

# 事業戦略ビジョン

実施プロジェクト名：CO<sub>2</sub>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

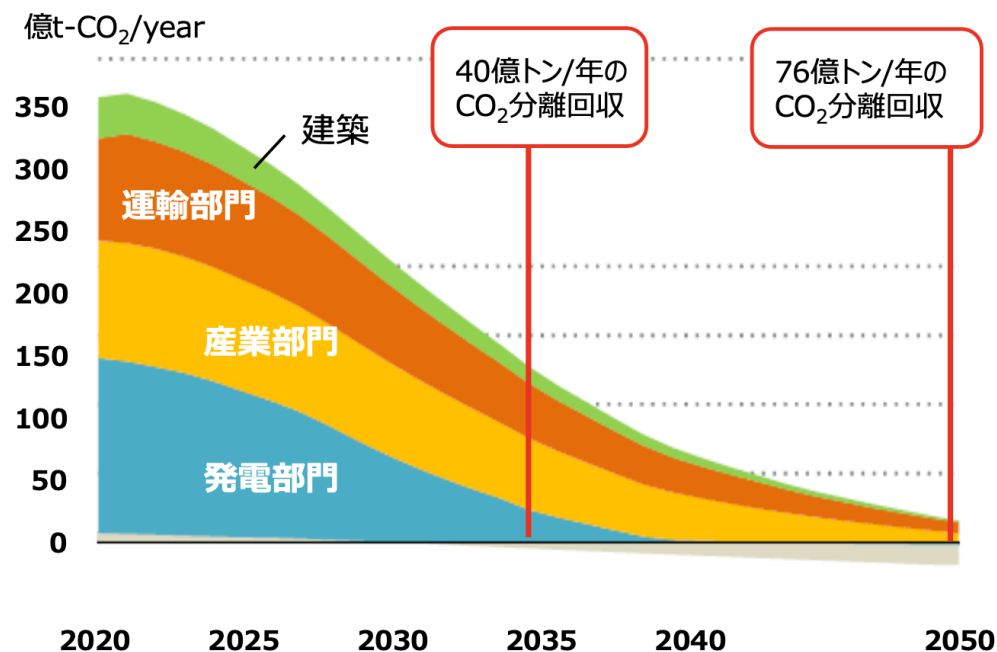
## 2. 研究開発計画

## 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、CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>が必要であり、CO<sub>2</sub>の分離回収技術の革新は不可欠。
- 世界で拡大するCO<sub>2</sub>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、**CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>排出量



第8回 産業構造審議会（CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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

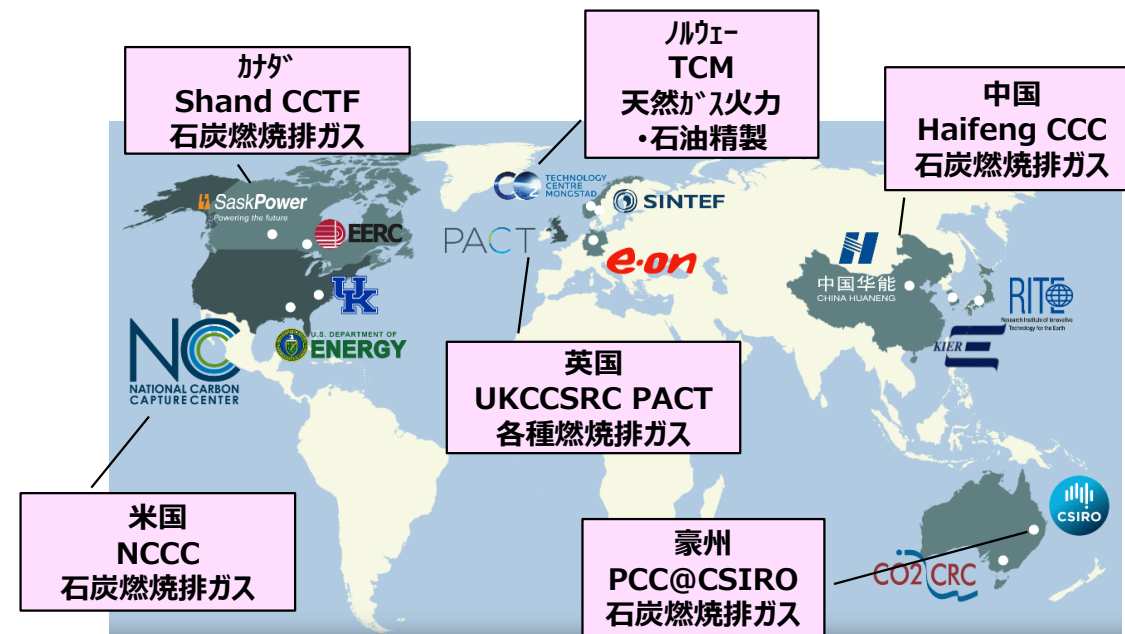
- 素材メーカー：  
新規開発した自社材料の優位性を客観的に示したい
- エンジニアリング会社：  
素材メーカー等が開発する様々な新規材料を客観的に比較・評価したい

##### (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)  
CO<sub>2</sub>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)

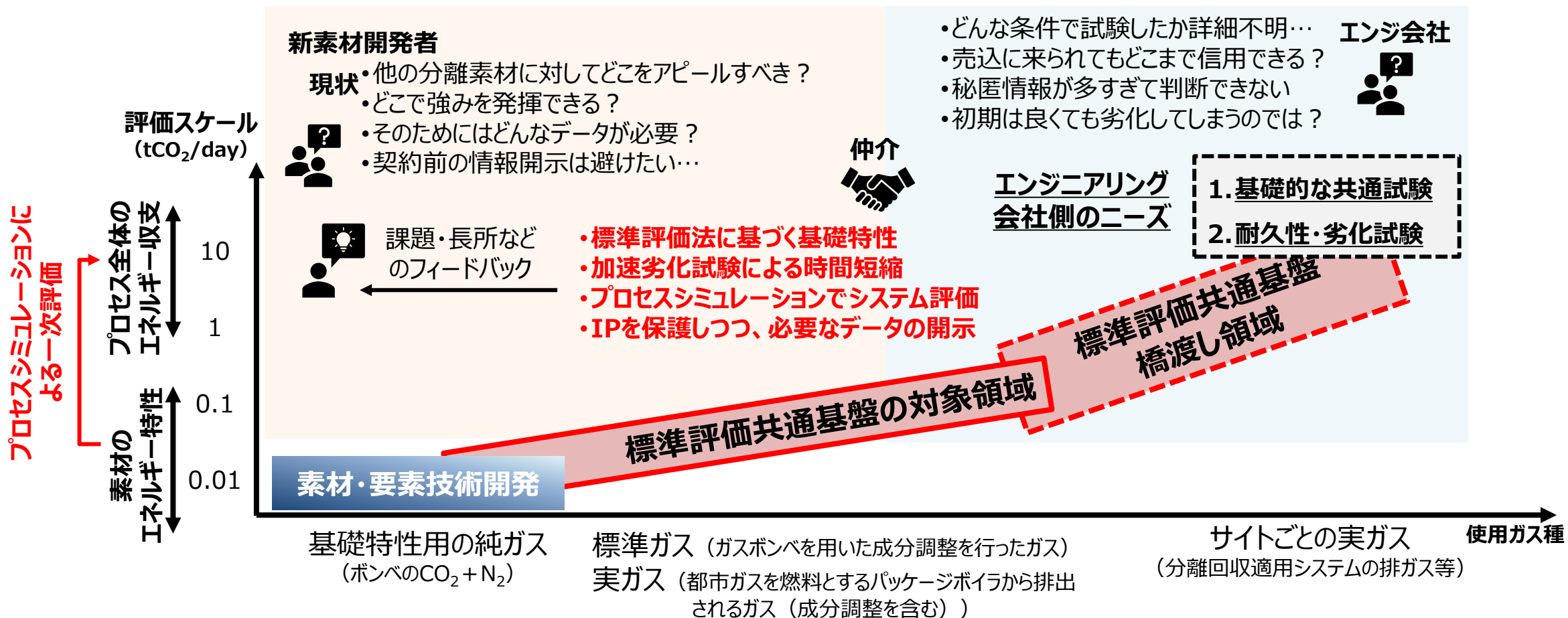
目的：CO<sub>2</sub>分離回収技術の商業化を加速させる知識・情報の共有  
特に、CO<sub>2</sub>回収技術を組込んだ発電やプロセスのコスト削減を  
可能にする次世代技術

