

NEDOエネルギー・地球環境分野成果報告会2026

プログラムNo. B2-3-02

LNG未利用冷熱を活用したCO₂分離回収技術 開発・実証

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

発表：2026 年7月23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)

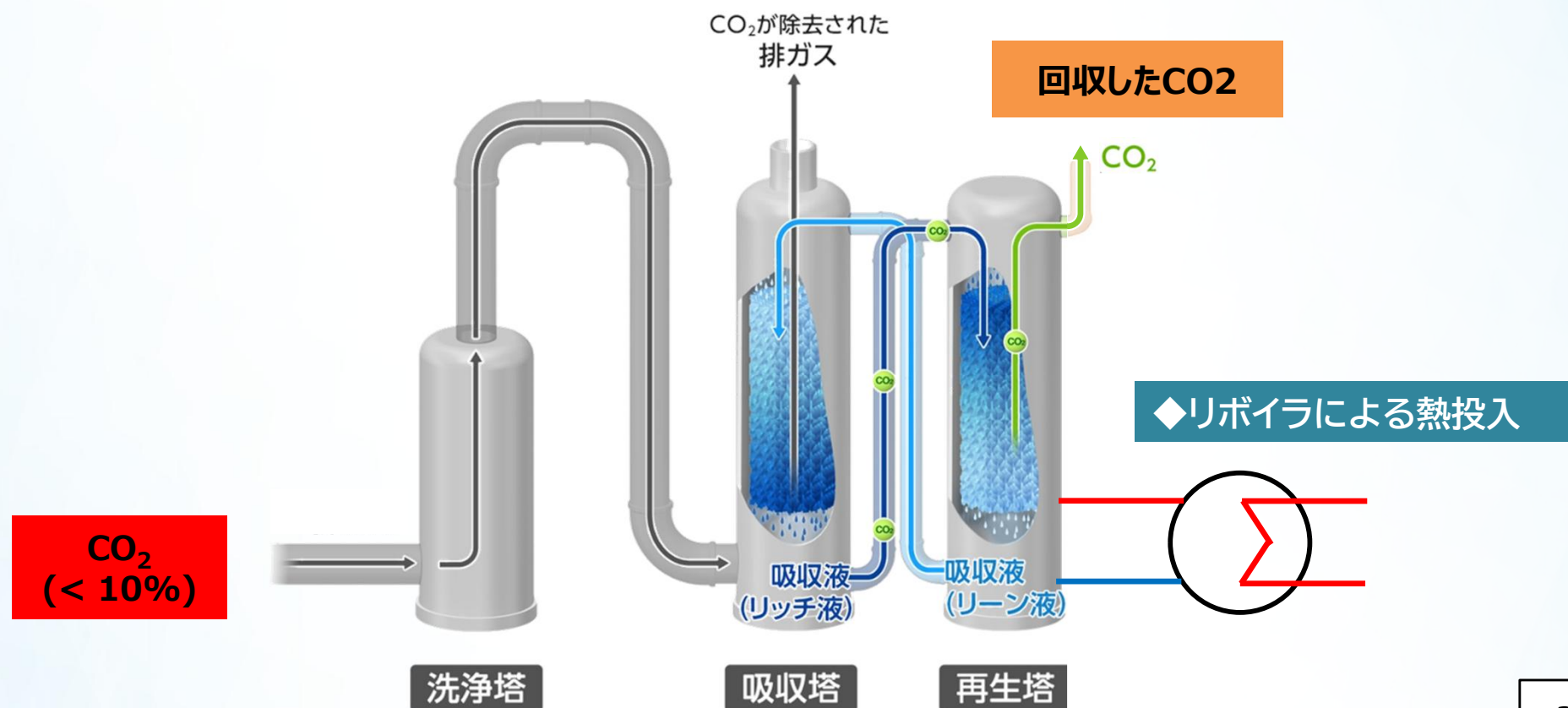
東邦ガス(株) (国)名古屋大学 日揮(株) (学)中央大学 (国)九州大学 (国)九州工業大学

