

カーボンニュートラルに向けた無機膜の役割

2021年12月1日

地球環境産業技術研究機構
無機膜研究センター
センター長 中尾 真一



1. カーボンニュートラルと無機膜の役割
2. 無機膜研究センターの研究
3. 産業化戦略協議会の活動
4. 今後の活動

1. **カーボンニュートラルと無機膜の役割**
2. 無機膜研究センターの研究
3. 産業化戦略協議会の活動
4. 今後の活動

カーボンゼロエミッション

CO₂フリー水素製造 → 無機膜の利用

カーボンリサイクル

CO₂分離回収

競合技術多数(化学吸収、固体吸収、高分子膜)

CO₂利用

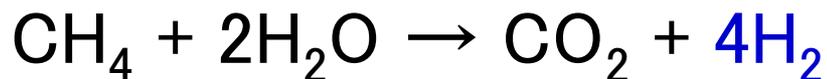
CO₂とH₂の反応が主

膜反応器の利用 → 無機膜の利用

カーボンゼロエミッション、水素社会の構築に向けた無機膜の活用

◆水素／酸素分離(膜分離)

◆CH₄、bio-EtOH水蒸気改質反応(膜反応器)



◆CH₄直接分解によるCO₂フリー水素製造(膜反応器)



◆水素キャリアの脱水素反応(膜反応器)



◆

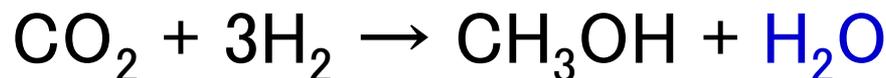
CO₂を有効活用するカーボンリサイクルにおける無機膜の活用

◆CO₂分離(膜分離)

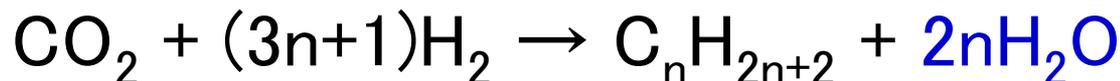
◆メタネーション(膜反応器)



◆メタノール合成(膜反応器)



◆液体炭化水素燃料合成(膜反応器)

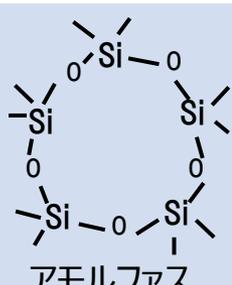
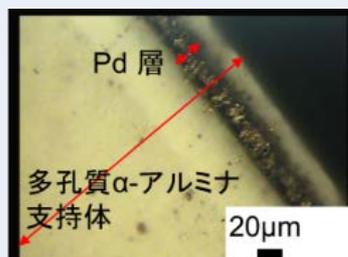
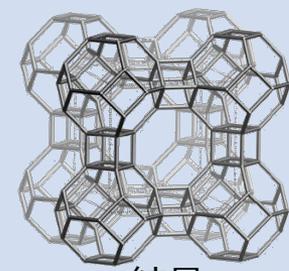


◆

1. カーボンニュートラルと無機膜の役割
- 2. 無機膜研究センターの研究**
3. 産業化戦略協議会の活動
4. 今後の活動

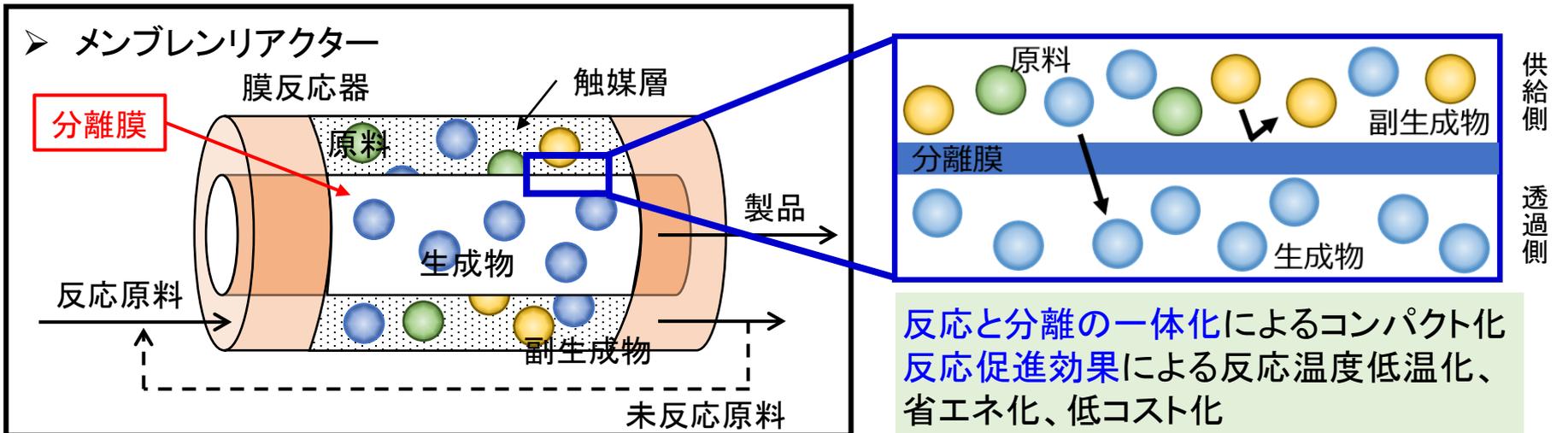
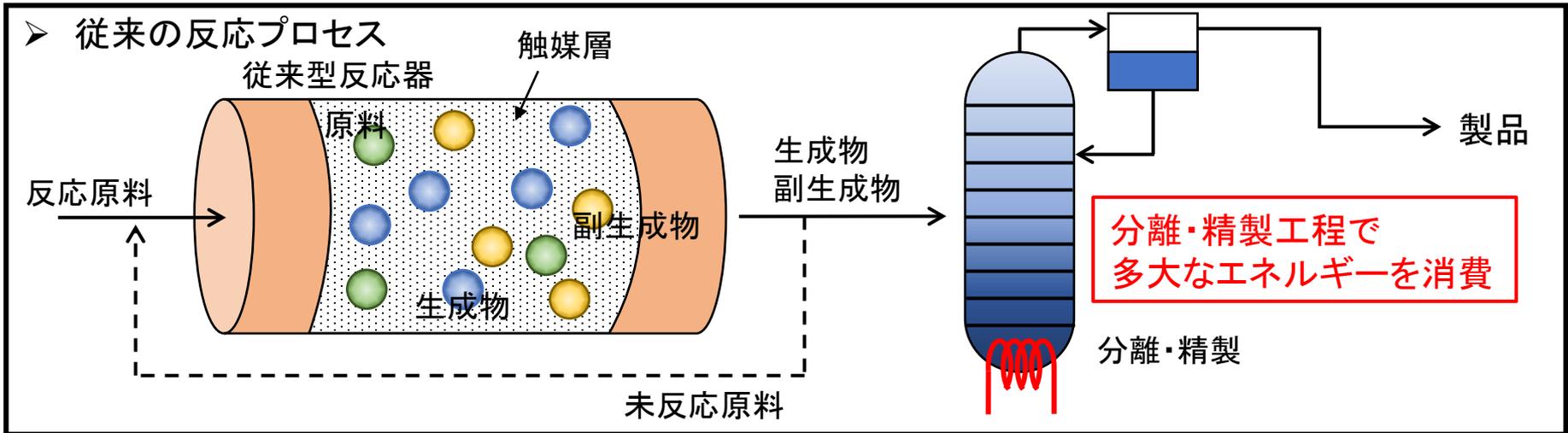
無機膜研究センターが保有する技術

