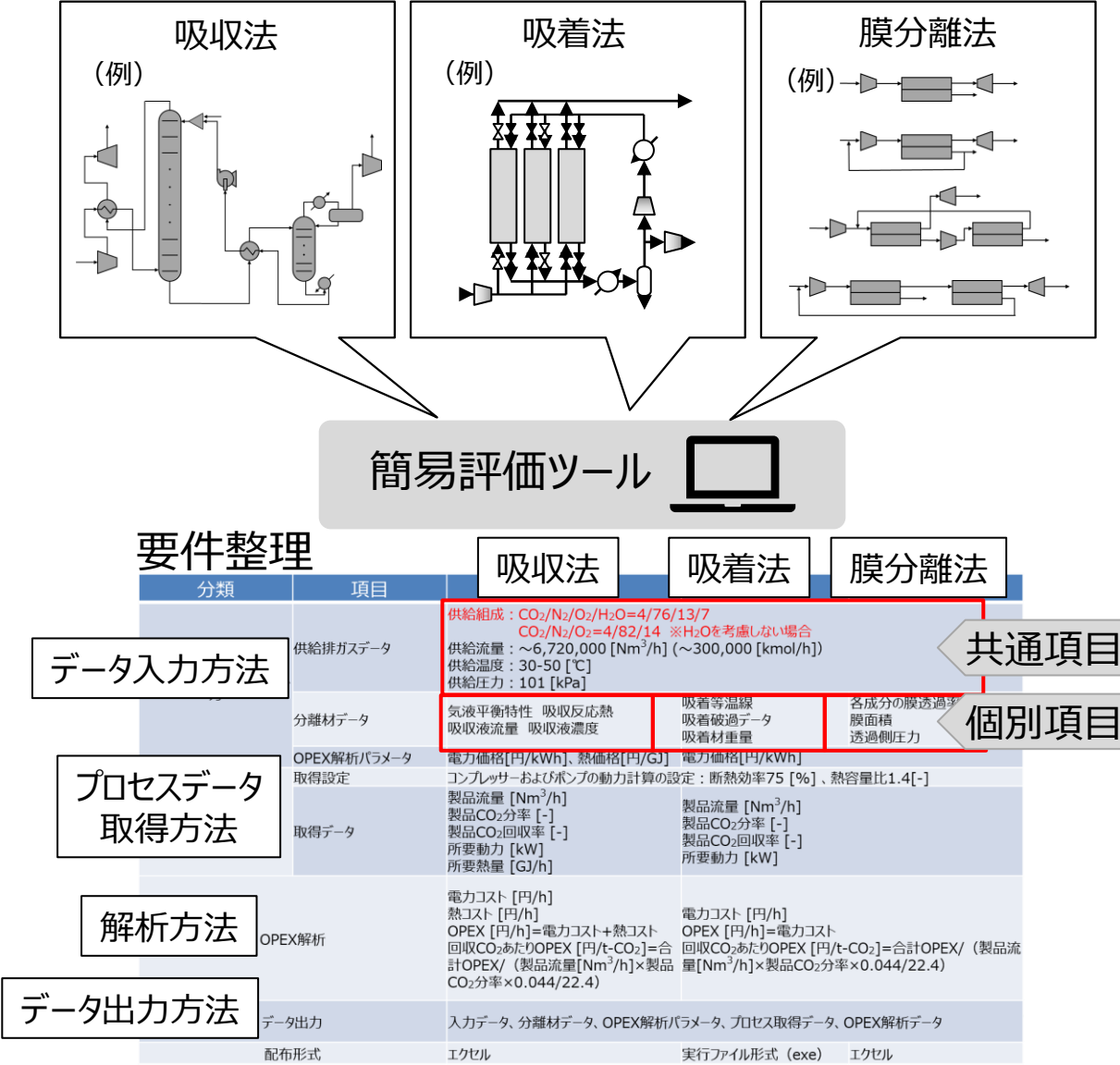
- 装置の仕様を決定し、装置の設置完了
(吸収法：2023年12月、吸着法・膜分離法：2024年3月末)

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

研究開発項目の詳細（進捗）

①-4 シミュレーション技術の開発

- 簡易評価ツールの開発（産業技術総合研究所、再委託先：早稲田大学、京都大学、広島大学）
各分離回収技術について、簡易評価ツールのプロトタイプを作成。
詳細シミュレーションとの比較により、妥当性の検証と適用範囲の明確化に着手。
- 吸収法（再委託先：早稲田大学）
吸収液の基礎特性を元にプロセス性能を評価する簡易評価ツールを開発。
- 吸着法（再委託先：京都大学）
吸着剤の基礎特性を元に吸着等温線解析、破過曲線解析、PSA解析が可能な簡易評価ツールを開発。
- 膜分離法（再委託先：広島大学）
分離膜の基礎特性を元に並流形式2段分離膜プロセスの性能を評価する簡易評価ツールを開発。



2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

研究開発項目の詳細

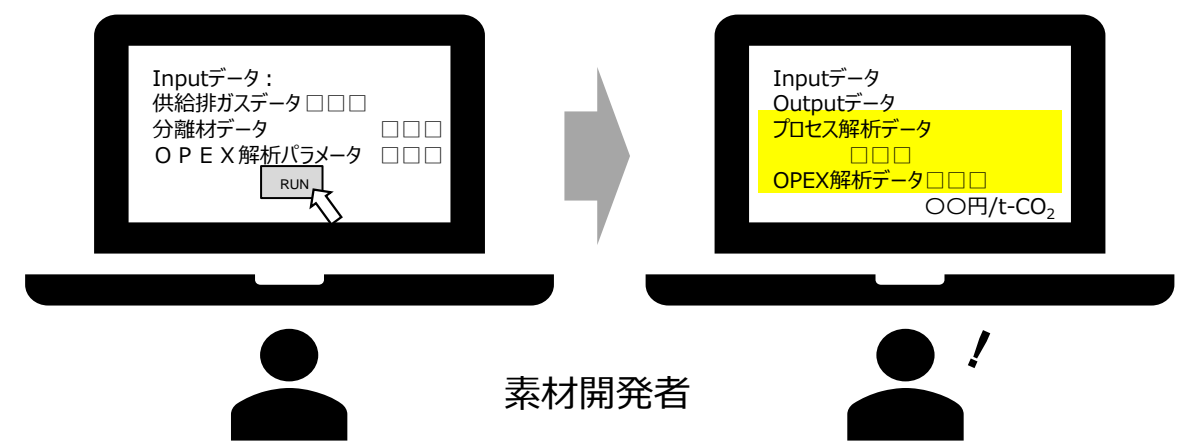
①-4 シミュレーション技術の開発

【簡易評価ツール】

分離材料の基礎特性がプロセス性能に及ぼす影響について、素材開発者が自らパラメータを変えて簡易的に評価を行うためのツール

Input： 供給排ガスデータ、分離材データ、OPEX解析パラメータ
Output： プロセス解析データ（製品ガス流量・濃度等）
OPEX解析データ（回収t-CO₂あたりOPEX）

