

NEDO脱炭素技術分野成果報告会2025 プログラムNo.10

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/工場
排ガス等からの中小規模CO₂分離回収技術開発・実証/
LNG未利用冷熱を活用したCO₂分離回収技術
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：薮下雅崇(東邦ガス)

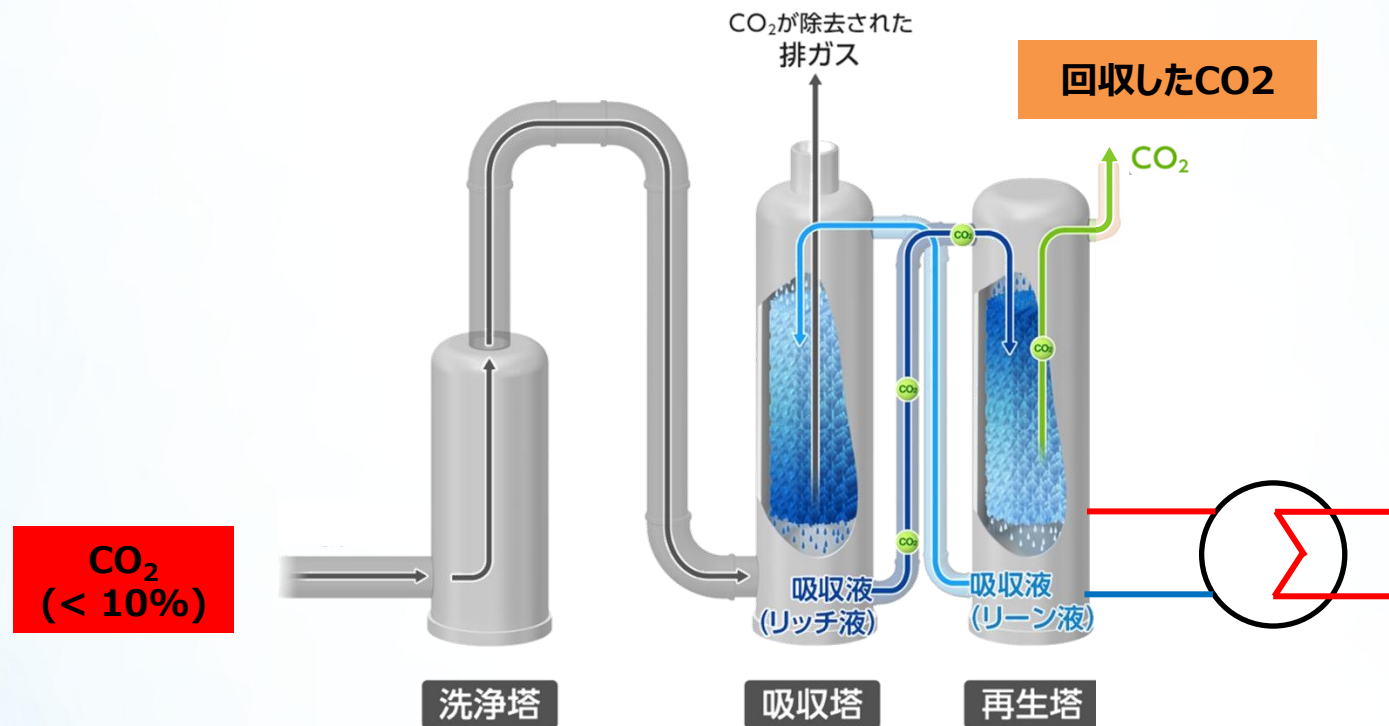
東邦ガス(株) (国)名古屋大学 日揮(株) (学)中央大学 (国)九州大学 (国)九州工業大学

問い合わせ先 東邦ガス_薮下 E-mail:yabusita@tohogas.co.jp

LNG廃冷熱(未利用エネルギー)を活用した CO₂分離回収技術 (Cryo-Capture[®])について

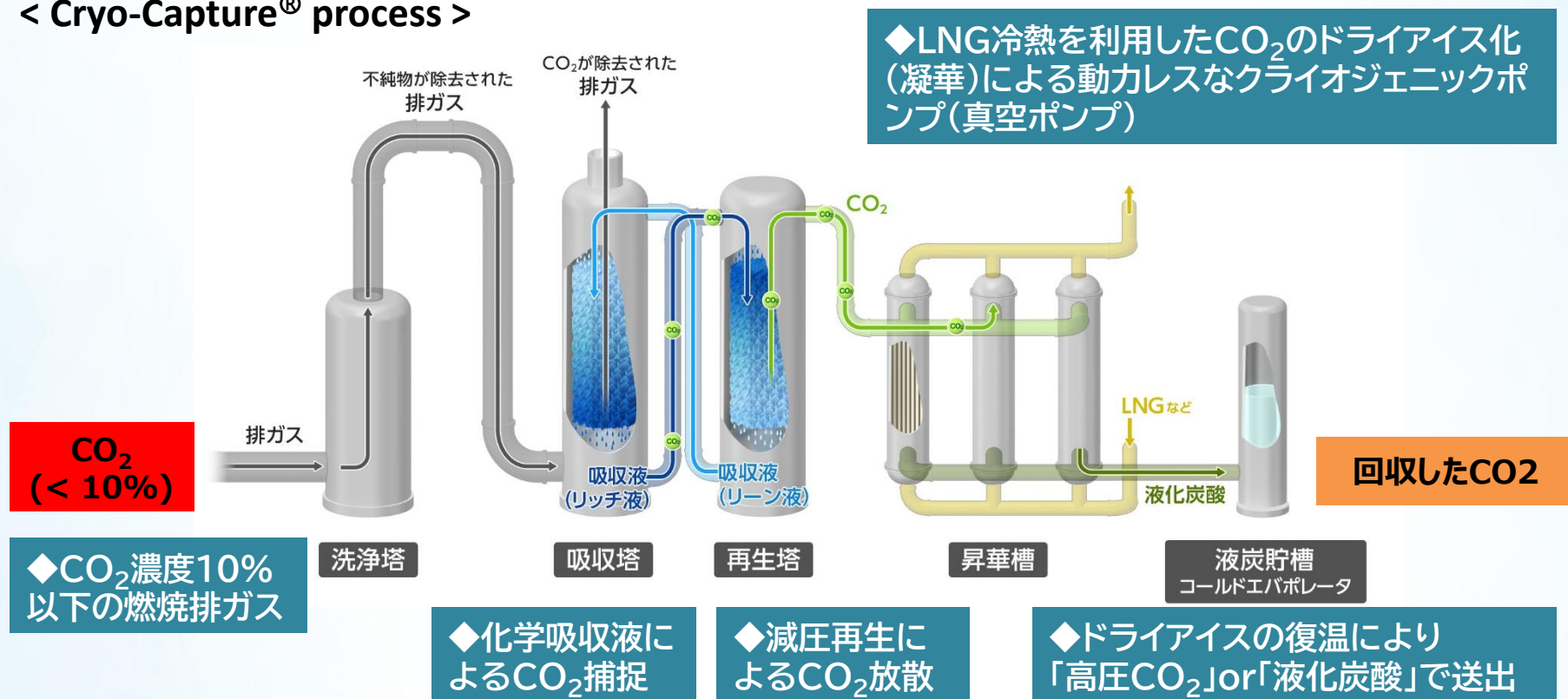
- 化学吸収方式によるCO₂分離・回収技術は、CO₂の回収率や回収純度に優れ、最も工業的に普及が進む技術の一つ。
- 課題は、吸収液からCO₂を分離させる際に投入熱エネルギーが大きい点。リボイラ等への投入エネルギー量は4GJ/t-CO₂程度に上り、省エネ、低コスト化の両面で、投入エネルギーの低減が求められている。