➤ 日本には試験の拠点が無い。

➤ 現在は日本のCO<sub>2</sub>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

## 2. 研究開発計画

### 標準評価共通基盤の役割：素材開発強化と橋渡し機能

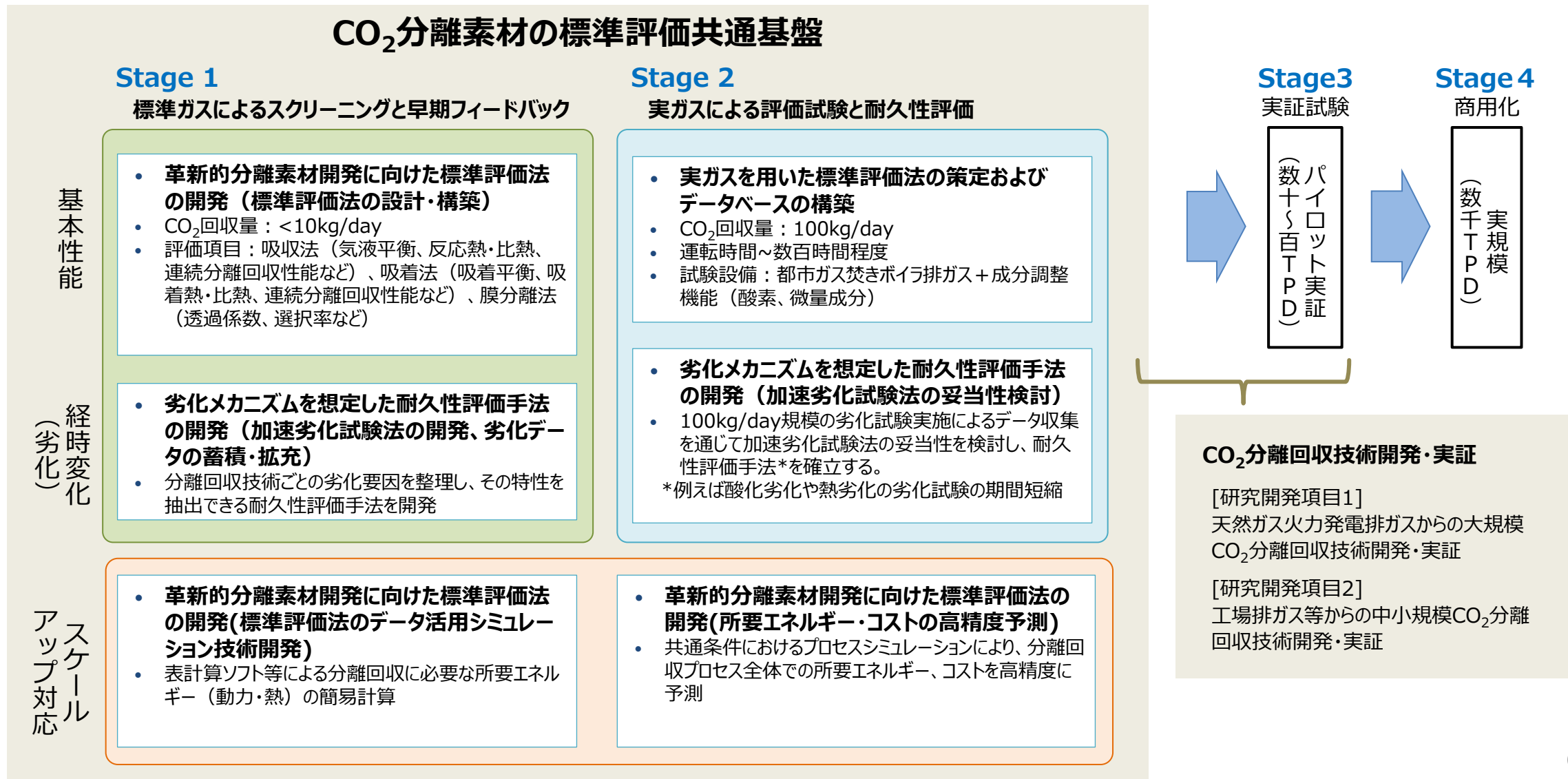


✓ 整備された共通設備による素材開発側の研究障壁の低下

✓ 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

## 2. 研究開発計画

# 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

CO<sub>2</sub>分離素材の標準評価共通基盤の確立

#### 研究開発項目

- 1 CO<sub>2</sub>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

### アウトプット目標

世界で拡大するCO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>分離回収標準評価共通基盤を確立

#### KPI

- 技術開発レベルに合わせたCO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>分離素材の評価
- 実ガスを用いた各種CO<sub>2</sub>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

CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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-CO<sub>2</sub>/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CO<sub>2</sub>分離回収技術ごとの標準評価法を策定し、CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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。

CO<sub>2</sub>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

KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)	
<p>1 CO<sub>2</sub>分離素材の標準評価法の策定</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>①-1 素材特性評価法の構築</li> <li>①-2 素材評価に適した分離性能評価法の構築</li> <li>①-3 加速劣化試験法の開発</li> <li>①-4 シミュレーション技術の開発</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>技術開発レベルに合わせたCO<sub>2</sub>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</li> <li>標準ガスを用いた連続分離回収試験装置の整備</li> <li>実ガスを用いた連続分離回収試験装置の整備</li> <li>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</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> <li>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)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> <li>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)</li> <li>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)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>プロジェクト推進協議会 (GI事業参加者、CO<sub>2</sub>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</li> <li>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</li> <li>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</li> <li>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</li> </ul>	<p>高 (90%) これまでの知見の活用</p> <p>※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</p>
<p>2 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</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>標準ガスを用いた各種CO<sub>2</sub>分離素材の評価</li> <li>実ガスを用いた各種CO<sub>2</sub>分離素材の評価</li> </ul>	<p>独自研究開発による不統一な評価 (提案時TRL4)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>各種CO<sub>2</sub>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)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>標準評価法に従い各種CO<sub>2</sub>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</li> <li>得られた性能評価に関するデータベースを公開</li> </ul>	<p>高 (90%) これまでの知見を活用</p>
<p>3 国際標準化</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>要求性能の明確化、</li> <li>標準評価法の発信・普及</li> </ul> <p>*普及：国内外での利用検討の実施</p>	<p>CO<sub>2</sub>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</p>	<p>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</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>標準評価法により構築したデータベースを活用し、各種CO<sub>2</sub>分離回収技術ごとの要求性能を示す。</li> <li>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。</li> </ul>	<p>中 (50%) 国際標準化は各国への普及が前提</p>

