

NEDO脱炭素技術分野成果報告会2025

プログラムNo.2-8

CO₂分離素材の標準評価共通基盤の確立

(グリーンイノベーション基金事業/CO₂の分離回収等技術開発/低圧・低濃度CO₂分離回収の低コスト化技術開発・実証)

発表：2025年7月16日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

発表者名： 遠藤 明

団体名： (国研) 産業技術総合研究所 (公財) 地球環境産業技術研究機構

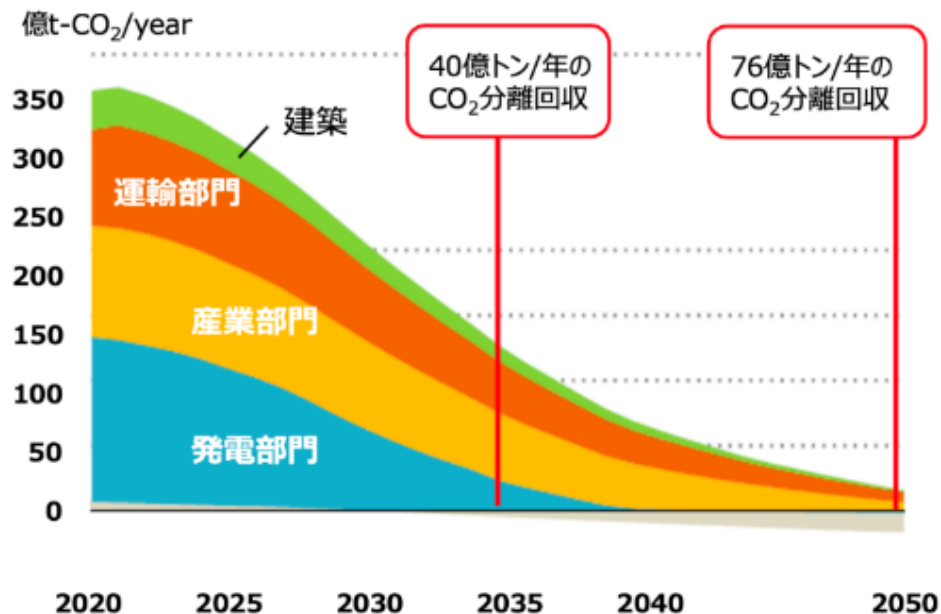
問い合わせ先： <https://www.aist.go.jp> <https://www.rite.or.jp>

1. 背景

事業の背景

- 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。

1. 背景 ～評価基盤の必要性～

国内企業ヒアリング結果概要

(1) 産業界からの要望

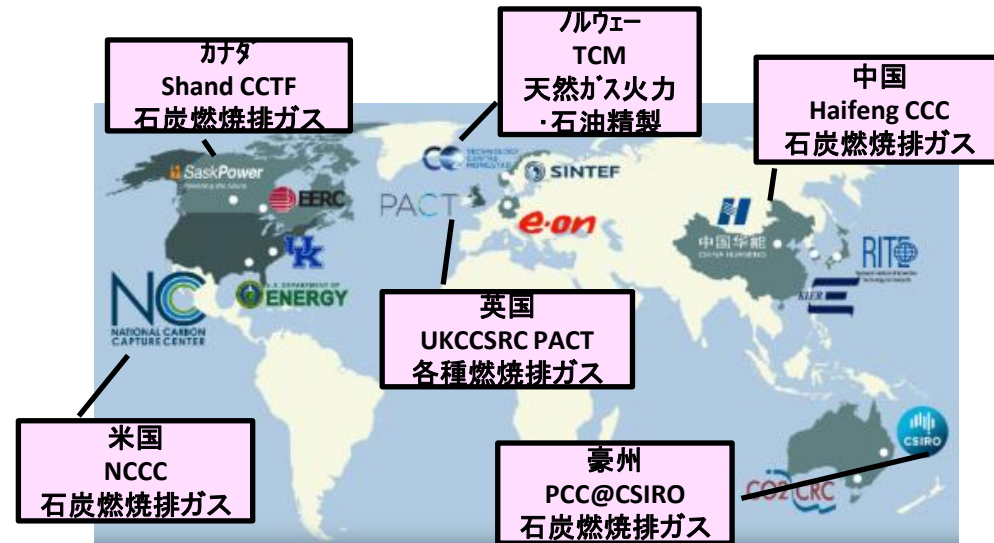
- 素材メーカー:
新規開発した自社材料の優位性を客観的に示したい
- エンジニアリング会社:
素材メーカー等が開発する様々な新規材料を客観的に比較・評価したい

(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)