< Conventional process >

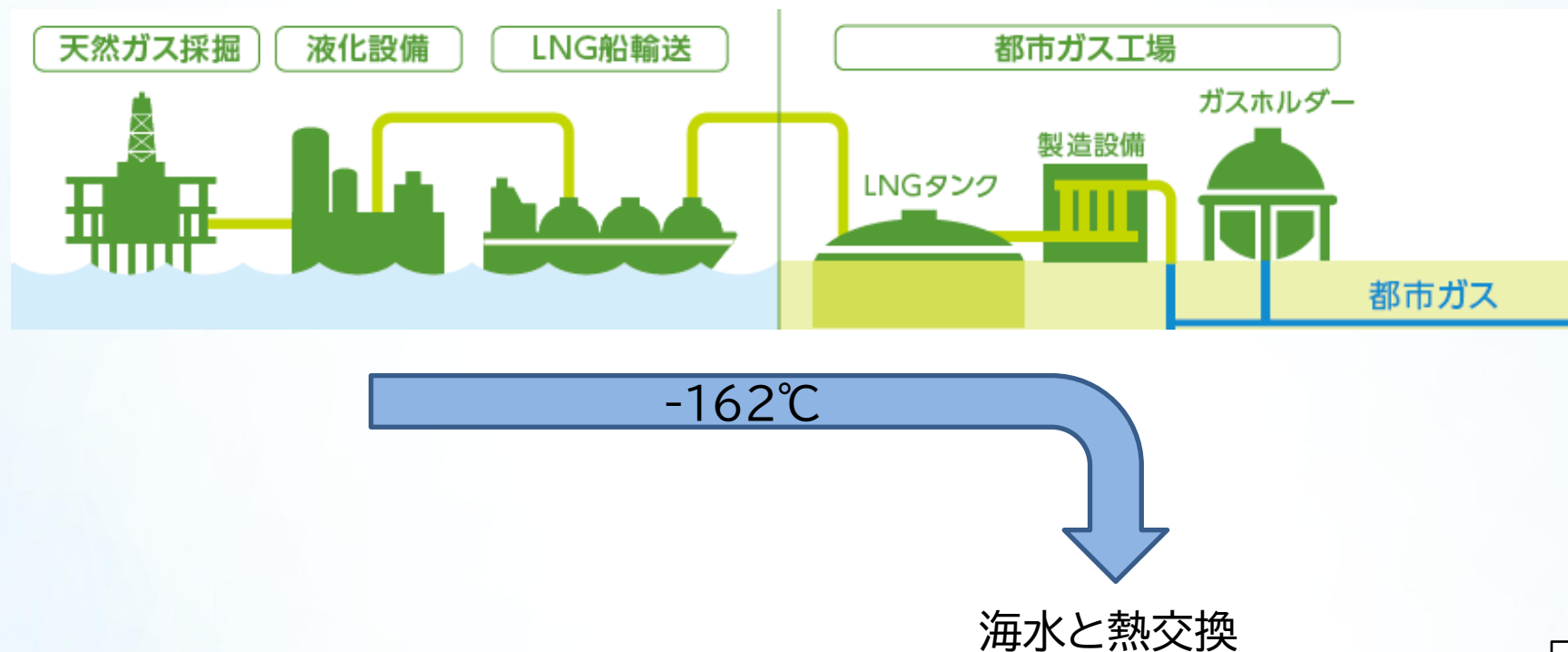


- Cryo-Capture®は、LNG廃冷熱(未利用エネルギー)を有効活用することで、吸収液の再生に要する投入エネルギーを大幅に削減しうる技術。
- 化学吸収方式で一般的な加熱再生とは異なり、LNG廃冷熱によるCO₂の凝華(ドライアイス化)による体積変化を利用して減圧再生することで、吸収液再生時のエネルギー投入の大幅な削減を目指す。
- また、ドライアイスの相変化を活用し、回収したCO₂を高圧ガスや、液化炭酸にすることも可能。CO₂の輸送や貯留に適しており、CCUSとの親和性が高い技術。