## 2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (これまでの取組)

### 各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

	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
<p>1 CO<sub>2</sub>分離素材の標準評価法の策定</p> <ul style="list-style-type: none"><li>①-1 素材特性評価法の構築</li><li>①-2 素材評価に適した分離性能評価法の構築</li><li>①-3 加速劣化試験法の開発</li><li>①-4 シミュレーション技術の開発</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>(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。</li><li>①-1 各種CO<sub>2</sub>分離素材の基礎的な素材特性評価法を構築する。</li><li>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、CO<sub>2</sub>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。</li><li>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。</li><li>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CO<sub>2</sub>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。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>(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)を開催。</li><li>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。</li><li>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-CO<sub>2</sub>/日規模)の仕様検討を開始。また、実ガス試験設備(100kg/日規模)の基本設計を完了。</li><li>①-3 加速劣化試験法に関する諸元調査から、想定されるCO<sub>2</sub>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。</li><li>①-4 簡易評価ツール構築に向け、各分離回収技術それぞれの評価条件(供給ガス組成、回収率、回収ガス純度等)や評価項目(所要エネルギー等)を決定。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>(①-1~4共通) ○(理由)計画通りに進捗している。</li><li>①-1 ○(理由)計画通りに進捗している。</li><li>①-2 ○(理由)計画通りに進捗している。</li><li>①-3 ○(理由)計画通りに進捗している。</li><li>①-4 ○(理由)計画通りに進捗している。</li></ul>

## 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

- 1 CO<sub>2</sub>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

#### 直近のマイルストーン

- (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CO<sub>2</sub>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、CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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。
- 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 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仕様を決定し、評価ツール構築を進めるとともに、プロセスシミュレーションによる評価結果との比較から簡易評価ツールの適用範囲を明確化する。

#### 解決の見通し

- (①-1~4共通) 計画通りに実施予定。
- ①-1 計画通りに実施予定。
- ①-2 計画通りに実施予定。
- ①-3 計画通りに実施予定。
- 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 (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

- 早大で確立した試験方法に基づき素案を作成。
- 両基礎特性の測定に使用する試験装置を導入。

###### ◆ 比熱・反応熱

- 測定データの整理方法を仮決定し、試験装置の操作手順を作成。
- 反応器の発注を完了、周辺部品の選定済みで発注完了。

##### 吸着法

- 吸着剤の平衡論的基礎特性、及び速度論的基礎特性の評価に関する情報を収集し、評価する特性を決定。評価法の素案を作成。
- CO<sub>2</sub>分離回収プロジェクトの報告書等を調査し、標準吸着剤、及び標準ガスの案を決定。

##### 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。市販または提供頂ける膜を基準として選定中。

#### 素材特性評価法の検討ワークフロー

##### 情報収集

- 各CO<sub>2</sub>分離素材の特性評価法
- CO<sub>2</sub>分離回収プロジェクト等

##### 評価する素材特性の案

吸収法 (気液平衡、反応熱・比熱、連続分離回収性能)、吸着法 (吸着平衡、吸着熱・比熱、連続分離回収性能)、膜分離法 (透過係数、選択率)

##### 標準分離素材の案

吸収法 (MEA、AMP+Pz)、吸着剤 (ゼオライト、固体吸着剤)、分離膜 (無機膜: ゼオライト、高分子膜: ポリイミド または 酢酸セルロース)

##### 標準ガスの案

CO<sub>2</sub>濃度: 4%、O<sub>2</sub>: 16%、N<sub>2</sub>バランス

##### プロジェクト推進協議会で議論

##### 素材特性評価法の素案作成

## 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)

##### 吸収法

###### ◆ 素案作成

- 既往研究の整理に基づき、試験の条件と方法案を決定済み。
- 熱損失試験の標準手順を作成。

###### ◆ 試験装置改良

- 吸収塔ガス入口および液回収ポート蓋の改良加工を発注済み。

##### 吸着法

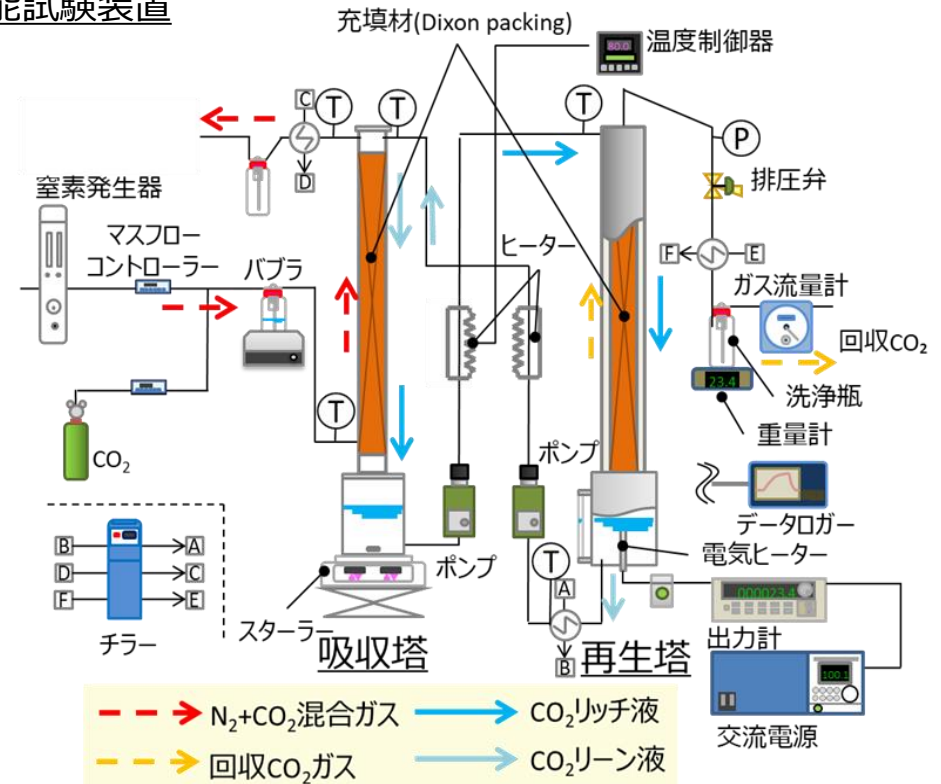
- 吸着分離システムの評価に関する情報を収集し、分離システム評価法及び評価装置の素案を決定。