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

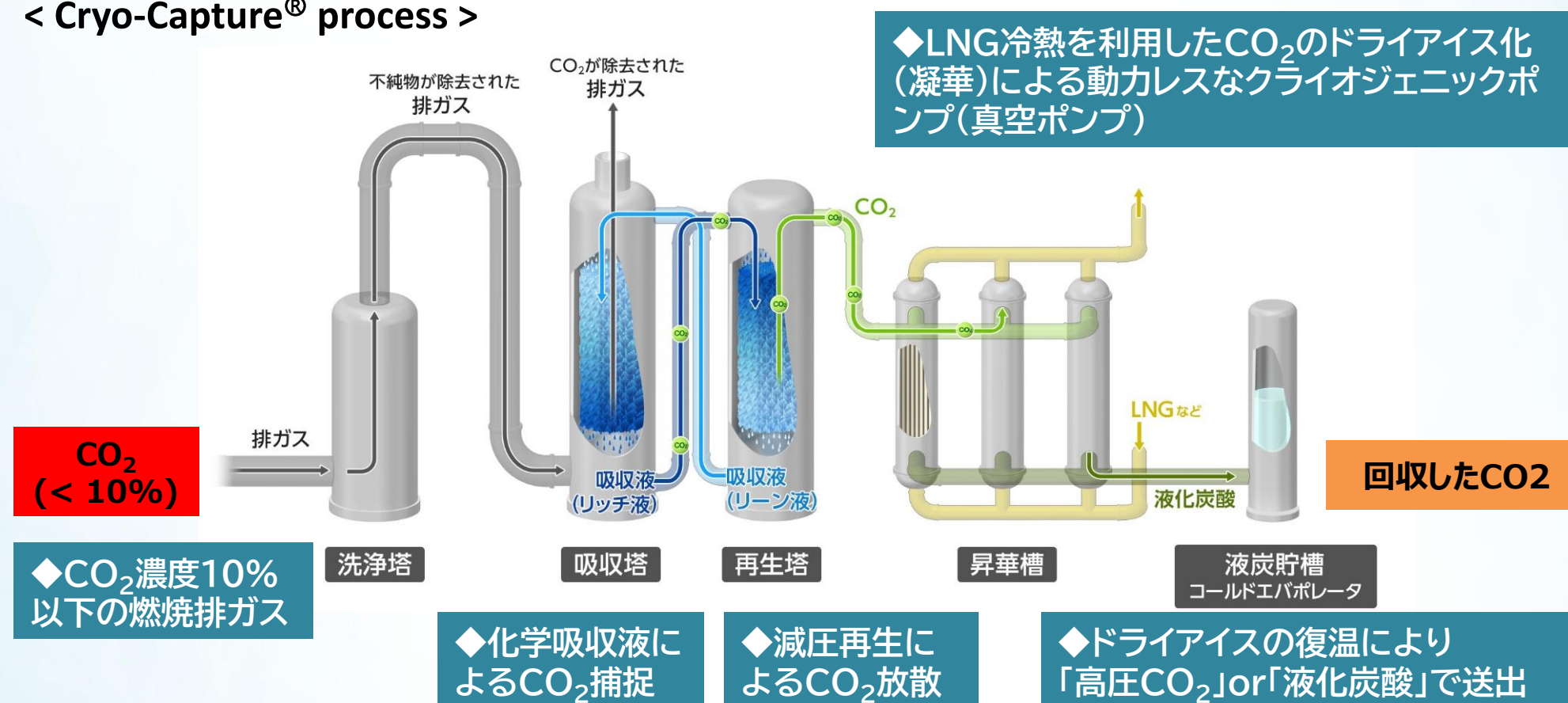
- 化学吸収方式は、CO₂回収率や回収純度に優れ、最も工業的に普及が進んでいるCO₂分離回収技術の一つ。
- 課題は、吸収液からCO₂を分離させる際に投入熱エネルギーが大きい点。
- リボイラへの投入エネルギー量は4GJ/t-CO₂程度に上り、省エネ、低コスト化の両面で、投入エネルギーの低減が求められている。

< Conventional process >

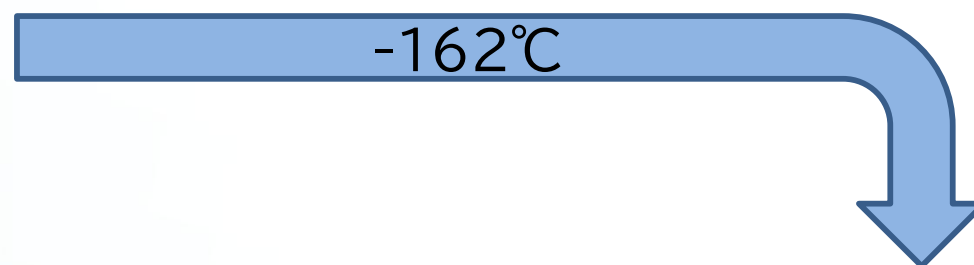
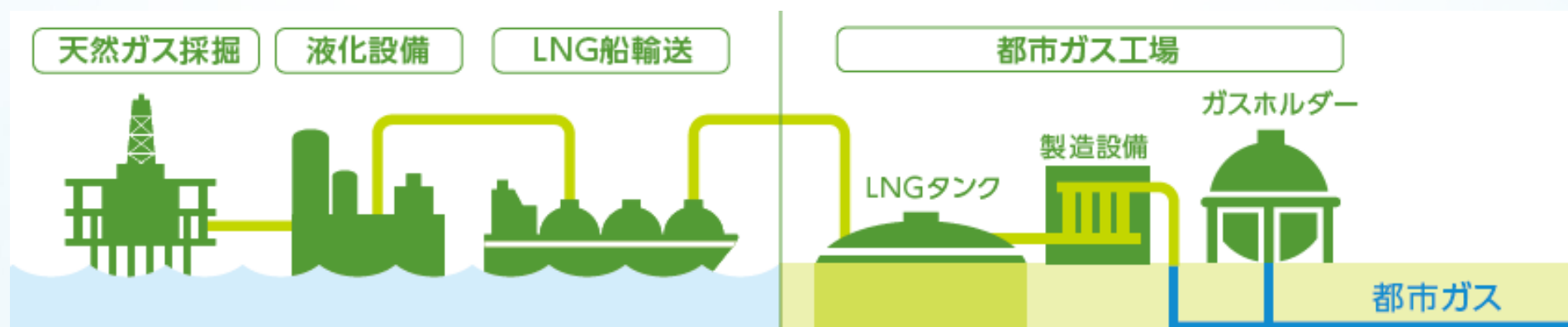


- Cryo-Capture®は、LNG廃冷熱(未利用エネルギー)を有効活用することで、吸収液の再生に要する投入エネルギーを大幅に削減しうる技術。
- 化学吸収方式で一般的な加熱再生とは異なり、LNG廃冷熱によりCO₂を冷却・凝華(ドライアイス化)し、その際の体積変化を利用して減圧再生する。
- また、ドライアイスの相変化を活用し、回収したCO₂を高圧ガスや、液化炭酸にすることも可能。CO₂の輸送や貯留に適しており、CCUSとの親和性が高い技術。