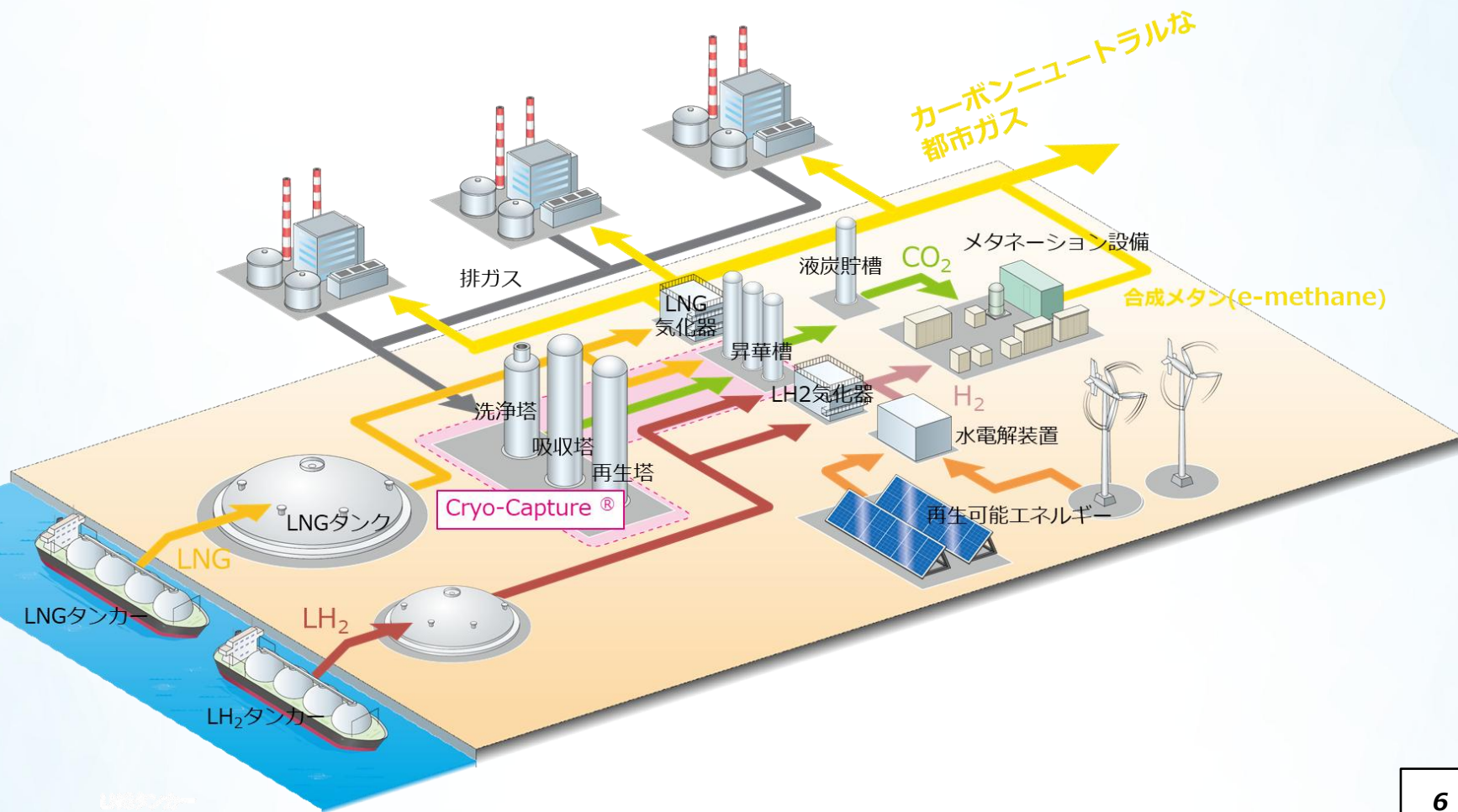
< Cryo-Capture® process >



- 海外で採掘された天然ガスは-162℃に冷却・液化され、LNG輸送船で大規模に国内のLNGタンクまで輸送され、保管される。その後、製造設備(気化器)を通して、ガス(気体)になり、都市ガスとしてパイプラインでお客さまに届けられる。
- 製造設備(気化器)では、主に海水とLNGを熱交換することでLNGが加熱されガスになるが、その際、LNGが持つ冷熱は周辺環境に捨てられている。
- このように、LNG冷熱の大部分は未利用のまま捨てられており、その活用策の一つとして、Cryo-Capture®は有効な手段である。



- グリーンイノベーション基金事業では、LNG未利用冷熱を活用したCO₂分離回収技術「Cryo-Capture[®]」のシステム開発および、LNG基地でのパイロット実証を計画。
- パイロット実証(2028年度～)の段階においては、Cryo-Capture[®]で回収したCO₂と、水電解等で製造した水素を用いて、メタネーション設備による合成メタン(e-メタン)の製造と、都市ガス原料化まで含めたカーボンリサイクル一連の実証を行う計画。



- LNG基地周辺に賦存するガスエンジンや工場の排ガスを対象に、LNG廃冷熱を活用により、回収コスト2,000円台/t-CO₂を実現するCO₂分離・回収技術確立を目指す。
- OPEX、CAPEX両面でコスト削減に向け、KPIを設定し取り組み中。

研究開発項目

LNG未利用冷熱を活用したCO₂分離回収技術：Cryo-Capture®

アウトプット目標

ガスエンジンや工場からの排ガス（10万t-CO₂/年級）を対象に、カーボンリサイクルに適用可能で、回収コスト2,000円台/t-CO₂を実現とするCO₂分離・回収技術確立。

研究開発内容

KPI

KPI設定の考え方

1 吸収液開発

・ローディング差 > 0.05mol/mol
(吸収液へのCO₂の吸収量の指標)

・Cryo-Capture作動条件において従来液（MEA/水）より大きいこと

2 システム開発

・動力 < 0.43GJ/t-CO₂
・CO₂回収率 > 90%
・回収CO₂純度 > 95%
・冷熱利用率※ > 50%
※(活用した冷熱量/LNG保有冷熱量)

・CAPEX + OPEX < 3,000円/t-CO₂に必要
・カーボンリサイクル(メタネーション)にあたり必要な純度

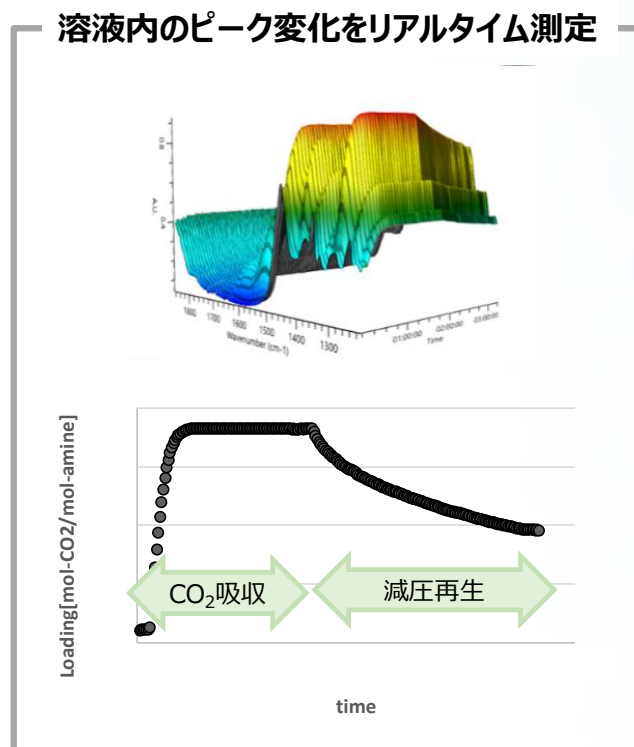
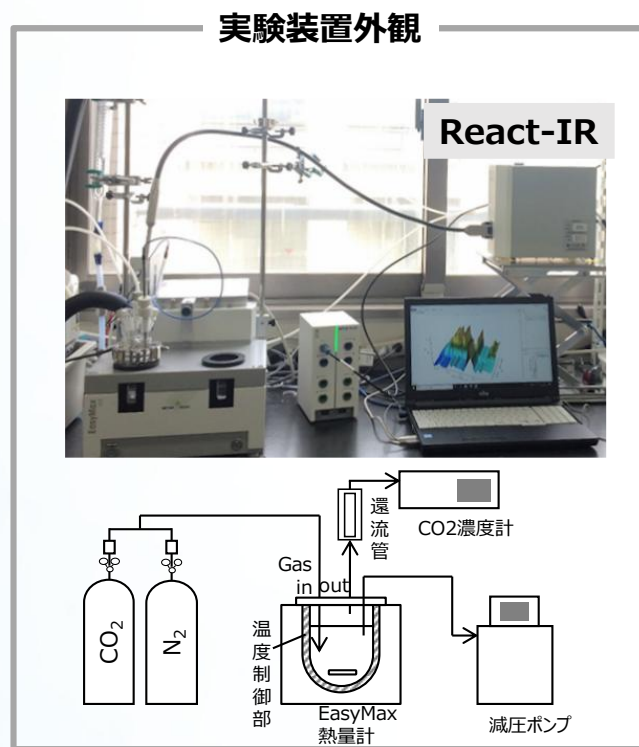
3 商用化開発