- ✓ 各分離回収技術について、統一した評価条件の範囲で評価を行う
- ✓ 吸収・吸着・膜の各分離回収技術ごとに、統一した試験条件を設定する
- ✓ 運転コスト（OPEX）を評価し、装置コスト（CAPEX）は考慮しない



【仕様の整理】

実施計画書を元に作成 (○：該当 -：該当なし)		
項目	簡易評価 ツール	高精度評価 ツール
標準評価法に基づくデータを活用できる	○	○
加速劣化試験法によるデータを活用できる	○	○
概念設計を行うことができる	○	-
所要エネルギー・コストを試算できる	○※コストは OPEX限定	-
所要エネルギー・コストを高精度に予測できる	-	○
素材開発者にパッケージとして提供できる	○	-
標準分離素材の基礎特性を踏まえてプロセス特性を評価できる	○	○
分離材料の基礎特性がプロセス性能（物質収支やエネルギー収支）に及ぼす影響を評価できる	○	○※明記なし
有用性を検証できる	○	-
適用範囲を明確化できる	○	-
主要ユニットを考慮してプロセスを設計できる	-	○※明記なし

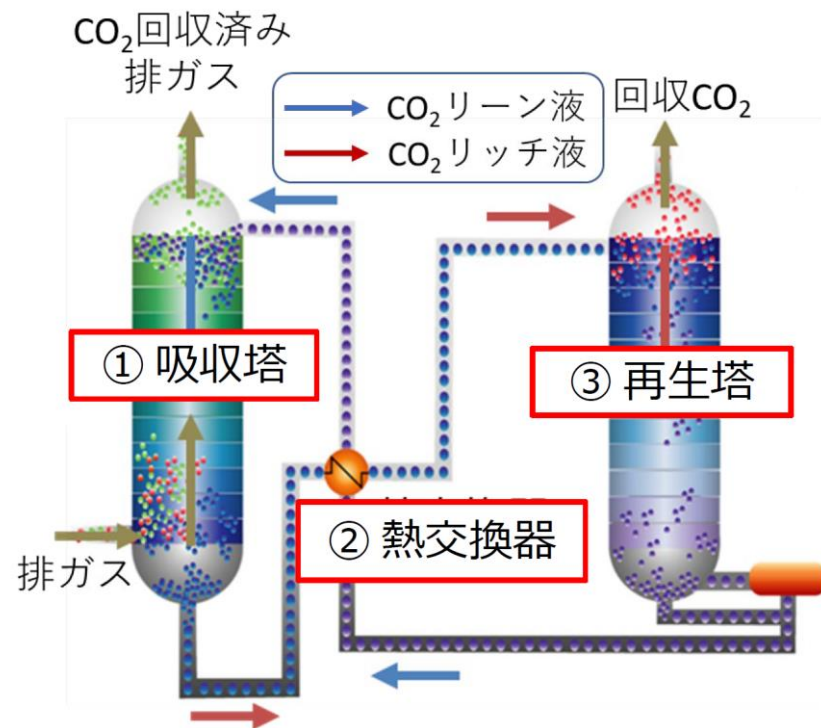
2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

研究開発項目の詳細（進捗）

簡易評価ツールの開発

【吸収法】

- 吸収液の基礎特性およびプロセスの運転条件から再生熱量等の運転特性を予測できる簡易評価ツールを開発（Excel形式）



①吸収塔モデル^[1]

塔高さ等を与条件とし、物質収支・CO₂物質移動の式よりリッチ・リーンローディングを算出

②熱交換器モデル^[2]

①の結果等を与条件とし、熱収支式等で出口液温度および熱交換器でのCO₂解離量を算出

③再生塔モデル^[3]

②の結果等を与条件とし、熱収支式等で再生熱量を算出

[1]伊東章著、ベーシック分離工学

[2]Huiyong Kim et al., 2015

[3]Ralf Notz et al., 2011

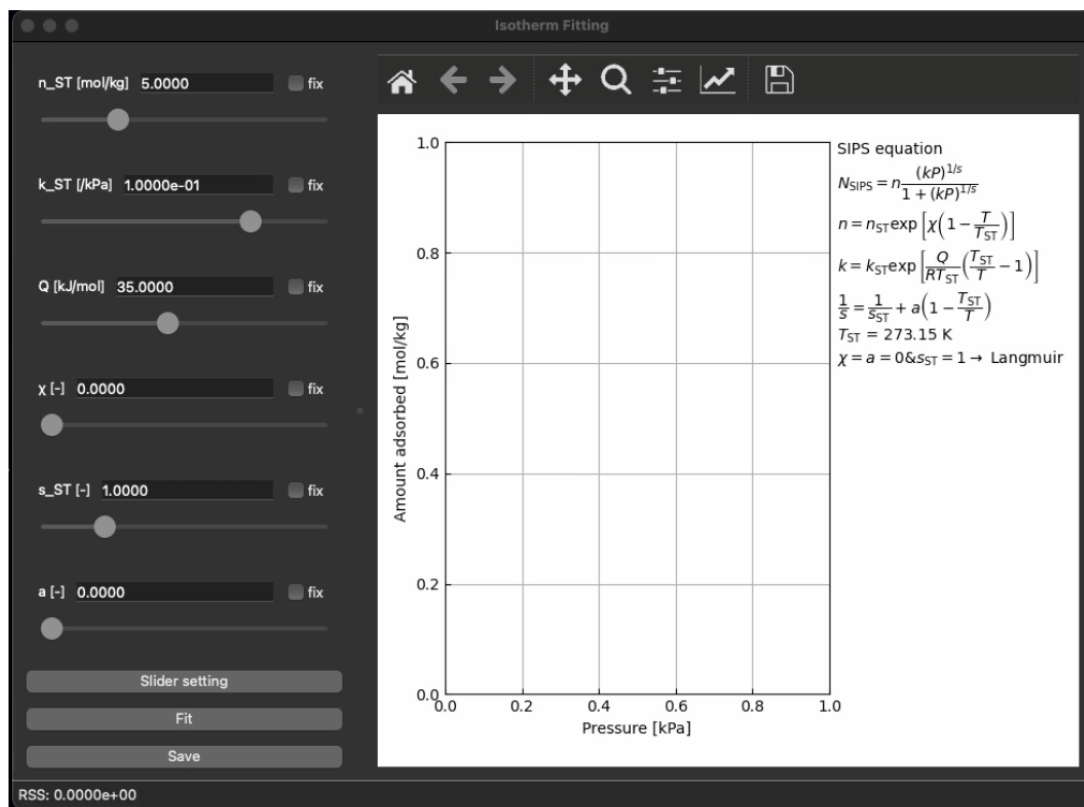
2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

研究開発項目の詳細（進捗）

簡易評価ツールの開発

【吸着法】

- 吸着等温線解析ツール、破過曲線解析ツール、PSA簡易評価ツールを開発（Pythonで実装）



吸着等温線解析ツールの画面

①吸着等温線解析ツール

- BEL&AIFフォーマットデータの読込
- Sips式のパラメータを最小二乗法で決定
- パラメータはJSON形式で出力
- インタラクティブな初期値決定機能搭載