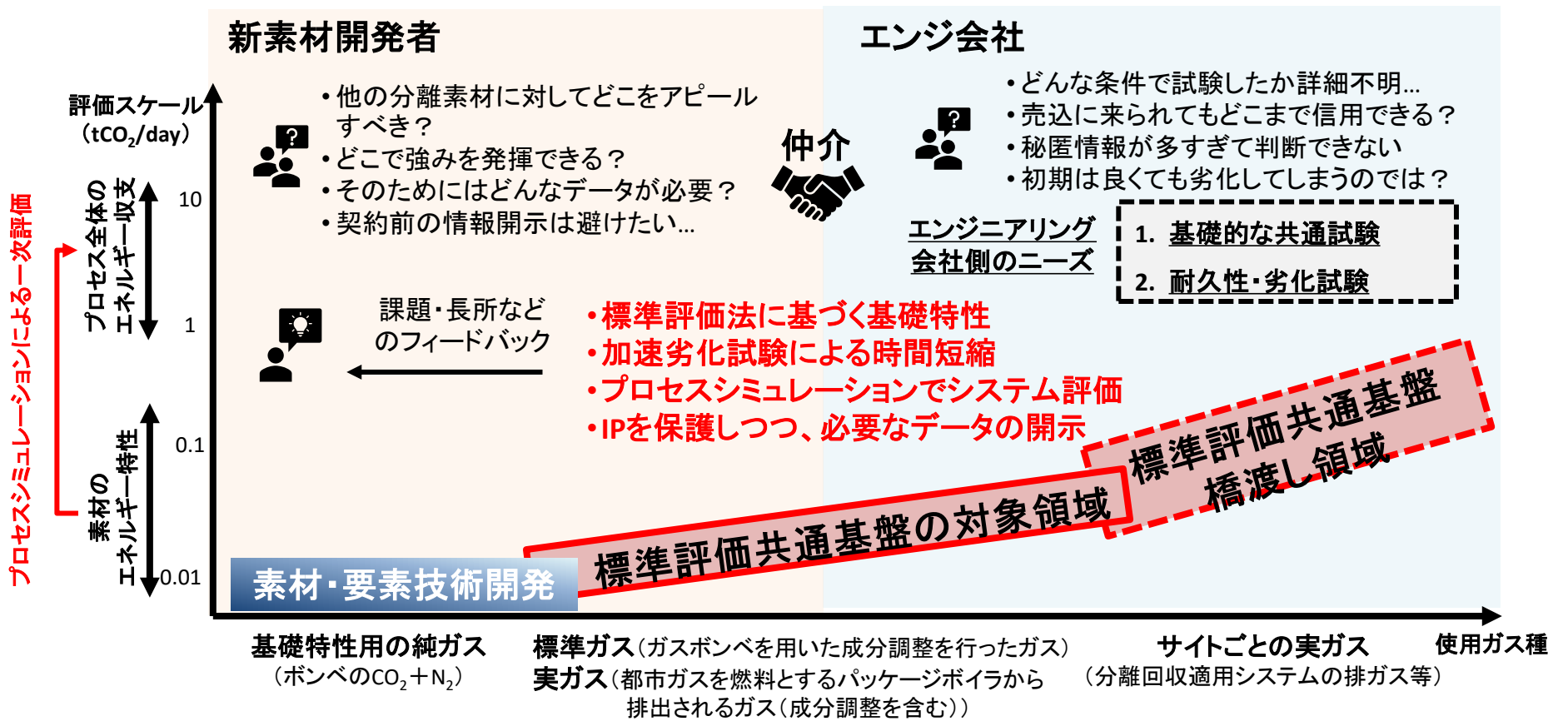
目的: CO₂分離回収技術の商業化を加速させる知識・情報の共有
特に、CO₂回収技術を組込んだ発電やプロセスのコスト削減を可能にする次世代技術

