

番号: A-1-1J

PJ: 大気中からの高効率CO₂分離回収・炭素循環技術の開発

テーマ名: 炭素循環社会の実現に向けて

担当機関名: 金沢大学/地球環境産業技術研究機構(RITE)

問合せ先: 金沢大学 (akodama@se.kanazawa-u.ac.jp) / RITE (yogo@rite.or.jp)



【期間】 2020年度～2029年度

【実施内容】

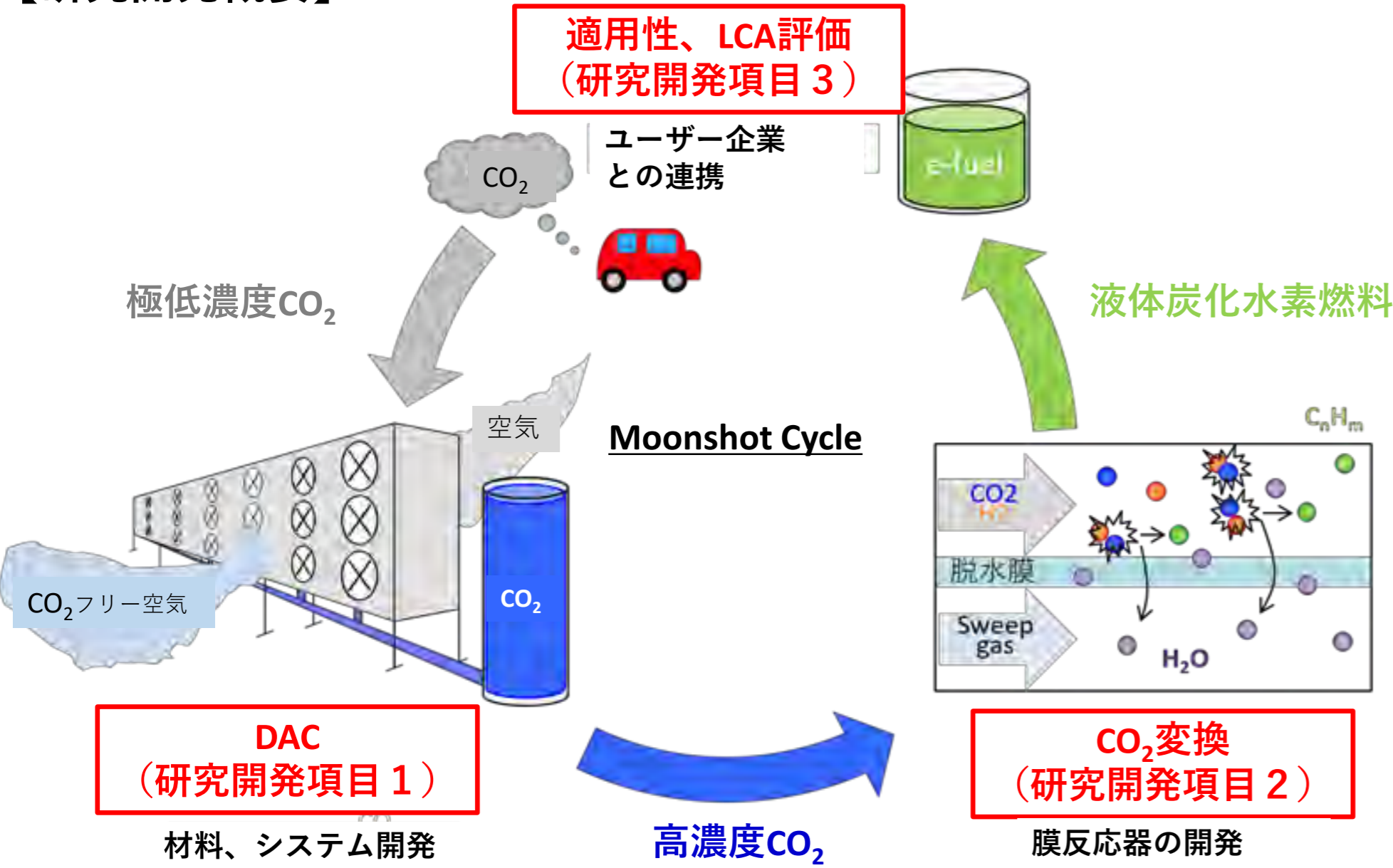
研究開発項目1. 大気中からの高効率CO₂回収(Direct Air Capture;DAC)技術開発

研究開発項目2. 炭素循環のためのCO₂変換技術開発 (液体炭化水素燃料合成)

研究開発項目3. 液体炭化水素燃料適用性、LCA評価

→ RITE固体吸収材の適用
→ 膜反応器による高効率化
→ ユーザー企業と連携

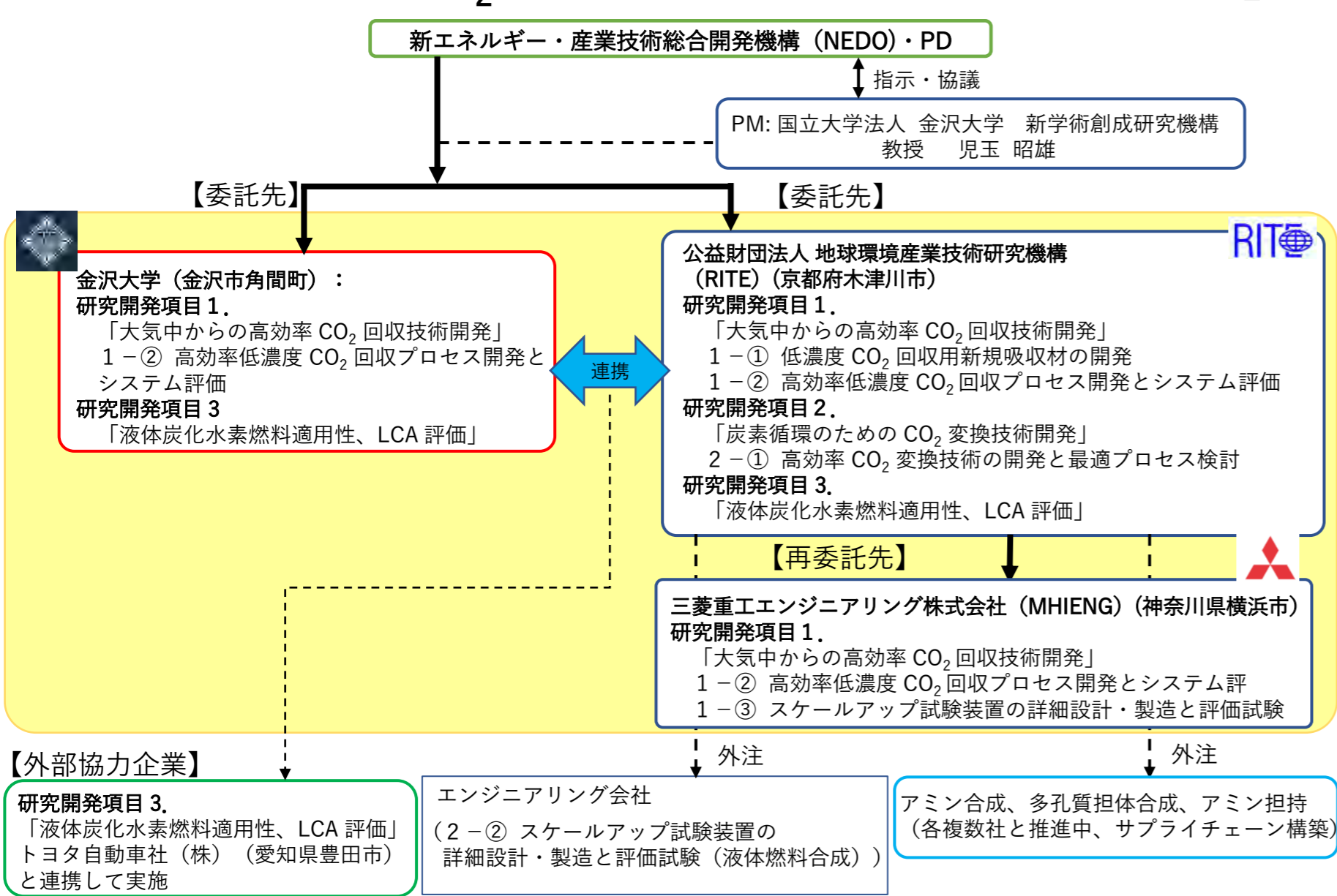
【研究開発概要】



【開発スケジュール】 上: DAC技術開発 下: CO₂変換技術開発 (見直し中)

