

大気中からの高効率CO₂分離回収・炭素循環 技術の開発

発表者：余語 克則（公益財団法人地球環境産業技術研究機構）

PM：児玉 昭雄

国立大学法人金沢大学 新学術創成研究機構 教授

PJ参画機関：国立大学法人金沢大学、公益財団法人地球環境産業技術研究機構



研究開発項目1. 「大気中からの高効率CO₂回収技術開発」

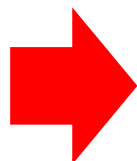
- ・開発した固体吸収材を用いた数t/day 規模のパイロットスケール試験を実施し、CO₂変換反応に適用可能な純度のDAC技術を確立する。
- ・分離回収エネルギーやコストを踏まえ、地球温暖化問題対策として有効なDACシステムの構築に目途を得る。
(目標：海外の先行事例を超える性能を達成)

研究開発項目2. 「炭素循環のためのCO₂変換技術開発」

- ・DACで回収したCO₂を原料として液体炭化水素燃料を高効率で製造可能なCO₂変換技術を開発する。
- ・Extractor-Distributor一体型膜反応器等による反応の制御と高効率化の検討を行い、実用に耐えうるCO₂変換率を達成可能な最適膜反応プロセスをパイロットレベルで実証し、社会実装に目途を得る。
(目標：商用運転のFT合成変換効率80%と同等レベル)

研究開発項目3. 「液体炭化水素燃料適用性、LCA評価」

- ・DAC - CO₂変換反応全体に対するLCA評価により正味のCO₂の削減効果を検証する。
- ・ユーザー企業による液体炭化水素燃料の適用性評価を行い、社会実装の可能性と課題抽出を進める。
(目標：実用化に向けた課題抽出と社会実装可能性の追求)



炭素循環社会の実現に貢献



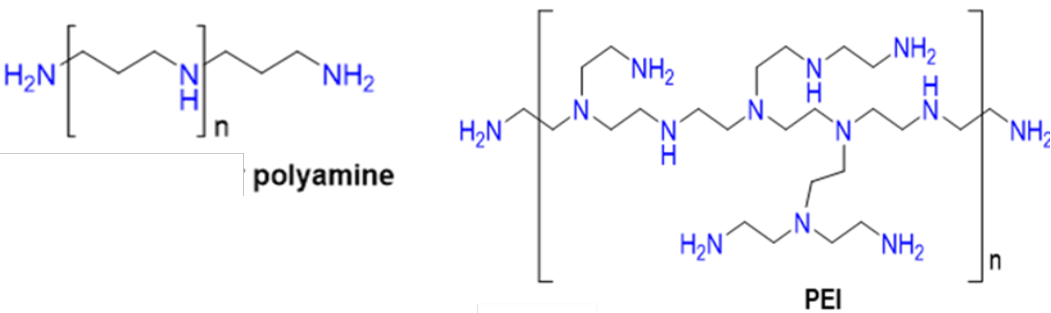
開発項目・内容 (RITE)

項目	年度	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
DAC	DAC用新規吸収材の開発 (RITE)	新規材料探索・ラボ評価			合成方法最適化		材料および製造法改良・性能向上検討				
	高効率DACプロセス開発とシステム評価 (金沢大、RITE、エンジン会社再委託)	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				
		シミュレーション検討 (最適な濃縮プロセスの提案)			シミュレーション検討 (パイロット試験装置設計支援)		シミュレーション検討 (運転条件最適化)				
		低濃度CO ₂ 回収プロセス検討 (システム開発・改良)		低濃度CO ₂ 回収プロセス検討 (小型ベンチ試験)		低濃度CO ₂ 回収プロセス検討 (実用システム開発・改良)					
DACスケールアップ試験装置の詳細設計・製造と評価試験 (エンジン会社再委託)							課題抽出 改良検討 パイロット試験装置の設計	パイロット試験装置の製作	パイロット試験 実用性評価		
CO ₂ 変換	高効率CO ₂ 変換技術の開発と最適プロセス検討 (RITE)	脱水膜と水素透過膜の開発 一体型膜反応装置設計			膜の耐久性試験 一体型膜反応装置の製作と試運転		大気中から回収したCO ₂ の直接変換反応技術の開発				
	CO ₂ 変換スケールアップ試験装置の詳細設計・製造と評価 (エンジン会社再委託)						ベンチ/小型パイロットスケール試験装置の設計・製作		最適な膜反応プロセスの実証		
	CO ₂ 変換技術 e-fuel 適用性、LCA評価 (自動車会社と連携)					e-fuel要求仕様の検討 経済性見通し判断		実証プラントの燃料を用いての部材影響およびエンジン実機評価		LCA最終評価 社会実装性評価	