##### 膜分離法

- ボイラー燃焼ガス、天然ガスを対象としたCO<sub>2</sub>分離に関する文献を調査し、標準評価法 (ガス組成、温度範囲、供給圧力、透過側圧力、CO<sub>2</sub>回収率) および評価装置の素案を決定。

#### 【小スケールの分離性能評価法 (吸収法)】

##### 分離性能試験装置



## 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)

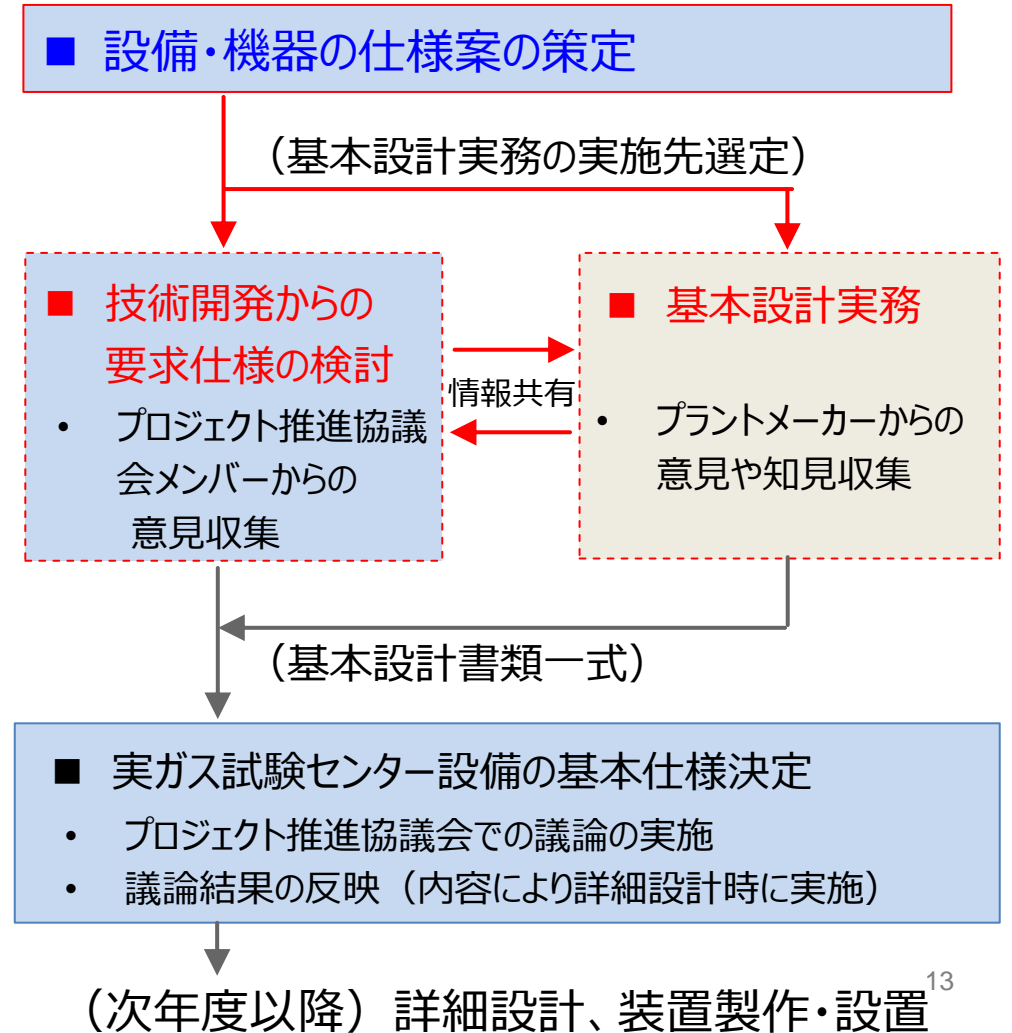
#### ①-2 素材評価に適した分離性能評価法の構築 (実ガス試験設備の設置)

##### 【2022年度実施結果】

- **実ガス試験センター設備の基本設計**
  - ✓ プロジェクト推進協議会メンバーからの意見を反映
- **設備・機器の仕様案を策定 (済)**
  - 都市ガス焼きパッケージボイラを燃焼排ガス源とするガス供給設備
  - CO<sub>2</sub>分離回収試験装置 (化学吸収法、吸着法、膜分離法)
  - 燃焼排ガス排気のためのガス清浄システム
  - 実ガス試験センター設置に伴うユーティリティ
  - CO<sub>2</sub>分離回収試験装置に付随する分析機器等
- **実ガス試験センター設備の基本仕様決定**

基本設計書類一式  
設計説明書、仕様概要書、配置図 (RITE敷地内)、  
図面 (設備、機器)、完成予想図、機器リスト/計装品リスト、  
ユーティリティ明細書、設備製作コスト見積り、工程表、法令対応計画、等