項目	年度	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
DAC材料開発・シミュレーション (RITE)		新規材料探索・ラボ評価	合成方法最適化	シミュレーター作製 (最適濃縮プロセスの提案)	シミュレーター改良 (高精度化)	材料および製造法改良・性能向上検討 (空気再生方式に十分耐えうる吸収材の開発)					
DACプロセス検討 (空気再生方式) 金沢大			低濃度CO ₂ 回収プロセス検討 (間接加熱型、ロータリー型TSA粗濃縮システムの確立)			CO ₂ 回収システムの改良 (送風動力低減・蓄熱設備の導入)とLCA評価に基づく有効なDACシステムの構築					
DACプロセス検討 (蒸気再生方式) 小型試験機(RITE内)			設計・製作	性能確認試験	改良検討						
ベンチスケール試験						製作・工事	実証	移設			
パイロットスケール試験								改良検討	製作・工事	長期実証	解体研究
膜開発			脱水膜と水素透過膜の開発								
膜反応器開発 (RITE)			小型膜反応器設計・製作	性能評価試験							
CO ₂ 変換プロセス検討											
LCA評価			LCA評価事前準備			LCA評価検討					LCA最終評価 社会実装性評価
			中間評価 (1)			中間評価 (2)				中間評価 (3)	

【大気中からの高効率CO₂分離回収・炭素循環技術の開発体制】

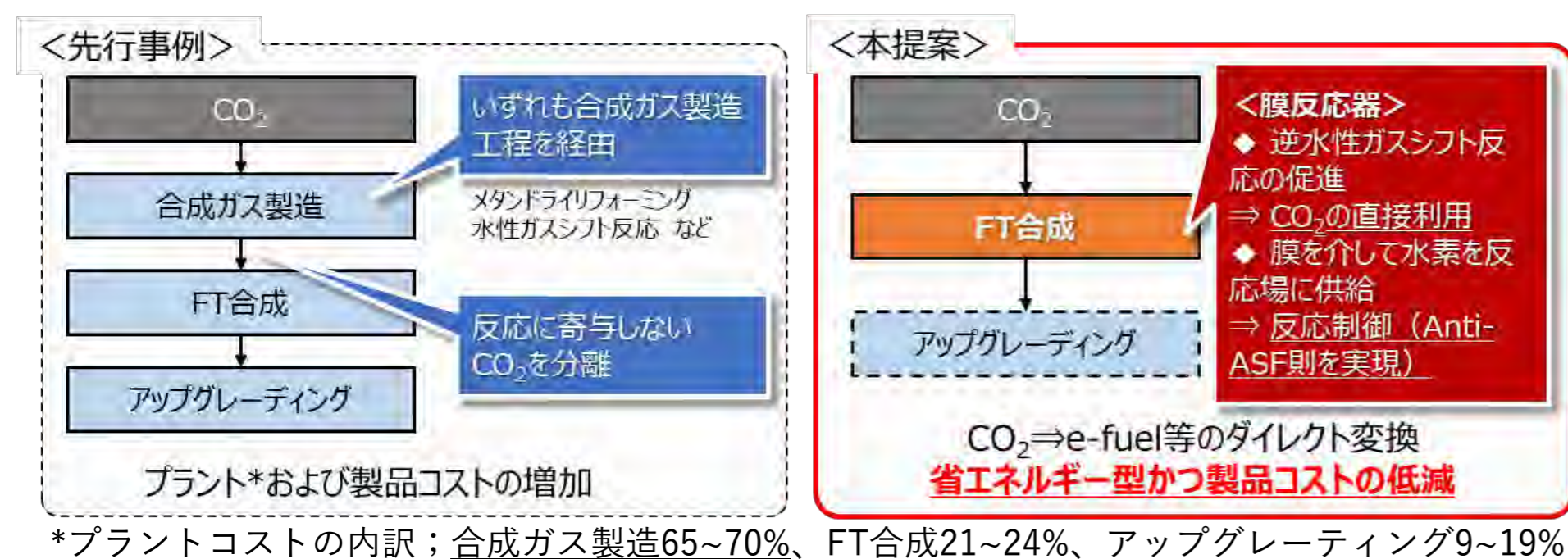


【再生方式が異なるDAC技術の開発】

研究開発対象	所要エネルギー・濃縮性能
蒸気再生 大気吸入 CO ₂ 400ppm → 60°C加熱 → 水蒸気発生 → 吸収材加熱 → CO ₂ 粗濃縮 → 真空ポンプ → CO ₂ 濃度~95% RITE	高濃縮 吸収工程: 送風動力 (大気導入) 再生工程: 蒸気製造, 吸収材・容器の加熱, 真空ポンプ動力
間接加熱式 大気吸入 CO ₂ 400ppm → 60°C加熱 → 空気加熱 → CO ₂ 粗濃縮 金沢大学	粗濃縮 吸収工程: 送風動力 (大気導入) 再生工程: 吸収材・容器の加熱
空気再生 CO ₂ 粗濃縮 → 再生ゾーン → 加熱空気 → 吸収材加熱 → CO ₂ 濃度低減空気 → ハニカムロータリー-TSA 金沢大学	粗濃縮 吸収工程: 送風動力 (大気導入) 再生工程: 吸収材の加熱 (空気加熱)