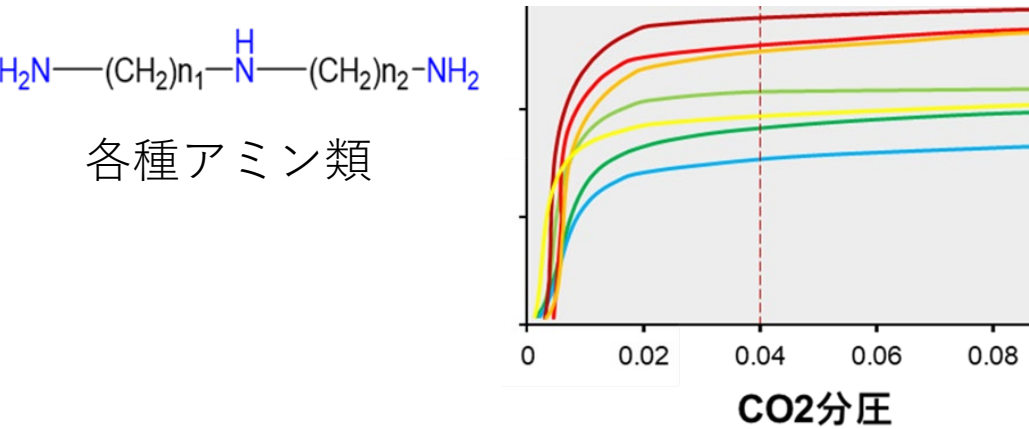


DAC用アミンのスクリーニング

- 既存DAC材料



アミン構造のスクリーニング

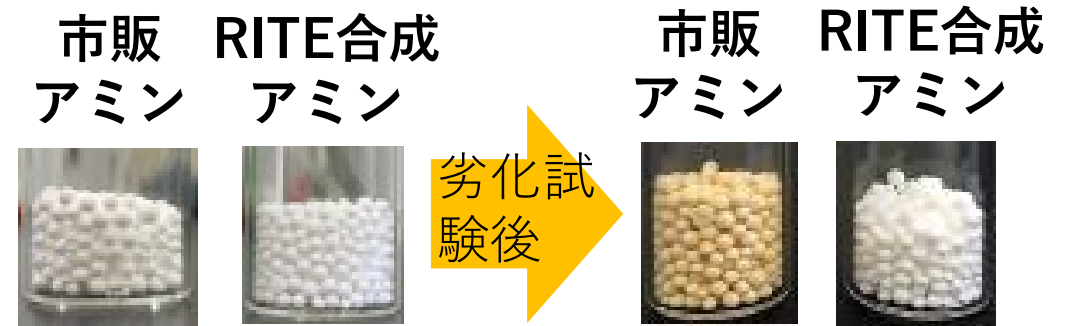