・建設費 < 190億円/(100万t-CO₂/year)
・耐用年数 > 25年
・修繕費 < CAPEX × 2%

・CAPEX + OPEX < 3,000円/t-CO₂に必要

研究開発の進捗・成果について

- 吸収液開発の一例として、CO₂ローディングのその場観測が可能なReact-IRを用いて、CO₂吸収・減圧脱離量および反応速度評価測定を実施し、これまでに、KPIを満たす吸収液の組み合わせ(アミン×溶媒)を複数種選定済み。
- 候補液種に対して、密度、粘度、反応熱などの基礎物性データ測定評価を実施済み。

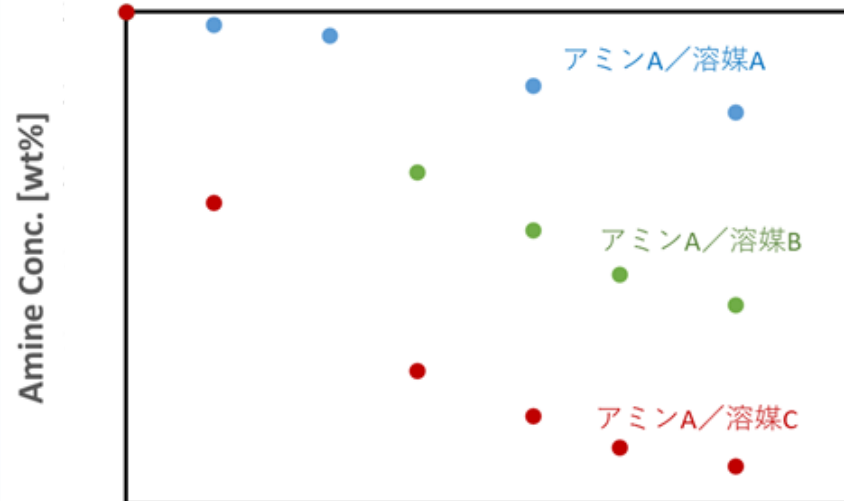


< 吸収液の試験結果一例 (候補液種とローディング差)>

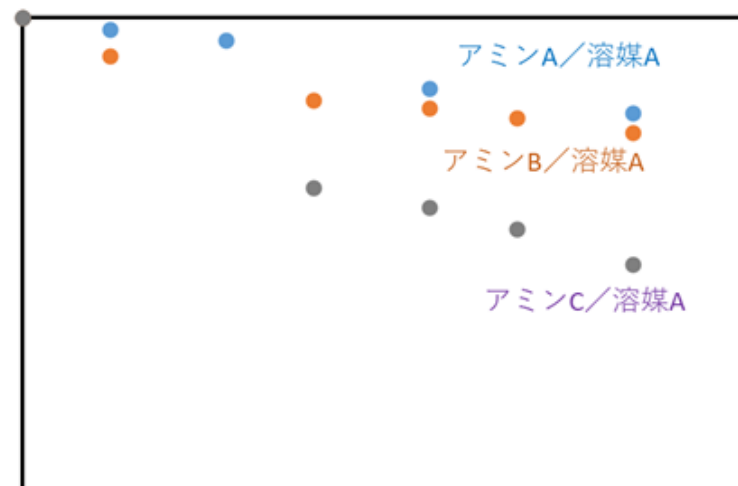
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
アミン	A	A	B	C	A	D	E
溶媒	a	b	a	c	c	a	d
ローディング差	0.1169	0.0852	0.1160	0.0257	0.0650	0.0855	0.2541

- 酸素濃度や温度が異なる条件で候補液種の加速劣化試験を実施中。
- 劣化速度に及ぼす供給ガス中酸素濃度や溶媒／アミン種の影響評価を行い、一般的なMEAと比較し、劣化が抑制される可能性を確認した。これは、Cryo-Capture®が減圧再生方式であり、再生塔の温度が加熱再生方式と比較し、より低温であるため。

< 吸収液の試験結果一例（候補液種の耐久性）>



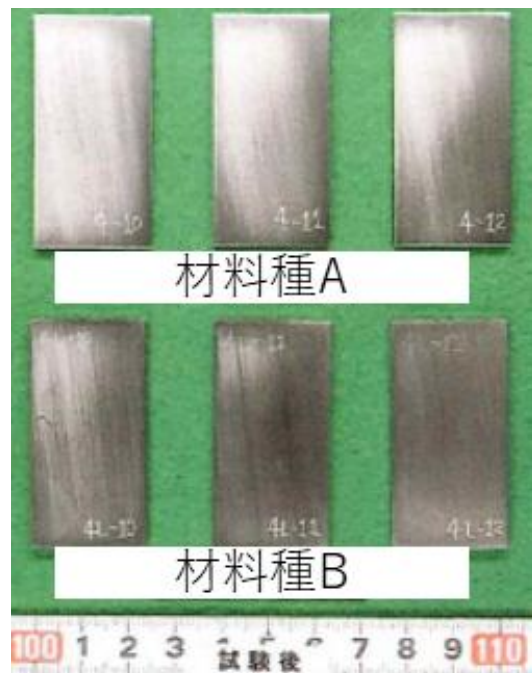
Degradation time [Day]