②破過曲線解析ツール

- モル分率およびカラム温度の経時変化データを読込
- 吸着等温線解析ツールの出力ファイルを読込
- 有限体積法による一次元非等温カラムモデル
- 物質・熱移動係数をJSON形式で出力

③PSA簡易評価ツール

- 解析ツールの出力ファイルを読込
- 有限体積法による一次元断熱カラムモデルによるPSA評価
- 所定フォーマットにて入力データ、分離材データ、OPEX解析パラメータ、プロセス取得データの出力

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

研究開発項目の詳細（進捗）

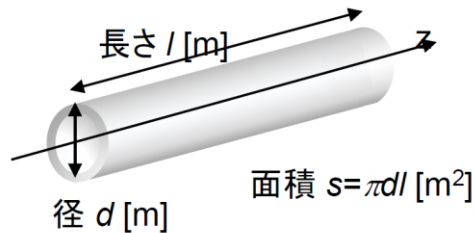
簡易評価ツールの開発

【膜分離法】

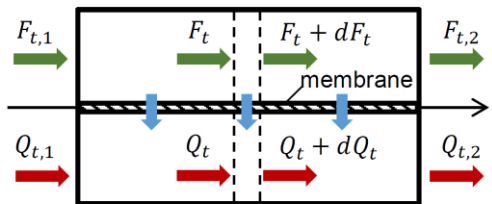
- 膜モジュールの簡易評価ツールを開発（Excel形式）

Permeance 分圧差

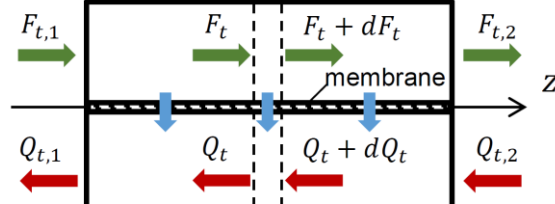
$$\text{膜透過流束 } J = P(p_1 - p_2)$$



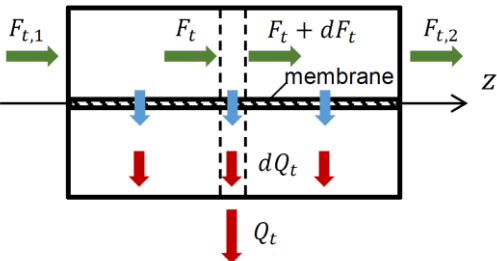
(a)並流(Co-current)



(b)向流(Counter-current)



(c)クロスフロー(Cross-flow)



操作パラメーター

α : Permeance比, P_i/P_j

$F_{t,i}$: Feed流量(入口)

$x_{i,i}$: Feedモル分率(入口)

p_f : Feed圧力

p_r : Permeate/Feed圧力比, p_p/p_f

Q_s : sweepガス流量

① 1 段膜分離プロセスの簡易評価ツール

- モジュール内のガスの流れを考慮した、多成分混合系の 1 段膜分離の簡易評価モデルを開発
- 膜条件（膜透過率、膜面積など）、操作条件（圧力、流量、温度）を入力し、CO₂分離性能（CO₂回収率、純度）やエネルギー収支を試算

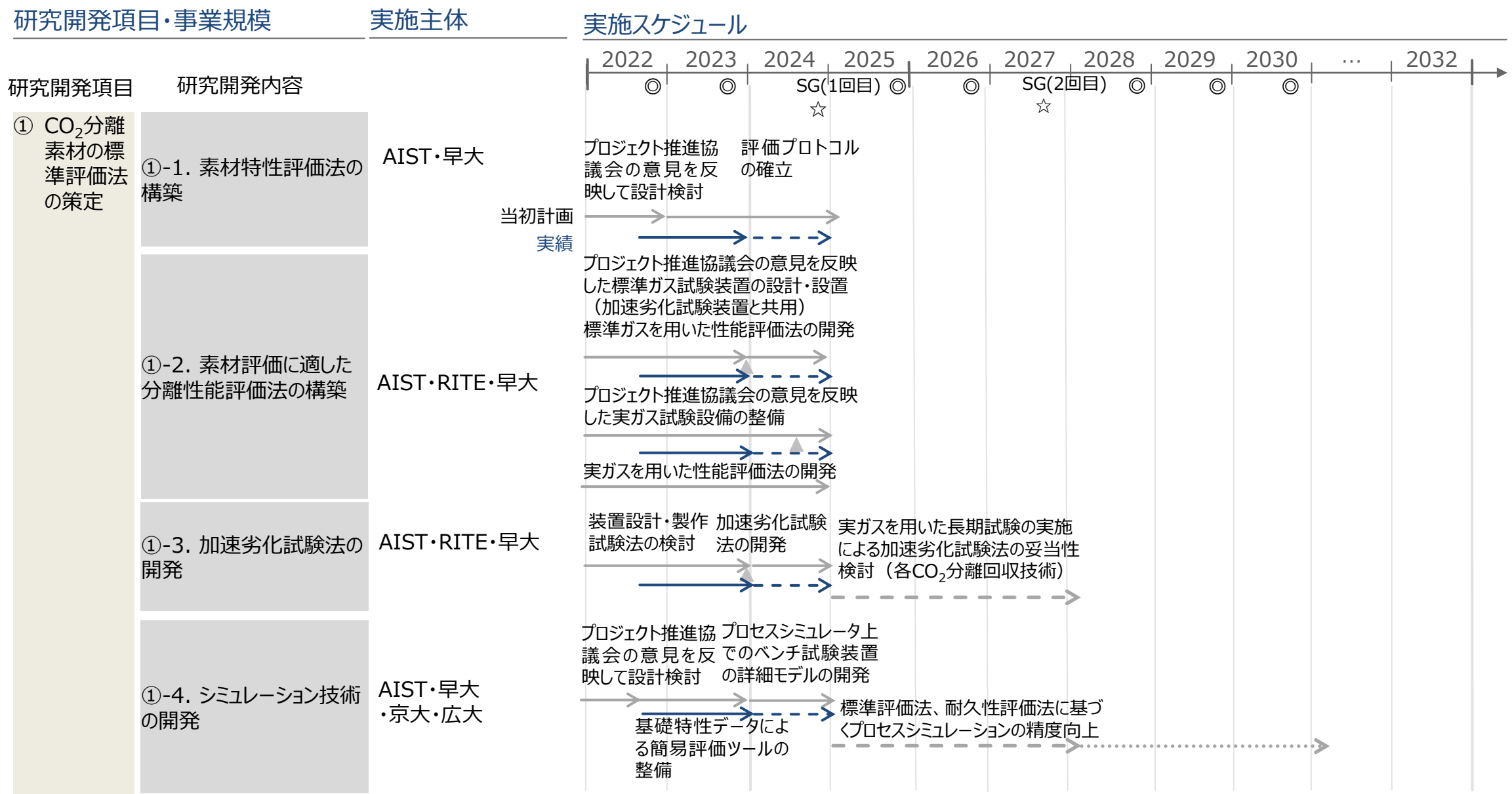
② 2 段分離膜分離プロセスの簡易評価ツール

- ①の簡易評価モデルを元に、並流形式 2 段膜分離プロセスの簡易評価モデルを開発
- プロセスフロー（シリーズ型、カスケード型など）がCO₂分離性能に与える影響を評価し、プロセスの最適化が可能