- 吸収量、熱や酸化劣化耐性の高いDACに最適なアミン種を精査、基礎データを蓄積

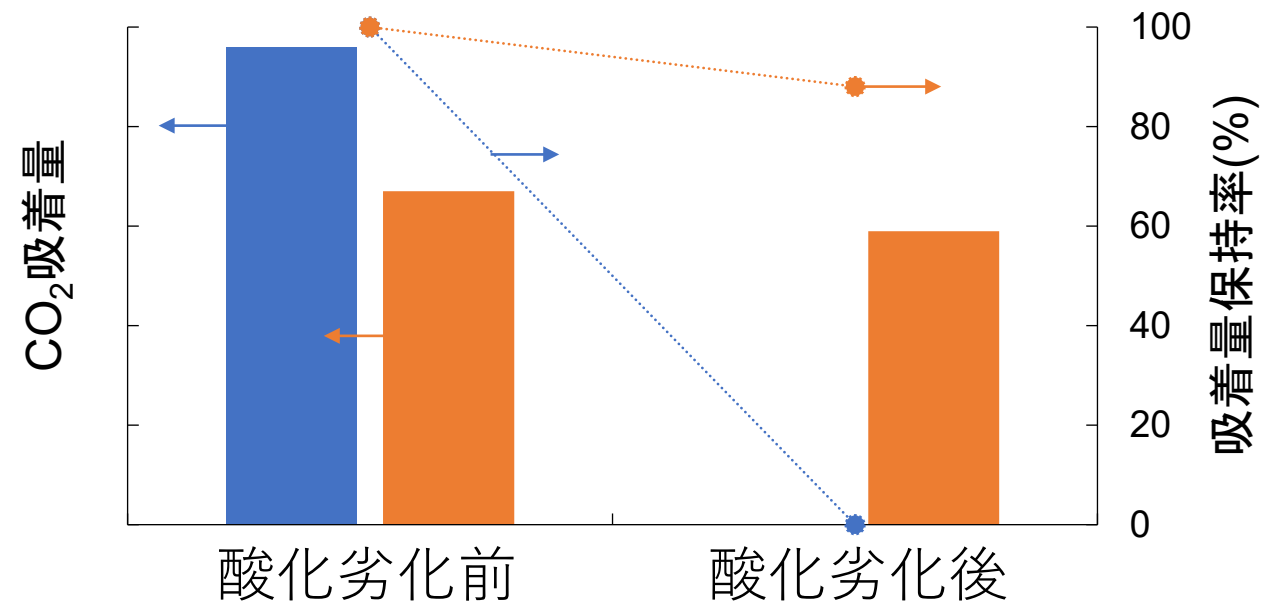
知見を基に新規アミンを合成

新規合成アミンの評価結果