Degradation time [Day]

- 各種温度・雰囲気ガス条件下の吸収液内にテストピースを浸漬する試験を実施。
- いずれの条件・テストピースに対しても顕著な腐食は確認されず、商用運転における25年間程度の運転期間を考慮した場合にも十分な耐食性を有することを確認。

< 金属浸漬試験結果一例 >

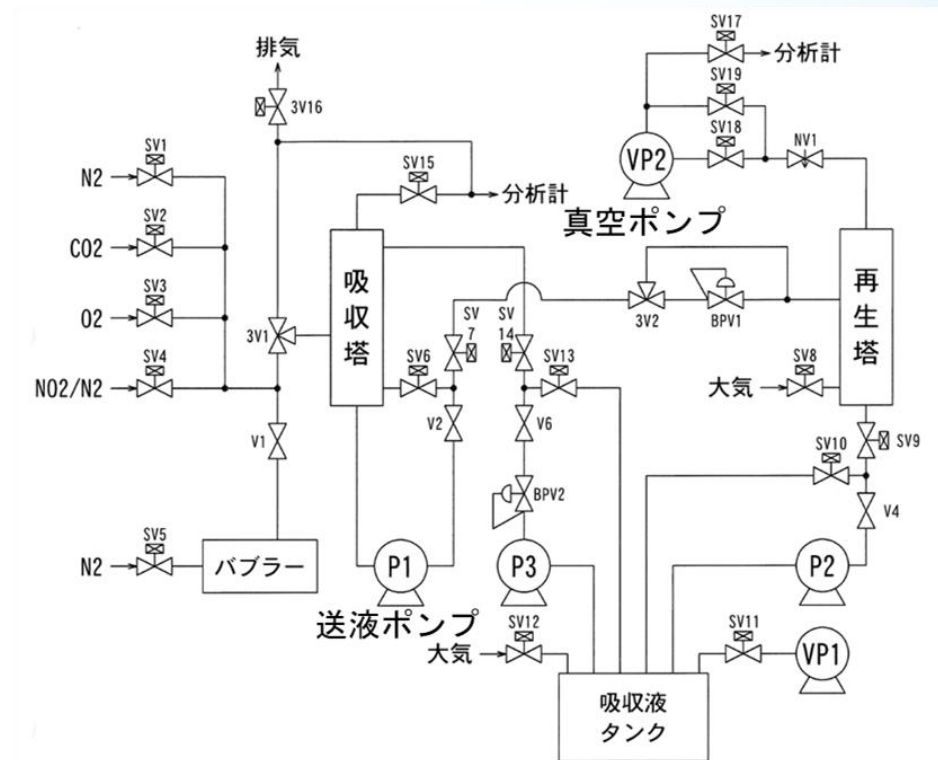
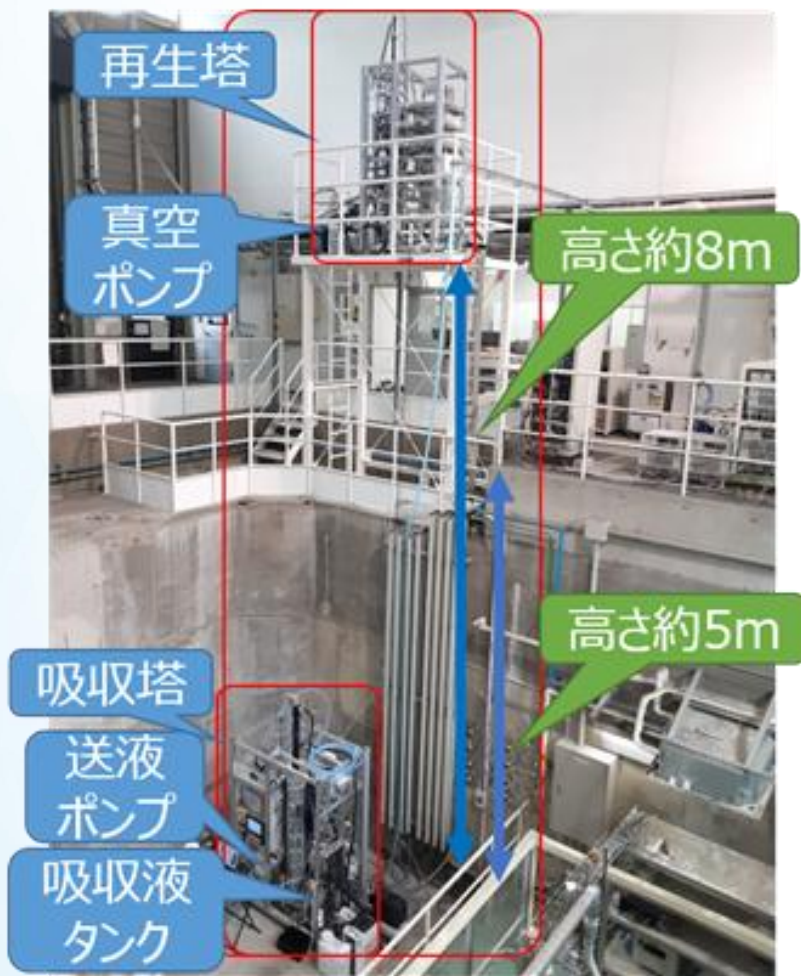