##### 基本設計のワークフロー

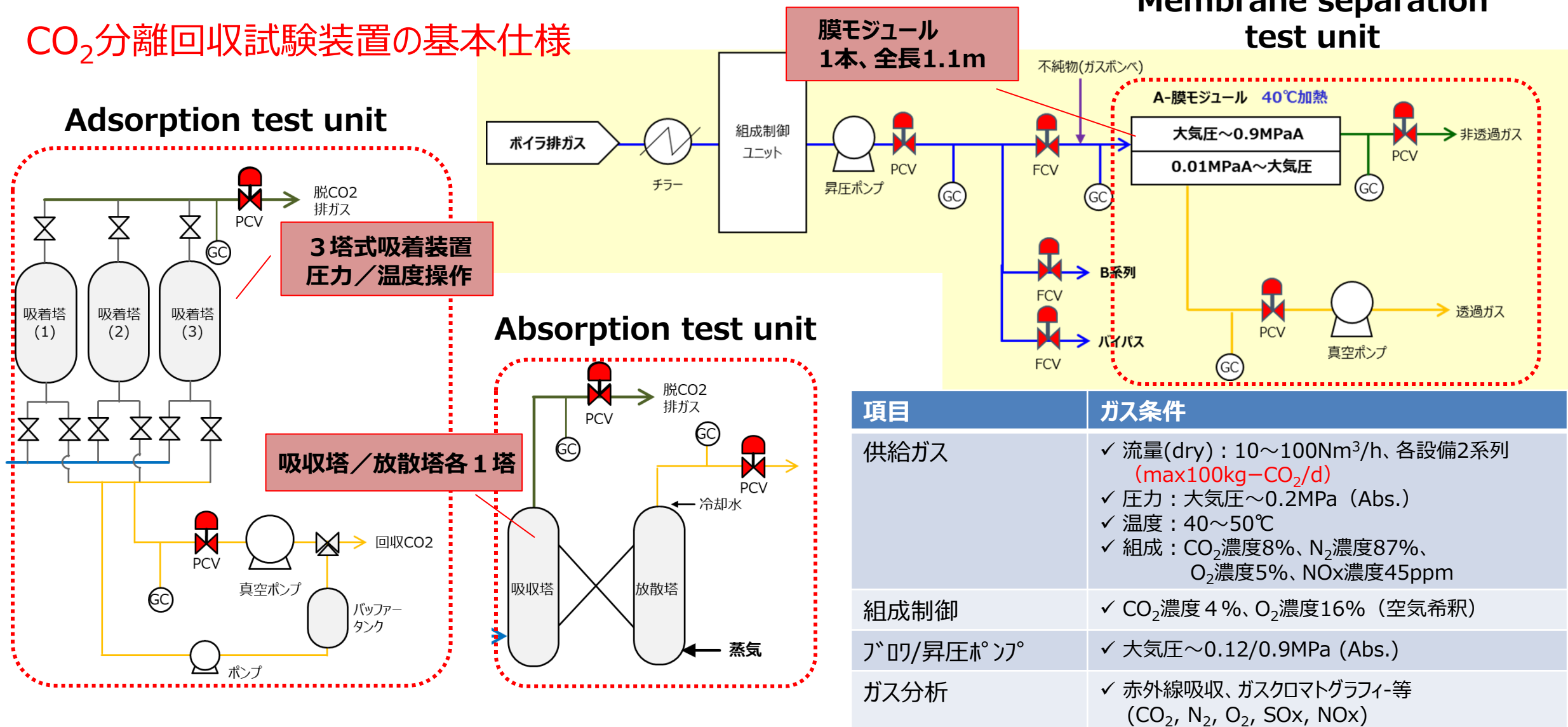


## 2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容

### 研究開発項目の詳細 (進捗)

#### ①-2 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)

#### CO<sub>2</sub>分離回収試験装置の基本仕様



## 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) 実ガスを用いた標準評価法の開発

#### 【2022年度実施結果】

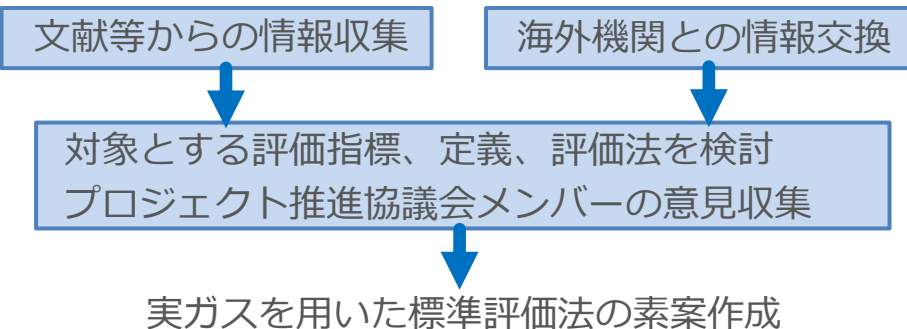
- CO<sub>2</sub>分離素材の評価指標、評価法の情報収集 (済)
  - 実ガスプラント試験で利用されている既存評価法を調査。
  - 調査を通じて標準素材に関する情報も収集。
- 海外実ガス試験センターとの情報交換 (済)
- 実ガスを用いた標準評価法の素案の作成 (済)

#### 【海外実ガス試験センターとの情報交換の詳細】

##### International Test Center Network (ITCN) Meeting

- 実ガス試験に関する知見をITCNメンバー間で共有することを確認。
  - 今後も協力関係を継続し、本事業の成果を発信すると共に、評価法に関する各センターの情報・意見を収集していく。
- 現時点では、ITCNにおいてCO<sub>2</sub>分離回収技術の標準化に関する確固たる考え方はない。
  - 各ITCNメンバーは標準化に対し興味は示しており、ITCNの議論内容を検討し、本事業における標準評価法素案の作成に反映する。

#### 評価法の検討ワークフロー



年次総会@仏リヨン(2022.10)

- 今回は、GHGT-16に合わせて開催
- 米国,欧州,豪州および日本のメンバーが参加
- RITEから本事業についてプレゼンを実施

## 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) 実ガスを用いた標準評価法の開発

#### 【海外実ガス試験センターとの情報交換の詳細 (続き)】

#### NCCC (National Carbon Capture Center) との意見交換

- 米国NCCCのFrank Morton氏と打合せを行い、今後の協力関係を確認するとともに、NCCCにおける実ガス試験に関する情報を収集した。NCCCは、石炭火力発電所の燃焼排ガスを対象としたCO<sub>2</sub>分離回収技術の試験センター (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、対象を拡大している。

#### GHGT-16での情報収集

- 吸収液、吸着剤、膜等の開発や性能評価に関する情報収集を行い、実ガス試験や評価法等に関する情報を収集した。
  - 検討中の実ガス試験装置の基本仕様検討に有益な情報を得た。(膜分離試験装置における差圧計の設置等など具体的なものも)

更に、文献調査を通じて、CO<sub>2</sub>分離素材の評価指標や評価法を調査し、実ガスを用いた標準評価法の素案に活用した。

#### 16th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies (GHGT-16)

- ✓ CCUSを中心テーマとする世界最大級の国際会議 (主催: IEAGHG)
- ✓ 北米・欧州・アジア太平洋の3地域が持ち回り
- ✓ 2年ごとに開催 (コロナ禍で4年ぶりに対面会議)

今回の大会

発表数: 800

出席者: 1200



会場: Paris des Congrès de Lyon  
リヨン, フランス

## 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

###### ◆ 素案作成

- 既往研究の整理に基づき、試験の条件と方法案を作成。

###### ◆ 試験装置

- 装置の概略を決定済み。
- 装置の詳細検討中。

##### 吸着法

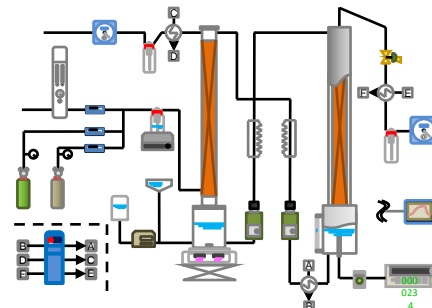
- 候補吸着剤の性能劣化に関する情報を収集し、主な劣化要因の整理まで完了。加速劣化手法、及び加速劣化試験装置の構成を決定。

##### 膜分離法

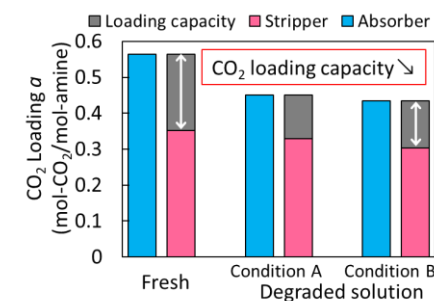
- 標準分離膜の加速劣化試験条件・方法・装置の開発に向けて、実ガスを用いたCO<sub>2</sub>分離膜に関する文献を調査。膜材料ごとに異なる劣化原因に対応した膜構造変化の分析法を決定。

