

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：公益財団法人 地球環境産業技術研究機構、代表名：理事長 山地 憲治

共同実施者：（幹事）国立研究開発法人 産業技術総合研究所

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

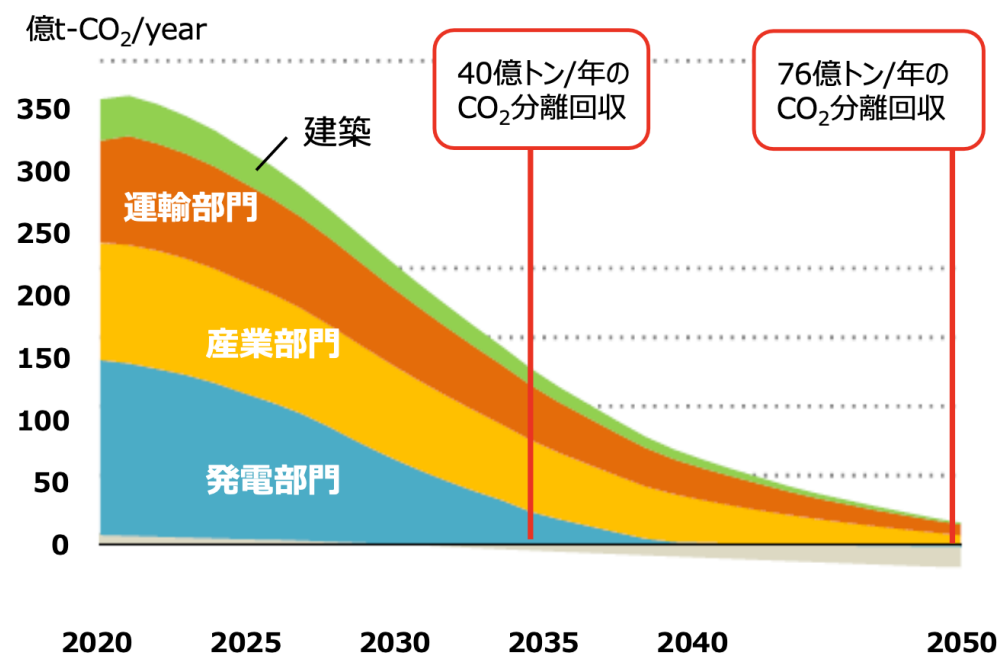
2. 研究開発計画

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

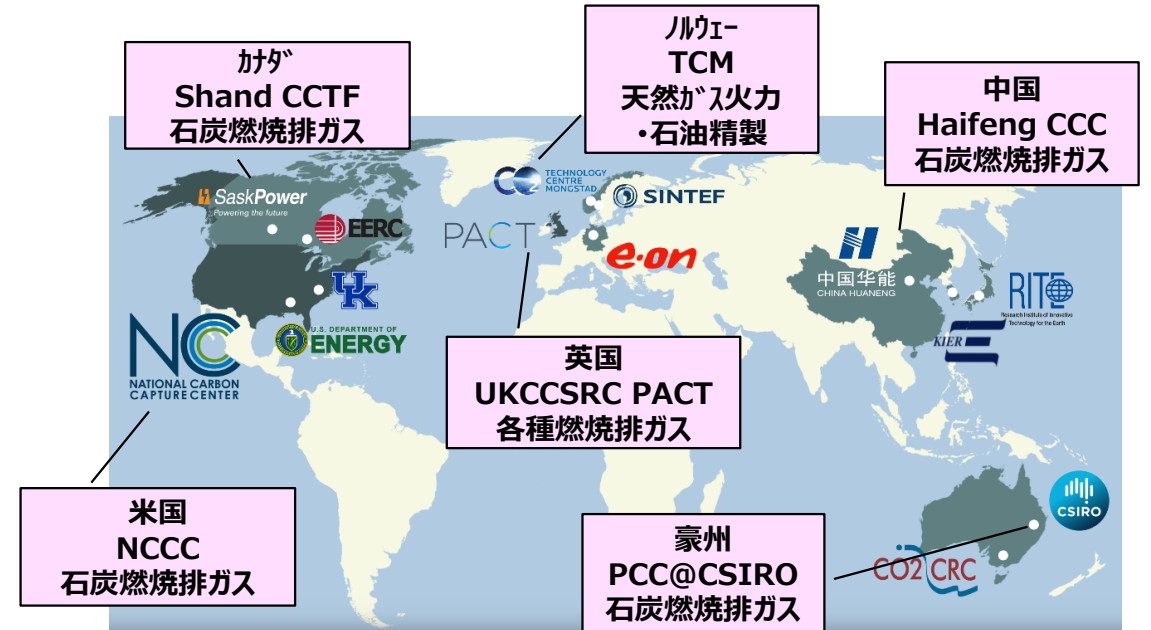
- 素材メーカー：
新規開発した自社材料の優位性を客観的に示したい
- エンジニアリング会社：
素材メーカー等が開発する様々な新規材料を客観的に比較・評価したい

(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)

➤ 日本には試験の拠点が無い。

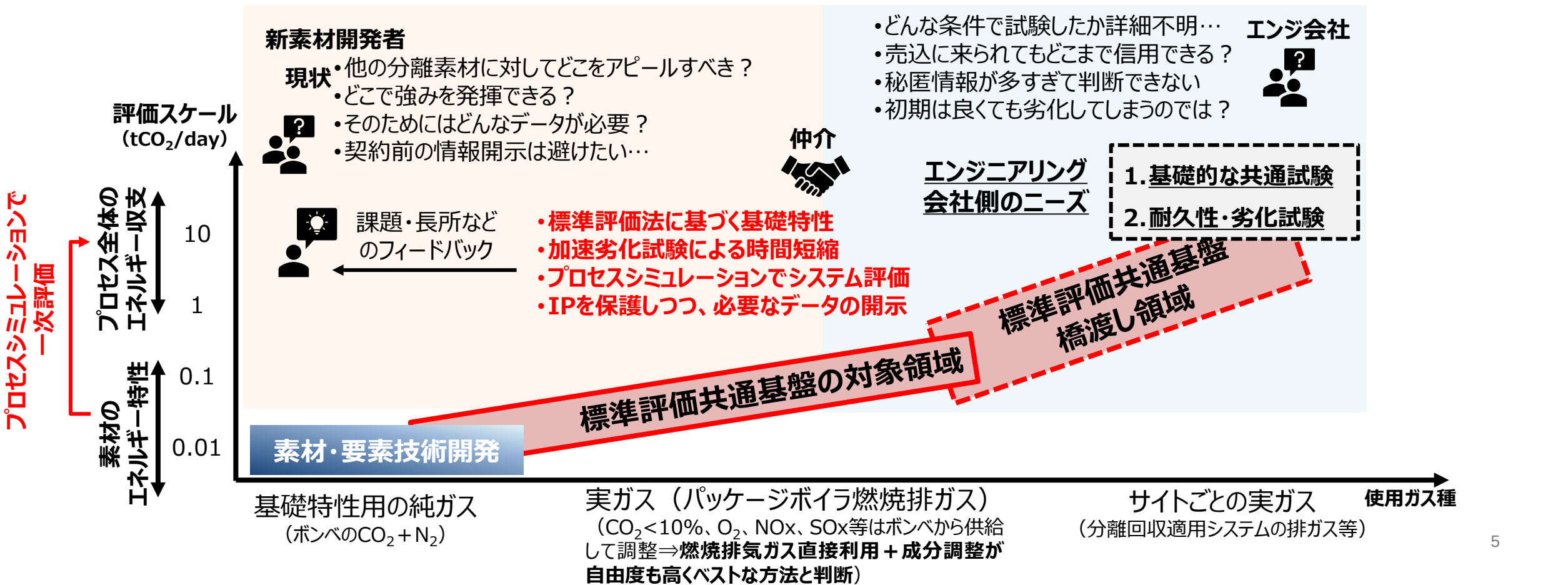
➤ 現在は日本のCO₂回収技術は海外技術に対して優位性があるが、今後も優位性を保つためには、日本国内に実ガス試験が可能な共通評価基盤が不可欠