➤ 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評価基盤が不可欠

2. 本事業の目的

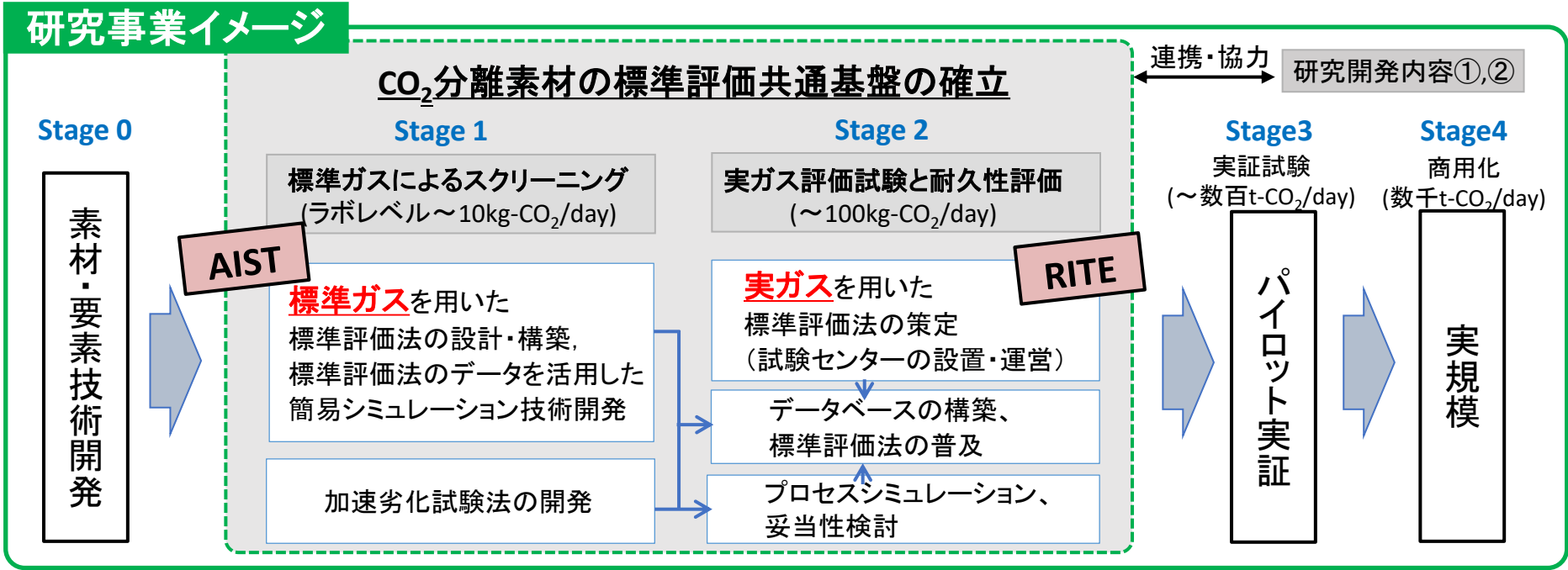
標準評価共通基盤：素材開発強化と橋渡し機能



- ✓ 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

3. 開発目標・開発項目

【目的】分離素材の中立かつ公平な評価を可能にするため、低圧・低濃度排ガス（大気圧、CO₂濃度10%以下）を対象とした、CO₂分離素材の標準評価法を確立する。

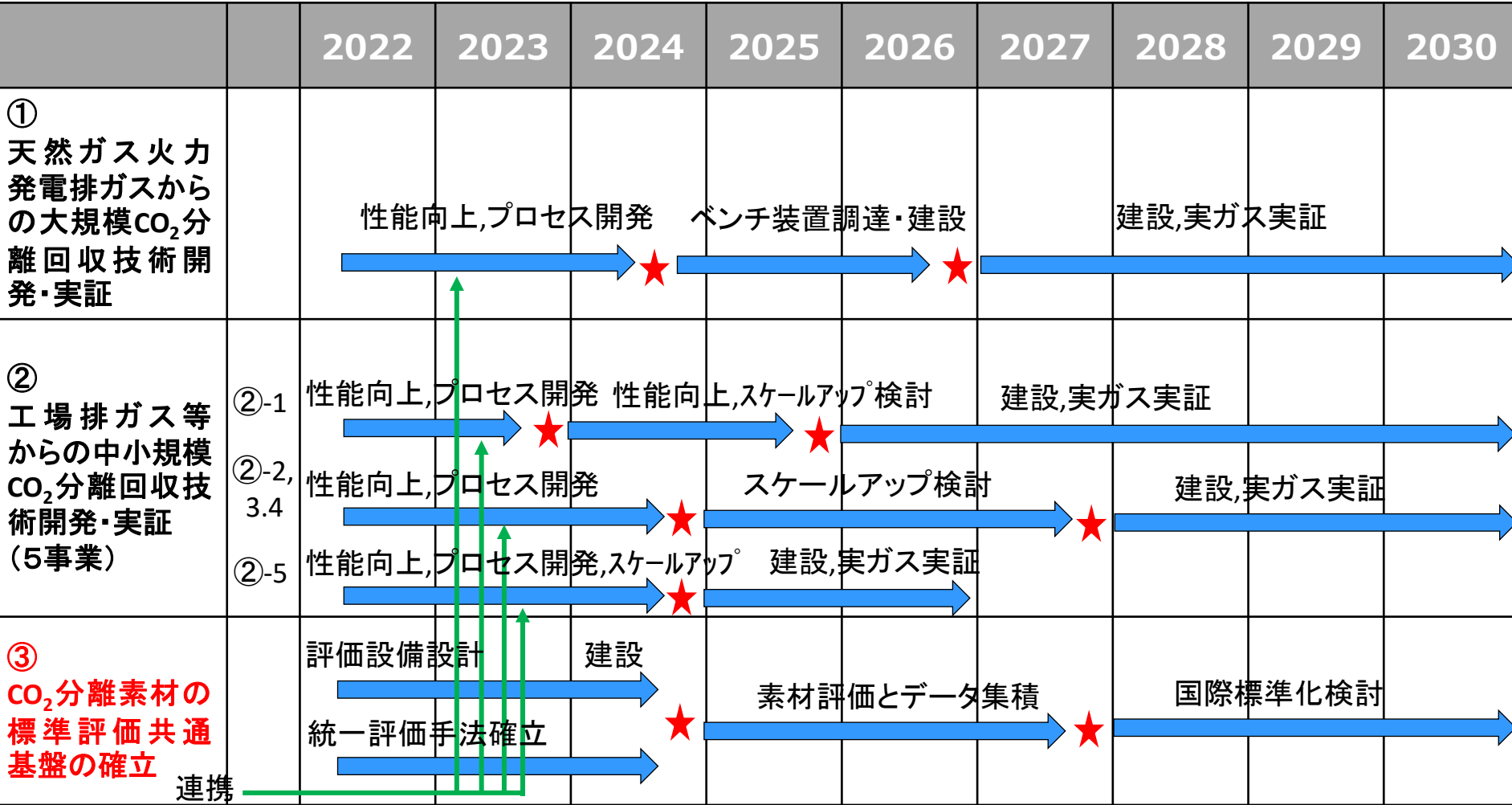


- 標準ガスによるスクリーニングから、実ガス評価試験へ展開し、素材開発を加速
- プロジェクト推進協議会を発足し、研究開発内容①、②の実施者と連携・協力

4. スケジュール

グリーンイノベーション基金事業／CO₂の分離回収等技術開発プロジェクト

★:ステージゲート



5. 進捗状況 ～標準ガスおよび実ガス～

※ 本事業での用語の意味

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 °C ✓ 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 °C ✓ 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

5. 進捗状況 ～各分離回収技術の標準分離素材～

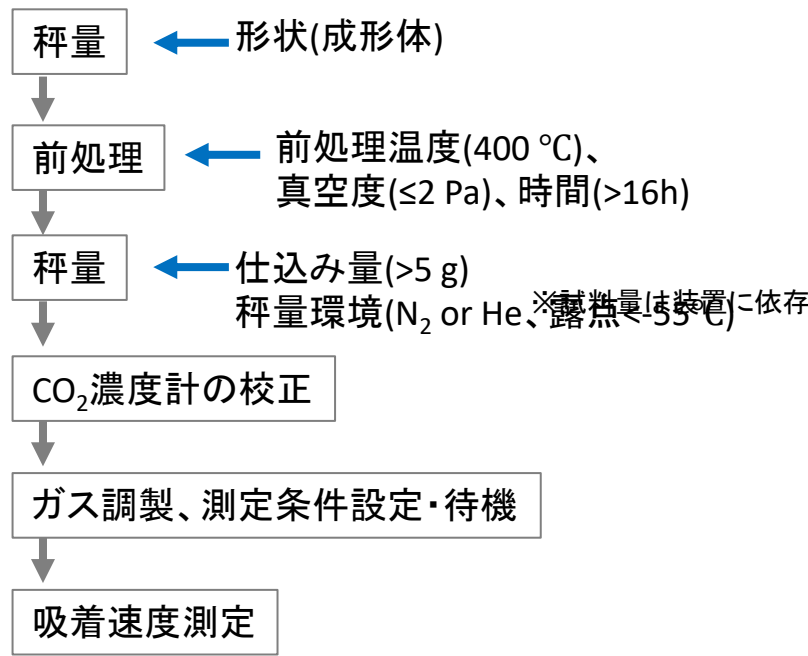
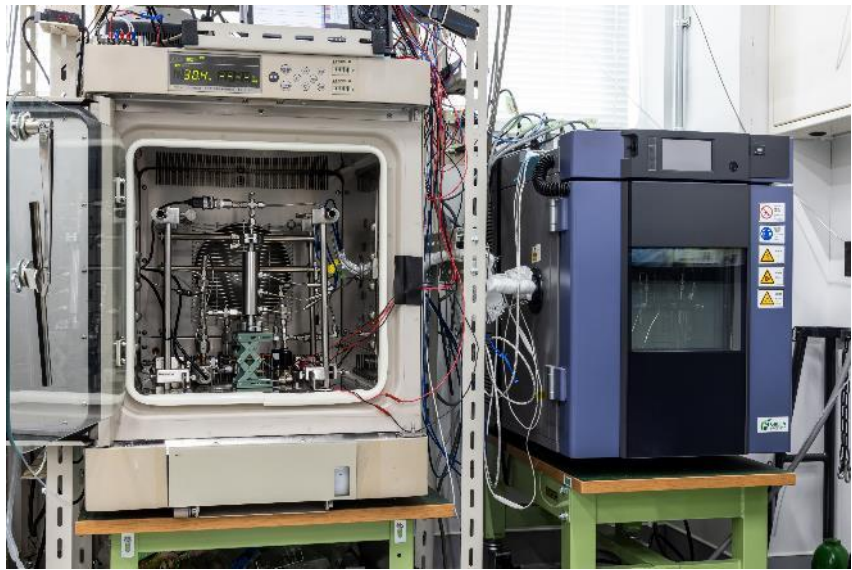
分離技術	標準分離素材	選定理由
吸収法	モノエタノールアミン (MEA)	- MEAは、第一世代吸収液として多くの知見があり、装置および試験法の確認のベンチマークとして最適 - AMP/PZは、第二世代標準吸収液として検討されている (IEAGHG のテクニカルレポートでも次世代標準液の代表例と掲載されている) -AMP/PZは、MEAに対して再生熱量が小さい (AMPがヒンダードアミン) -PZを助剤として入れることで反応速度が向上 -劣化耐性が高い
	アミノメチル プロパノール (AMP) + ピペラジン (PZ)	
吸着法	ゼオライト (13X)	- ゼオライトは国内外の複数のプロジェ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)	- 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)	