③ 3 段分離膜プロセスの簡易評価ツール

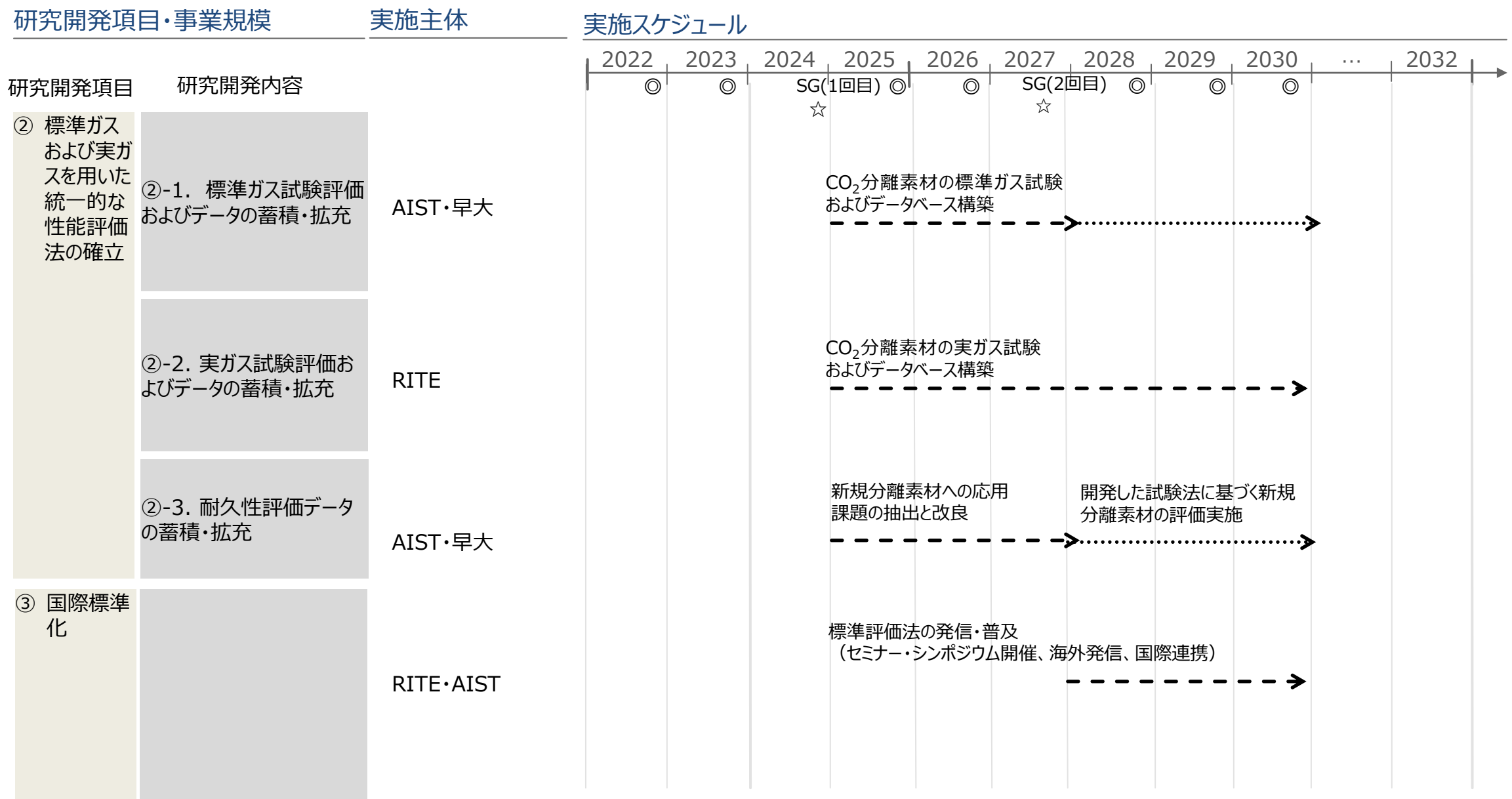
- プロセスフローおよび各モジュールに用いる膜の組み合わせの最適化が可能な、3 段分離膜プロセスの簡易評価モデルを開発