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

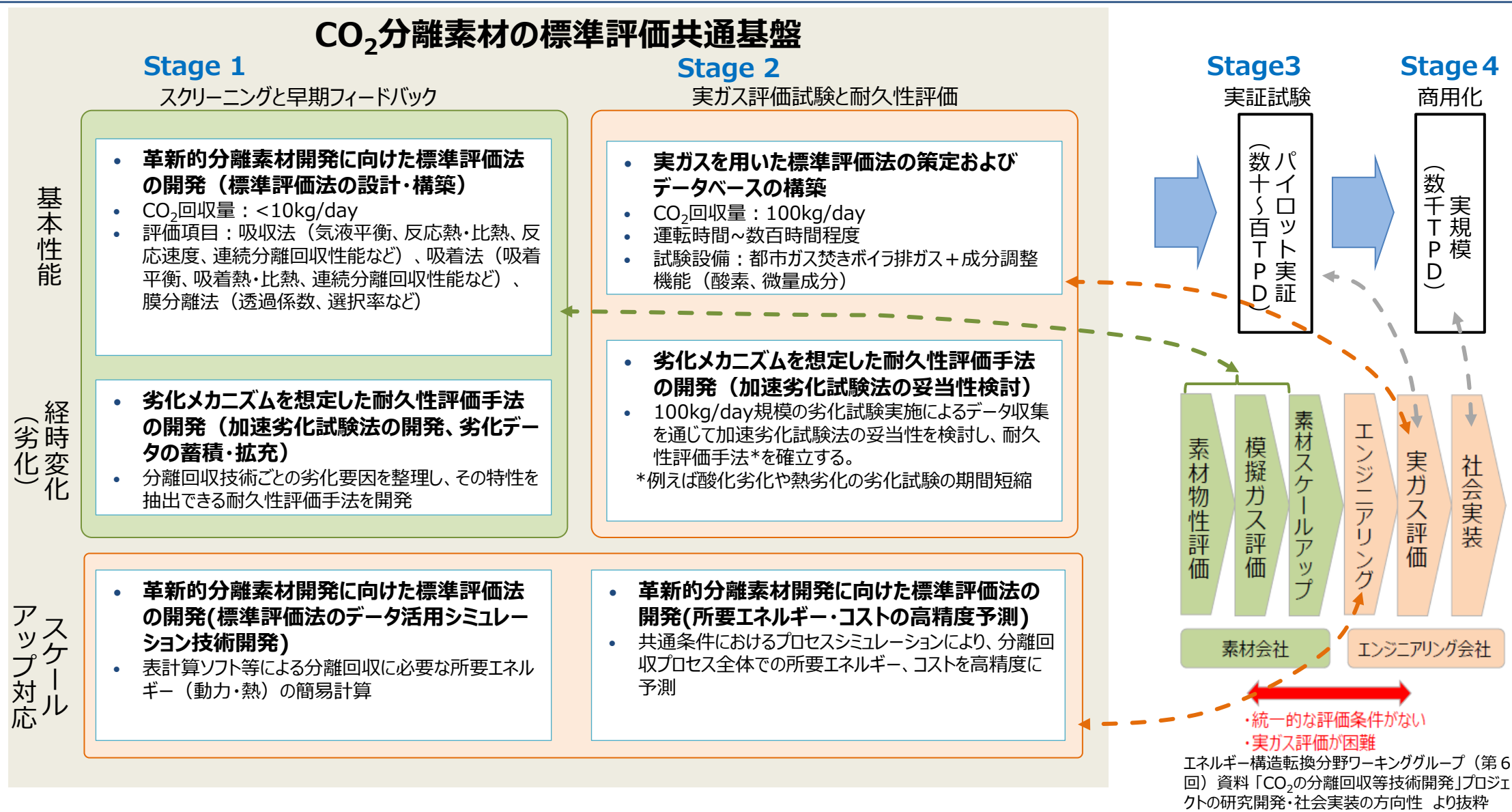
WSやヒアリングで挙げられた産業ニーズの整理から、標準評価共通基盤では素材開発段階で「**基礎的な共通試験**」、「**耐久性・劣化試験**」の項目を満たす評価を想定し、基礎特性用の**純ガス・標準ガス**と、対象排ガスでの分離回収性能評価、耐久性・劣化評価用の**実ガス（天然ガス燃焼パッケージボイラ排ガス）**を選定して試験を実施。