5. 進捗状況 ～標準ガス評価～

素材特性評価法の構築

分離技術	評価項目
吸収法	①気液平衡特性、②密度、③比熱・反応熱
吸着法	①吸着等温線、②吸着熱、③比熱容量、④熱伝導率、⑤密度、⑥吸着速度
膜分離法	①基礎特性、②表面性状の観察(SEM)、③組成分析、④化学結合の分光分析、⑤結晶構造解析、⑥耐熱性・分解挙動

評価装置および評価プロトコルの例(吸着速度)

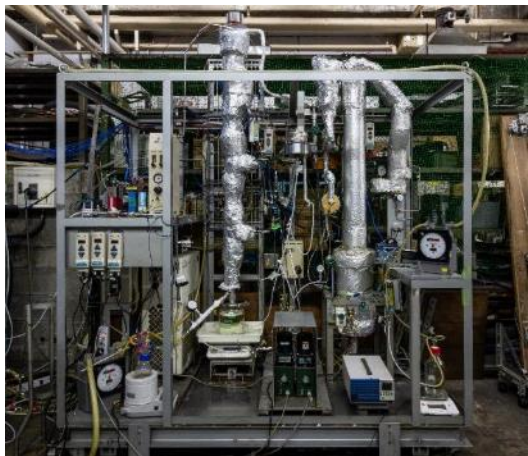


- 各分離素材の特性評価に関する情報収集を実施し、評価項目を選定
- プロジェクト推進協議会で議論し、評価項目を決定・評価プロトコルを作成
- 試験方法の検証・改善により、目標とする測定精度を達成

5. 進捗状況 ～標準ガス評価～

小スケールでの評価(スクリーニング)に適した分離性能評価法の確立

【吸収法】



仕様	
吸収塔	Φ0.05m × 1.2~1.5m
再生塔	Φ0.03m × 1.0m
吸収塔 温度	40℃/40℃ 液(上部)/ガス(下部)
再生塔 温度	110℃/120℃ 液(上部)/ガス(下部)
その他	• 吸収液充填量 約4L

【吸着法】



仕様	
吸着塔	Φ1inch × 500mm
温度	30℃~120℃
圧力	10 kPa~101 kPa (<10 kPaも可能)
その他	• 吸着剤充填量 約200cc/塔 • 加湿・乾燥ガスの供給 • VSA, TSAに対応

【膜分離法】



仕様	
膜モジュール	Φ2inch × 400mm程度
温度	30℃~50℃
圧力(供給側)	大気圧~0.9 MPa
圧力(透過側)	0.01 MPa~大気圧
その他	• 恒温槽内に膜モジュールを設置して評価

➤ 2024年度より、標準分離素材を用いた分離性能評価を実施中

5. 進捗状況 ～標準ガス評価～

加速劣化試験法の開発

分離技術	標準分離素材	想定される劣化要因
吸収法	AMP+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
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
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
	無機膜(ゼオライト)	酸、水、高温による結晶構造の変化

【吸収法】



- 試験条件(想定)
- O₂高濃度化(50%)⇒酸化劣化
 - 高温部液滞留時間 増⇒酸化, 熱劣化 (高温部液溜容積 増)
 - 金属イオン(Fe, Cuなど), 硝酸(NO_x由来)等の加速劣化因子添加