##### 【吸収法】

加速劣化試験システム例

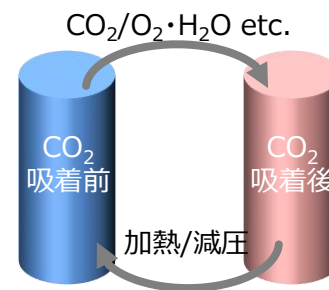


試験結果例 (CO<sub>2</sub>回収量)



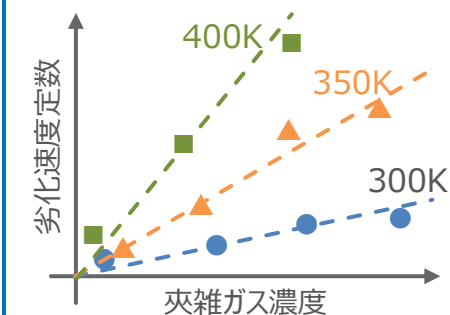
##### 【吸着法】

加速劣化試験のイメージ



##### 【膜分離法】

試験結果例 (劣化速度解析)



## 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

簡易評価ツール構築に向け、各分離回収技術それぞれにおいて、評価条件（供給ガス組成、回収率、回収ガス純度等）や評価項目（所要エネルギー等）の素案を決定。

##### ■ (産総研)

吸収法、吸着法、膜分離法それぞれのプロセス計算の簡易評価ツール構築に向けた素案を、各参画機関と協議して決定。

##### ■ (早稲田大)

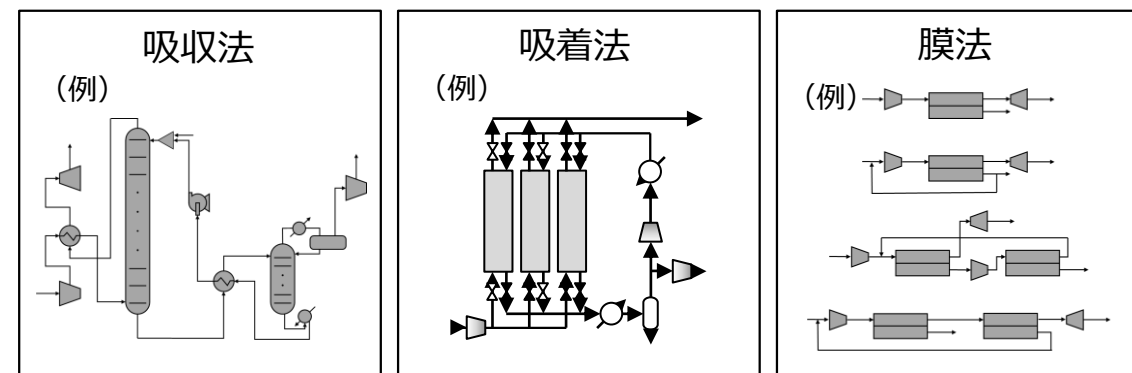
吸収法について、簡易評価モデルを構築するために物質収支やエネルギー収支に関する既存プロセスデータの収集と、プロセスシミュレータで吸収液の物性・分離操作条件の予備検討を実施。

##### ■ (京都大)

吸着法について、実測データの解析と、簡易評価モデルの素案において吸着平衡関係式・吸着速度定数・諸物性の検討を実施。

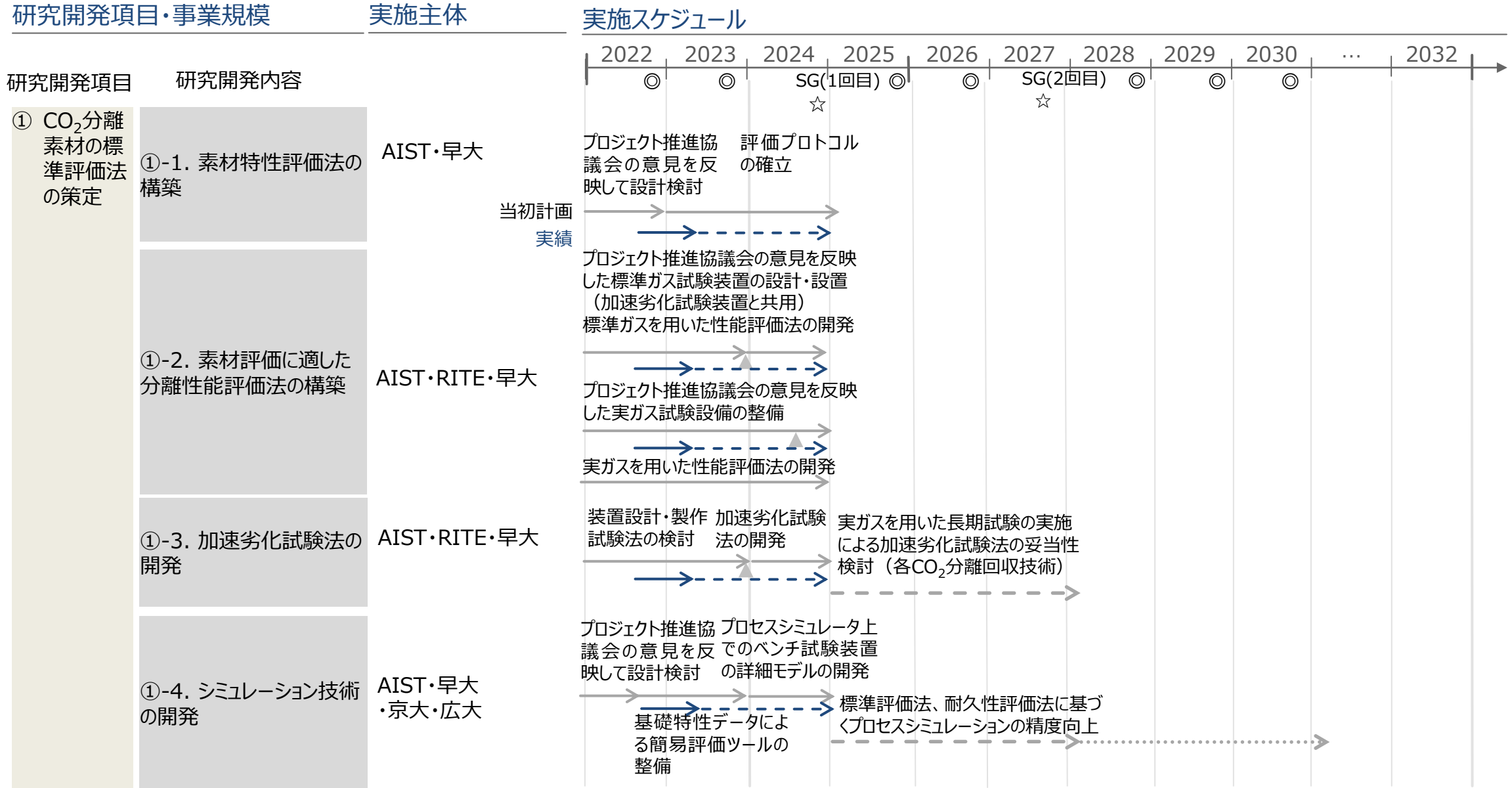
##### ■ (広島大)