- ✓ 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

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

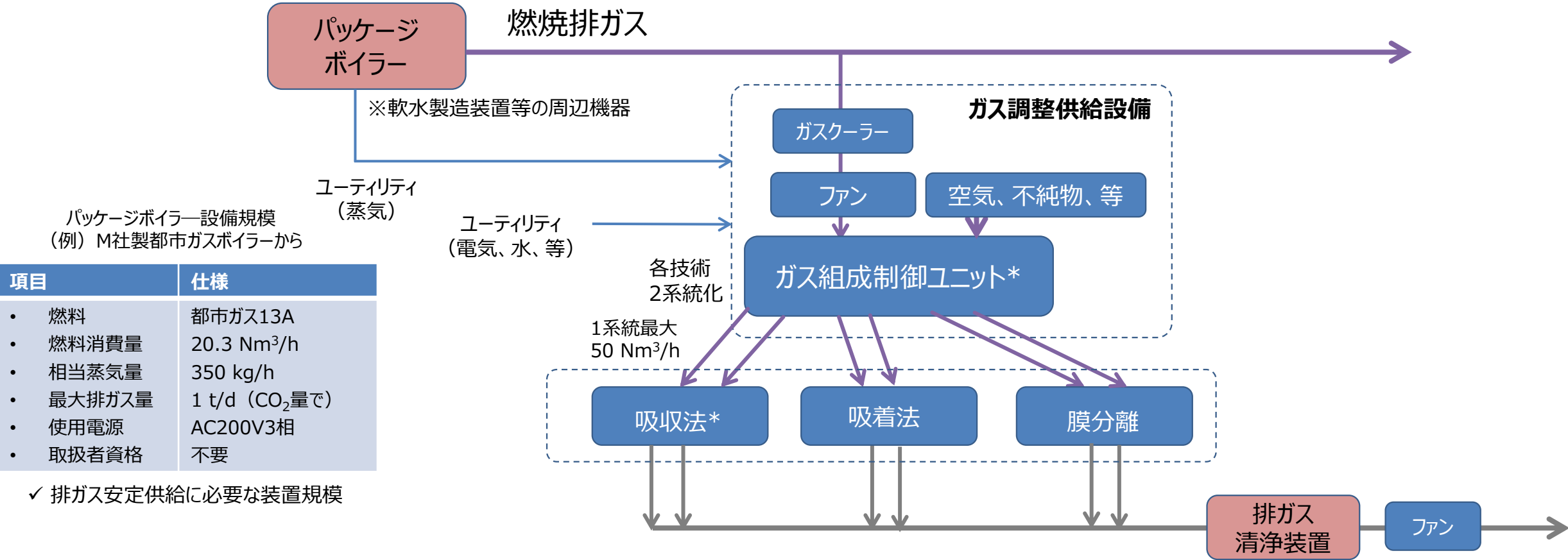
各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

					実現可能性 (成功確率)
KPI	現状	達成レベル	解決方法		
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	- 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	- 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	- 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
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	- 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	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	- 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
3 国際標準化	- 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	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	- 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

研究開発項目の詳細

実ガス試験センターの設置・運営



* ガス組成制御ユニット：実ガス試験設備にはそれぞれのCO₂分離回収技術に対して2系統化し、素材評価の効率を高める。

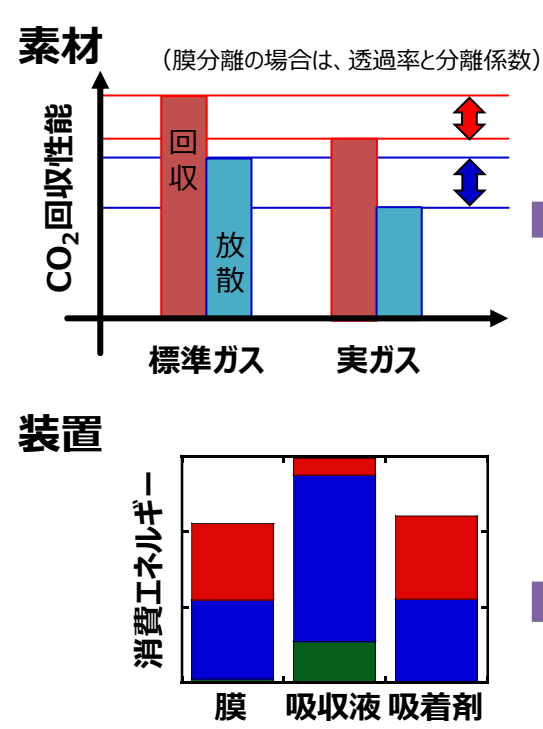
- RITE敷地および既存実験棟を活用し、パッケージボイラー及びCO₂分離回収試験設備を設置する。
- 詳細仕様については、プロジェクト推進協議会からのサポート、助言を得て議論し、推進委員会の意見も踏まえて決定する。

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

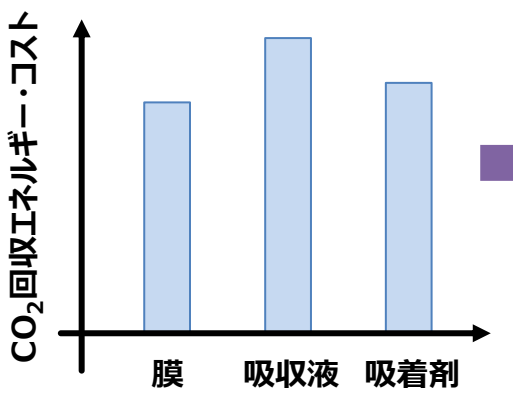
研究開発項目の詳細

実ガスを用いた標準評価手法の開発

- CO₂回収エネルギー・コストを試算可能な実ガスを用いた標準的な評価方法を確立（JIS, ISOの規格、その他文献等を参考に、プロジェクト推進協議会で議論）
ex) 回収・再生サイクル時間、再生方法、原料供給圧力、etc…
- 確立した評価方法を基に、装置動力等（再生エネルギー、圧縮エネルギー etc…）からCO₂回収エネルギー・コストの試算方法を確立（NETLの試算方法等を参考）



すべての技術を横並びで評価

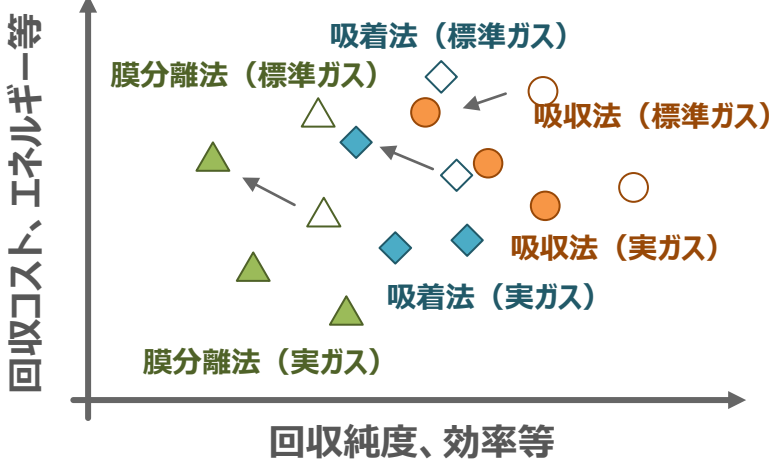


- <評価指標（案）>
- CO₂回収エネルギー、コスト、効率
 - 回収CO₂純度
 - 長期信頼性（耐久性） etc…

CO₂分離回収材料の実ガス試験および評価基盤データベース構築

- 確立した標準評価方法を用いて、素材メーカーの新規材料の実ガス試験を実施
- 標準素材についての実ガス試験データを蓄積し、各材料の評価指標に係るデータベースを構築