【吸着法】



- 試験条件(想定)
- 高速で吸脱着を繰り返し、劣化試料を調製
 - 夾雑成分(水蒸気、酸性ガス)共存下での吸脱着試験
 - 劣化挙動を処理ガス組成等と相関

【膜分離法】

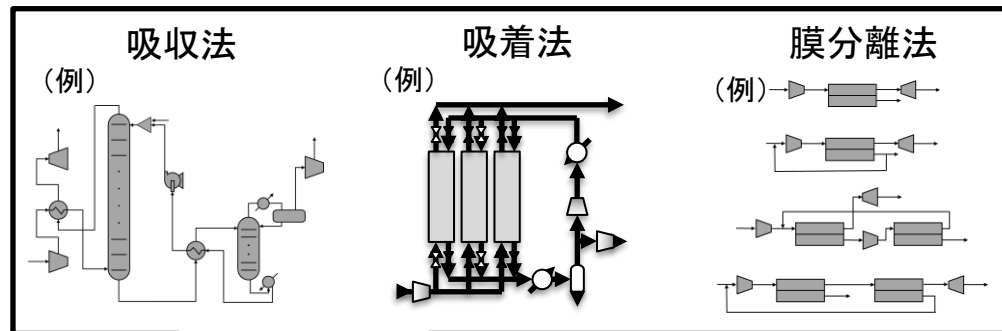


- 試験条件(想定)
- 暴露試験
⇒酸性ガス、水蒸気、O₂による劣化
 - 高温、高圧CO₂透過試験
⇒高温、CO₂可塑性による劣化

- 各分離素材で想定される劣化要因を選定し、それを抽出できる加速劣化試験法を開発
- 2024年度より、標準分離素材を用いた試験を実施中

5. 進捗状況 ～標準ガス評価～

シミュレーション技術の開発



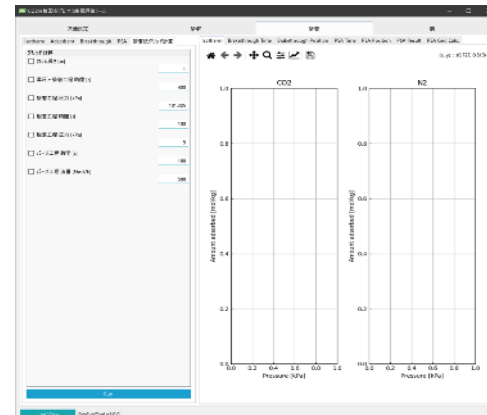
標準評価法
評価データ

Inputデータ:
供給排ガスデータ ☐
分離材データ ☐
OPEX解析パラメータ ☐

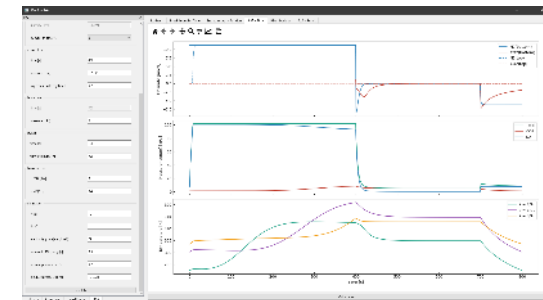
RUN

Outputデータ:
プロセス解析データ ☐
OPEX解析データ ☐
OOGJ/t-CO₂

入力画面



出力画面

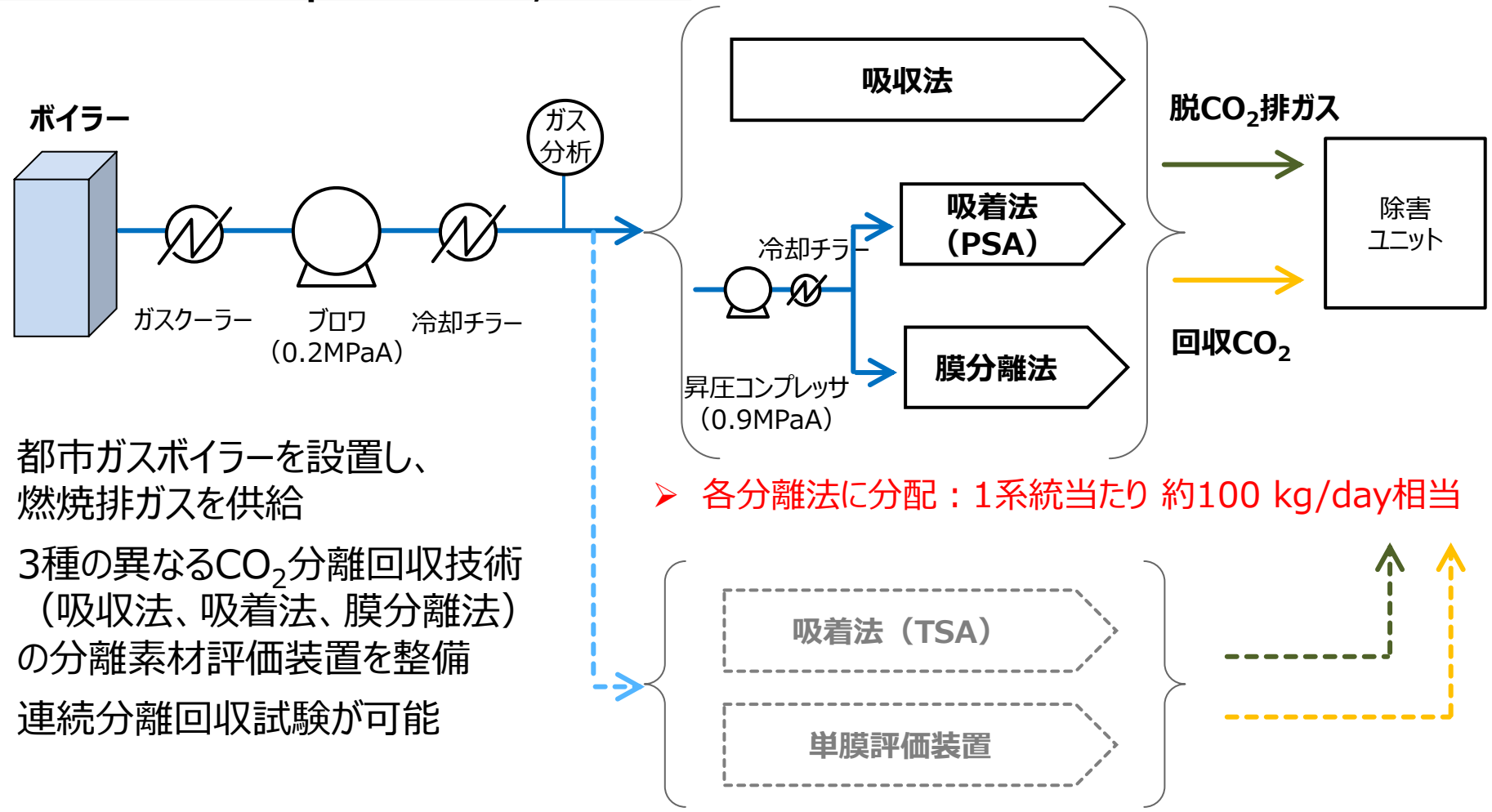


- 各CO₂分離素材をプロセスへ適用した際の所要エネルギー・コストを試算するための簡易評価ツールを開発
- 標準評価法で測定した評価データを元に、物質収支およびエネルギー収支に基づくプロセス特性を計算
- 供給ガス組成・流量や、各プロセスの操作条件を任意に設定し、出力結果を比較

5. 進捗状況 ～実ガス評価～

【実ガス試験センターの構成】

正式名称：炭素回収技術評価センター
(RITE Carbon Capture Center, RCCC)