酸化劣化前後の吸着量



■ 市販アミン ■ RITE合成アミン

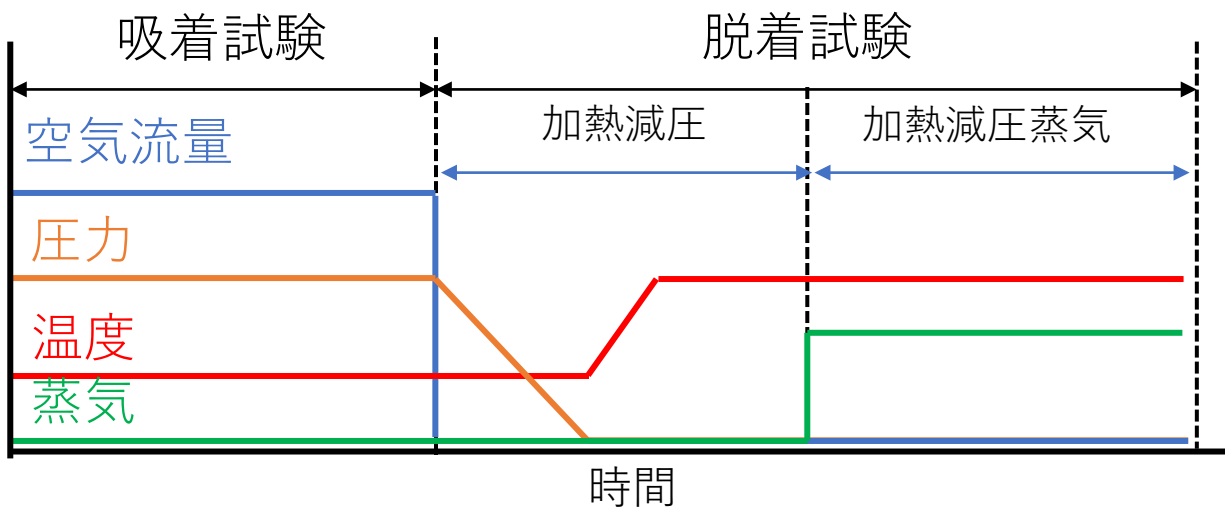
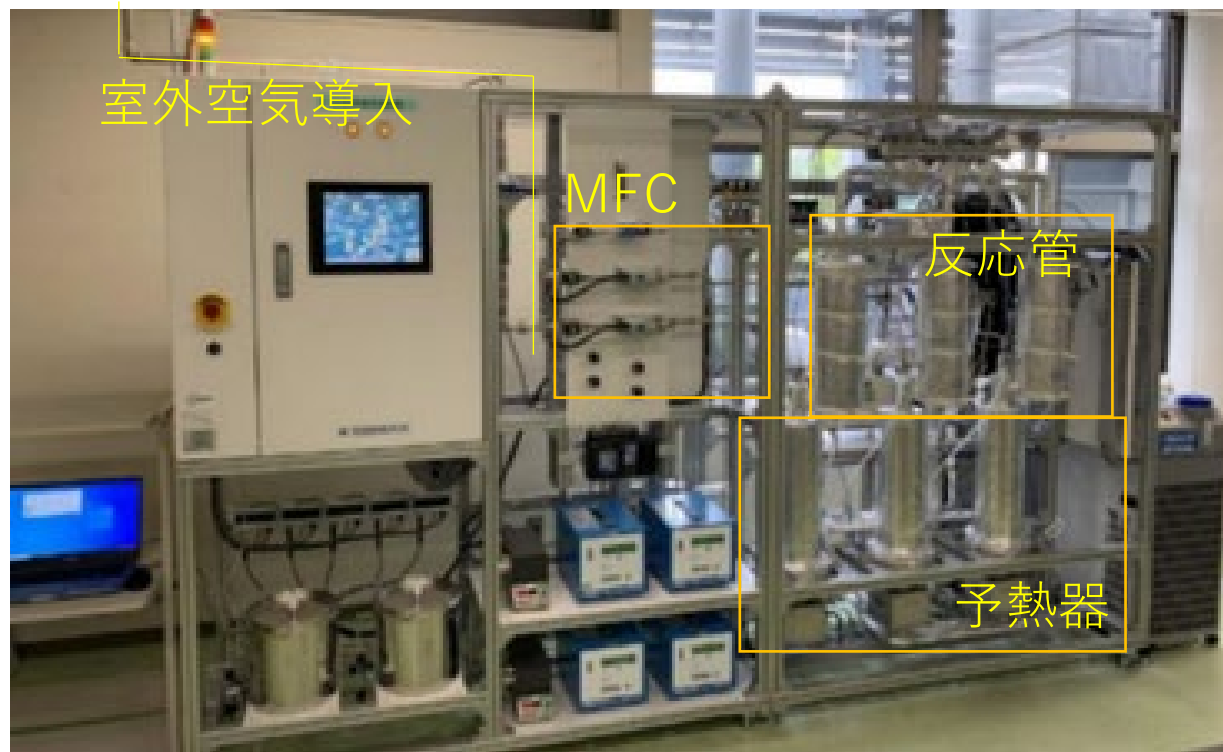