評価基盤データ例



評価指標により、標準ガス試験に比べ、実ガス試験で性能が低下する傾向（イメージ：左図）
本研究開発項目では、標準材料の両試験のデータを収集、材料による差異の関係を明確化し、種々の標準材料のデータを開示することで、新規材料開発を加速

	吸収法	吸着法	膜分離
標準材料* (各10種)	・MEA ・AMP+PZ、など	・ゼオライト13X ・活性炭、など	・ポリイミド膜 ・酢酸セルロース膜、など

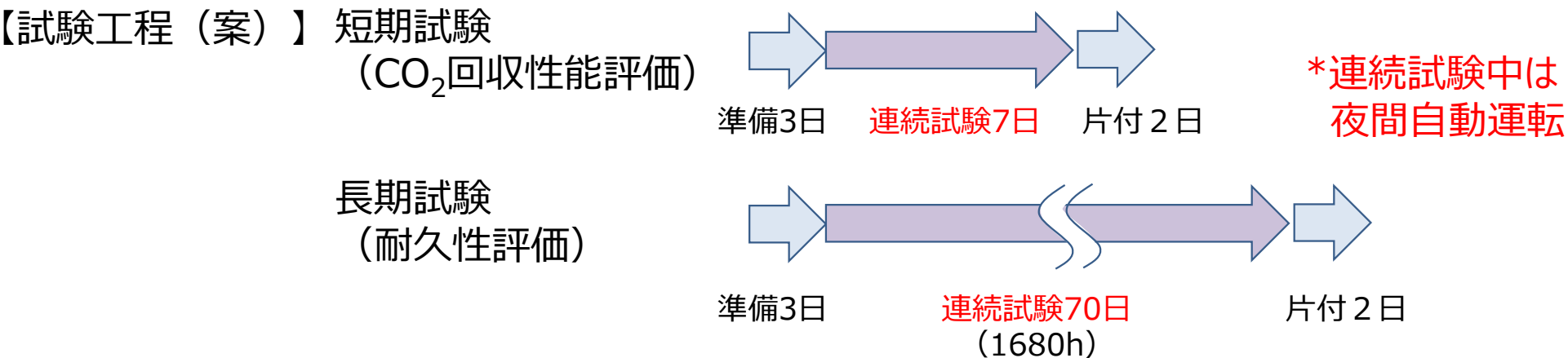
研究開発項目の詳細

実ガス試験実施計画

本事業では、各CO₂分離回収技術（吸収法、吸着法、膜分離法）の試験を実施し、標準材料のデータを収集する予定。

	2024			2025			2026			2027			2028			2029	2030
本事業			試運転		短期試験（黒塗り）			長期試験（白塗り）									
吸収法			■		■			■									
吸着法			■		■			■				■					
膜分離法			■		■			■				■					
他のGI事業依頼、他*																	

* 「他のGI基金事業、他」について、設備稼働後の他のGI基金事業との連携を予定する。
また、それ以後についてもGI基金以外の材料メーカー等の試験利用を計画する。



2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

研究開発項目の詳細

標準評価法の設計・構築

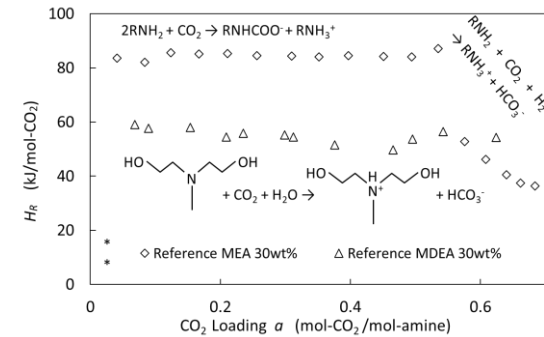
- 分離回収技術の評価バウンダリと性能指標として分離回収エネルギーをそれぞれ明確に定義し、次世代標準分離素材をベンチマークとした標準評価手順の構築を通して、これから登場する革新的要素技術の中立かつ横並びの評価を実現する。
- 吸収液に関しては、気液平衡や反応熱の他、粘性など輸送物性も含む基礎特性を評価するための標準的な試験条件・方法等を開発する。
- 吸着剤に関しては、平衡論的基礎特性及び速度論的基礎特性を評価するための標準的な試験条件・方法等を開発する。
- 分離膜に関しては、ポンプ供給の標準ガスを用い、標準分離膜の基礎特性の標準的な試験条件・方法等を開発する。

データの蓄積・拡充

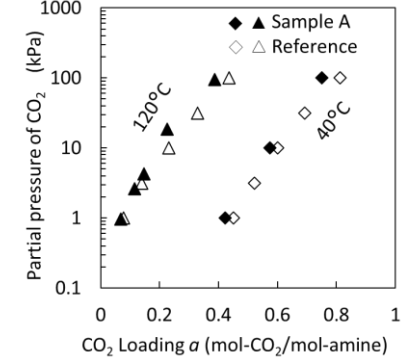
- 確立された標準評価法に従って、標準吸着剤及び新規吸着剤についての基礎特性を測定し、データベースを構築する。