【CO₂変換技術への膜反応器の適用】

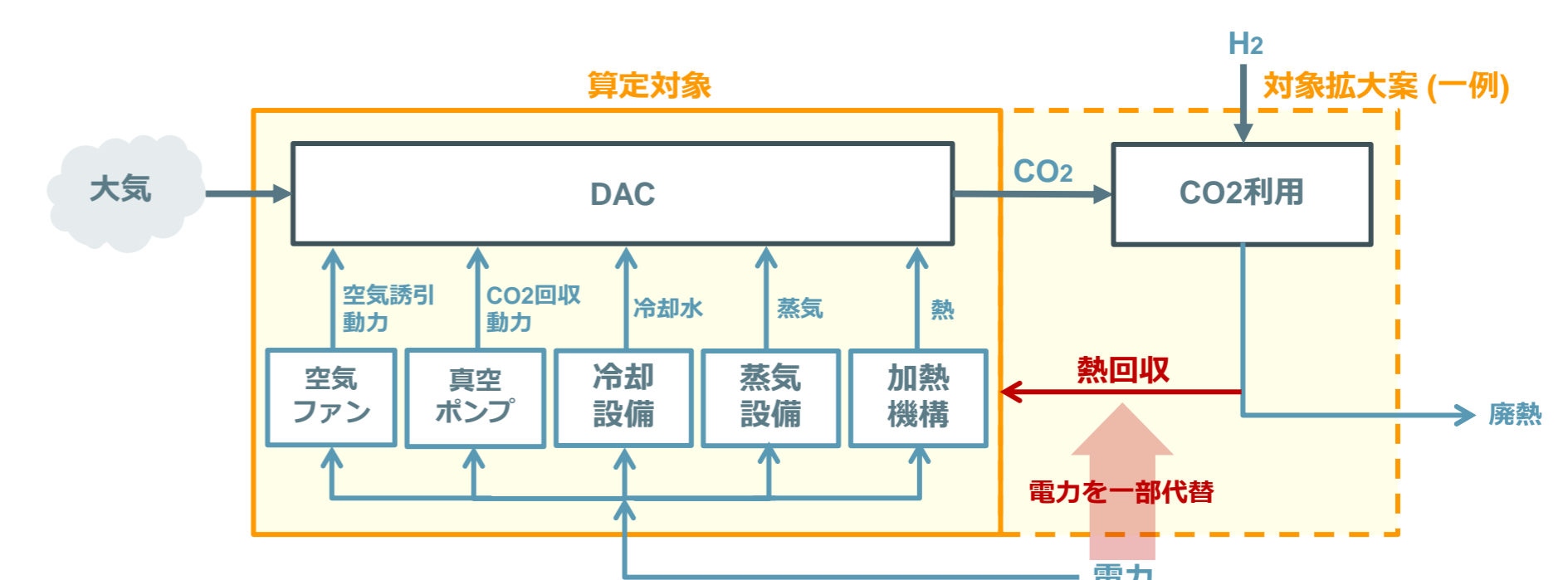
現行の技術
液体炭化水素燃料 (FT合成) ⇒ 合成ガス製造を経由するプロセス



- 技術的な課題
- ✓ 生成したH₂Oが触媒を劣化、および水性ガスシフト反応が促進 (CO₂が生成)
 - ✓ 大きな発熱反応であり、除熱が必要
 - ✓ 生成ワックス分が触媒上に蓄積し、活性が低下
 - ✓ 逐次反応であり、反応制御が困難
- 膜反応器適用のメリット
- ✓ 膜を介して反応系外にH₂Oを除去 ⇒ 触媒劣化を抑制するとともにCO生成側に反応を促進。効率的な除熱も可能
 - ✓ 膜を介して反応場にH₂を供給 ⇒ 逐次的に起こる反応を抑制し、ワックス分の生成を抑制可能

【LCA評価への取り組み】

- LCA評価の足掛かりとして、試験機データを活用した運転評価を行うべく算定対象を設定
- 試験機では運転負荷が電力で賄われている形だが、大型実証・実機を見据え、収支改善のため廃熱の直接投入を検討中



- 試験機データを活用した運転評価の枠組みを構築
- 実際の算定評価および関連設備との統合による最適化を検討予定

番号: A-1-2J

PJ: 大気中からの高効率CO₂分離回収・炭素循環技術の開発

テーマ名: 空気再生方式DACへの挑戦

担当機関名: 国立大学法人金沢大学

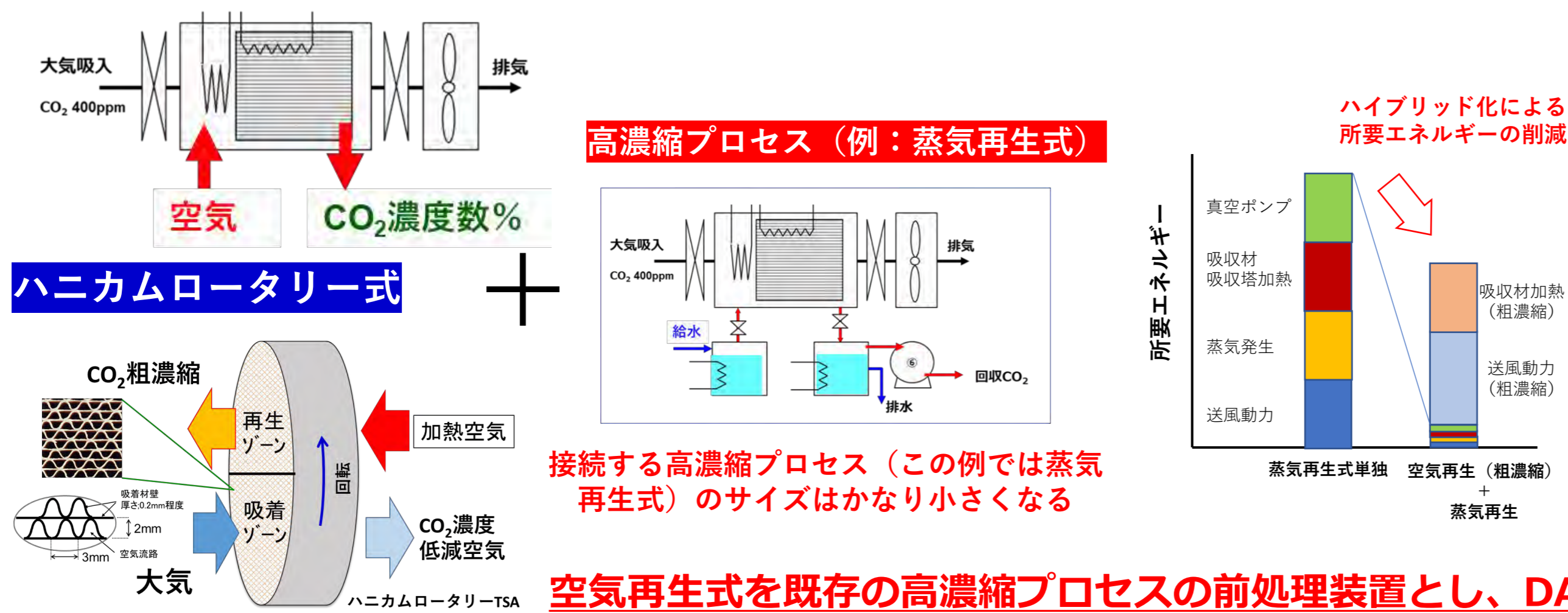
問合せ先: 金沢大学新学術創成研究機構 児玉昭雄 / akodama@se.kanazawa-u.ac.jp



- **空気再生方式DAC (Direct Air Capture) 技術開発: 間接加熱式とハニカムロータリー式を検討中です。**
間接加熱式: 吸着材および吸着塔からCO₂を追い出すためのパージガスに蒸気ではなく大気圧の空気を使用します。CO₂を追い出しながら排気される空気は常温常圧で凝縮せずCO₂は粗濃縮に留まりますが、蒸気製造と真空ポンプが不要になります。

ハニカムロータ式: 吸収材を加熱空気で温めてCO₂を脱離させます。少量空気によるロータ加熱が重要な開発課題です。一方で、ロータリー式ではハニカムロータだけが加熱冷却されますので吸収材の熱容量による顕熱ロス小さくできます。