○高い酸化劣化耐性を持つアミン構造に目途
→脱着性能の把握および向上検討を実施予定

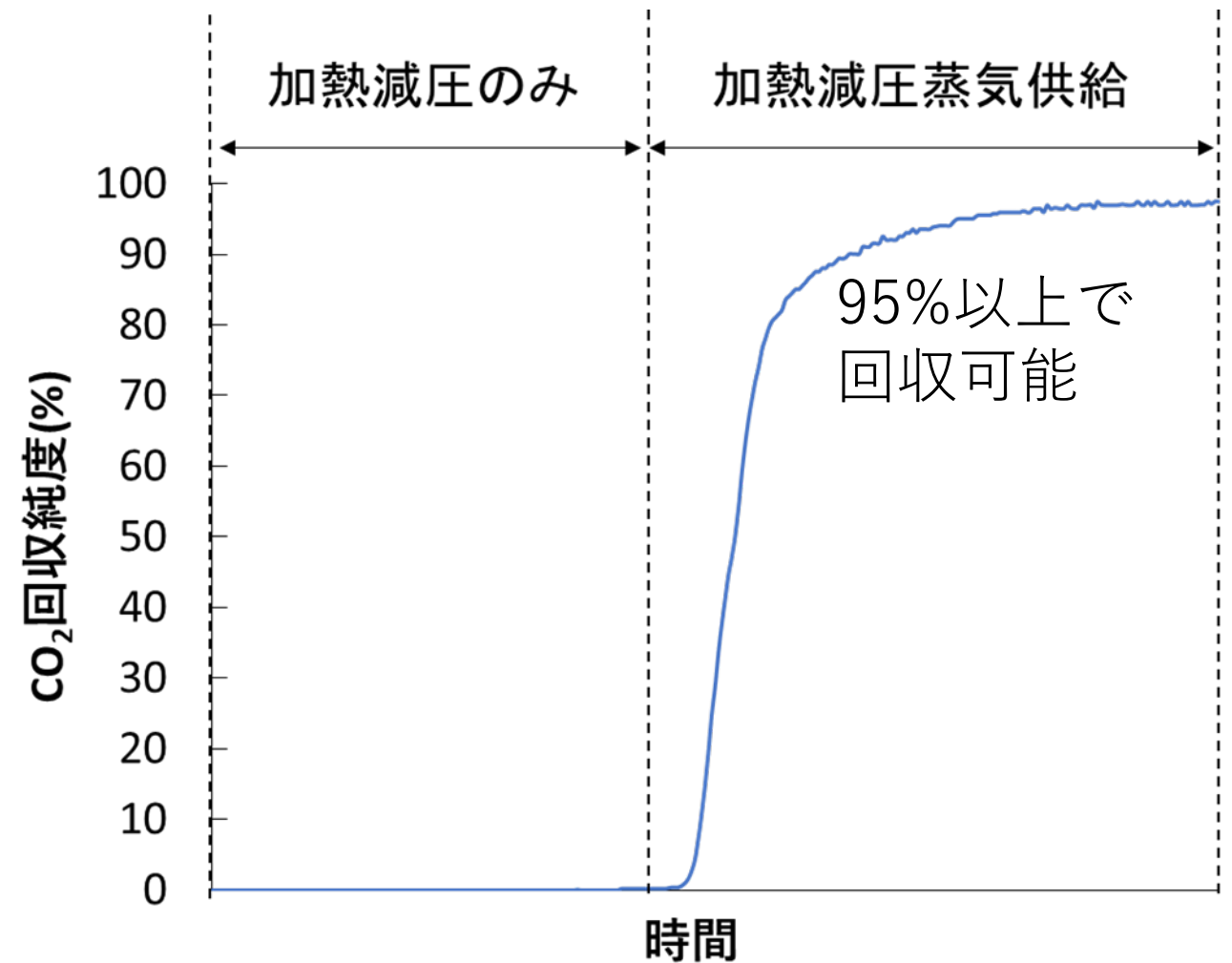


蒸気再生

ラボ試験装置



ラボ試験装置によるCO₂脱着試験結果



- ・ 吸着したCO₂を高純度で回収可能
- RITEアミンやハニカム吸着材の評価を実施予定
- また、スケールアップ検討、要素検証のために、小型ベンチ試験装置も製作中