【吸収液】

反応熱測定の実例



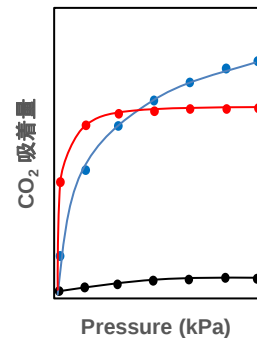
気液平衡測定の実例



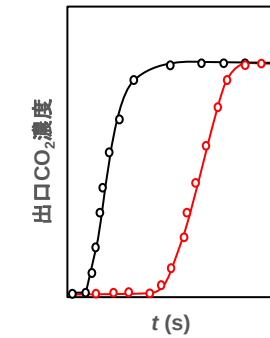
評価項目：気液平衡、反応熱、輸送物性等

【吸着剤】

吸着等温線の実例



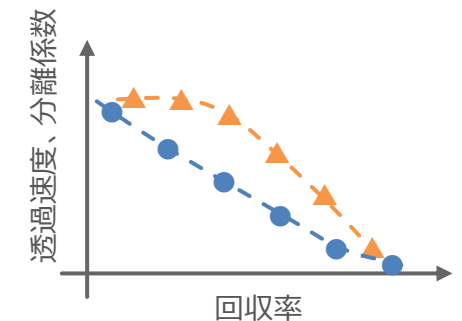
破過曲線の実例



評価項目：平衡論・速度論的特性

【分離膜】

透過速度・分離係数と回収率の関係



評価項目：透過速度、分離速度等

シミュレーションによるエネルギー・コスト評価へ

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

研究開発項目の詳細

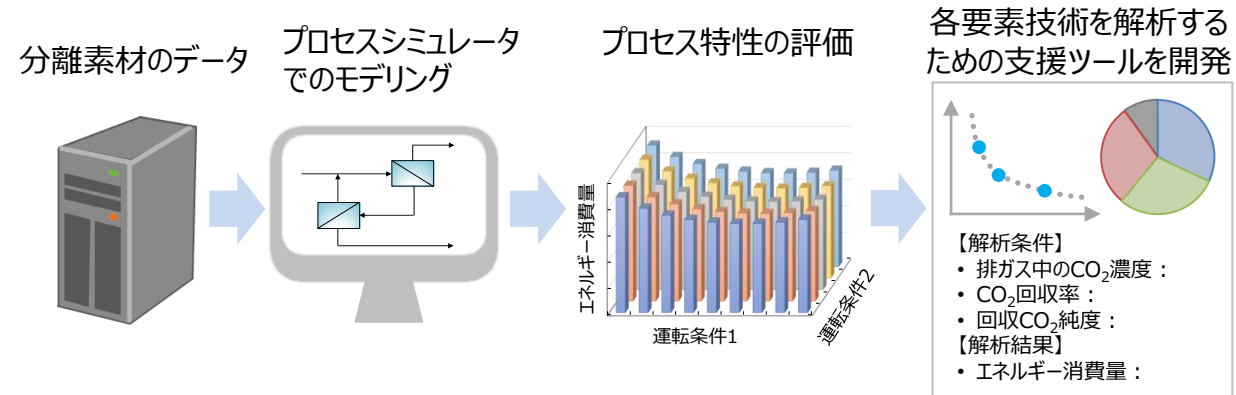
標準評価法のデータ活用シミュレーション技術開発

- 排ガス中のCO₂濃度、回収率、回収CO₂純度などを分離技術に関わる統一した条件を設定する。
- 吸収プロセス、吸着分離プロセス、膜分離プロセスについて、プロセスシミュレータ等による概念設計を行う。
- 共通条件におけるモデルを使ったプロセスシミュレーションの結果から、物質収支やエネルギー収支を解析する支援ツールを作成する。

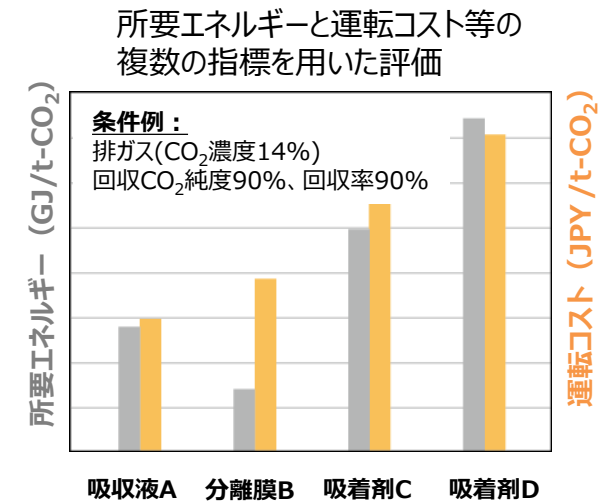
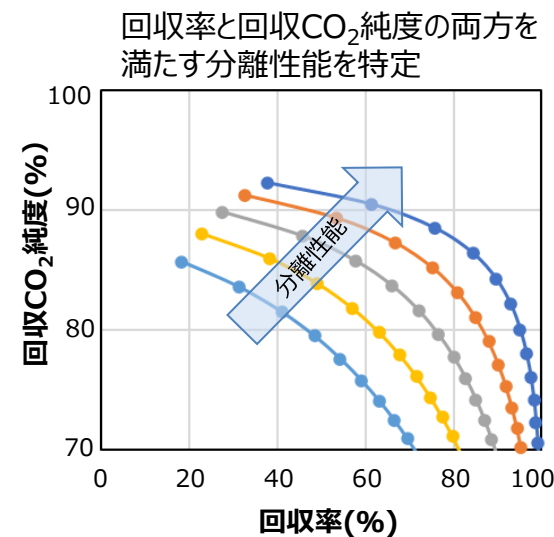
所要エネルギー・コストの高精度予測

- 標準評価法および耐久性評価法により得られたデータを基に、統一した条件での分離に係る所要エネルギーやコストを高精度に予測する手法を開発する。また、シミュレーション結果の解析から、所要エネルギーやコストに影響する指標を提示する。

支援ツールの開発方法



分離性能とコスト評価例



2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

研究開発項目の詳細

加速劣化試験法の開発

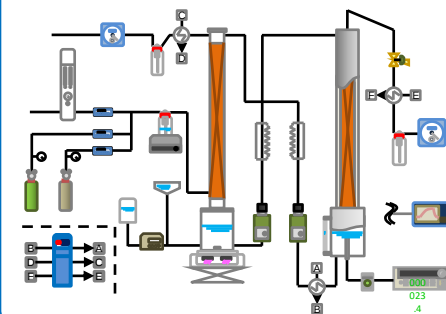
- 分離回収技術ごとの劣化要因を整理して、その特性を抽出できる加速劣化試験法を検討・構築することで耐久性向上の技術開発を加速する。
- 化学吸収液に関しては、標準吸収液を用いて、酸素富化および高温条件にて連続分離回収試験を実施し、短時間で評価する加速劣化試験装置、試験条件及び方法を開発する。
- 吸着剤に関しては、標準吸着剤を用いて、吸脱着を高速で繰り返し、継続運転による材の劣化を短時間で評価する加速劣化試験装置、試験条件及び方法を開発する。
- 分離膜に関しては、夾雑成分を含む標準ガスを用い、標準分離膜の劣化を短時間で評価する加速劣化試験条件・方法・装置を開発する。また、劣化分離膜の材料特性の評価・解析技術を開発する。

劣化データの蓄積・拡充

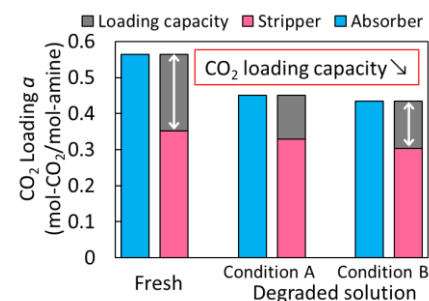
- 加速劣化試験法に基づき処理した分離素材の基礎特性を標準評価法に従って測定し、耐久性向上のためのデータを蓄積・拡充する。