間接加熱式 【空気再生方式(粗濃縮)に取り組む理由】

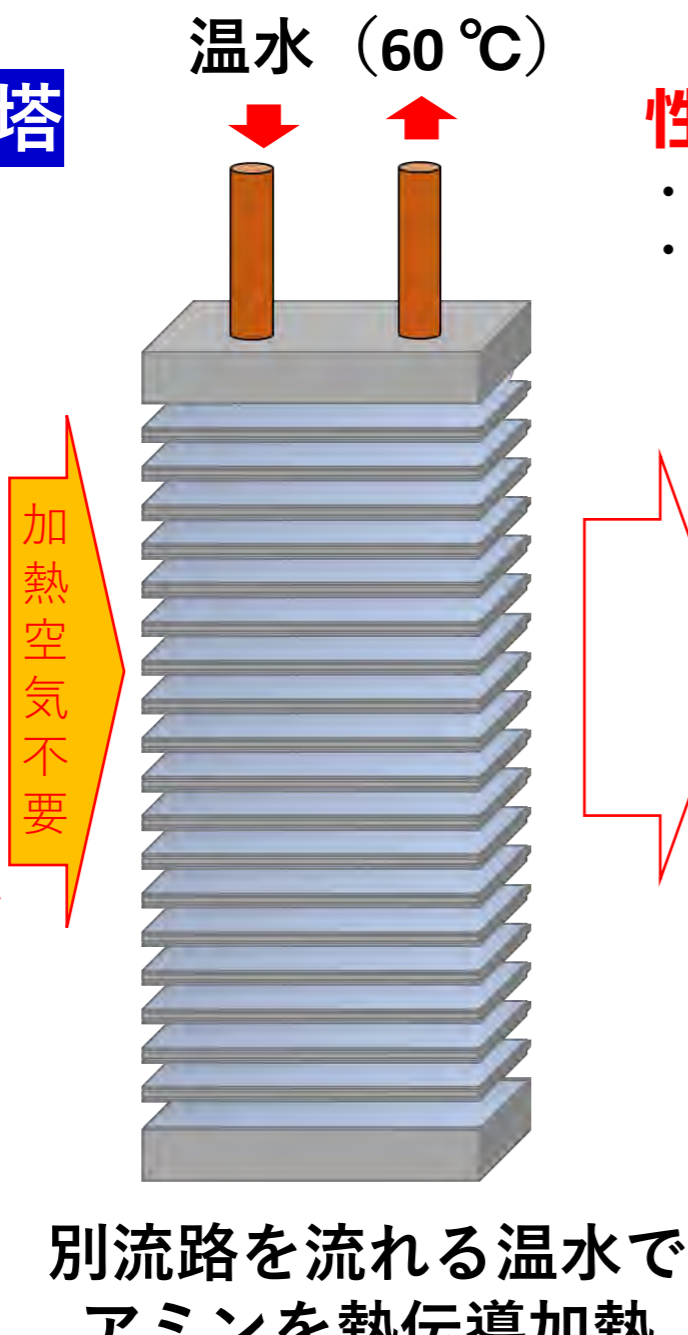
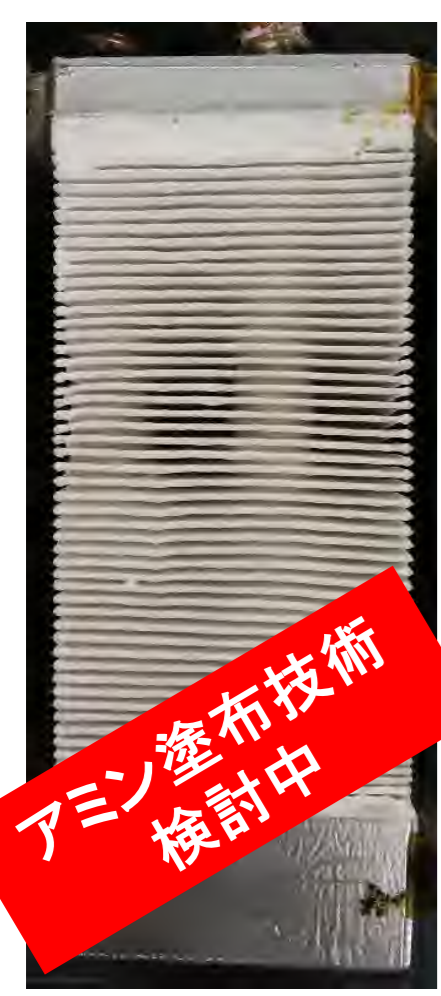


- 既存CO₂高濃縮プロセスの前段に空気再生方式を置くことで、高濃縮プロセスを小型化
- 高濃縮プロセスの所要エネルギーはそのサイズに合わせて減少
- 空気再生方式の所要エネルギーを上乗せしても所要エネルギーの合計は高濃縮プロセス単独利用よりも小さくできる