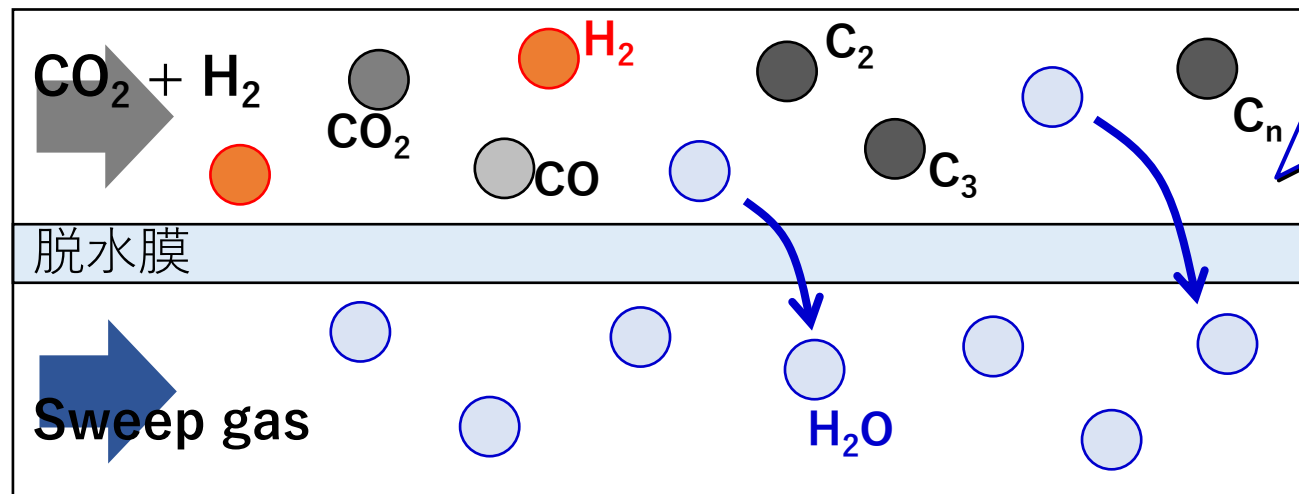
膜反応器を用いたCO₂のダイレクト変換

研究開発項目2. 炭素循環のためのCO₂変換技術開発

2-① 高効率CO₂変換技術の開発と最適プロセス検討(RITE)

< Extractor型MR >

脱水膜 (規則性多孔体) + 触媒



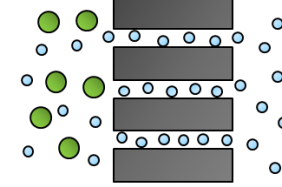
< 脱水膜 >

Si/Alを制御したゼオライト系脱水膜により、CO₂のダイレクト変換を実現する

細孔径制御 (分子ふるい)

透過性; 小

透過

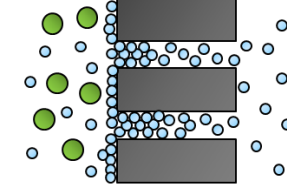


6員環ゼオライト (SOD型など)

親和性制御 (選択的吸着)

透過性; 大

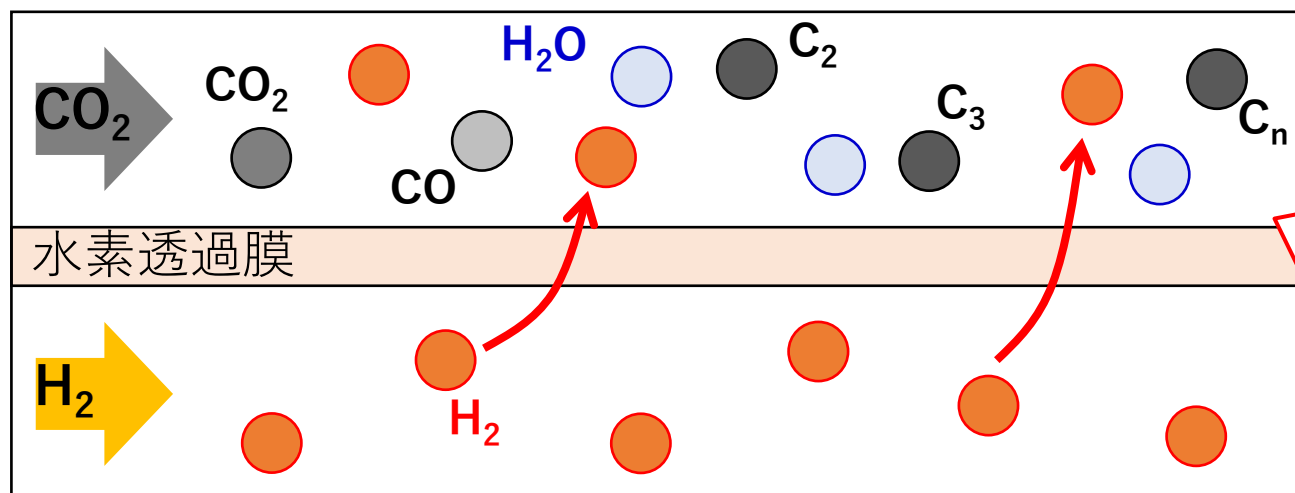
吸着 → 拡散



低シリカ含有ゼオライト (LTA型など)