膜法について、1段膜分離の簡易評価モデルを開発と、エネルギー収支を含めた1段膜モジュールの検討を実施。



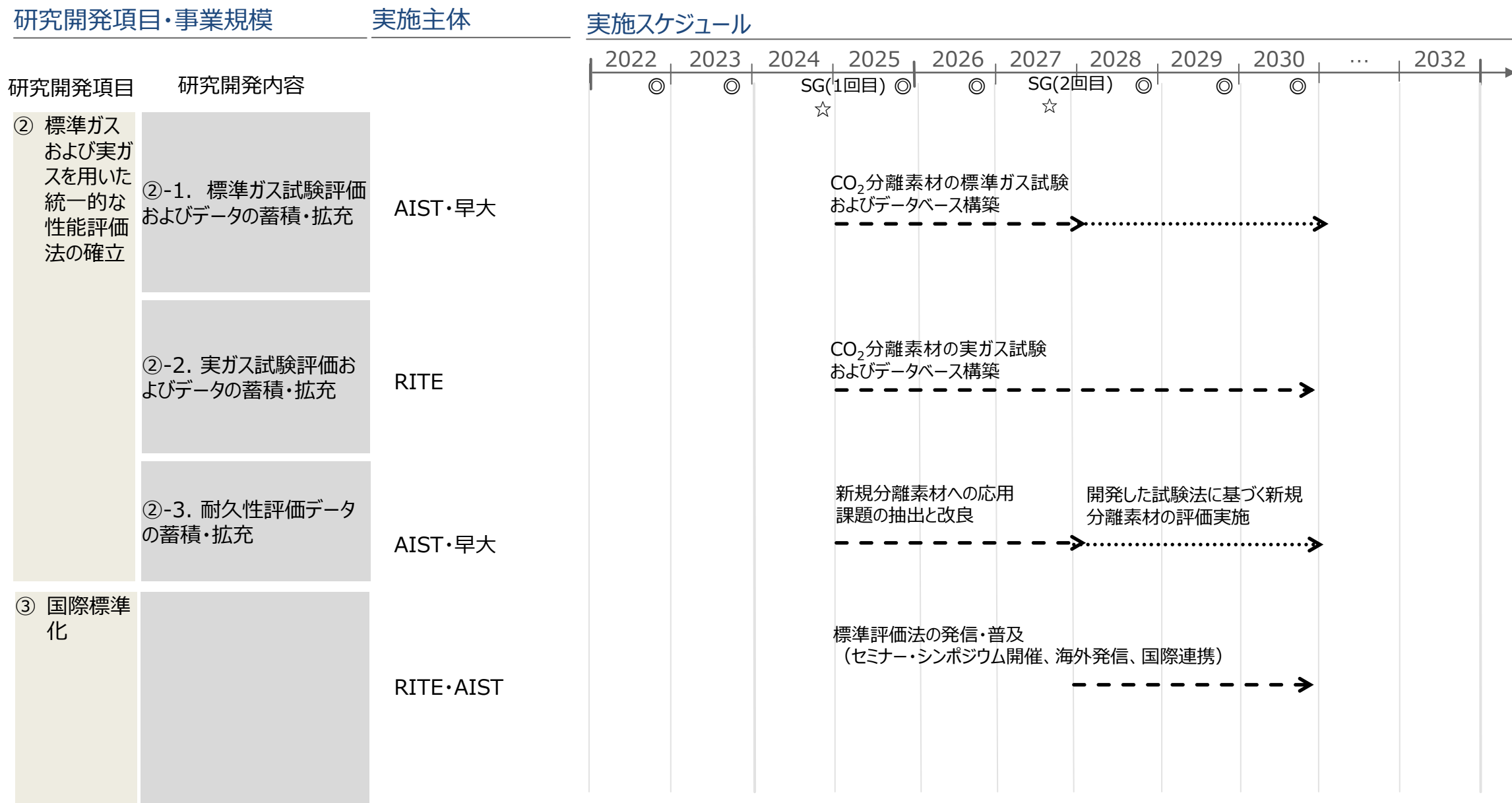
要件整理		吸収法	吸着法	膜法	
分類	項目				
データ入力方法	供給ガスデータ	供給組成: CO <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> /N <sub>2</sub> =4/16/80 供給流量: ~6,720,000 [Nm <sup>3</sup> /h] (~300,000 [kmol/h]) 供給温度: 30-50 [°C] 供給圧力: 101 [kPa]			共通項目
	分離材データ	吸収材の再生熱量	各成分の平衡吸着特性 吸着剤重量	各成分の膜透過率 膜面積	個別項目
プロセスデータ 取得方法	OPEX解析パラメータ	電力価格[円/kWh], 熱価格[円/GJ]			
	取得設定	コンプレッサおよびポンプの動力計算の設定: 新熱効率75 [%], 熱容量比1.4[-]			
解析方法	取得データ	製品流量 [Nm <sup>3</sup> /h] 製品CO <sub>2</sub> 分率 [-] 製品CO <sub>2</sub> 回収率 [-] 所要動力 [kW] 所要熱量 [GJ/h]	製品流量 [Nm <sup>3</sup> /h] 製品CO <sub>2</sub> 分率 [-] 製品CO <sub>2</sub> 回収率 [-] 所要動力 [kW]		
	OPEX解析	電力コスト [円/h] 熱コスト [円/h] OPEX [円/h]=電力コスト+熱コスト 回収CO <sub>2</sub> あたりのOPEX [円/t-CO <sub>2</sub> ]=合計OPEX / (製品流量[Nm <sup>3</sup> /h]×製品CO <sub>2</sub> 分率×0.044/22.4)	電力コスト [円/h] OPEX [円/h]=電力コスト 回収CO <sub>2</sub> あたりのOPEX [円/t-CO <sub>2</sub> ]=合計OPEX / (製品流量[Nm <sup>3</sup> /h]×製品CO <sub>2</sub> 分率×0.044/22.4)		
データ出力方法	データ出力	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, OPEX解析データ			
	配布形式	エクセル			実行ファイル形式 (exe) エクセル