空気再生式を既存の高濃縮プロセスの前処理装置とし、DACシステム全体のエネルギー効率を高める

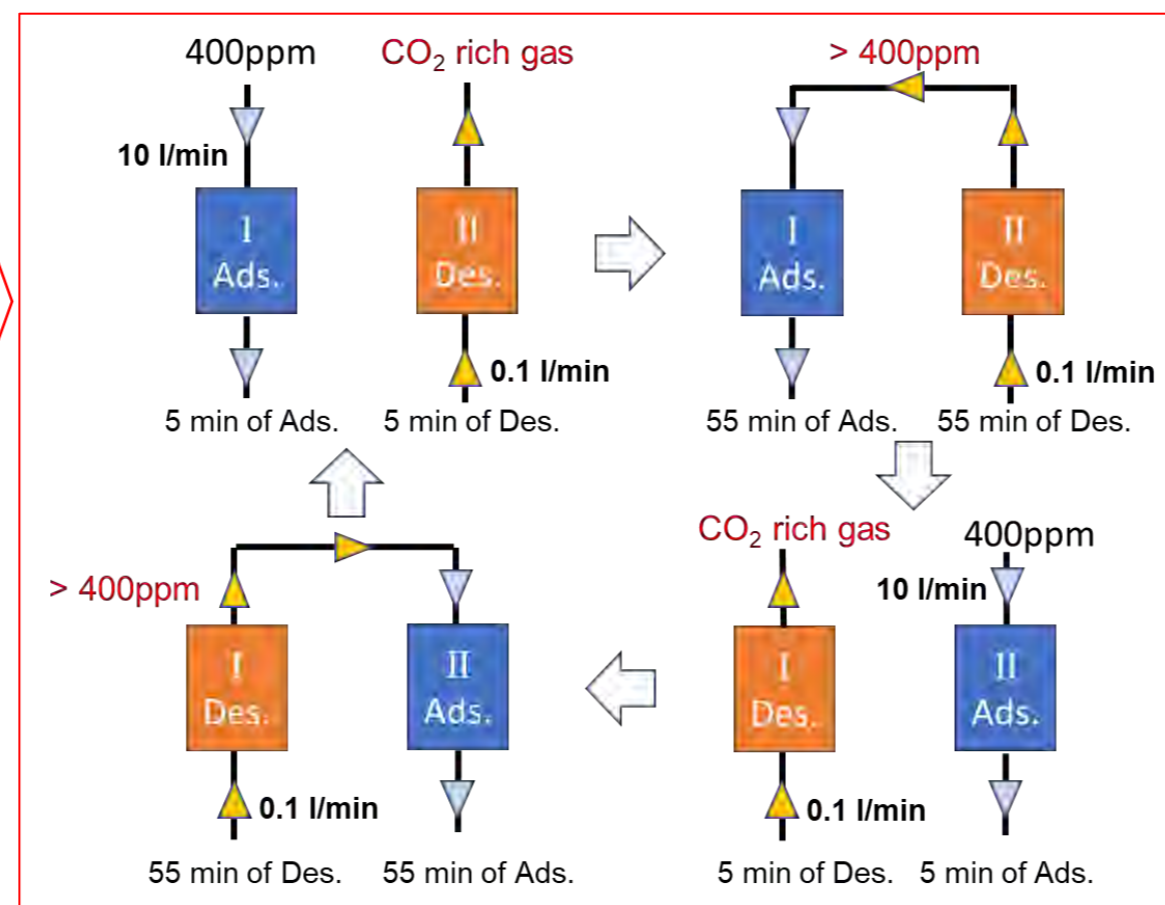
【間接加熱式の進捗と課題】

熱交換型吸着塔



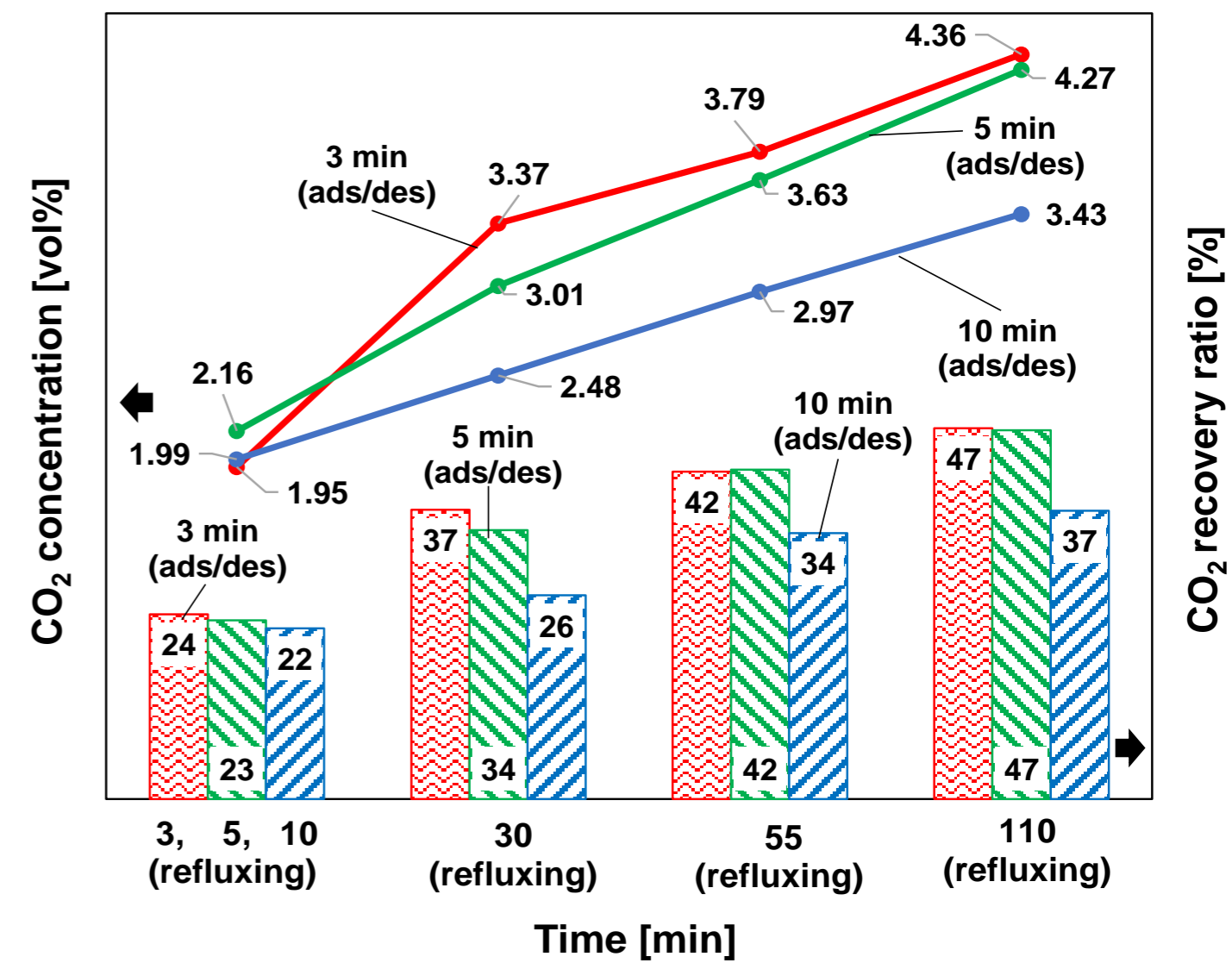
性能向上施策: 脱着出口CO₂濃度変化を考慮

- ・ 脱着工程初期の高濃度CO₂のみを回収
 - ・ 脱着工程後半の低濃度CO₂は吸着塔に還流
- ➔ 回収CO₂濃度の上昇と回収率の向上
- アミン吸着材充填塔による