2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール



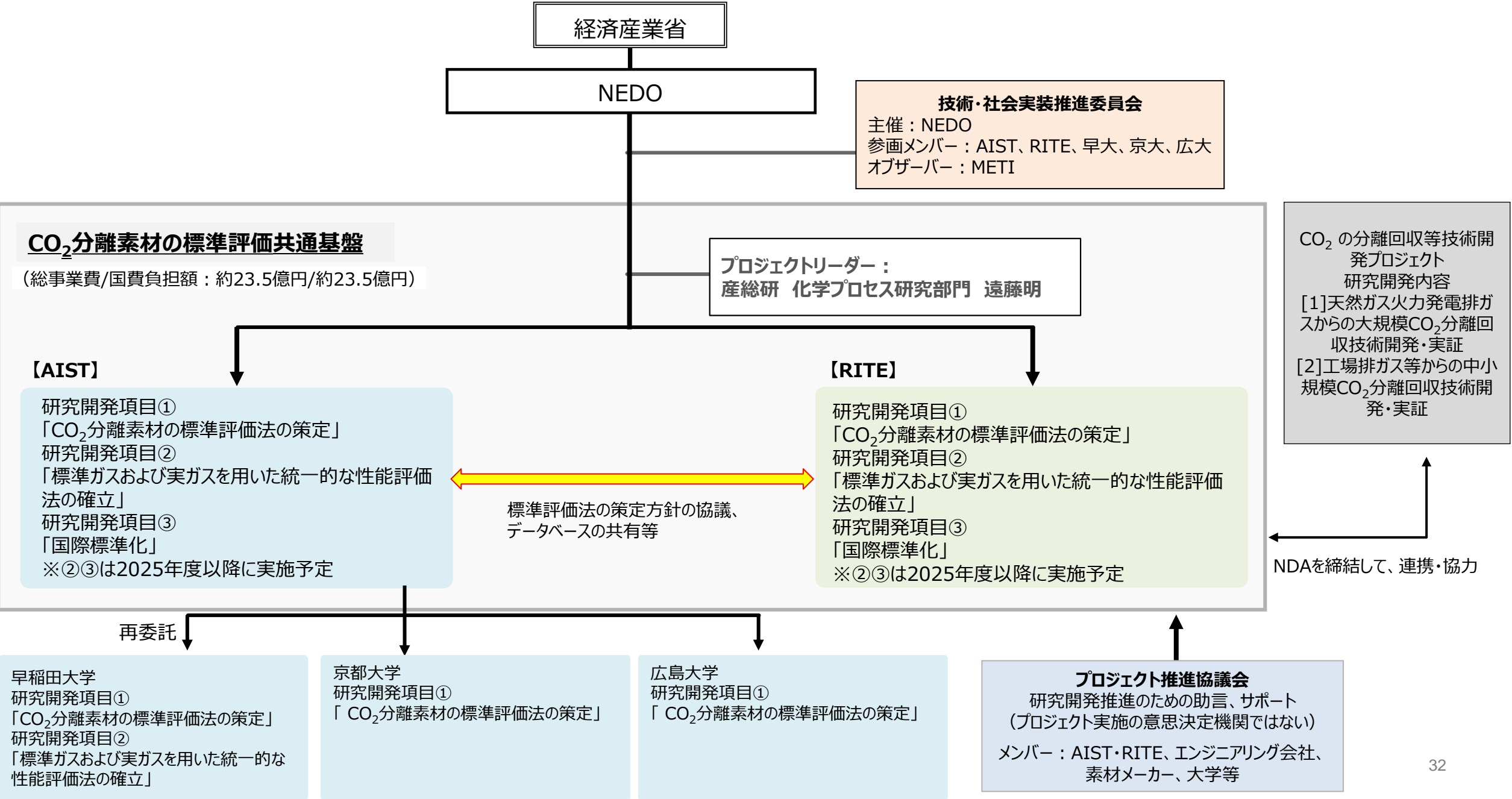
▲は主要設備導入時期
◎は技術・社会実装推進委員会（年2回以上予定）

2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール



▲は主要設備導入時期
◎は技術・社会実装推進委員会（年2回以上予定）

2. 研究開発計画／（４）研究開発体制

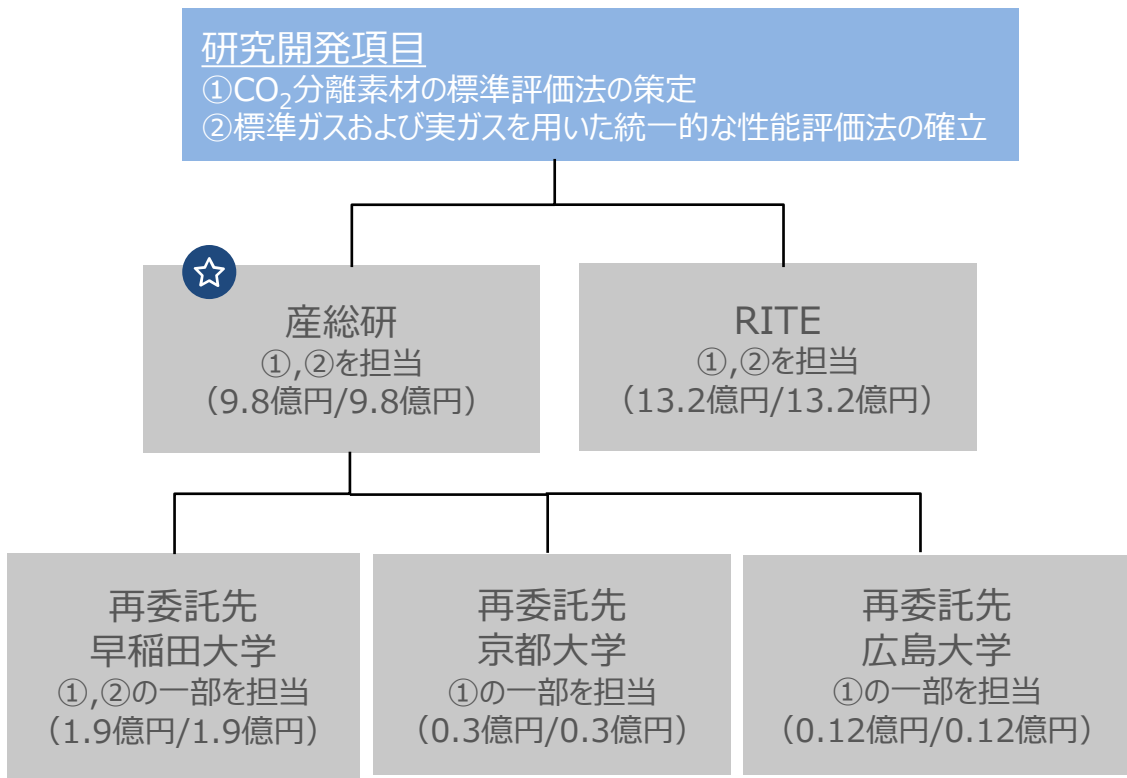


2. 研究開発計画／（4）研究開発体制

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

※金額は、総事業費/国費負担額



☆ 幹事企業

各主体の役割と連携方法

各主体の役割

- 研究開発項目①,②は産総研とRITEが共同で実施する。（早稲田大学、京都大学、広島大学に再委託）
- 産総研は、標準ガスによる素材特性評価法の構築、小スケールでの評価に適した分離性能評価法の確立、加速劣化試験法の開発、シミュレーション技術の開発、を担当する。RITEは、実ガス試験設備の設置、各種CO₂分離回収技術の分離性能評価法（材料の実ガス性能）の確立を行う。実ガス試験による加速劣化試験法の妥当性の検討を行う。
- 策定した標準評価法に従い、各種CO₂分離素材の性能評価を進め、データを蓄積・拡充する。標準分離素材をはじめ、新規に開発されたCO₂分離素材の性能評価にも適合するよう、適宜評価法の改良を進め、標準ガスおよび実ガスを用いた統一的な性能評価法を確立し、得られた性能評価に関するデータベースを公開する。

研究開発における連携方法（共同実施者間の連携）

- プロジェクト推進協議会の委員の意見を踏まえて適宜計画を見直し、研究開発を実施する。

共同実施者以外の本プロジェクトにおける他実施者等との連携

- プロジェクト推進協議会において、素材メーカーやエンジニアリング会社等と議論し、意見・ニーズを収集する。
- プロジェクト推進協議会は、他のGI基金PJ実施者も参加し、GI基金テーマ間で連携する。
- GI基金で開発された分離素材について、初期段階でその基本性能や劣化に関する評価を行う。評価材料の選定はプロジェクト推進協議会にて行う。

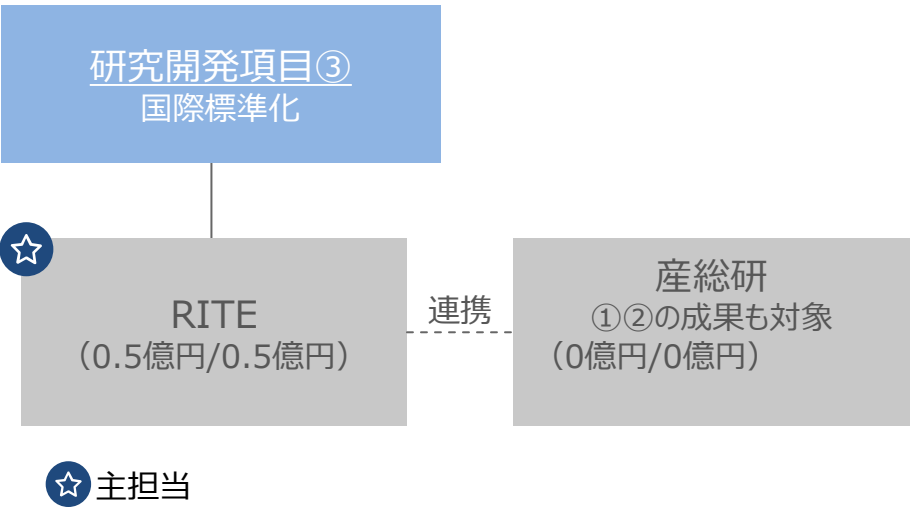
中小・ベンチャー（大学や研究機関も含めて）企業の参画

- 参画予定なし（但し、素材メーカー、エンジニアリング会社、大学等と同様に、標準評価法の確立および評価設備の設置後は、それらの利用者としての対象範囲に含まれる）

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 ※金額は、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③はRITEが行う。
- RITEは、構築したデータベースを基に分離回収要求性能の確立を行うとともに、標準評価法を公開して世界に向けて広く発信していく。
- 2027年度までの研究開発期間においても、ITCNメンバー等に本事業の活動情報を提供し、中立で公平性の高い評価方法の確立に向けて、意見を収集する。