## 2. 研究開発計画 / (3) 実施スケジュール



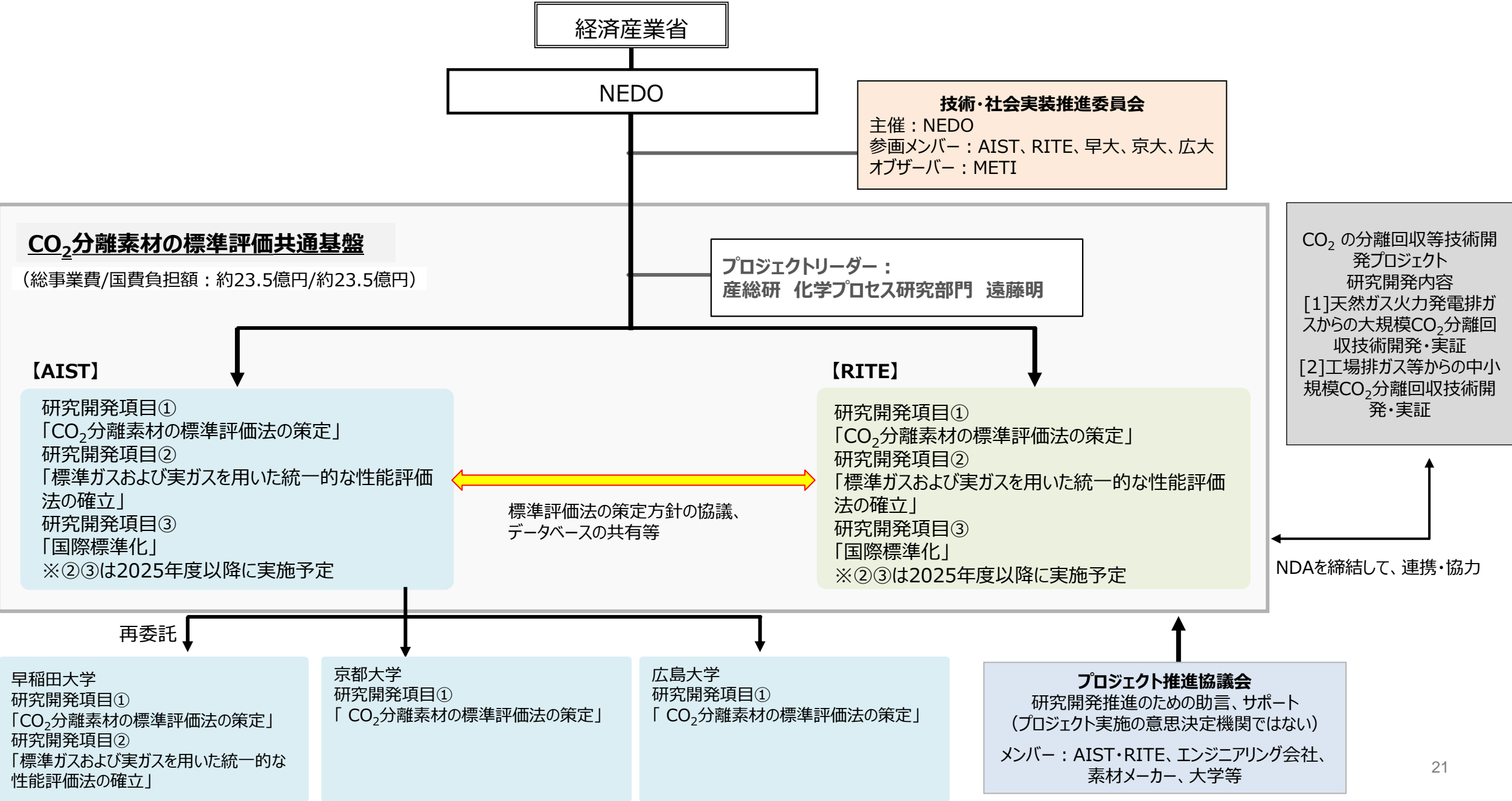
▲は主要設備導入時期  
◎は技術・社会実装推進委員会 (年2回以上予定)

## 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 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

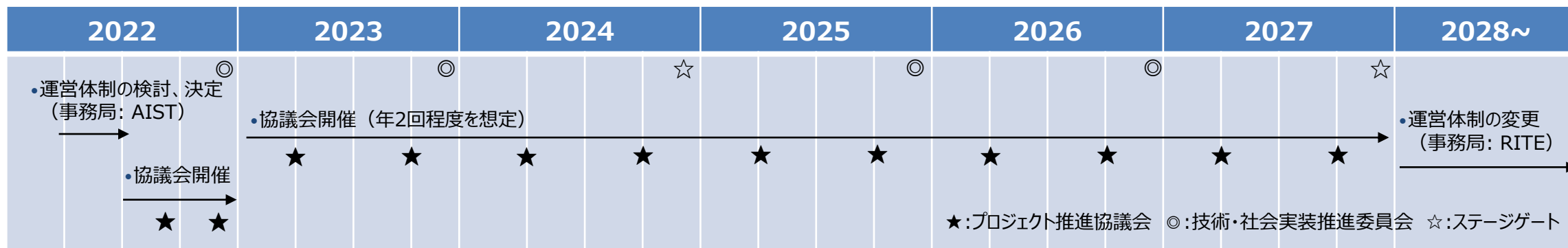
### メンバーの選考基準

- 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。
  - ✓ CO<sub>2</sub>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
  - ✓ CO<sub>2</sub>分離素材を開発している素材メーカー
  - ✓ CO<sub>2</sub>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
  - ✓ CO<sub>2</sub>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)

### 【2022年度進捗】

- 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

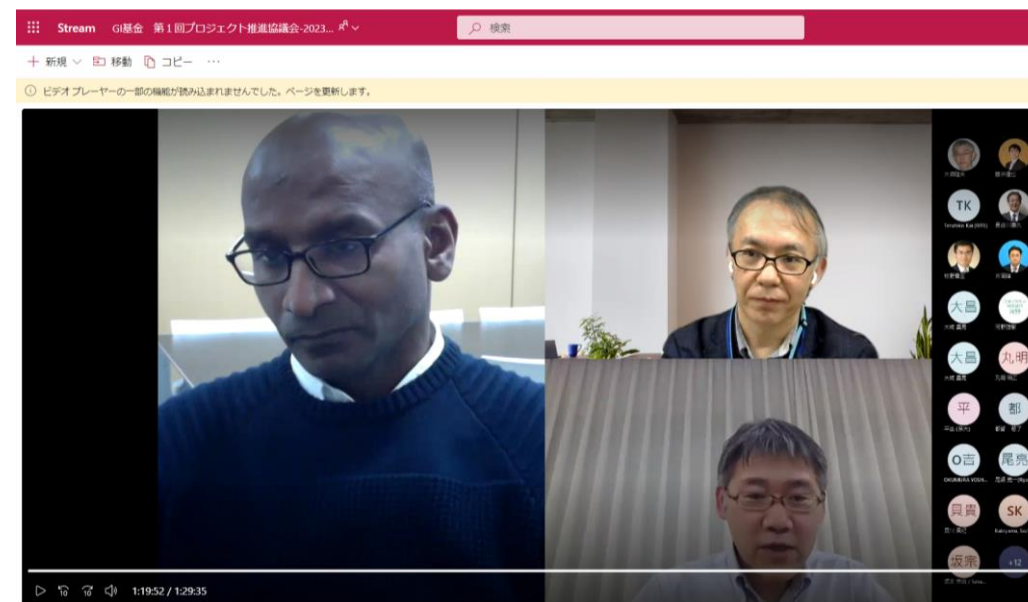
### 委員構成

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 <sub>2</sub> /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1回プロジェクト推進協議会 @Teams会議 (2023.1.10)



- 第1回協議会は、委員19名、PJ実施者12名、NEDO2名が参加。AIIST/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。

## 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

1

- CO<sub>2</sub>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

4

- 国際標準化

- 産総研および再委託先大学では、CO<sub>2</sub>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。
  - ✓ 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CO<sub>2</sub>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。

- 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。

- 産総研はCO<sub>2</sub>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、CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>分離回収技術全てに取り組んでいる。
  - ✓ 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。

- 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