< Distributor型MR >

水素透過膜 (シリカ、Pd) + 触媒



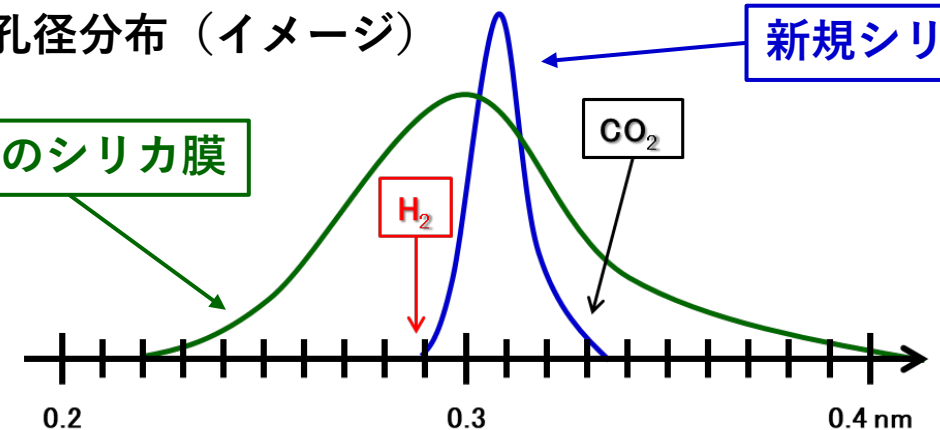
< 水素透過膜 >

精密に細孔径制御されたシリカ膜を用いて、FT合成におけるAnti-ASF則を実現する

膜の細孔径分布 (イメージ)