< Cryo-Capture® process >

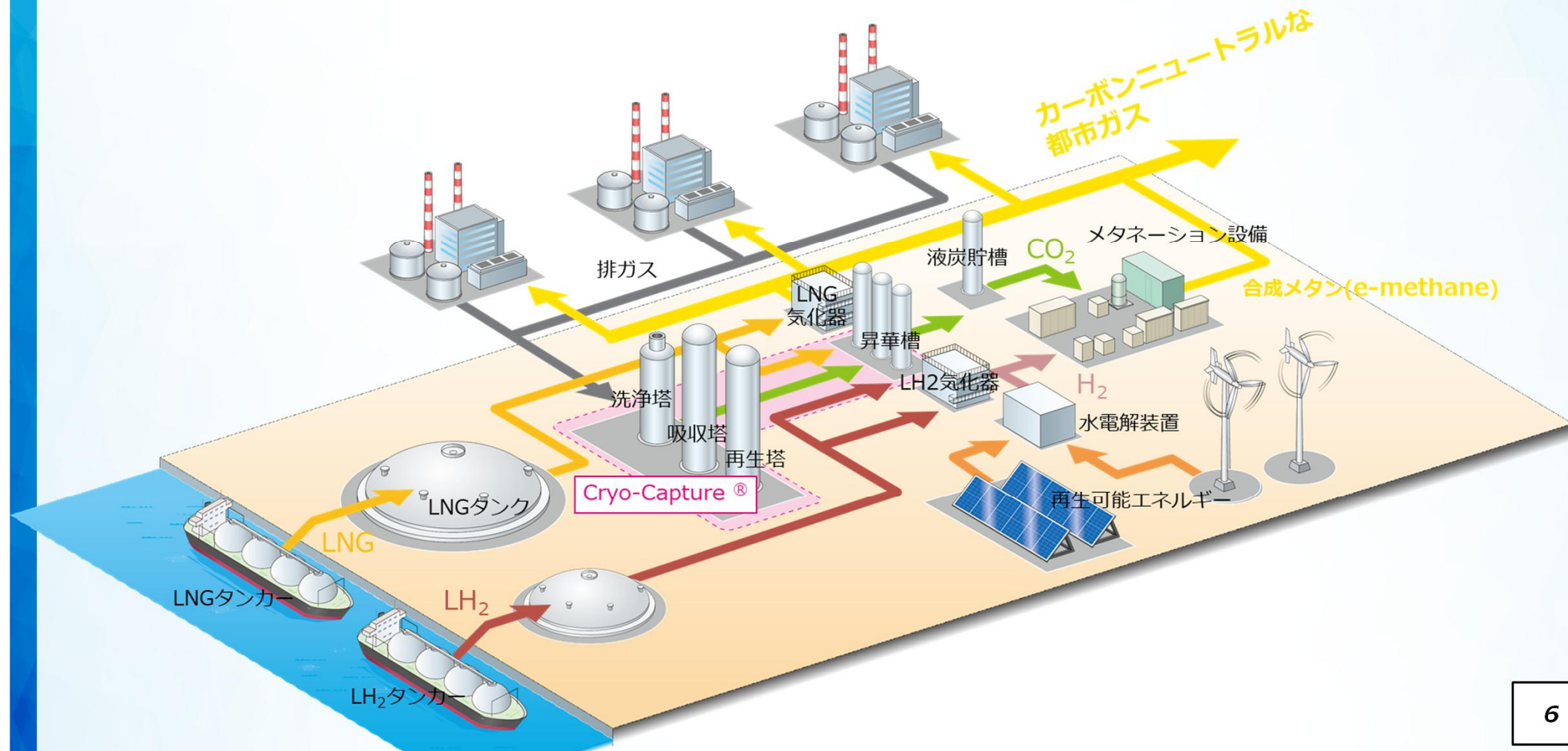


- 海外で採掘された天然ガスは約-162℃に冷却・液化され、LNG輸送船により大規模に国内のLNGタンクまで輸送・保管される。その後、製造設備(気化器)によりガス(気体)になり、パイプラインを通過して、都市ガスがお客さまに届けられる。
- 製造設備(気化器)では、主に海水とLNGが熱交換し、LNGは加熱されガス(気体)になる。その際、LNGが持つ冷熱の多くは、周辺環境(海洋)に捨てられている。
- このように、LNG冷熱の大部分は未利用のまま捨てられており、その活用策の一つとしても、Cryo-Capture®は有効な手段である。



海水と熱交換し海洋へ

- グリーンイノベーション基金事業では、「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～)では、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両面でのコスト削減に向け、KPIを設定し取組み中。

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

1 吸収液開発

2 システム開発

3 商用化開発

KPI

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

・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)

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

KPI設定の考え方

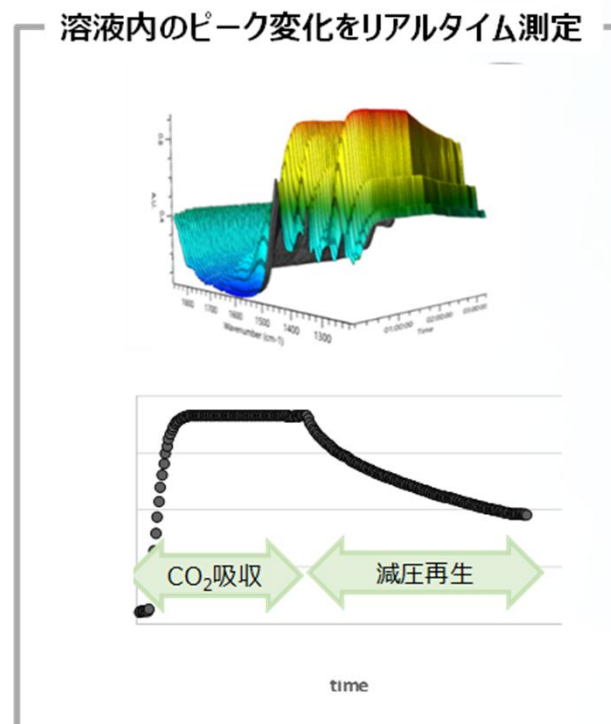
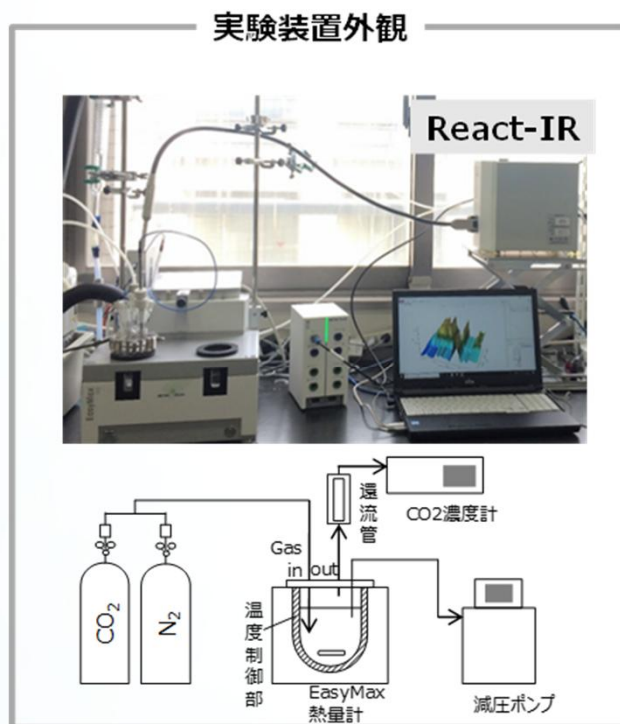
・Cryo-Capture作動条件において従来液（MEA/水）より大きいこと