研究開発における連携方法（共同実施者間の連携）

- プロジェクト推進協議会においてユーザー企業と議論し、意見・ニーズを収集する。**
- プロジェクト推進協議会の委員の意見を踏まえて適宜計画を見直し、研究開発を実施する。
- 2027年度に研究開発項目①②（産総研主担当）が終了するが、標準ガスに関する標準評価法の国際標準化・普及に関して連携する。

共同実施者以外の本プロジェクトにおける他実施者等との連携

- 標準評価法の利用を拡げるため、プロジェクト推進協議会の参加者（特に、素材メーカー、エンジニアリング会社）の利用を促進する。

中小・ベンチャー企業の参画

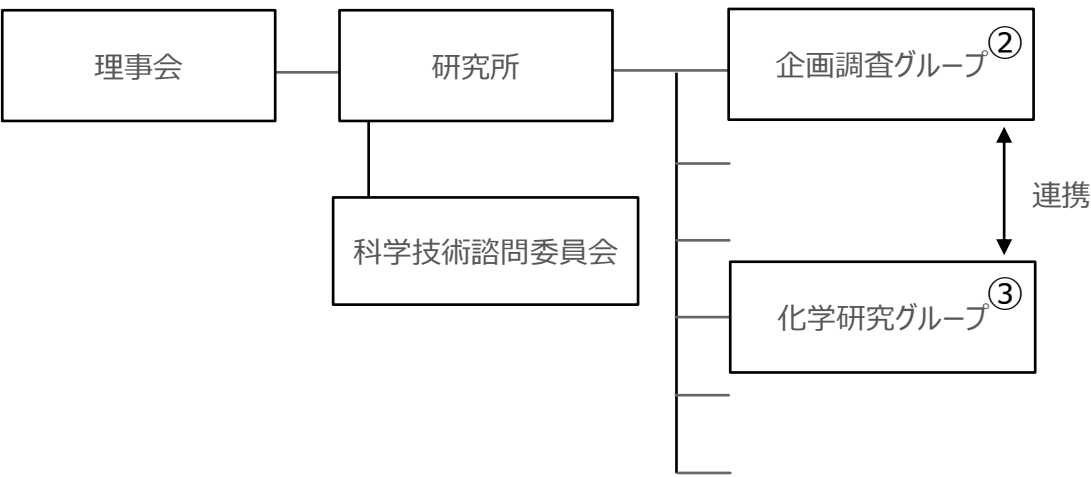
- 参画予定なし

2. 研究開発計画／（4）研究開発体制

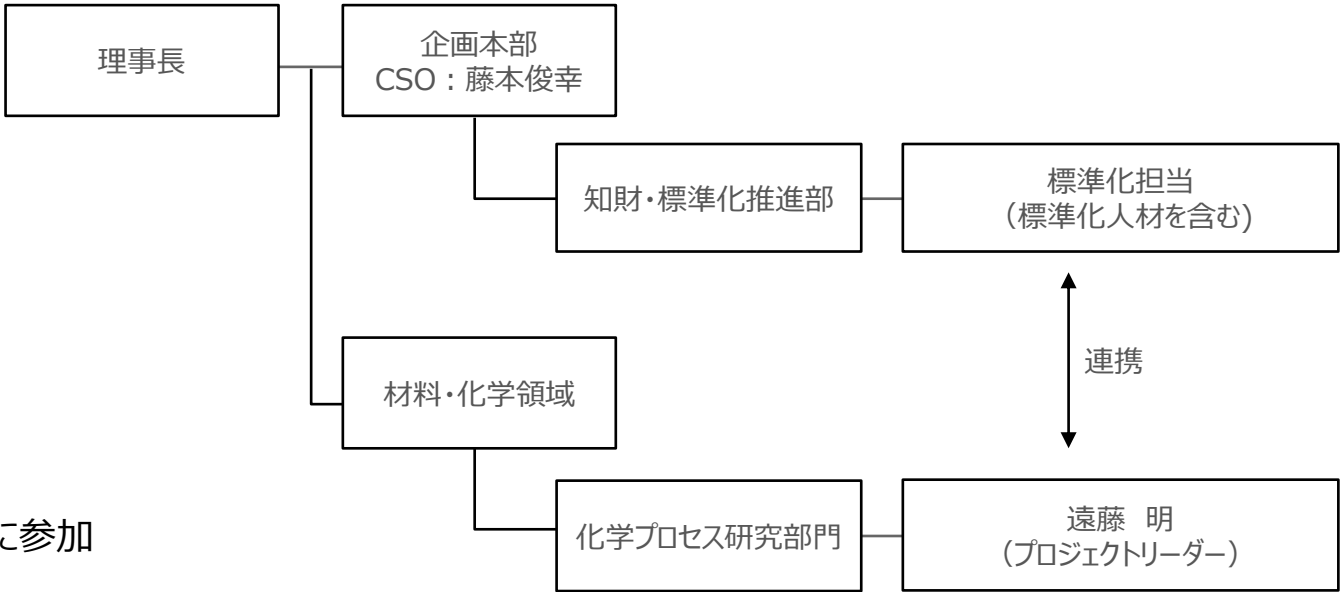
各主体の特長を生かせる研究開発実施体制と役割分担を構築 （国際標準化に向けた体制）

- RITEは二酸化炭素回収・貯留（CCS）についてISO規格を作成するための専門委員会（ISO/TC265）に対応する国内審議団体である。組織内での連携を深め、標準評価法の標準化戦略を検討し、本事業を進める。
- 産総研は組織内での標準化戦略を構築し、本事業の標準評価法の普及や国際標準化に向けてRITEと連携する。