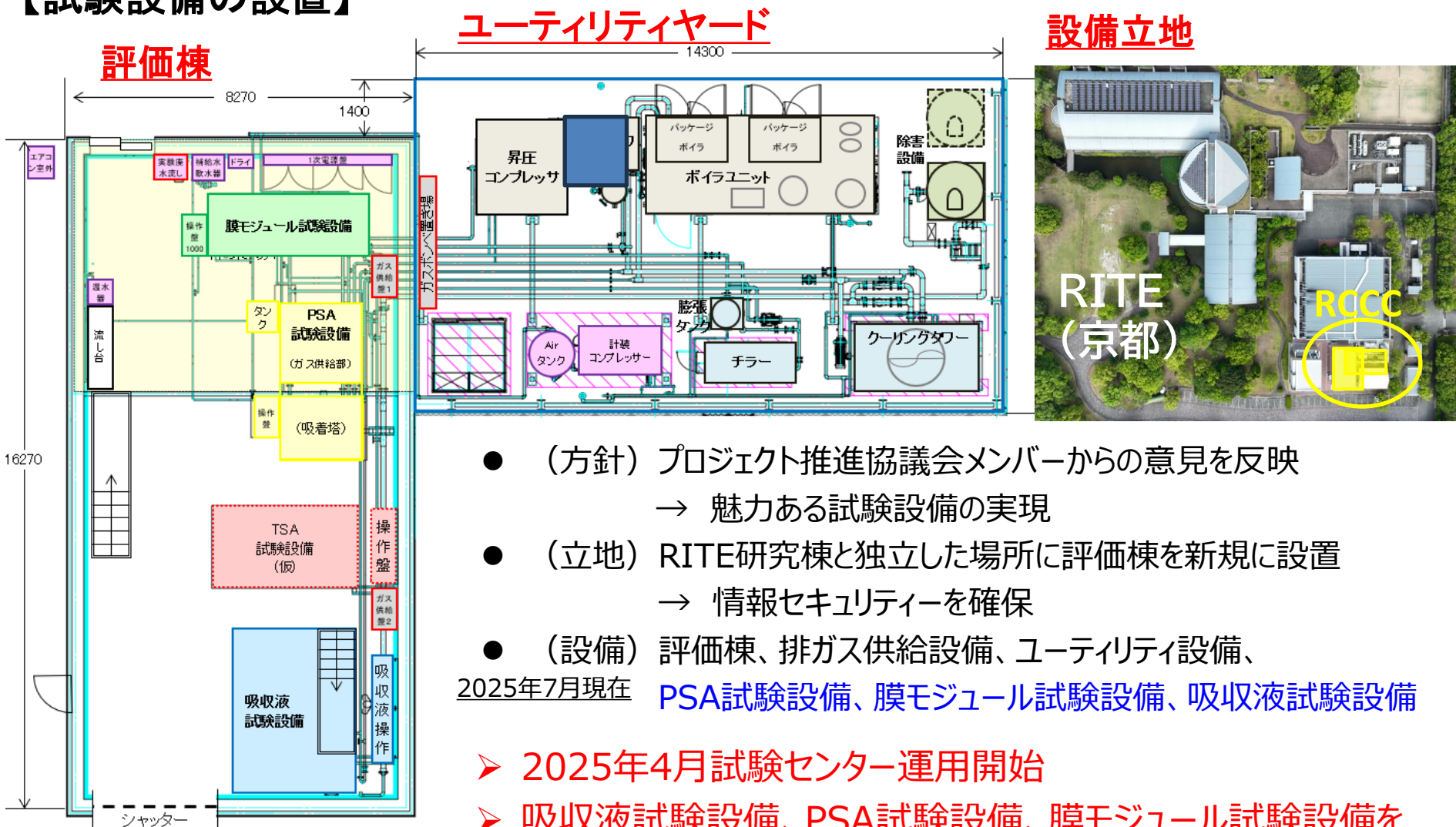
- 都市ガスボイラーを設置し、燃焼排ガスを供給
- 3種の異なるCO₂分離回収技術（吸収法、吸着法、膜分離法）の分離素材評価装置を整備
- 連続分離回収試験が可能

➤ 各分離法に分配：1系統当たり 約100 kg/day相当

➤ 2025年度_設置に向けた詳細設計開始

5. 進捗状況 ～実ガス評価～

【試験設備の設置】



- (方針) プロジェクト推進協議会メンバーからの意見を反映
→ 魅力ある試験設備の実現
- (立地) RITE研究棟と独立した場所に評価棟を新規に設置
→ 情報セキュリティを確保
- (設備) 評価棟、排ガス供給設備、ユーティリティ設備、
2025年7月現在 **PSA試験設備、膜モジュール試験設備、吸収液試験設備**

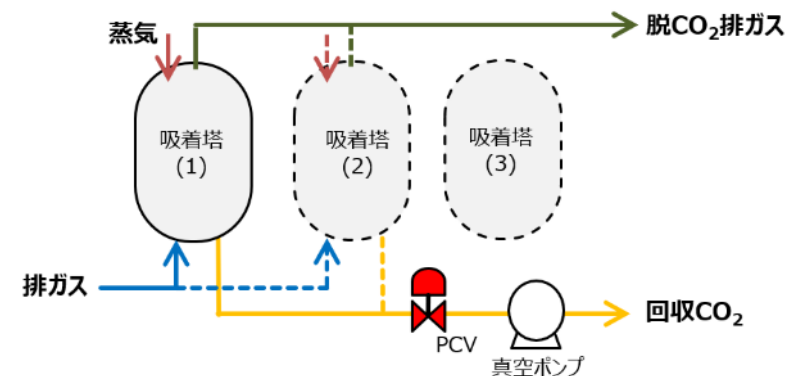
- 2025年4月試験センター運用開始
- 吸収液試験設備、PSA試験設備、膜モジュール試験設備を用いて標準分離素材の評価を実施中
- TSA、単膜試験設備を2025年度以降に導入予定