・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

・CAPEX + OPEX < 3,000円/t-CO₂に必要

研究開発の進捗・成果について

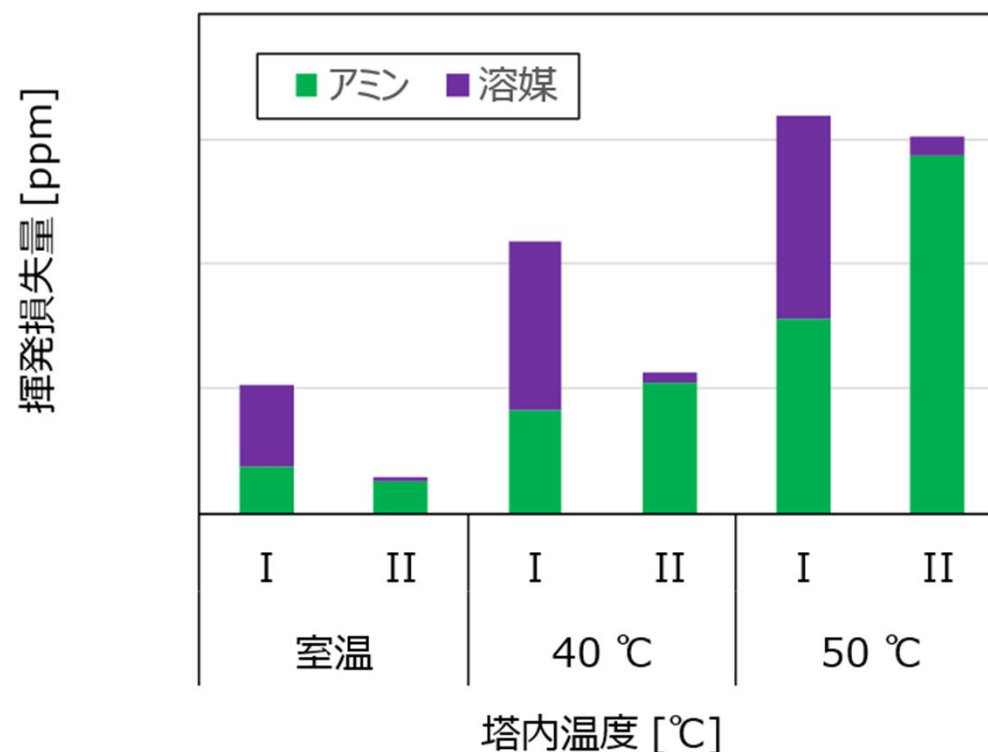
- 吸収液開発の一例として、CO₂ローディングのその場観測が可能なReact-IRを用いて、CO₂吸収・減圧脱離量および反応速度評価測定を実施し、これまでに、KPIを満たす吸収液の組み合わせ(アミン×溶媒)を複数種選定済み。
- 候補液種に対して、密度、粘度、反応熱などの基礎物性データ測定評価を実施済み。



< 吸収液の試験結果一例 (候補液種とローディング差)>

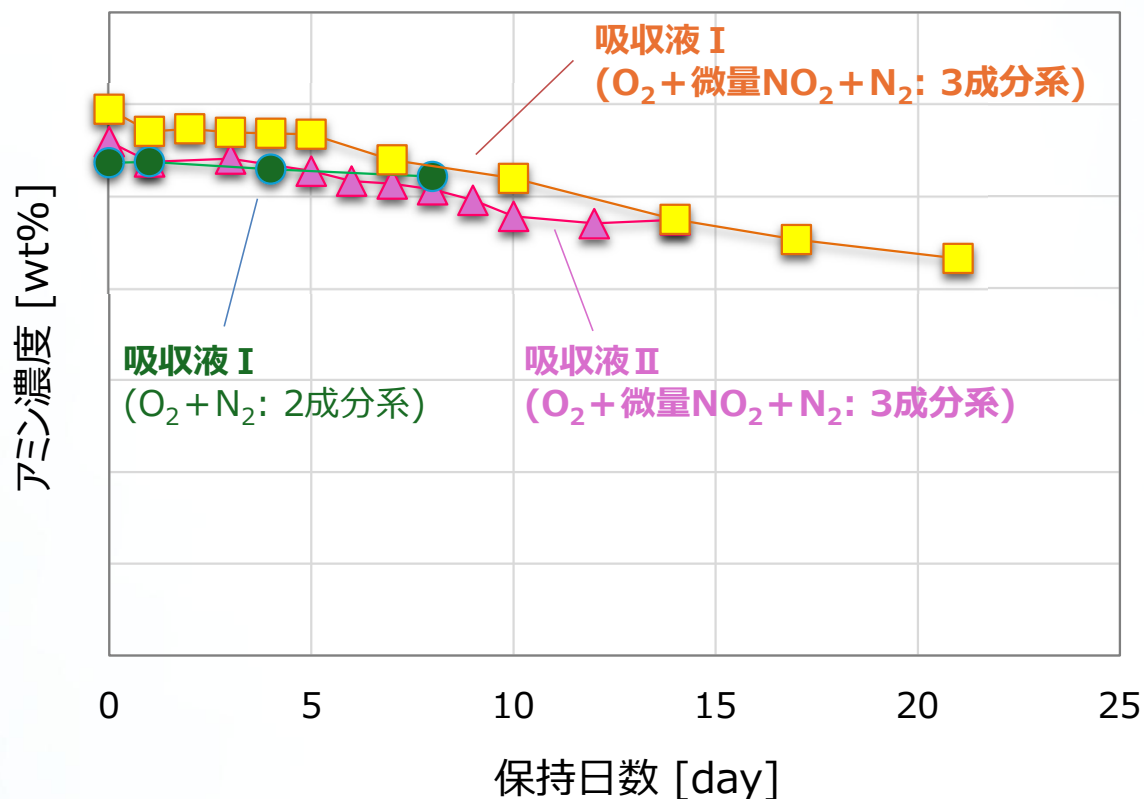
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
アミン	A	A	B	C	A	D	E
溶媒	a	b	a	c	c	a	d
ローディング差	0.1169	0.0852	0.1160	0.0257	0.0650	0.0855	0.2541