【化学吸収】

加速劣化試験システム例

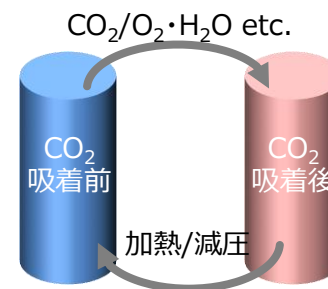


試験結果例（CO₂回収量）



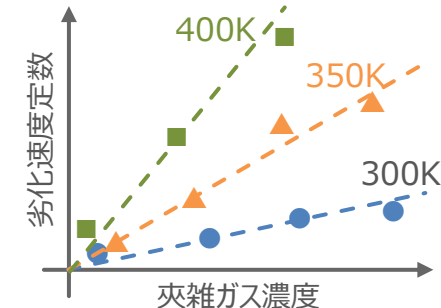
【吸着剤】

加速劣化試験のイメージ



【分離膜】

試験結果例（劣化速度解析）



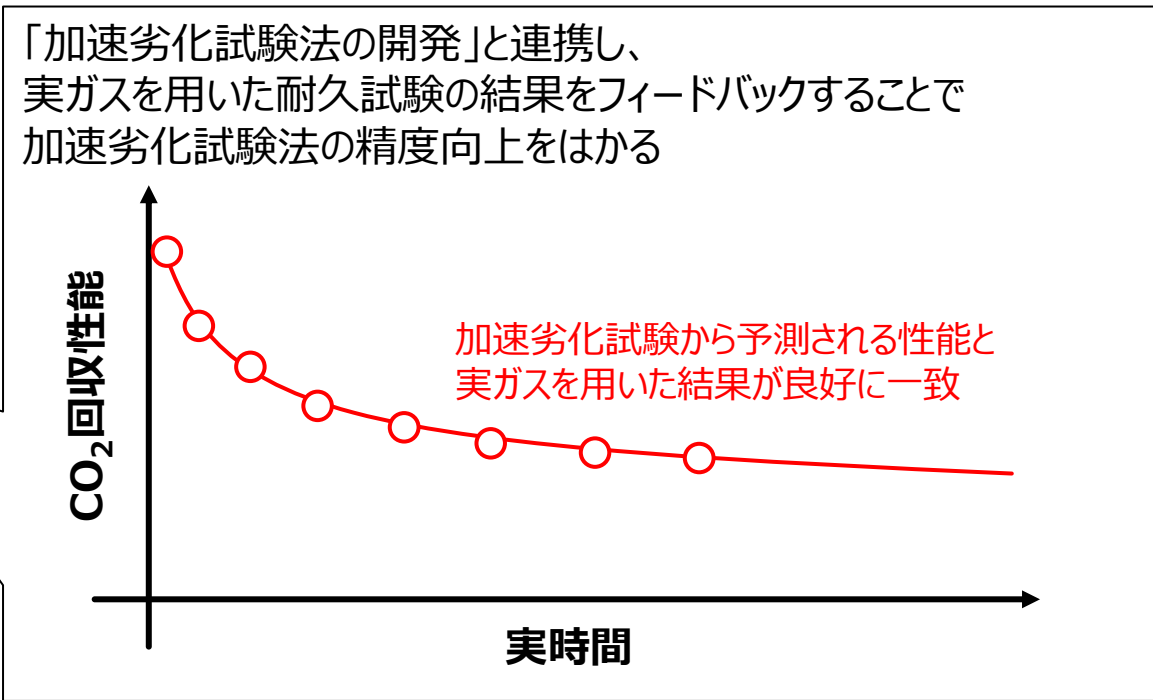
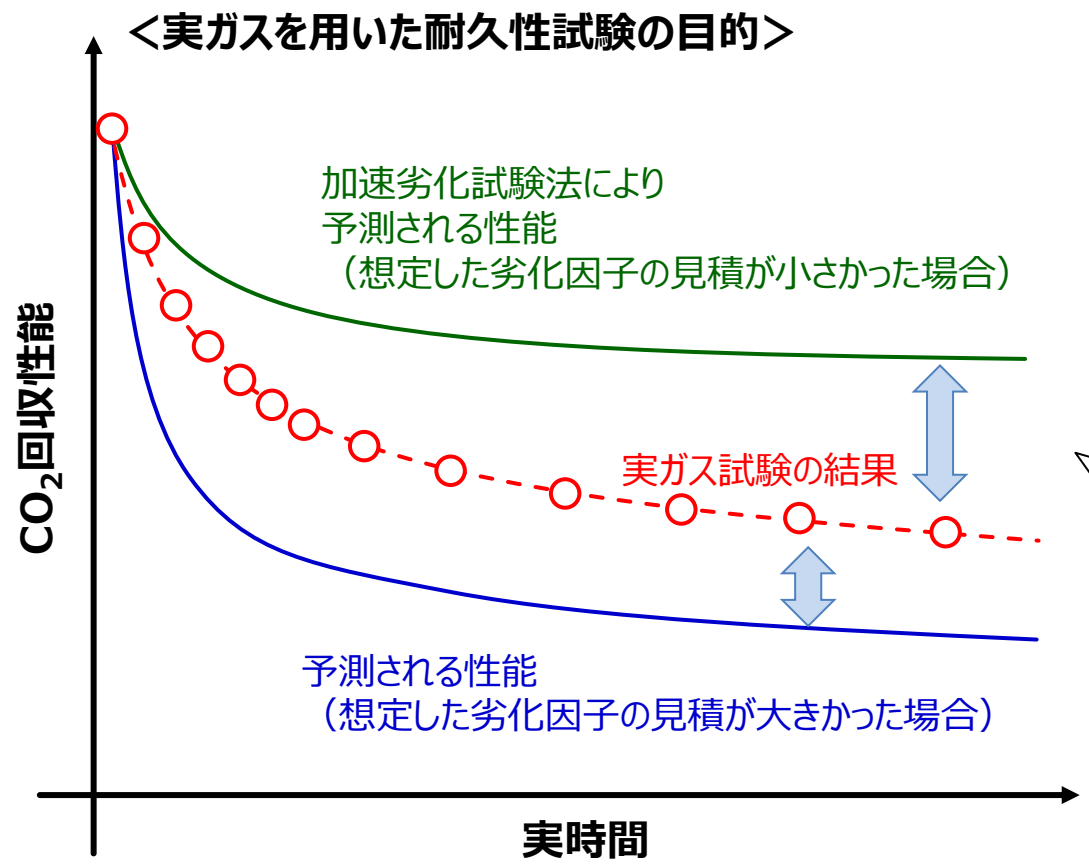
実ガスによる妥当性の検討へ

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

研究開発項目の詳細

加速劣化試験法の妥当性の検討

- ・ 実ガスを用いた耐久性試験により、加速劣化試験法より予測される性能と比較し、その妥当性を検討
- ・ 加速劣化試験法の精度向上のために、性能予測の誤差要因および実ガス中夾雑成分の影響を解析