5. 進捗状況 ～実ガス評価～

吸着材(PSA)試験設備...PSA: Pressure Swing Adsorption

仕様

- 吸着塔：250A×1800L×3塔（試験材総充填量：約200kg）
- 温度：30℃，圧力：101～900kPa（吸着）10kPa（脱着），露点：-60℃



✓ 3塔式設備_プロセスの条件設定は可変

5. 進捗状況 ～実ガス評価～

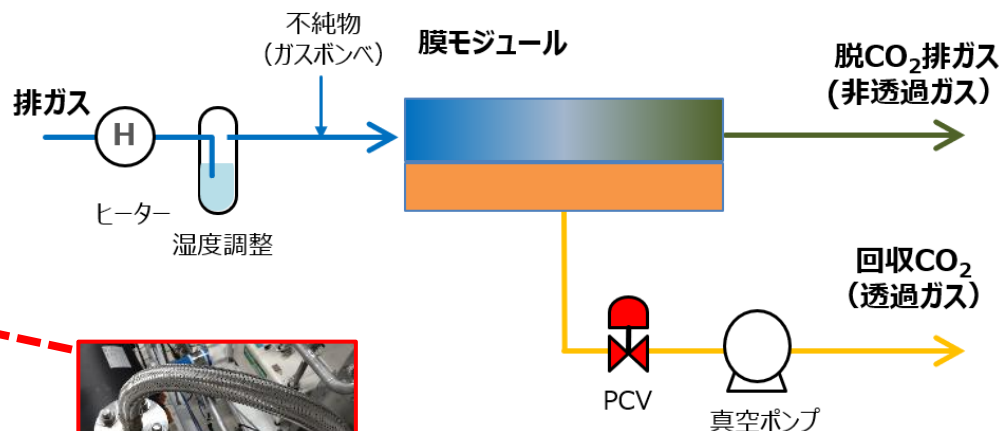
膜モジュール試験設備

仕様

- 膜モジュール： 外径0.3mφ × 長さ1m程度
… モジュール寸法によりフレキシブル配管で調整、プレート&フレーム型へも対応
- 温度： 30～85℃ 圧力： 101～900kPa（供給） 10～101kPa（透過）
露点： -15～80℃



プロセスフロー概略



フランジとフレキシブル配管

✓ スパイラルやプレート&フレーム等のモジュールに対応可能



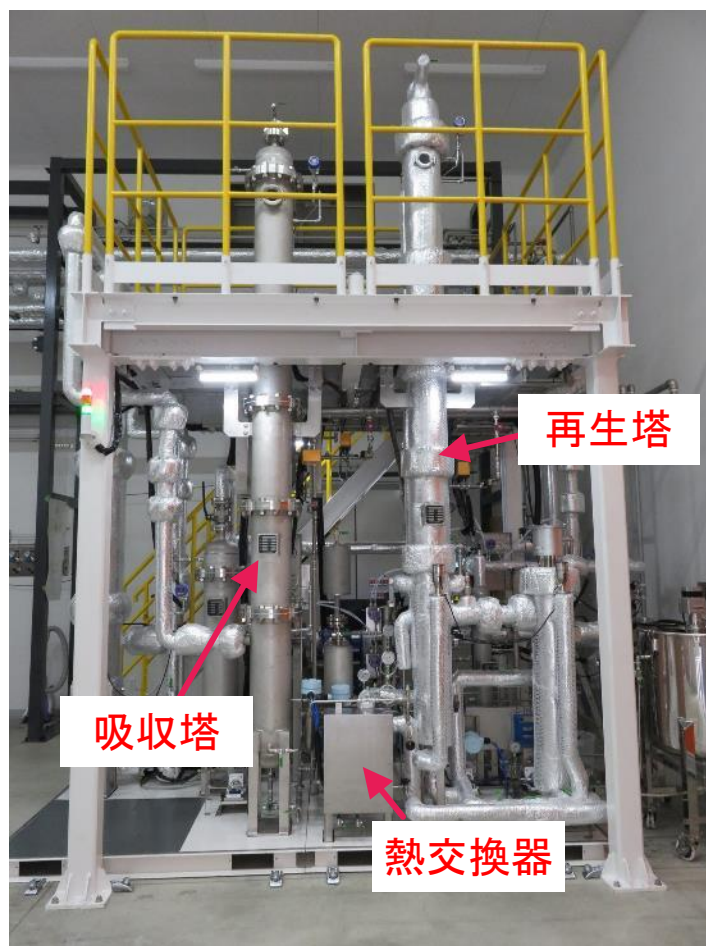
膜モジュール（例）

5. 進捗状況 ～実ガス評価～

吸収液試験設備

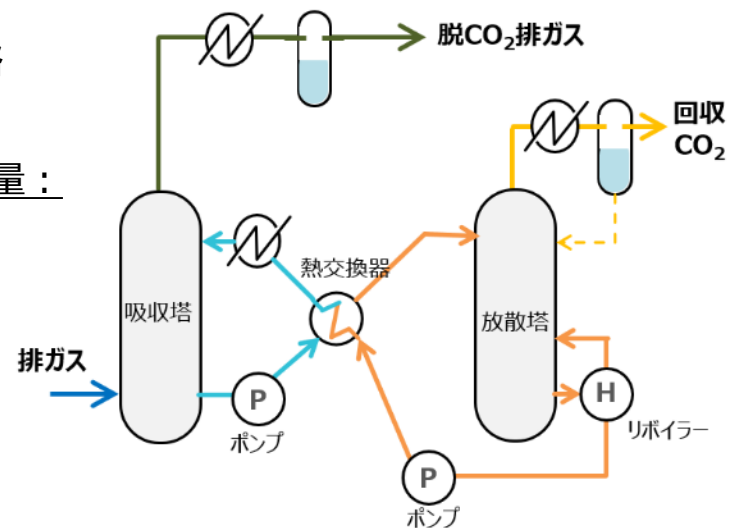
仕様（詳細設計～製作）

- 吸収塔（充填層部）：2mH×0.2mφ 再生塔（充填層部）：2mH×0.1mφ
- 吸収塔入口温度（ガス／液）：40℃ 再生圧力／温度：0.2MPa／120℃



プロセスフロー概略

吸収液の充填量：
約70L



塔内部の充填物
(ディクソンパッキン10mm)