従来のシリカ膜

新規シリカ膜



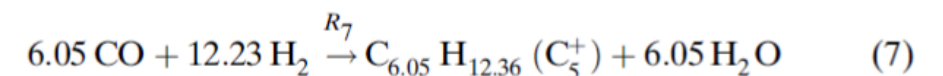
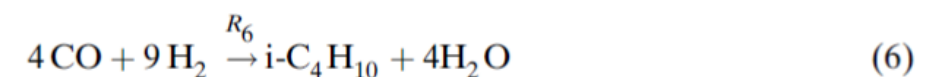
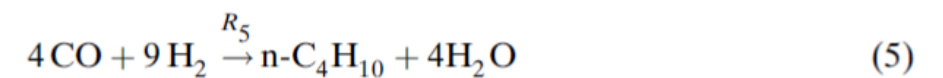
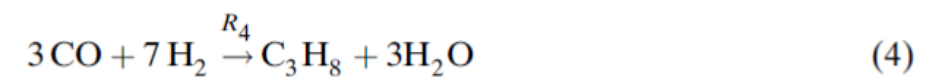
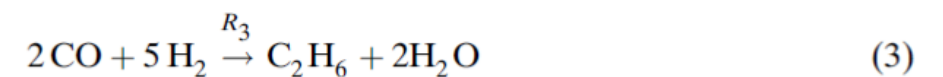
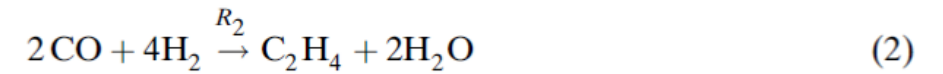
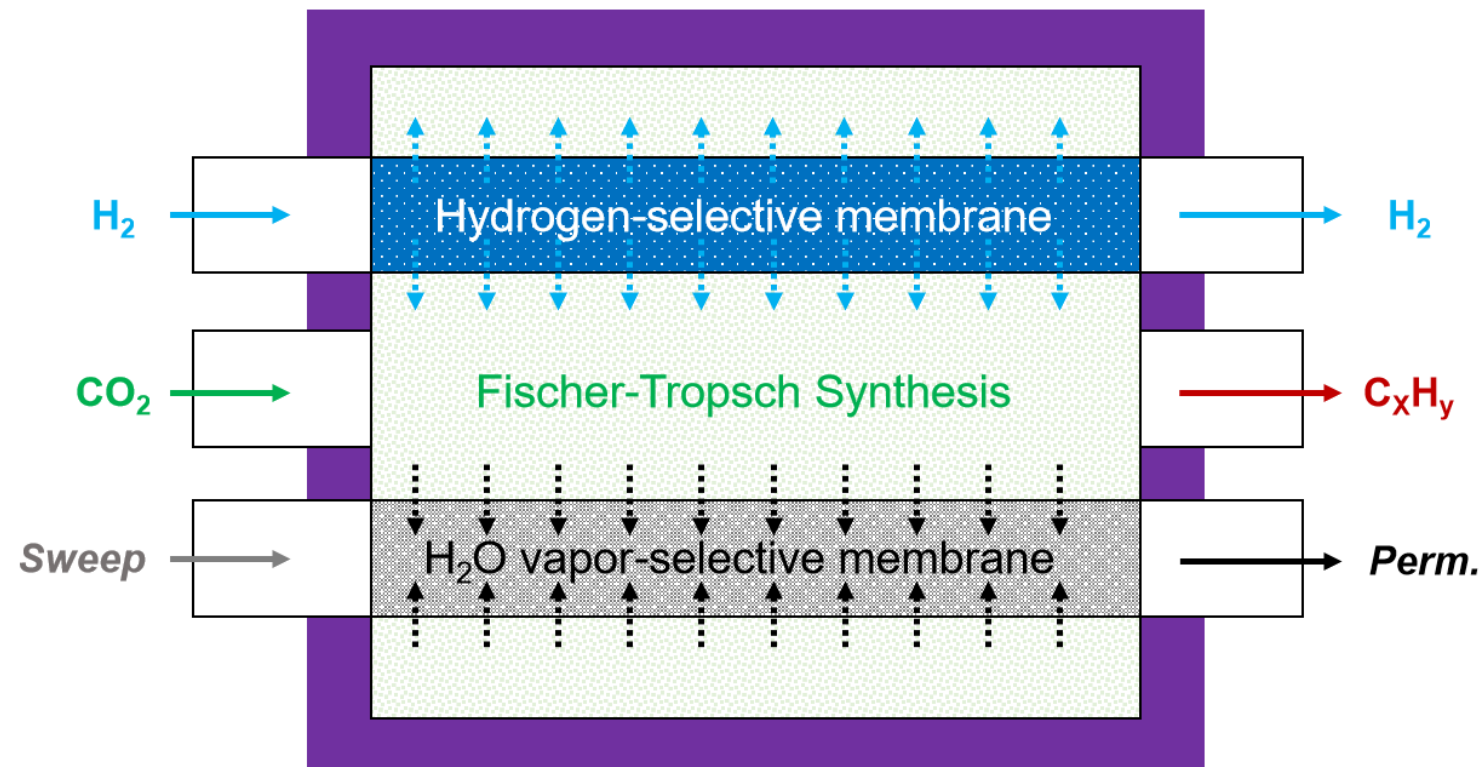


膜反応器を用いたCO₂のダイレクト変換

研究開発項目2. 炭素循環のためのCO₂変換技術開発

2-① 高効率CO₂変換技術の開発と最適プロセス検討(RITE)

<FT合成用膜反応器のシミュレーション>



<シミュレーション結果>

反応圧力1.7 MPa, 反応温度250°Cにて

● 膜反応器: CO₂転化率 = 94%

● 触媒充填層型: CO₂転化率 = 65%

1.5倍

FT反応の反応速度式(Fe-HZSM-5)*

$$R_i = k_i \exp\left(\frac{-E_i}{RT}\right) P_{\text{CO}}^m P_{\text{H}_2}^n$$

*Marvast et al., Chem. Eng. Technol., 2005, 28, 1, 78-86.

H₂O引き抜き + H₂供給を行うFT合成用膜反応器は高いCO₂転化率を示す