組織内体制図（RITE^①）



組織内体制図（産総研^①）

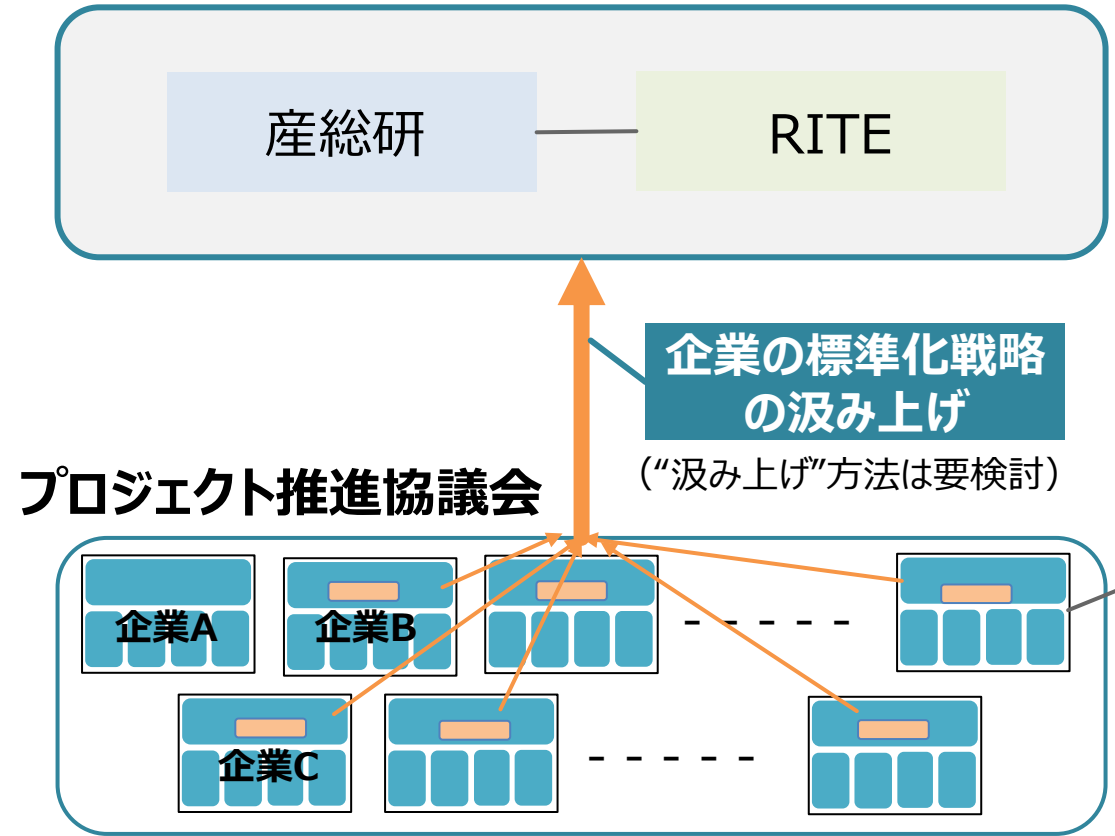


- ① RITEはISO/TC265の国内審議団体、産総研も委員会／WG活動に参加
 - ✓ 国内：東井（RITE）が回収WG主査を担当
 - ✓ 国際：日本がWG1（回収）を主導
- ② 企画調査グループがISO/TC265の活動を実施
- ③ 化学研究グループが本事業「CO₂分離素材の標準評価共通基盤の構築」を実施

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
（企業との連携：標準化戦略の汲み上げ）

CO₂分離素材の標準評価共通基盤



素材企業やエンジニアリング企業、GI事業の研究開発
項目①②の実施企業が参加

各企業の体制イメージ （最高標準化責任者（CSO）設置企業の場合）



企業体制は次の資料中の「最高標準化責任者（CSO）のイメージ」図を転載。
「黒田，“標準化をめぐる最近の動向と自動運転に関する標準化の取組”，自動
運転の国際的なルール作りについてのシンポジウム，2020年12月4日

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 プロジェクト推進協議会

プロジェクト推進協議会の役割

- 実ガスおよび標準ガスを用いた標準評価法の評価項目や条件について議論する。
- 加速劣化試験の試験方法や試験条件について議論する。
- 標準評価法および加速劣化試験を実施すべきサンプルについて議論する。
 - ✓ 標準分離素材
 - ✓ GI基金研究開発内容①,②の分離素材
 - ✓ 新規分離素材 他

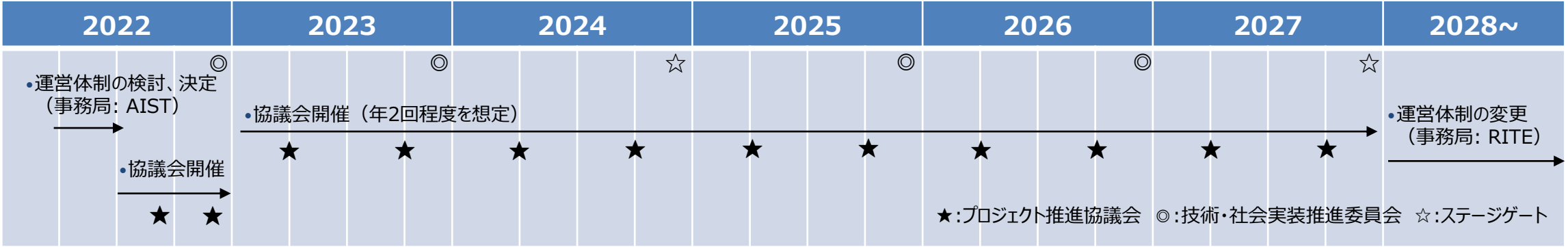
メンバーの選考基準

- 下記条件のいずれかに該当する企業等に対して、メンバーへの参画を打診し、実施者の同意が得られた者をメンバーとする。
 - ✓ CO₂分離回収素材のユーザー企業、または将来ユーザーとなり得る企業
 - ✓ CO₂分離素材を開発している素材メーカー
 - ✓ CO₂分離回収プロセスを開発しているエンジニアリング会社
 - ✓ GI基金研究開発内容①,②の実施企業
 - ✓ CO₂分離回収技術に精通する有識者

備考

- 標準評価法/加速劣化試験法の仕様や、評価対象とするサンプルを決定するにあたっては、プロジェクト推進協議会での意見を踏まえる。
- プロジェクト推進協議会のメンバーとして参画する素材メーカーやエンジニアリング会社との連携を図る。
- 定期的な全体会合を年2回程度（下表）設定する。また、会議形式にとらわれず個別課題には柔軟に対応する。

スケジュール案



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 プロジェクト推進協議会（進捗）

【進捗状況】

- プロジェクト推進協議会の運営体制を検討、決定
- 協議会メンバーとして、GI基金①,②実施者を含む24名の委員を任命
- 第1回協議会を2023年1月10日、第2回協議会を2023年3月22日、第3回協議会を2023年10月26日に開催、第4回協議会を2024年4月16日に開催。

委員構成

素材メーカー 8 名、エンジニアリング会社 7 名、ユーザー企業 4 名、大学・研究機関等 5 名（うち、GI基金①,②実施者12名）

プロジェクト推進協議会での協議内容

研究開発項目	協議事項
①-1 素材特性評価法の構築	各分離回収技術（吸収法・吸着法・膜分離法）の基礎特性評価法構築に向け、評価対象とする標準分離素材や標準ガス組成、評価項目等を議論する。
①-2 素材評価に適した分離性能評価法の構築	標準ガスを用いた分離回収試験装置（～10kg-CO ₂ /日規模）、および実ガスを用いた分離回収試験装置（100kg/日規模）の基本設計について議論する。
①-3 加速劣化試験法の開発	標準ガスを用いた加速劣化試験の試験方法や試験条件について議論する。
①-4 シミュレーション技術の開発	各分離回収技術の所要エネルギー・コストを試算する簡易評価ツールの構築に向け、評価条件や評価項目について議論する。