- 1次選定した第一候補吸収液『I』については、減圧再生向けに揮発性が低いものの、吸収塔頂からの揮発損失が一定量あることを確認済み。
- 更なる低揮発性を目指した改良型吸収液『II』を用いて、連続運転時の吸収塔頂部からの吸収液揮発損失を評価。
- Cryo-Captureの運転条件(～40℃程度)では、吸収液『II』は吸収液『I』と比べ揮発による損失量が大幅に軽減し、低揮発性を確認した。



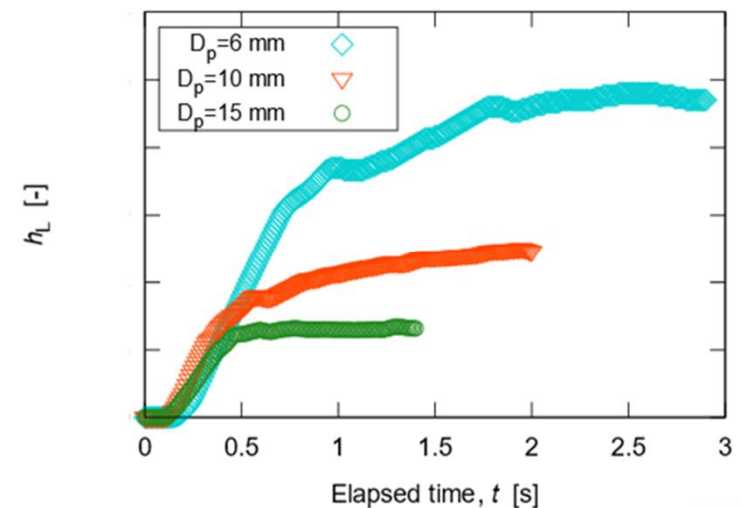
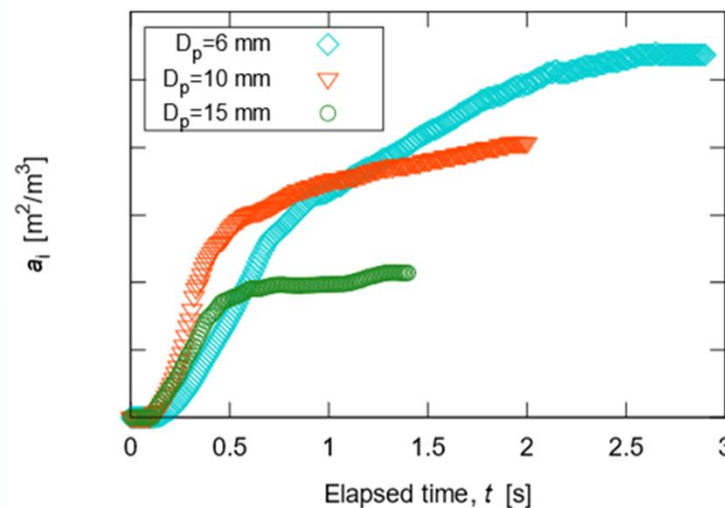
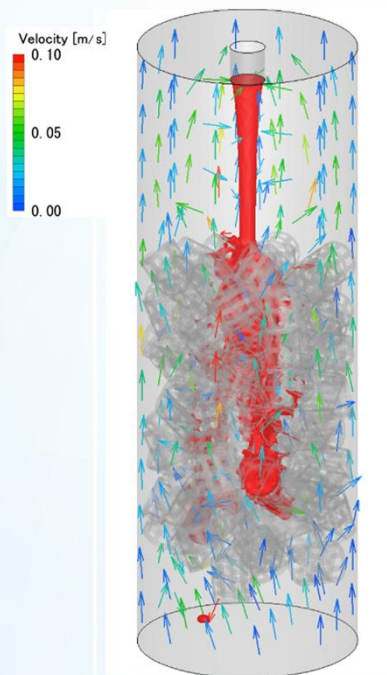
液種、温度条件ごとの揮発損失量の比較

- 候補液種『Ⅰ』および『Ⅱ』について、排ガス中の主要な夾雑成分であるNO_xや酸素が劣化特性に及ぼす影響評価に取り組んだ。
- 下記の例は、加速劣化条件として、70℃で保持し、各種供給ガス流通下にてNO₂有無による、アミン濃度の経時変化を示す。その結果、NO₂の存在下でも劣化が促進されるような負の影響は確認されていない。