< 金属種毎の腐食速度の一例 >

材料種	A	B	C	D	E	F	G
腐食速度 (mm/y)	0.0006	0.0005	0.0006	0.0006	0.0041	0.0028	0.0023

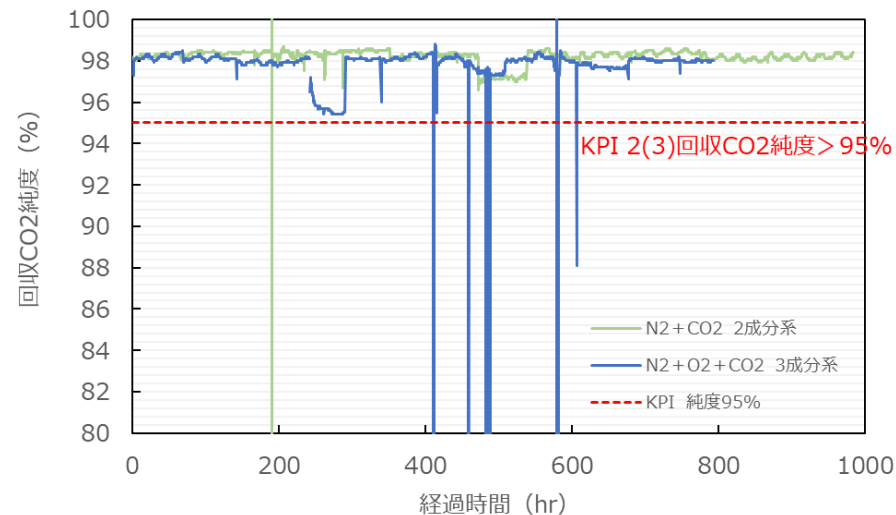
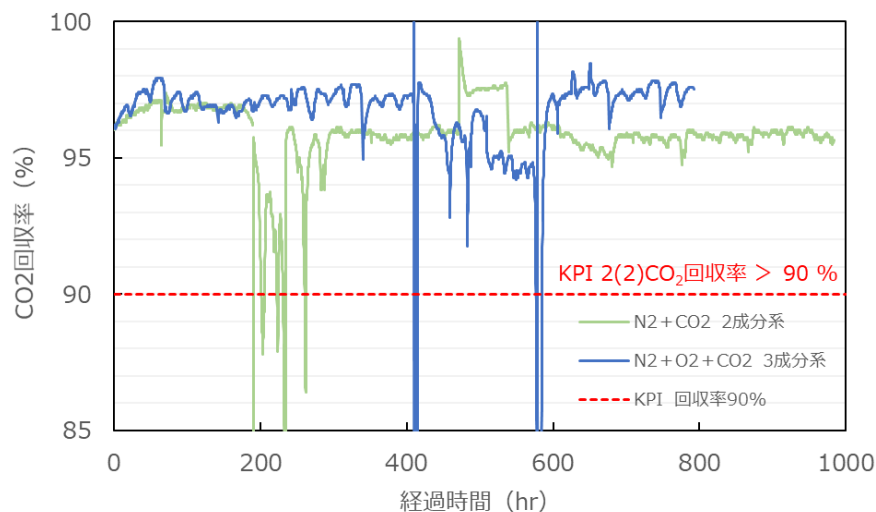
- 吸収塔・再生塔および電動真空ポンプによる構成されるラボスケール試験機(CO₂回収量3kg-CO₂/d級)を用いて、吸収液やシステム等の初期耐久性評価に取り組んでいる。

< ラボスケール機の概要 >



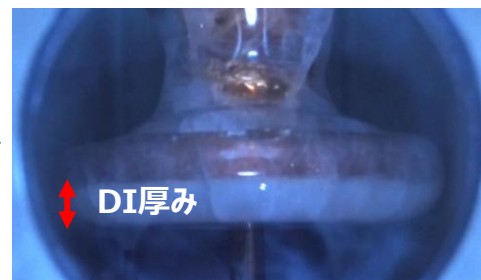
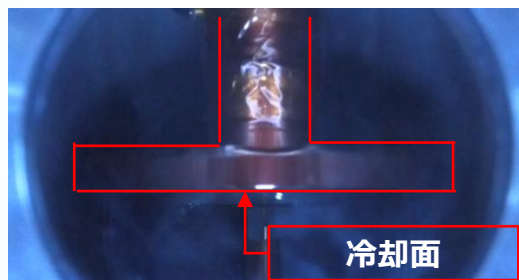
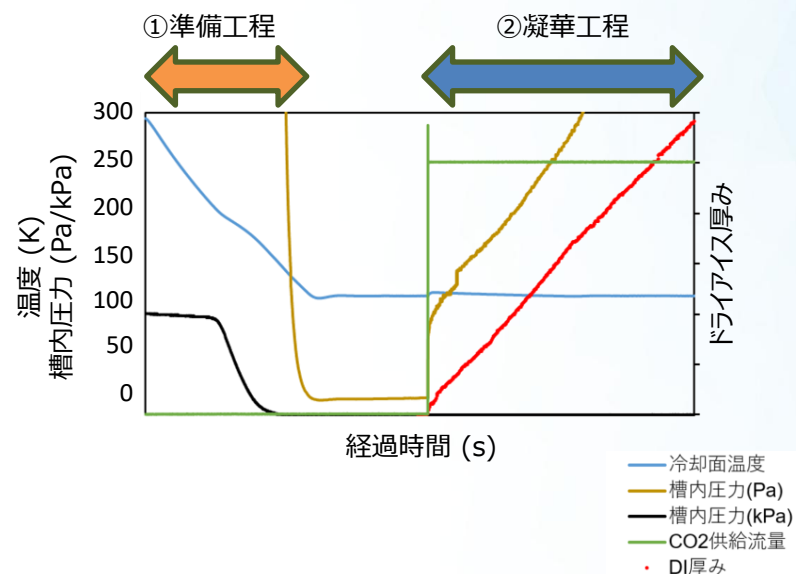
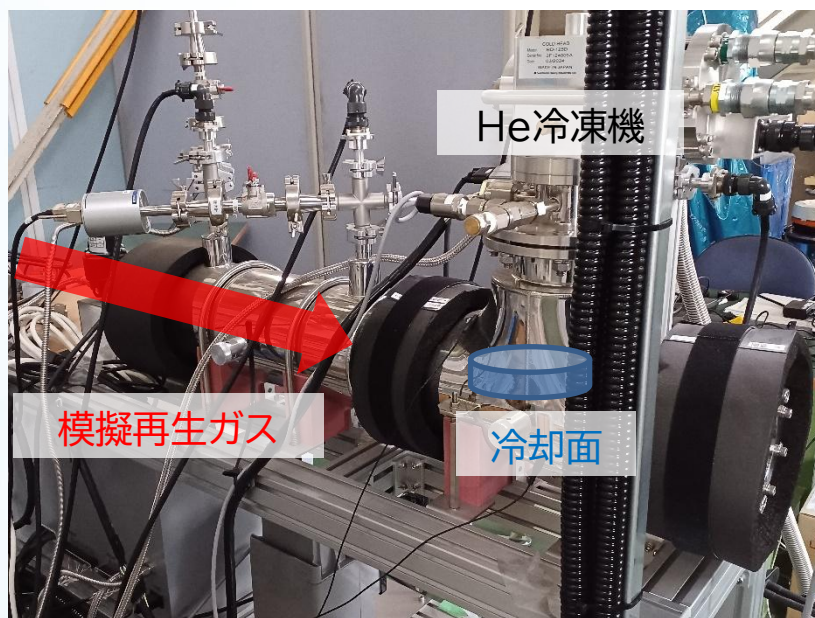
- 2024年度は、加湿したWet模擬排ガスを供給し、500hr以上の連続耐久試験による不具合事象や、CO₂分離回収性能への影響など、各単位操作での課題抽出を行った。
- 連続耐久試験はCO₂:10%、N₂:90%の2成分系および、CO₂:10%、O₂:10%、N₂:80%の3成分系で行い、運転期間中、KPI2(2) CO₂回収率90%以上、KPI2(3)回収CO₂純度95%以上を維持できることを確認した。また、運転期間中に吸収液の劣化は確認されなかった。