第3回プロジェクト推進協議会@NEDO川崎（ハイブリッド開催）



- 第1回協議会は、委員19名、PJ実施者12名、NEDO2名が参加。AIST/RITEより、本プロジェクトの概要説明や協議会の趣旨について説明し、今後の協議会の運営等について各委員から意見を伺った。
- 第2回協議会は、標準評価法の策定に向け、各研究開発項目（左表）について実施者から説明を行い、各委員から質問や意見を伺った。
- 第3回協議会は、昨年度に作成したCO₂分離素材の標準評価法の素案を元に、各研究開発項目について検討状況を報告し、試験方法や試験条件等について議論した。

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 プロジェクト推進協議会（進捗）

プロジェクト推進協議会で議論された内容

質問・意見・要望等	意見等を踏まえた検討状況
標準ガスを用いた試験に対する要望： <ul style="list-style-type: none">・ドライ条件だけでなく、水蒸気共存下での評価・NOxの影響に関する評価	<ul style="list-style-type: none">・水蒸気共存下での基礎特性評価、分離性能評価、加速劣化試験について、予算の範囲で検討を進める・NOxガスを導入する設備は、東北センターに設置して評価を実施（NO/NO₂比は固定）
実ガスを用いた試験に対する要望： <ul style="list-style-type: none">・PSA：到達真空度の向上・膜分離：単膜での実ガス耐久性を評価する試験設備・TSA：予算不足により割愛した設備の復活・将来の拡張性も考えた設備	<ul style="list-style-type: none">・現案は保証値なので、今後精査し、費用が許せば増強も考える・単膜、TSAは追加予算として要望していく・設備および建屋に余裕を持たせた設計として進める

個別ヒアリングで議論された内容

- ・ 現PJを進めるうえで、素材開発は一定の目途。今後は量産化とパイロット試験での耐久性が焦点。
- ・ 耐久性の評価として、加速劣化試験と実ガス試験センターに期待。利用の目途は2025年夏ごろ。



できる限り早い段階で利用できるように進める。

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	活用可能な技術等	競合他社に対する優位性・リスク
<div>1</div> <ul style="list-style-type: none">CO₂分離素材の標準評価法の策定①-1 素材特性評価法の構築①-2 素材評価に適した分離性能評価法の構築①-3 加速劣化試験法の開発①-4 シミュレーション技術の開発	<ul style="list-style-type: none">産総研および再委託先大学では、CO₂分離回収技術に関する研究開発実績が豊富であり、標準評価法の構築に不可欠な装置やプロセスシミュレーションモデルを既に保有。RITEが下記技術開発において蓄積している材料評価技術、ノウハウ、経験等。<ul style="list-style-type: none">✓ 高炉ガスを対象とした吸収液開発✓ 石炭燃焼排ガス等を対象とした吸収材開発✓ 石炭ガス化ガスを対象とした分離膜技術開発産総研では、分離素材の劣化要因の研究実績があり、分離回収エネルギーに与える影響もシミュレーションによる予測も試行中。RITEは、各CO₂分離回収技術における標準ガス及び実排ガスによる素材の耐久性試験実績を有する。	<ul style="list-style-type: none">産総研はCO₂分離回収・資源化コンソーシアム（2022年10月6日時点、法人会員101法人、大学等特別会員65名）を有し、排出源、分離素材、エンジ、CO₂利用まで広く連携体制を構築している。産総研保有の高度な分析装置群の利用により劣化試料のキャラクタリゼーションを迅速に行うことが可能である。RITEは、吸収法、吸着法、膜分離法と異なるCO₂分離回収技術全てに取り組んでいる。<ul style="list-style-type: none">✓ 吸収液技術の成果は国内企業により実用化済。✓ 無機膜分野において産業化戦略協議会（企業16社、大学有識者6名参加）の産学連携組織を有し、ユーザー企業や有識者との連携体制が構築されている。研究開発の実施主体の保有設備を活用することで早期に標準分離素材での評価試験に着手可能である。素材の劣化耐久性の評価に関して、標準ガス、実ガス試験の知見に基づくノウハウを活用できる。
<div>4</div> <ul style="list-style-type: none">国際標準化	<ul style="list-style-type: none">国際会議等を通じて国際的な研究者ネットワークを構築。RITEは、国際テストセンターネットワーク（ITCN）の研究者、技術情報のネットワークを有する。RITEは、ISO/TC265の国際・国内活動を主導する。	<ul style="list-style-type: none">RITEはIEAGHG主催の国際会議GHGTやPCCCの国内開催のホストを担当している。ITCNの国内唯一のメンバーである。TC265/WG1(回収)のコンビーナ、セクレタリーをRITEが務めている。

4. その他

4. その他／（１）想定されるリスク要因と対処方針

研究開発（技術）におけるリスクと対応

- 取得データの情報漏洩のリスク
→ 素材提供側は特許出願等の知財保護を済ませた上で、守秘義務契約を結ぶ等の対策を講じておく。
- 耐久性評価手法開発のリスク
→ 分離素材ごとに影響因子を整理して劣化メカニズムを想定し、耐久性評価を短時間化できる試験方法を確立するが、予測確度と評価時間削減率はトレードオフになる可能性があり、その情報も併せて公開する。

その他（研究開発責任者等）におけるリスクと対応

- 研究開発責任者やチームリーダー等中心人物が何らかの理由でプロジェクトに参画出来なくなった場合、組織としてどう継続性を担保するか
→ 産総研において、本事業の提案時点で、濱川聡（材料・化学領域 領域長）が組織を代表して産総研として本事業に取り組むことを宣言しており、仮に研究開発責任者やチームリーダーが何らかの理由でプロジェクトに参画できなくなった場合においては、十分な業務遂行能力を有する者が研究開発責任者、もしくはチームリーダーに着任する体制を構築している。

社会実装（経済社会）におけるリスクと対応

- 構築した標準評価プロトコルがユーザー（素材・エンジニアメーカー）のニーズと一致しないリスク
→ 想定ユーザーを中心にプロジェクト推進協議会を構築し、客観性・信頼性を担保する。
- 事業期間中の被分離ガスの趨勢が変化するリスク
→ 劣化主要因は本事業で発生可能であり、想定ユーザーを中心に構築したプロジェクト推進協議会を通じて実ガス評価方法の変更の承認を得る。

その他（自然災害等）のリスクと対応

- 自然災害発生による試験中断のリスク
→ ３種の分離回収技術を同時並行に進め、標準ガスと実ガス評価の拠点を分散させることにより、一方が機能しなくなってもある程度の評価が可能であり、リスク回避にもなっている。
→ 実ガス試験は排ガス源をパッケージボイラーとしており、機器取換、設備修繕等が容易であることから中断期間を低減できる。



- 事業中止の判断基準：標準評価基盤構築事業のため、中止の判断基準は設けない