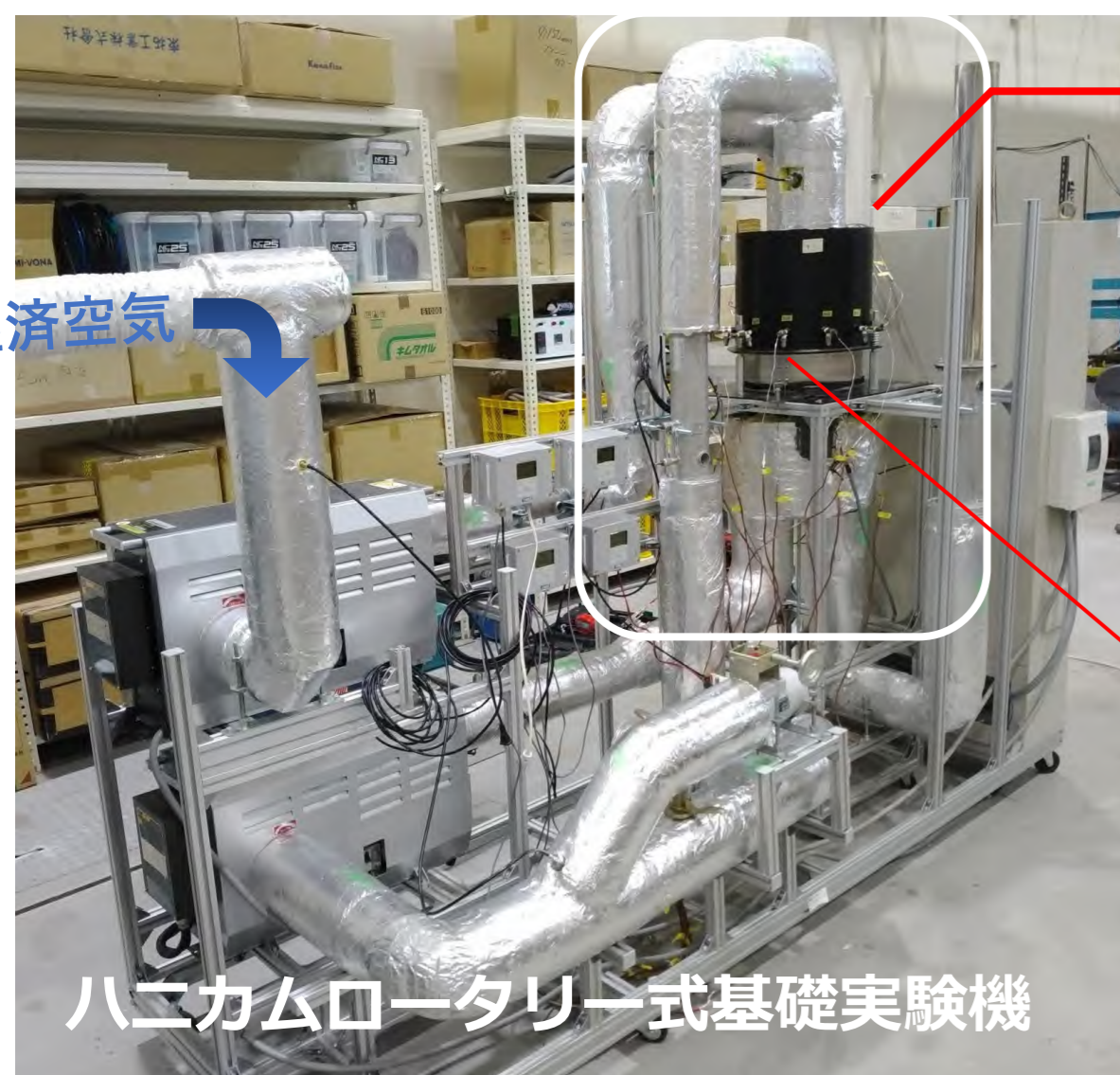


課題: RITEアミンの熱交換器への塗布プロセスの複雑化回避

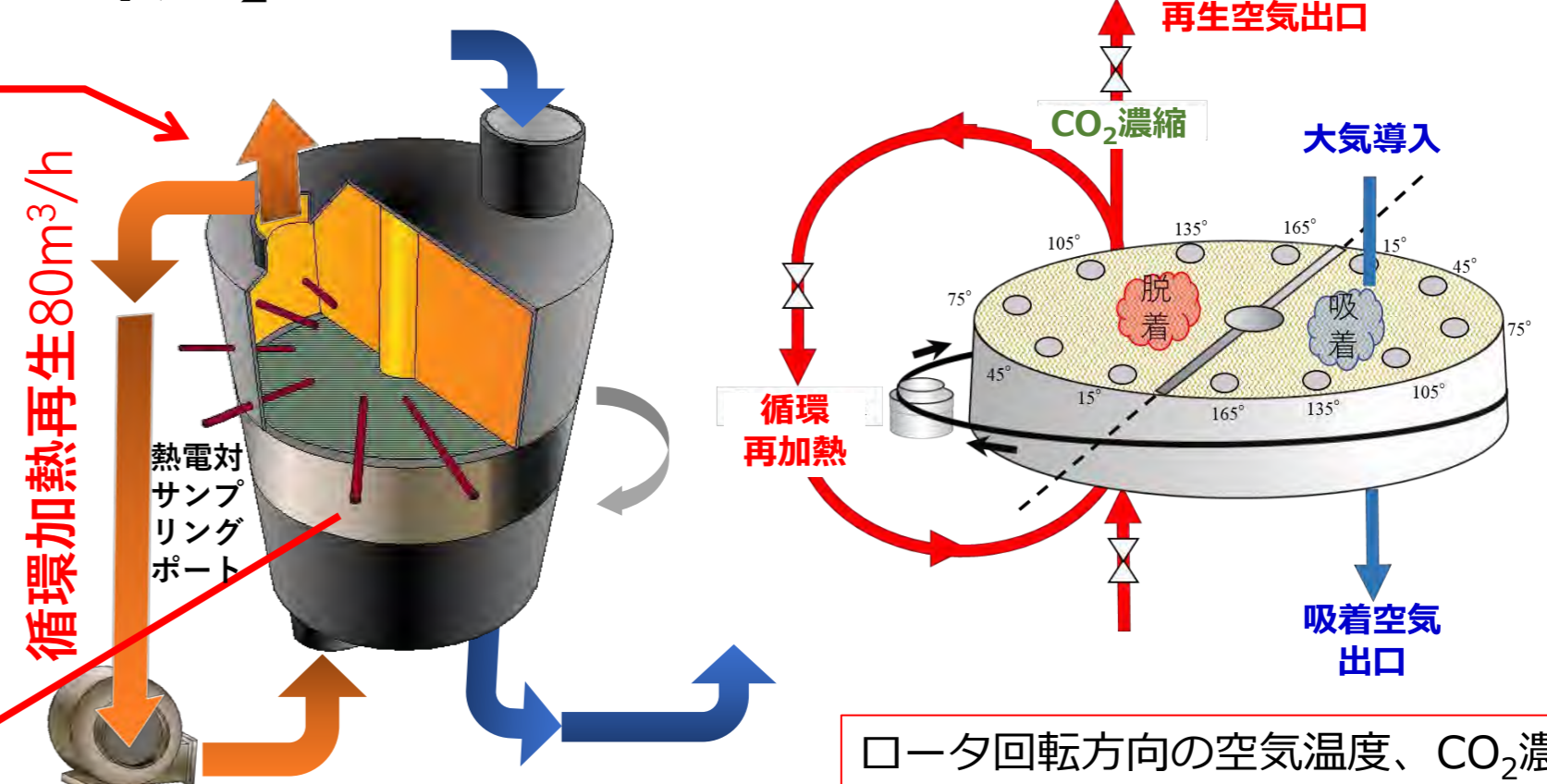
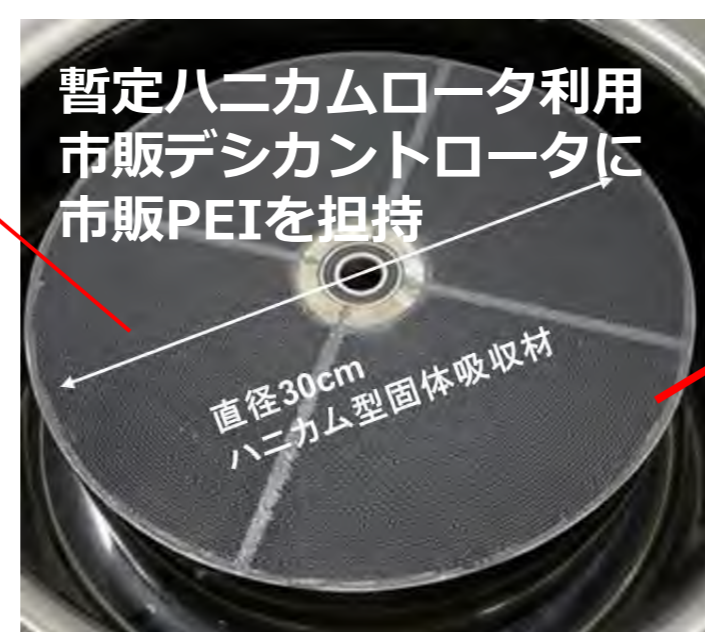
空気パージで400ppm→4% (100倍濃縮)を達成



【ロータリー式の進捗と課題】



再生温度100°C,
再生循環風量80m³/h,
吸着温度25°C,
処理空気風量100m³/h
として初期実験を実施



再生空気を加熱・循環することで導入空気量を減らしつつ、ロータ加熱に必要な熱量を供給する

ロータ回転方向の空気温度、CO₂濃度、水蒸気濃度分布を測定

- 高濃縮が可能となる流路構成を検討
- RITEアミンロータを用いた実証試験に反映予定

番号: A-1-3J

PJ: 大気中からの高効率CO₂分離回収・炭素循環技術の開発

テーマ名: 炭素循環社会の実現に向けて

担当機関名: 地球環境産業技術研究機構(RITE)