2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

研究開発項目の詳細

分離回収要求性能の確立と国際標準化・普及

全ての技術（膜、吸収液、吸着剤）を横並びで評価することのできる標準評価手法を確立

<想定される評価指標>

◆ 回収CO₂純度

◆ 長期信頼性（寿命）

<想定される評価項目>

◆ CO₂分離性

◆ CO₂回収量、回収率

◆ 不純物の影響

<標準評価手法のイメージ>

試験項目	吸収法	吸着法	膜分離法
1. 平衡吸収量測定 (気液平衡曲線、吸着等温線)	●	●	—
2. 速度評価 (破過曲線、吸収放散試験等)	●	●	—
3. 材料物性データ (反応熱、充填密度、粘度、強度等)	●	●	▲
4. 回収⇄再生サイクル試験	●	●	▲
5. 透過分離性能評価 (透過速度、分離係数)	—	—	●
6.	● ; 必須評価項目、▲ ; 必要に応じて評価する項目		

評価方法・結果

標準ガス評価

実ガス評価

評価方法・結果
(耐久性試験等)

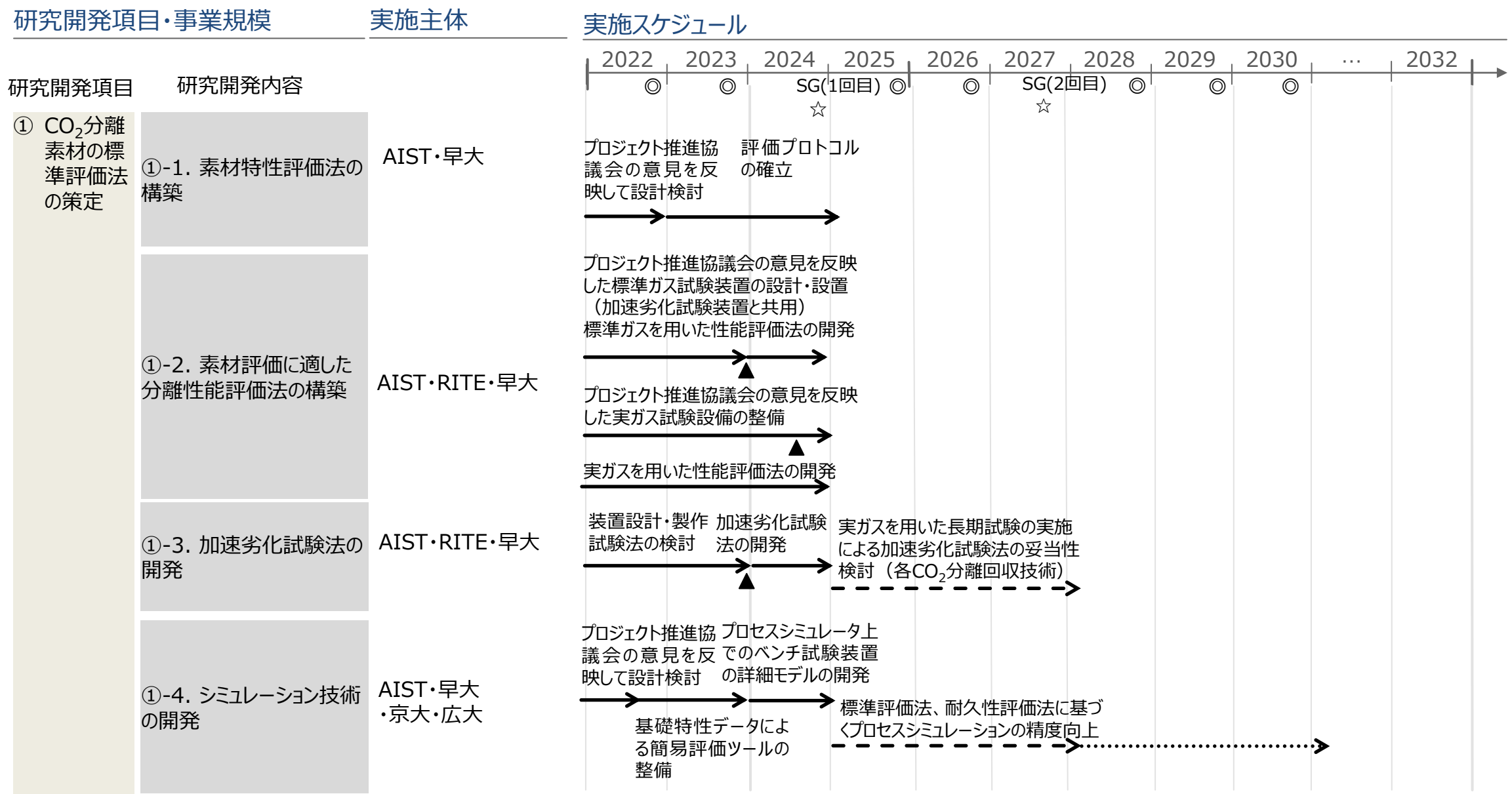
データベース化

<データベースのイメージ>

<CO₂分離回収における有望材料の提示>

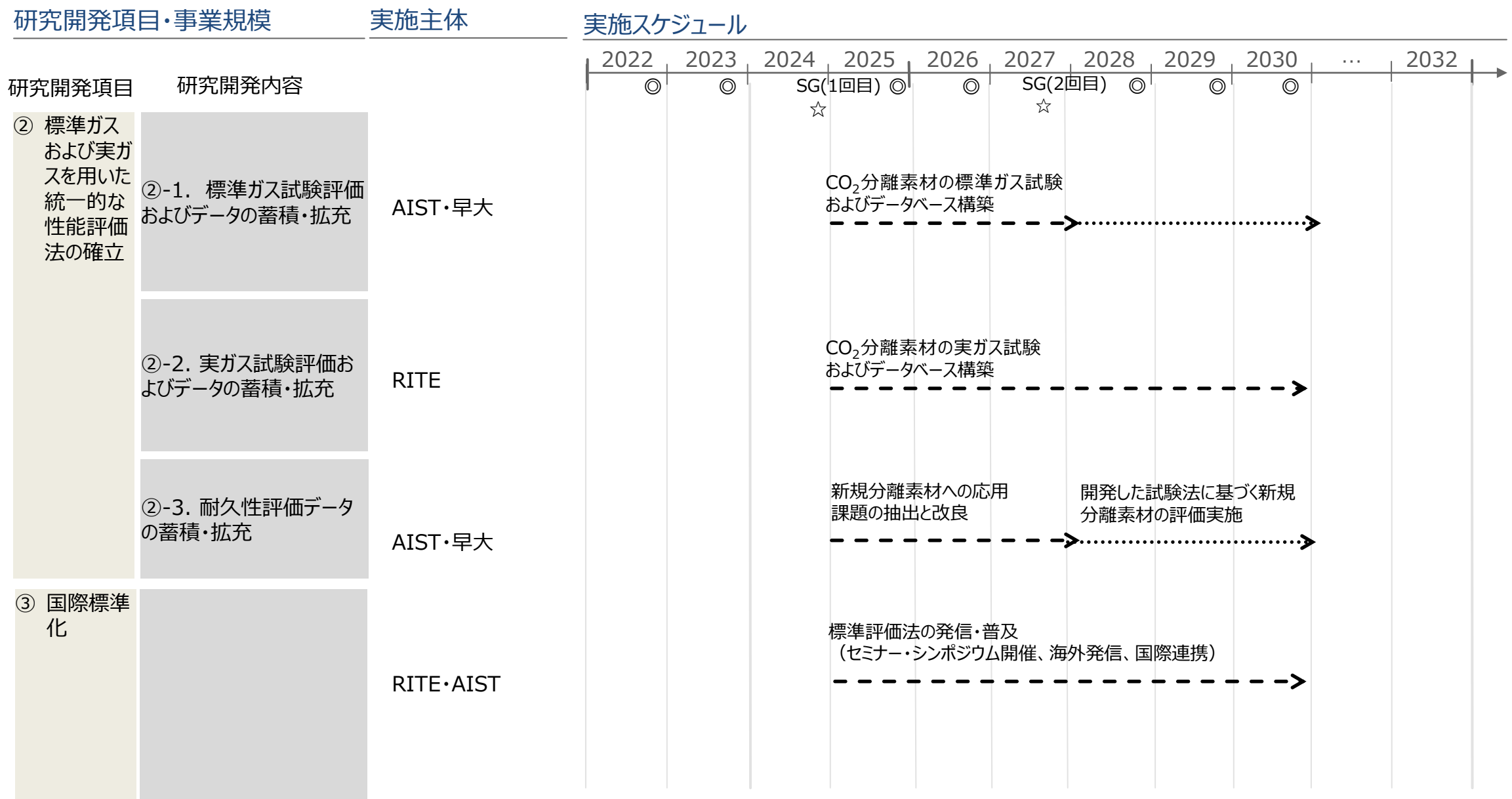
構築した評価方法を用いた実ガス＋標準ガス試験のデータベースを活用し、**分離回収技術の開発目標を達成可能な有望材料を提示**することが可能
(また、素材開発の指針も示唆することができる)

2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール



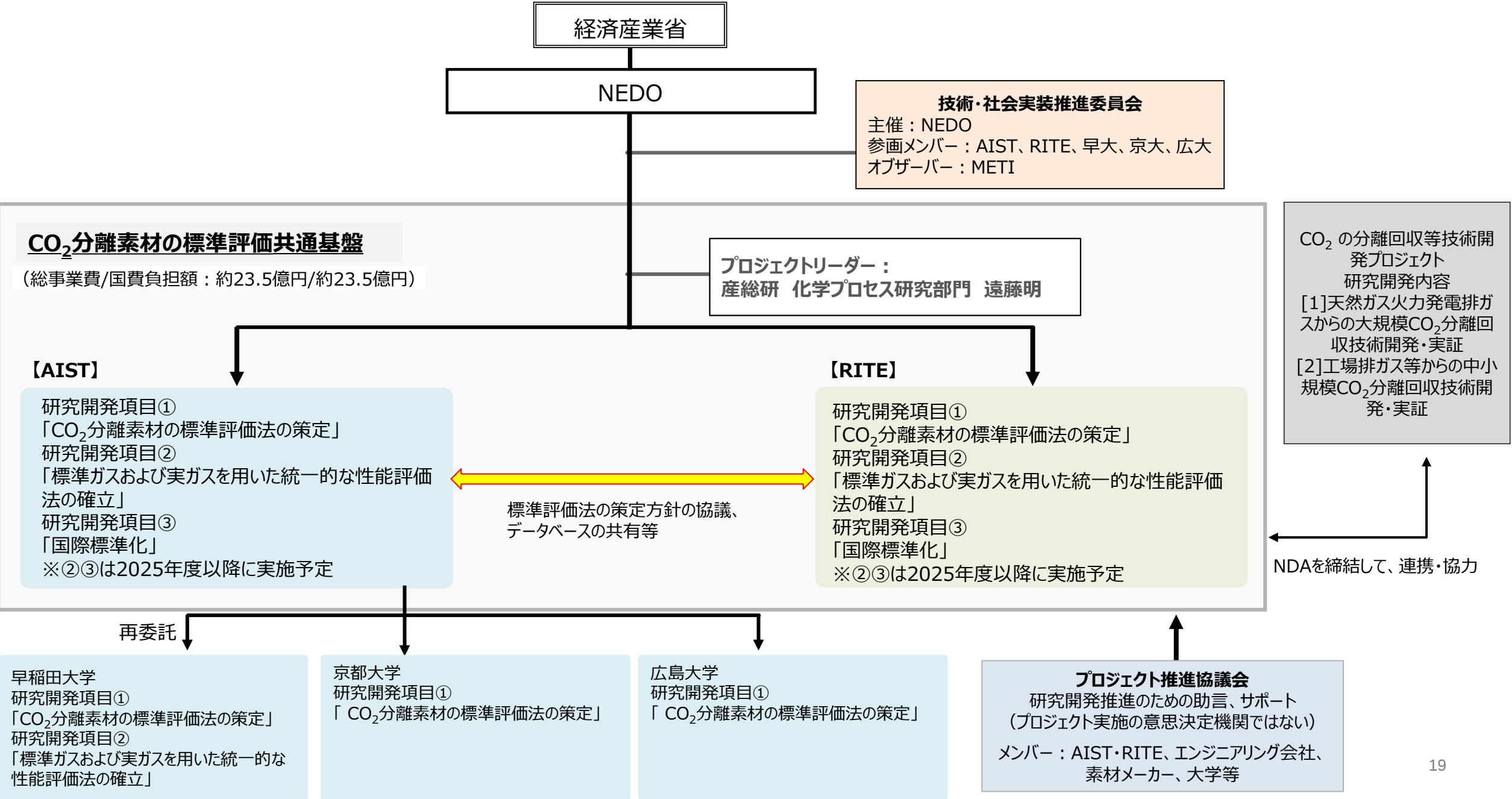
▲は主要設備導入時期
◎は技術・社会実装推進委員会（年2回以上予定）

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／（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 - 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	- 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。 ✓ 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。	- 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。 ✓ 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。
4 国際標準化	- 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。	- 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基盤研と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
→ RITEにおいては、CO₂排出削減技術の開発はRITE設立の趣旨でもあり、組織をあげて、温暖化対策技術に取り組むことを宣言をしており、仮に研究開発責任者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：基盤研事業のため、中止の判断基準は設けない