< ラボスケール機の試験結果一例（Wet模擬排ガスでの耐久試験）>



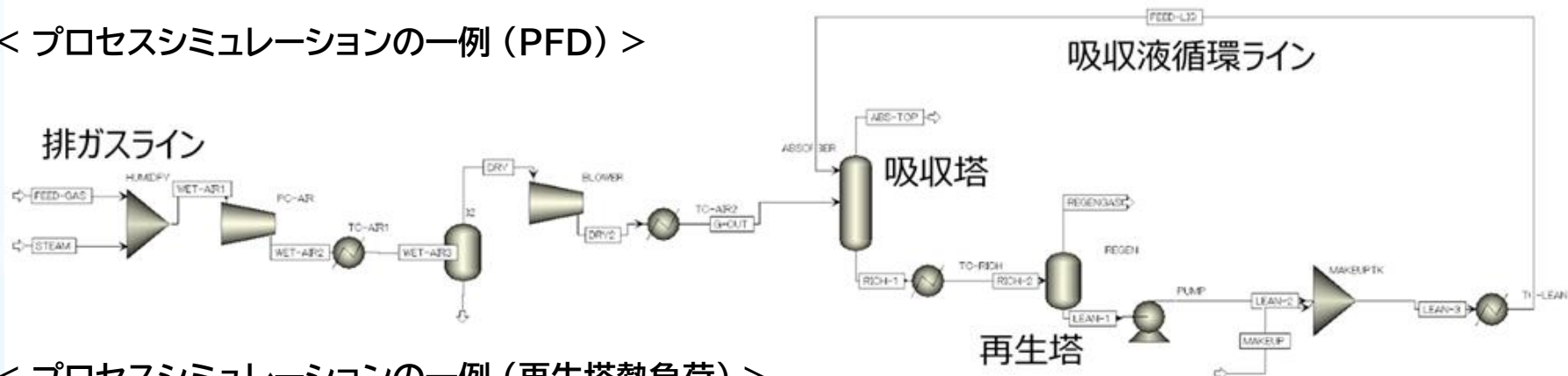
- He冷凍機によるクライオポンプと加熱機構を搭載し、LNG冷熱温度(-162℃)近傍で任意の冷却面温度を作り出すことが可能な昇華槽ラボスケール機を構築し、CO₂の凝華特性を評価。
- 圧力やCO₂供給量毎のCO₂の凝華特性を評価し、ベンチスケール機的设计に随時反映。

< 昇華槽の試験結果一例 >

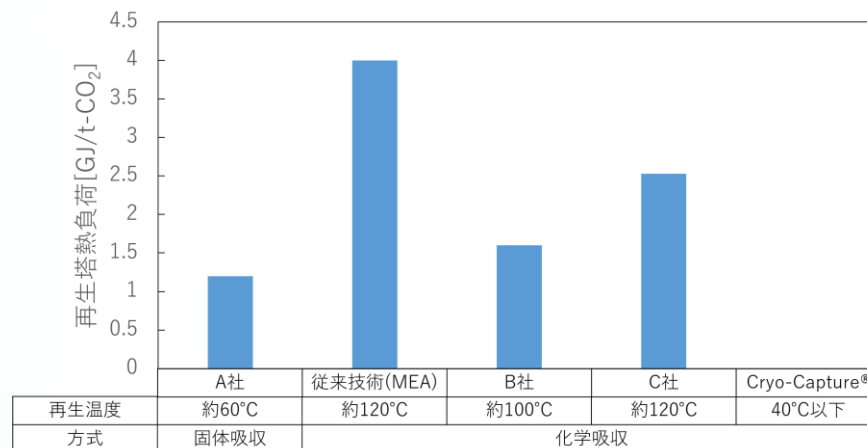


- 開発した吸収液の基礎物性データを基に、AspenPlusを用いて吸収液の吸収特性（ローディング等）を再現する物性モデルを作成。各单位操作での熱、電気エネルギーの入出力の関係性を評価するエネルギー評価モデルを構築。
- 上記モデルを用い、燃焼排ガスからCO₂を回収した場合の再生塔熱負荷を評価。競合技術と比較して、熱負荷が極めて少ないことを確認した。これは、Cryo-Capture®が、加熱再生ではなく、減圧再生方式とすることで、吸収塔と再生塔をほぼ同じ温度で運転できるため。