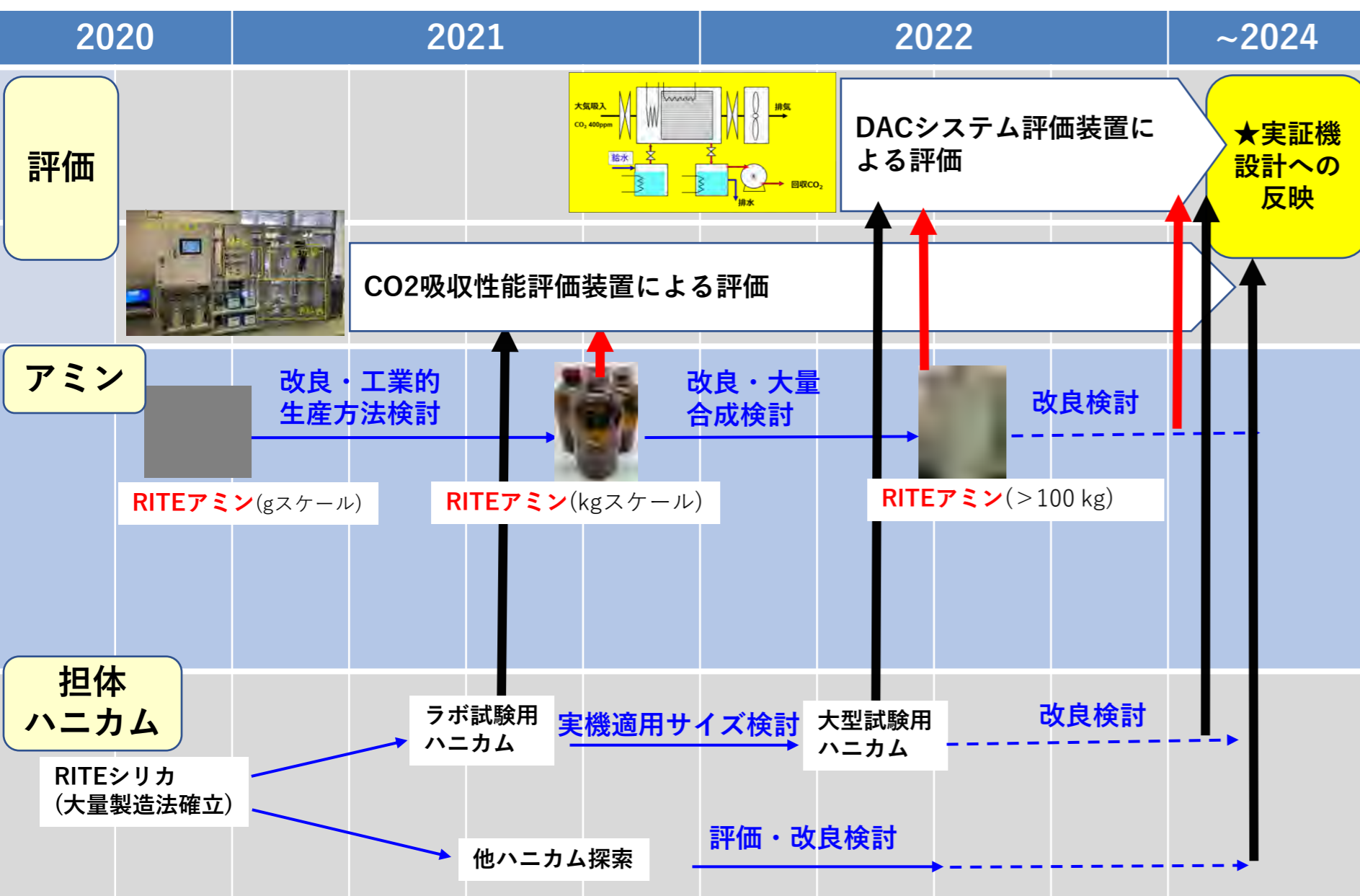
問合せ先: 地球環境産業技術研究機構(RITE) / yogo@rite.or.jp



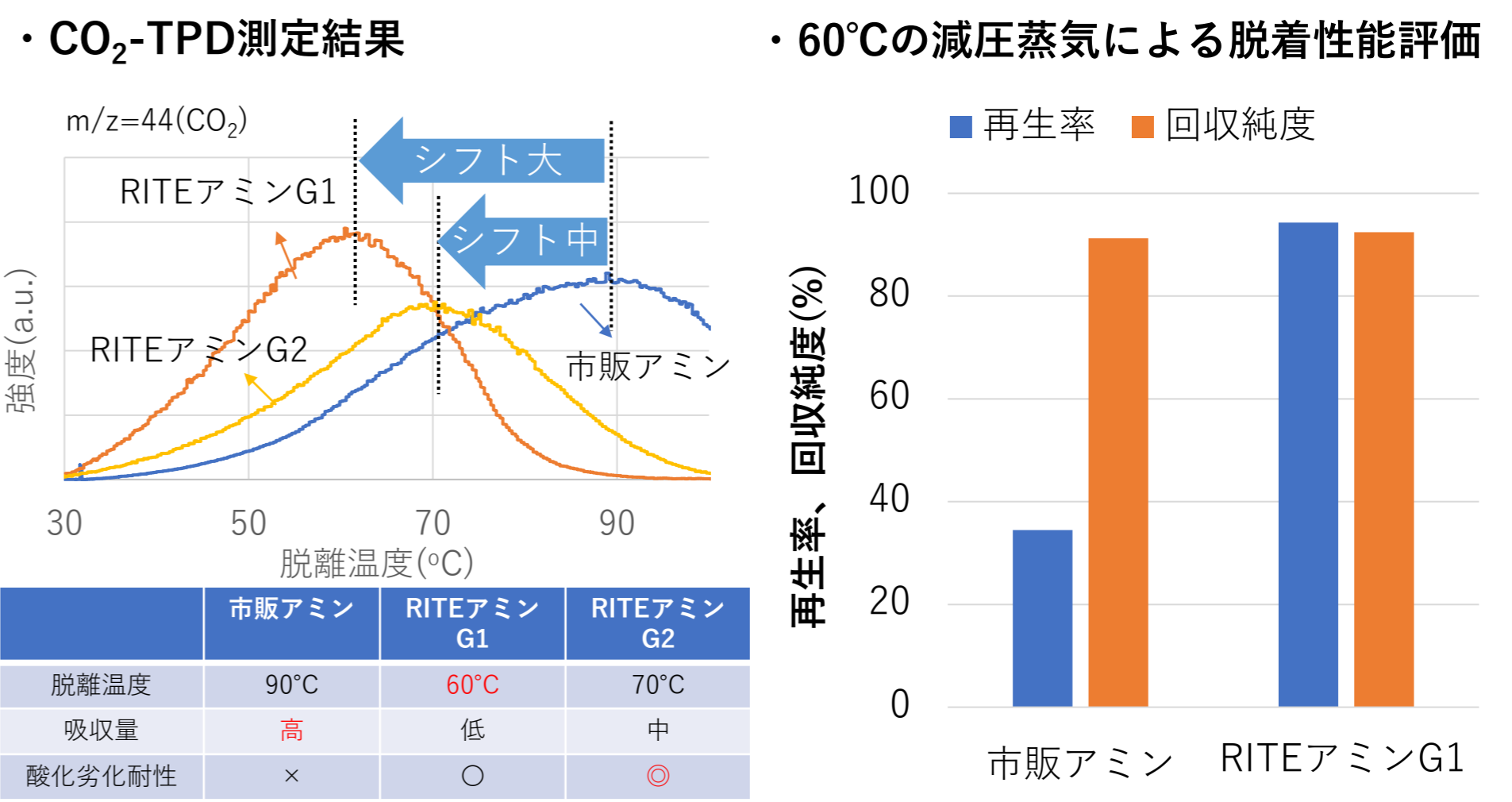
・DAC(Direct Air Capture) 技術開発: 大気中のCO₂を効率的に吸収・脱離する新たなアミンの開発および大量の空気を通過させるために、固体吸収材をハニカム等の圧力損失の少ない構造体にする技術の開発を進めています。更に、シミュレーション技術も活用して、プロセスでのCO₂回収エネルギー低減検討を実施しています。