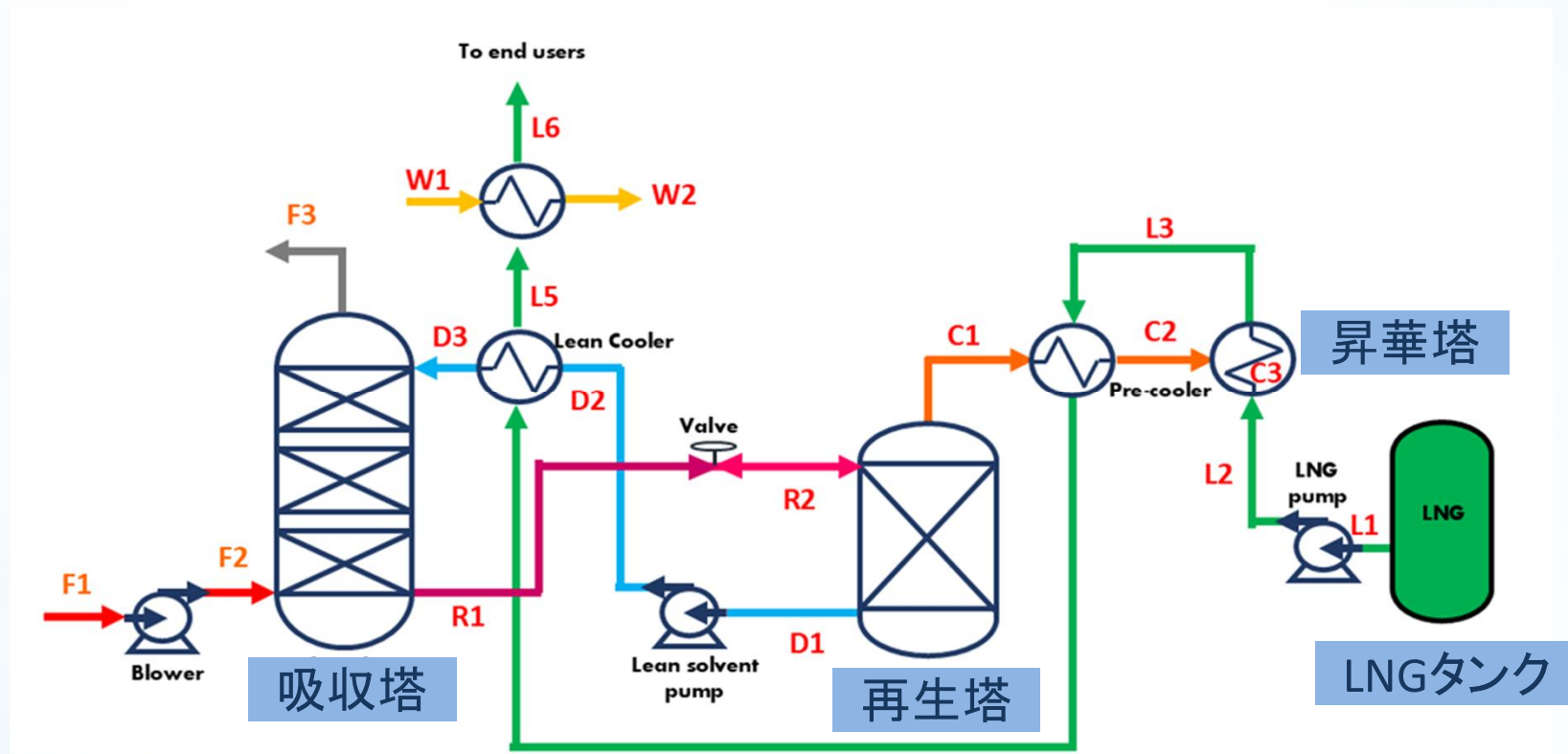
加速劣化条件下での各種吸収液のアミン濃度の変化

- 熱流体解析ソフトウェアscFLOWを使用し、再生塔内の吸収液の流動挙動を可視化。塔設計に必要な情報収集に取り組んでいる。
- 例えば、以下の例では、塔内に充填した不規則充填物に吸収液を流通した際に、気液接触界面積 a_i 、液ホールドアップ h_L の非定常解析の結果を示している。
- シミュレーションを通じて、吸収液の物性や、充填剤の種類が、塔の設計パラメータに与える影響を予測し、スケールアップ時の塔設計に活用している。



塔内の気液接触界面積 a_i および液ホールドアップ h_L
の解析結果一例

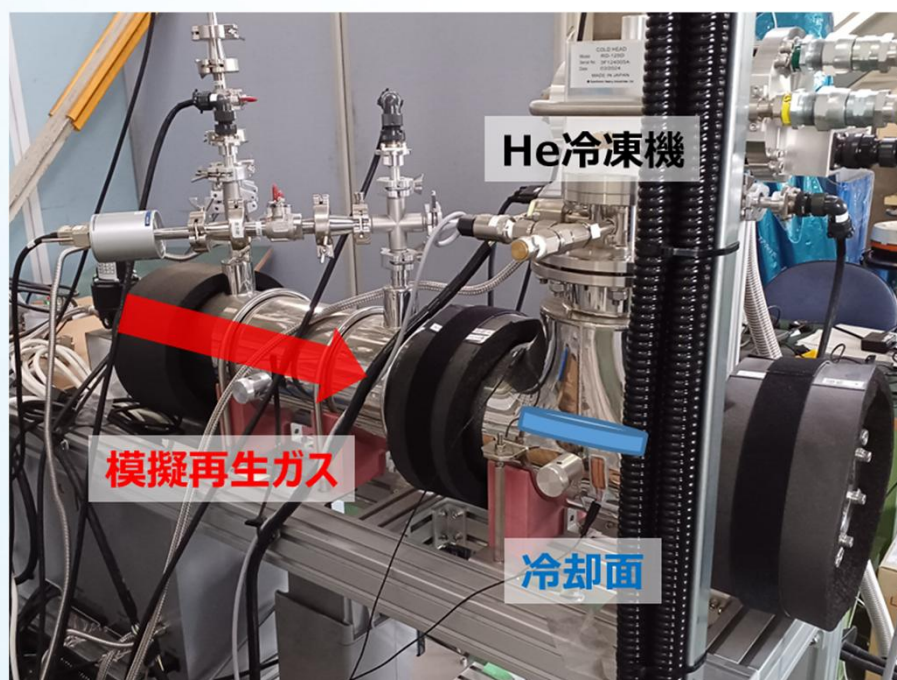
- MATLAB/Simulinkを用いた熱マネジメント解析により、補機動力、CO2回収率・純度、冷熱利用率の各KPI達成のための最適なシステム構成や運転条件の探索に取り組んでいる。
- 例えば、以下の例では、昇華槽の非定常挙動を考慮したシステム全体のシミュレーションモデルを構築。各指標のKPI達成を満たす運転条件について最適化計算を用いて評価に取り組んでいる。