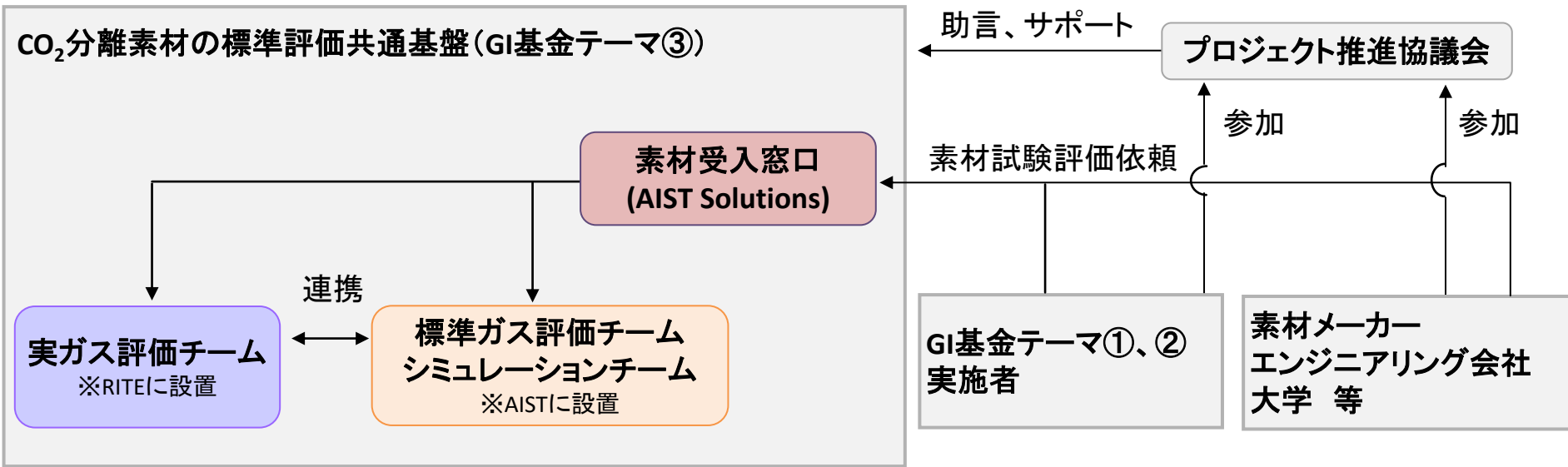


標準分離素材
(MEA 30wt%水溶液)



6. 今後の展望

評価基盤の運営



- 素材受入窓口** : 素材評価のファイアーウォール構築に重要となる組織、AIST Solutions(AISol)*に設置
- 実ガス評価チーム** : 実ガス試験設備を設置・運用するRITEを中心とするチーム
- 標準ガス評価チーム** : 標準ガス試験での評価技術の開発を担当するAISTを中心とするチーム
- シミュレーションチーム** : 簡易評価ツールの提供や使用のサポートを担当するAISTを中心とするチーム
- プロジェクト推進協議会** : プロジェクト実施者、GI基金①②実施者、素材メーカー、エンジニアリング会社等で構成

*AIST Solutions: 2023年度に設立。企業と産総研との共同研究、受託(請負)研究及び技術コンサルティングについて、AISolが契約主体となり契約手続きを行い、産総研グループとして事業を推進。

6. 今後の展望

素材評価受入フォーム

The image shows a screenshot of a web application for the Green Innovation Fund. The main header reads 'グリーンイノベーション基金 CO2分離素材の標準評価共通基盤 事前評価申請フォーム' (Green Innovation Fund CO2 separation material standard evaluation common platform pre-evaluation application form). Below the header, it states the date '2025年1月30日' and provides a link to the project page: '本プロジェクトの概要は、NEDOホームページ <https://green-innovation.nedo.go.jp/project/development/> に掲載された「事業戦略ビジョン」をご参照願います。' (The overview of this project is posted on the NEDO homepage <https://green-innovation.nedo.go.jp/project/development/>, please refer to the 'Business Strategy Vision' published there.). A green button labeled '今すぐ開始' (Start now) is visible.

The application form itself is titled 'グリーンイノベーション基金 CO2分離素材の標準評価共通基盤の確立 事前評価申請フォーム' (Green Innovation Fund CO2 separation material standard evaluation common platform establishment pre-evaluation application form). It includes a red asterisk indicating required fields. The form contains the following sections:

- 1. 日付 * (Date): A text input field with a placeholder '日付を入力してください(yyyy/MM/dd)'.
- 2. 所属 * (Affiliation): A text input field with a placeholder '回答を入力してください'.
- 3. 部署 * (Department): A text input field with a placeholder '回答を入力してください'.
- 4. 氏名 * (Name): A text input field with a placeholder '回答を入力してください'.
- 8. 希望する試験 (ガス種) (Desired test (gas type)): A section with the instruction '該当するものをすべてチェックしてください' (Check all that apply). It includes two checkboxes: '標準ガス (ガスボンベを用いて成分調整を行ったガス)' (Standard gas (gas adjusted by component using gas cylinder)) and '実ガス (パッケージボイラー排ガス)' (Actual gas (package boiler exhaust gas)).
- 9. 希望する試験 (分離回収技術) (Desired test (separation and recovery technology)): A section with the instruction '該当するものをすべてチェックしてください' (Check all that apply). It includes three checkboxes: '吸収法' (Absorption method), '吸着法' (Adsorption method), and '膜分離法' (Membrane separation method).
- 10. 希望する評価項目 (Desired evaluation items): A section with the instruction '回答を入力してください' (Please enter your answer). It includes a list of evaluation items: '例) 素材特性評価 (吸収液の気液平衡特性など)、分離性能評価 (CO2回収率、消費エネルギーなど)、加速劣化試験等' (Example) Material characteristics evaluation (gas-liquid equilibrium characteristics of absorption liquid, etc.), separation performance evaluation (CO2 recovery rate, energy consumption, etc.), accelerated degradation test, etc.).

- 標準ガス・実ガス共通の申請フォーム
- CO₂分離素材の受入れフローの最初のステップ
- 申請フォームに基づき事前協議を実施
- GI事業の連携テーマに関する企業から案内を開始予定

フォームURL:

https://forms.office.com/Pages/ResponsePage.aspx?id=yP6nGC9lm0CDaSctnOgGIGH0cNOxbi1FvA_trxO1eEtUQTQxQU1EV0FFNEIwUDBWTVQ1NVBZT1NZRC4u