・CO₂変換技術開発: 大気中から回収したCO₂を用いた液体炭化水素燃料の合成の研究開発を進めています。膜反応器を適用することにより高効率かつ省エネルギー化が期待でき、膜反応器に適用可能な無機分離膜の開発を検討しています。

【DAC技術開発でのアミン・担体の開発】



【開発RITEアミンの室温空気吸着後のCO₂脱着性能評価結果】

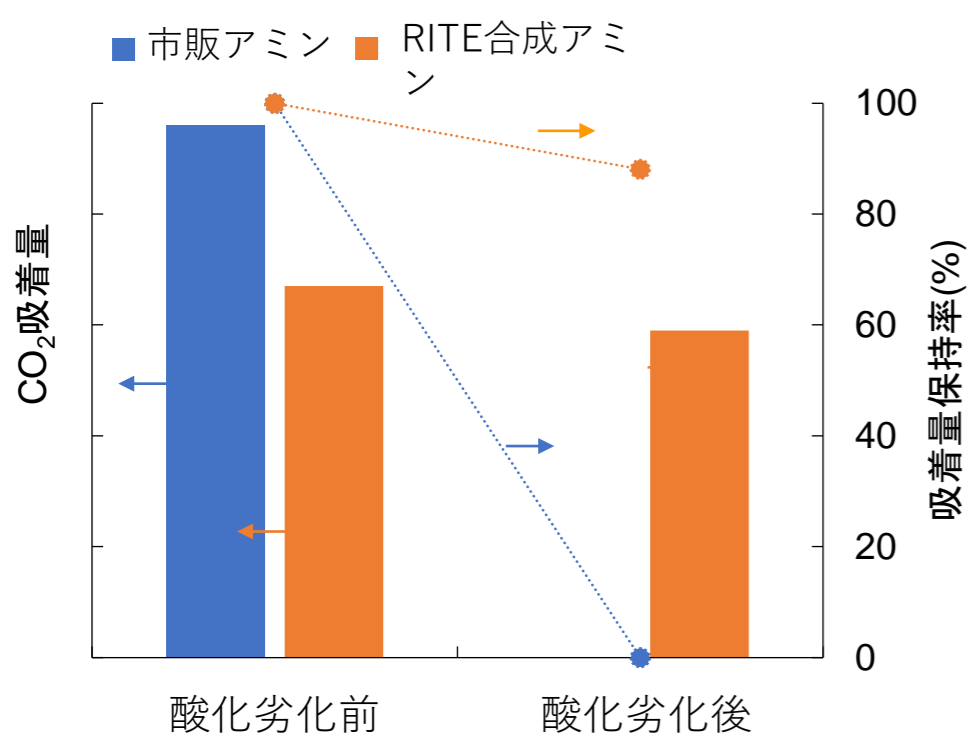


RITEアミンG1: 60°CでCO₂を脱離可能: 改良検討継続中

【RITEアミンG2の酸化劣化耐性】

(酸化劣化条件: 空気流通下, 100°C, 42 h)

酸化劣化前後の吸着量 (@0.04kPa)

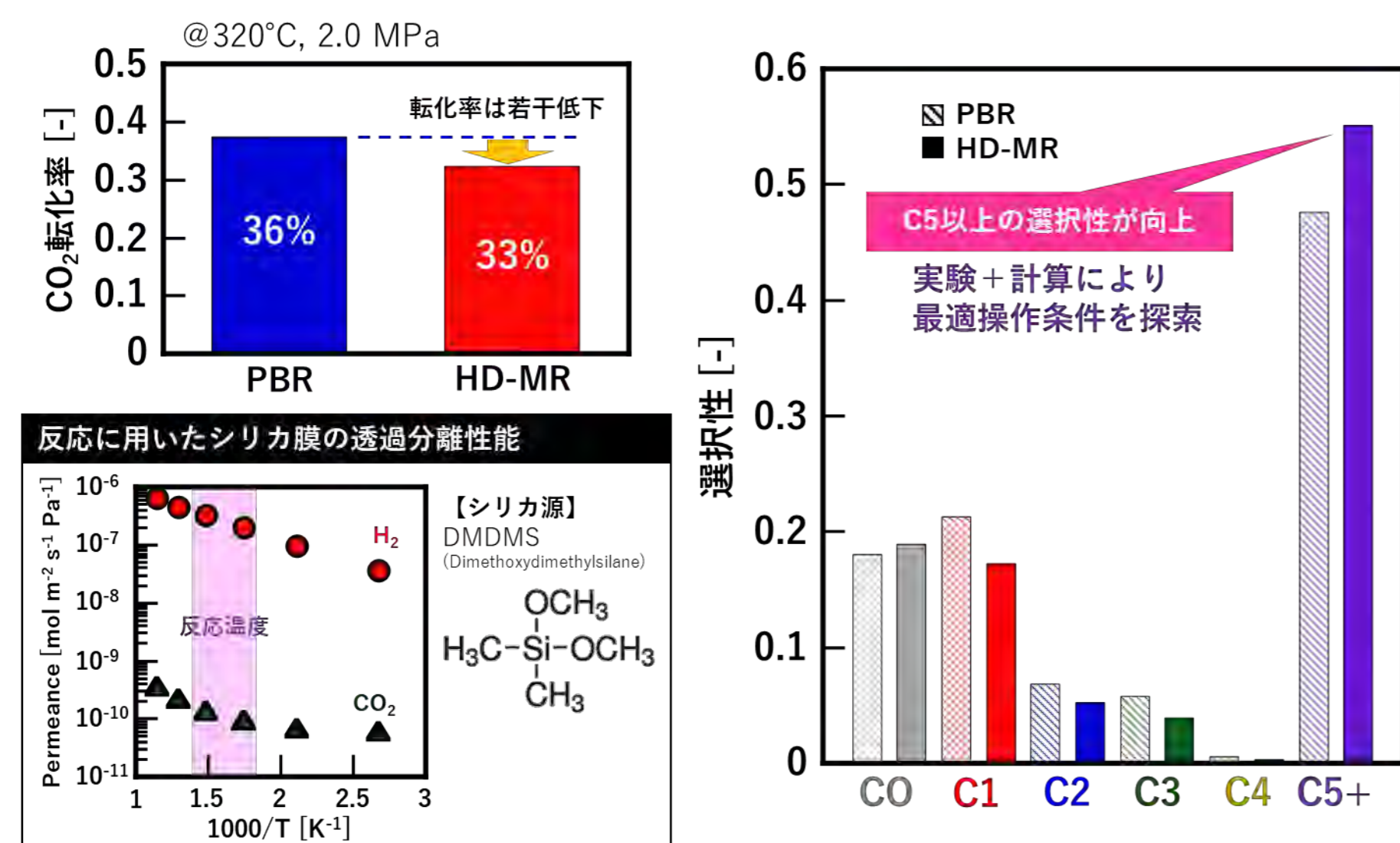


RITEアミンG2: 酸化劣化耐性が高いアミン構造に目途 (ラボ合成レベル) → 吸脱着性能向上の継続と工業的生産方法検討

【DAC実験棟(RITE敷地内設置)で評価試験開始】



【膜反応器を用いたCO₂変換の有用性検討】



シリカ膜を用いたH₂供給型膜反応器の有用性が示唆された

【膜反応器を用いたCO₂変換プロセスのイメージ】