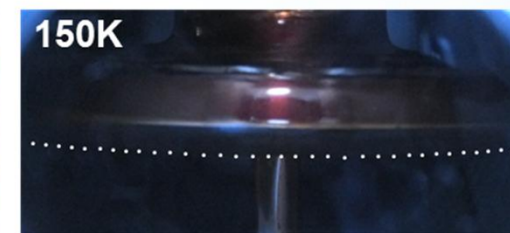
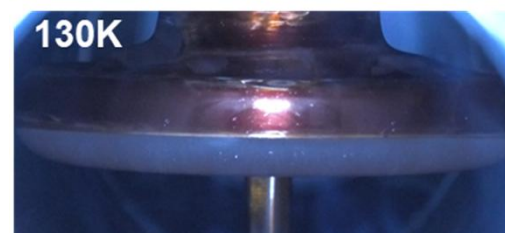
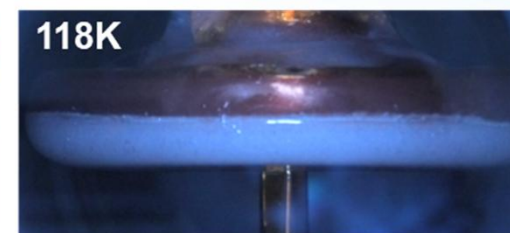
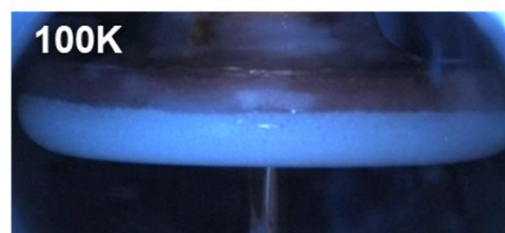
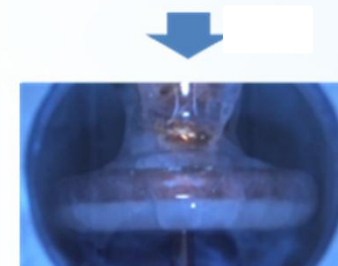
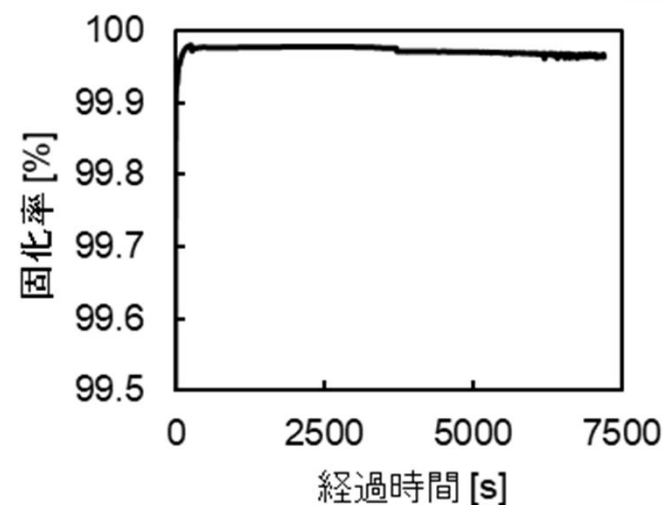
熱マネジメント解析ダイアグラムの一例