< プロセスシミュレーションの一例（PFD） >

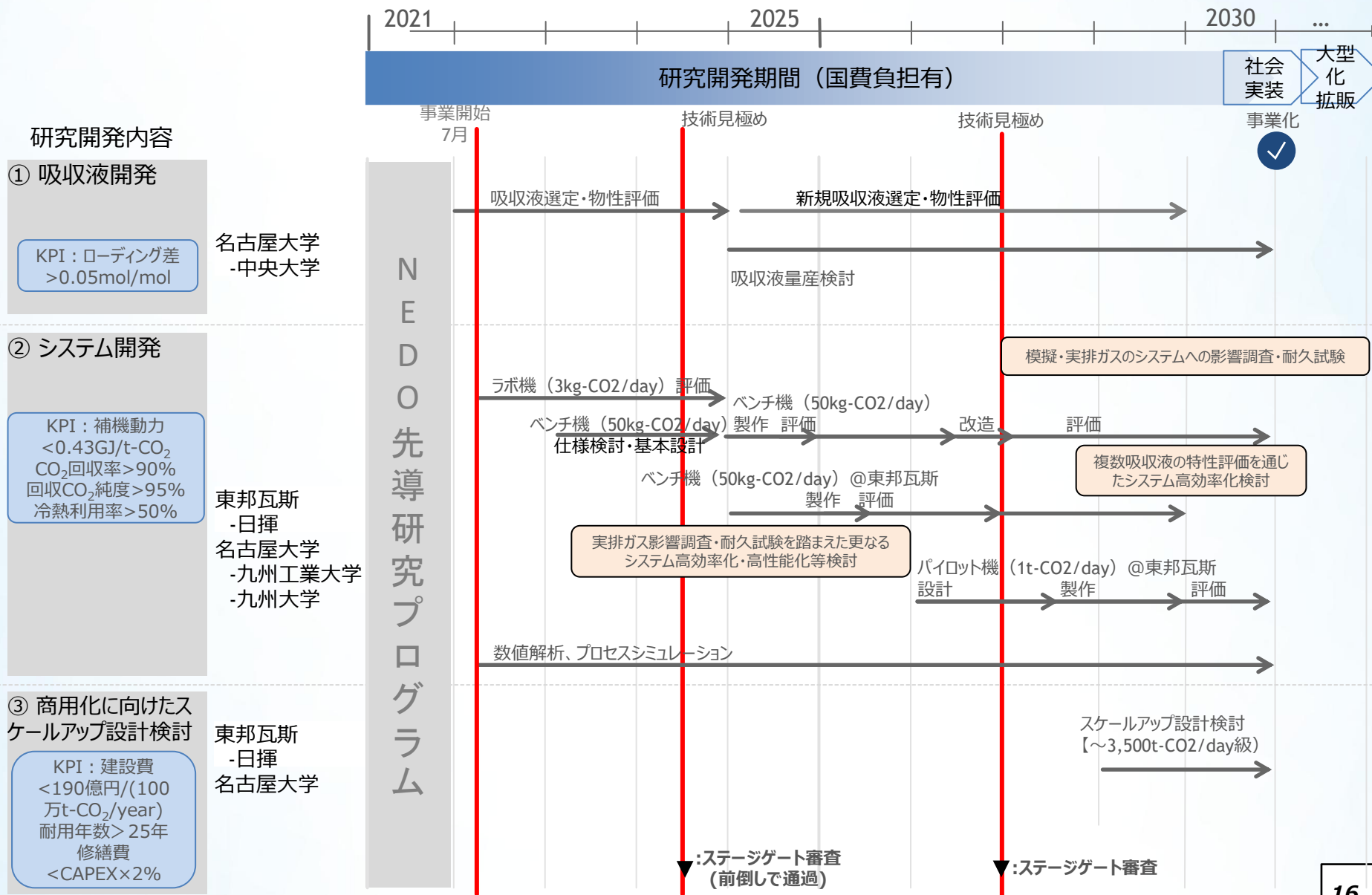


< プロセスシミュレーションの一例（再生塔熱負荷） >

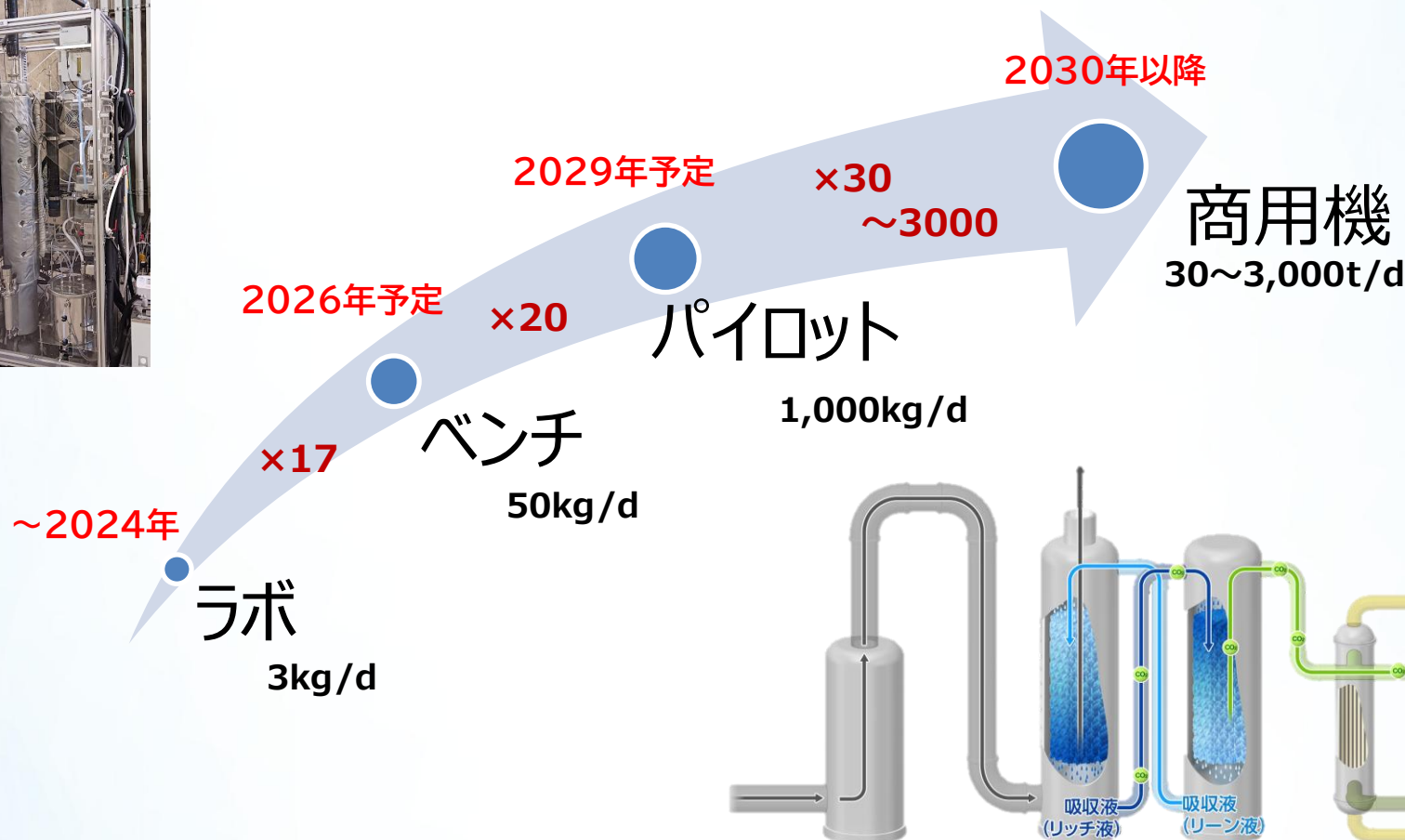


「Cryo-Capture®」の開発：全体計画

研究開発項目 実施主体 実施スケジュール



- 吸収塔/再生塔/昇華槽など、主要なコンポーネントについて数十倍のスケールアップを実現可能な設計手法を構築し、2030年以降に社会実装の実現を目指す。



本研究成果は国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
NEDO の委託業務 JPNP21024 の結果得られたものです。
関係各位の皆様には深く感謝申し上げます。