- クライオポンプ機構(He冷凍サイクル)を備えた、昇華槽ラボスケール機(3kg-CO₂/day級)を用いて、CO₂の相変化挙動を評価に取り組んでいる。

< 昇華槽ラボスケール機の外観 >

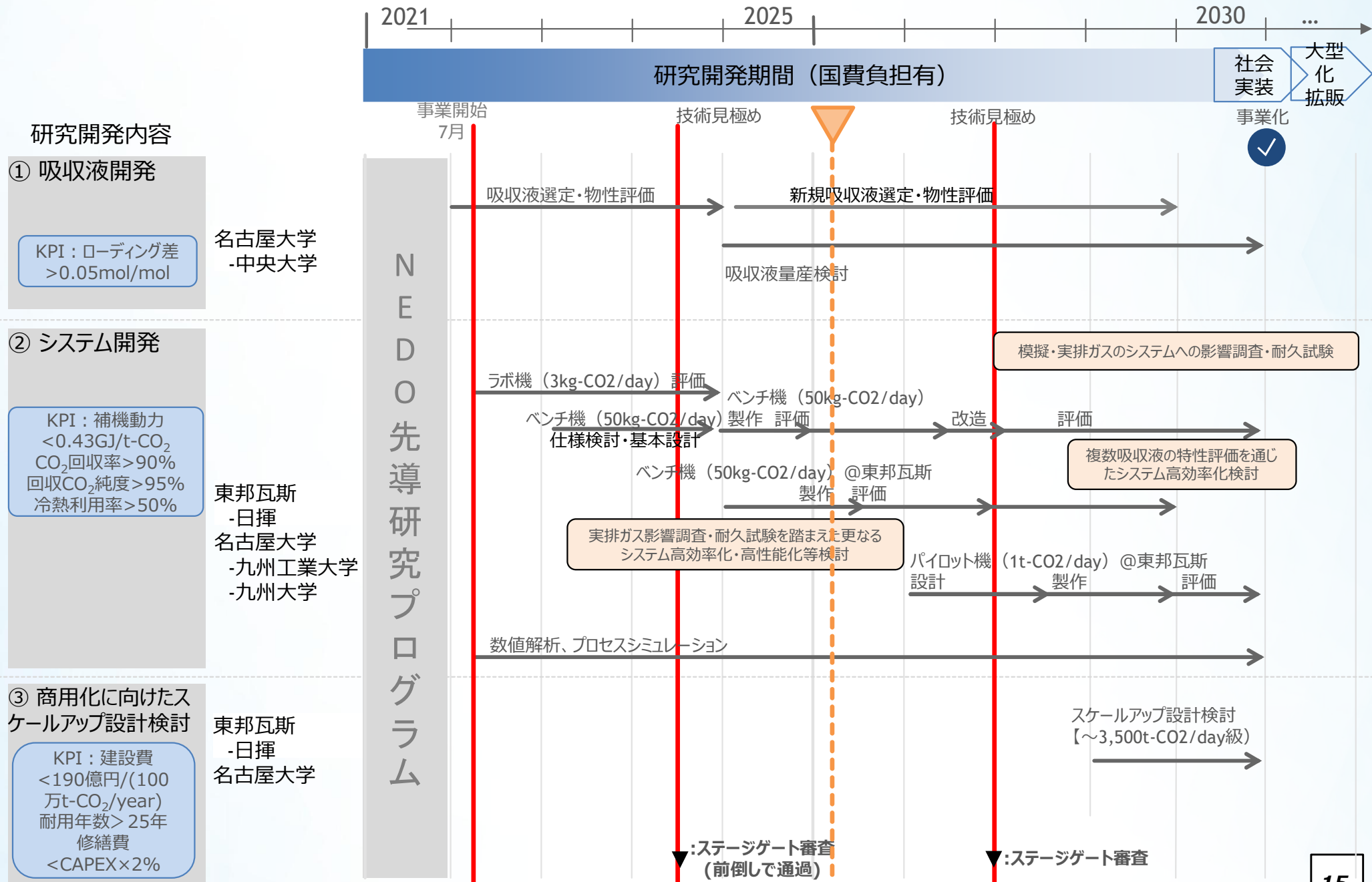


< 昇華槽の結果一例 >

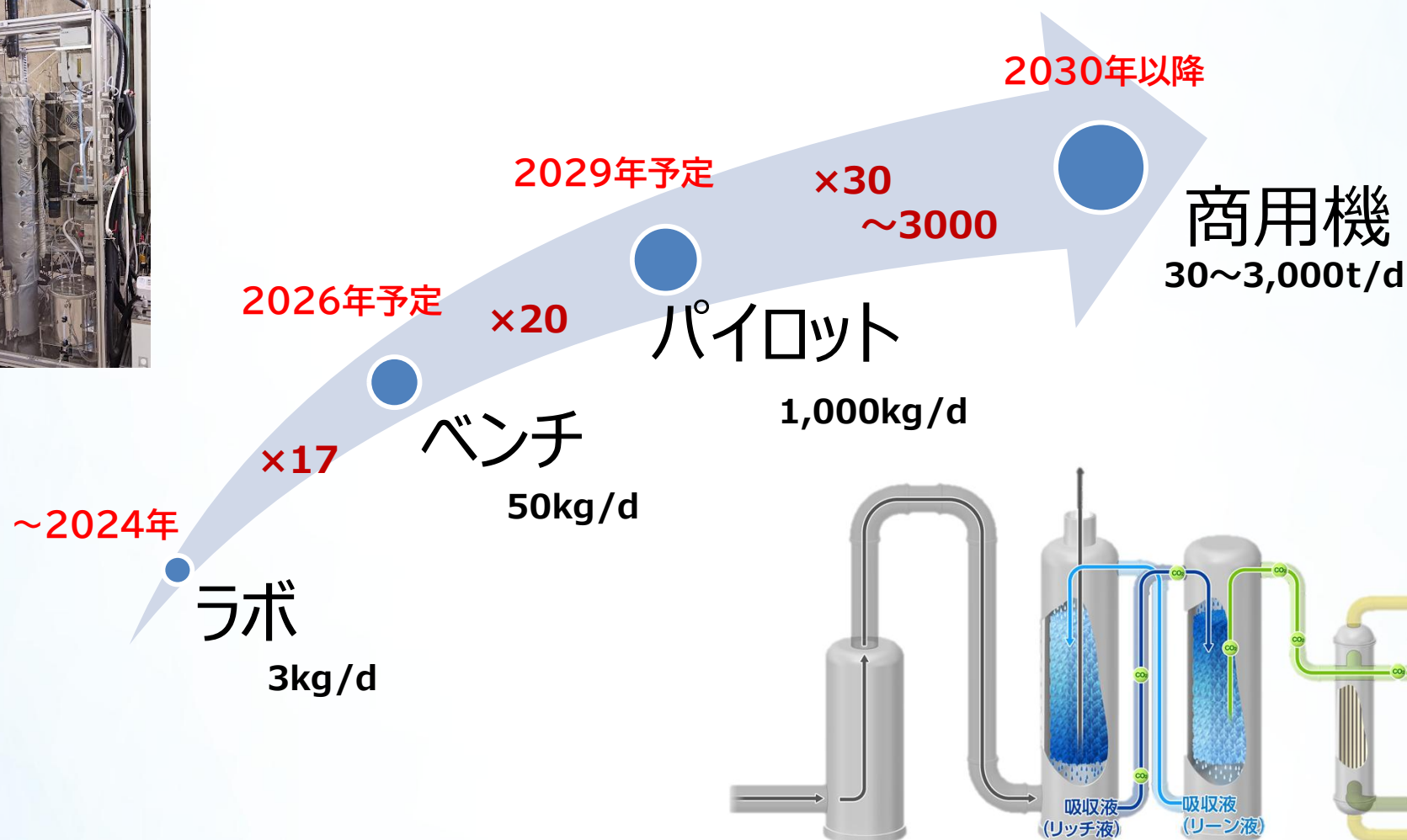


「Cryo-Capture®」の開発：全体計画

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。



グリーンイノベーション基金事業
カーボンニュートラルな未来へ。