無機膜研究センターが保有する世界最高レベルの技術シーズ

膜種	構造	主な用途	製法	特長
シリカ	 <p>アモルファス</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◆MCH脱水素 ◆水素製造 ◆CCU技術 	対向拡散 CVD法	<ul style="list-style-type: none"> ◆膜構造設計自由度 ◆高い水素透過性能
パラジウム	 <p>細孔内充填型</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◆水素製造 ◆CCU技術 	無電解 めっき法 (RITE独自)	<ul style="list-style-type: none"> ◆水素以外は透過しない ◆耐久性向上と コスト低減の可能性
ゼオライト	 <p>結晶</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◆CO₂分離 ◆CCU技術 	水熱合成法	<ul style="list-style-type: none"> ◆結晶構造に由来する均一な細孔 ◆特異的な吸着性能

膜反応器(メンブレンリアクター)

- 膜反応器(メンブレンリアクター)では、反応と分離が一体
- 分離・精製工程での省エネ・省スペース化が可能。



①CO₂有効利用技術

- CO₂を原料としたメタノール合成
- CO₂を原料とした液体炭化水素燃料合成(FT合成)

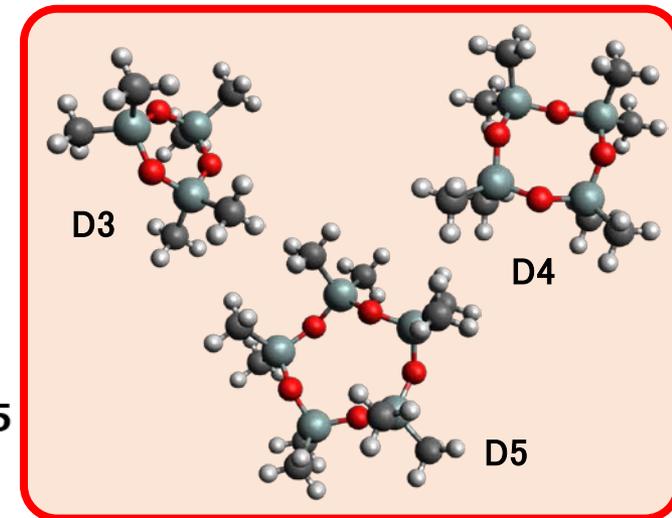
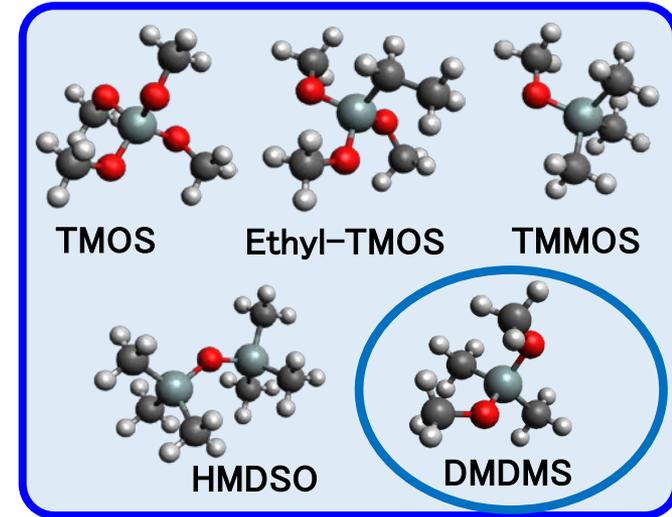
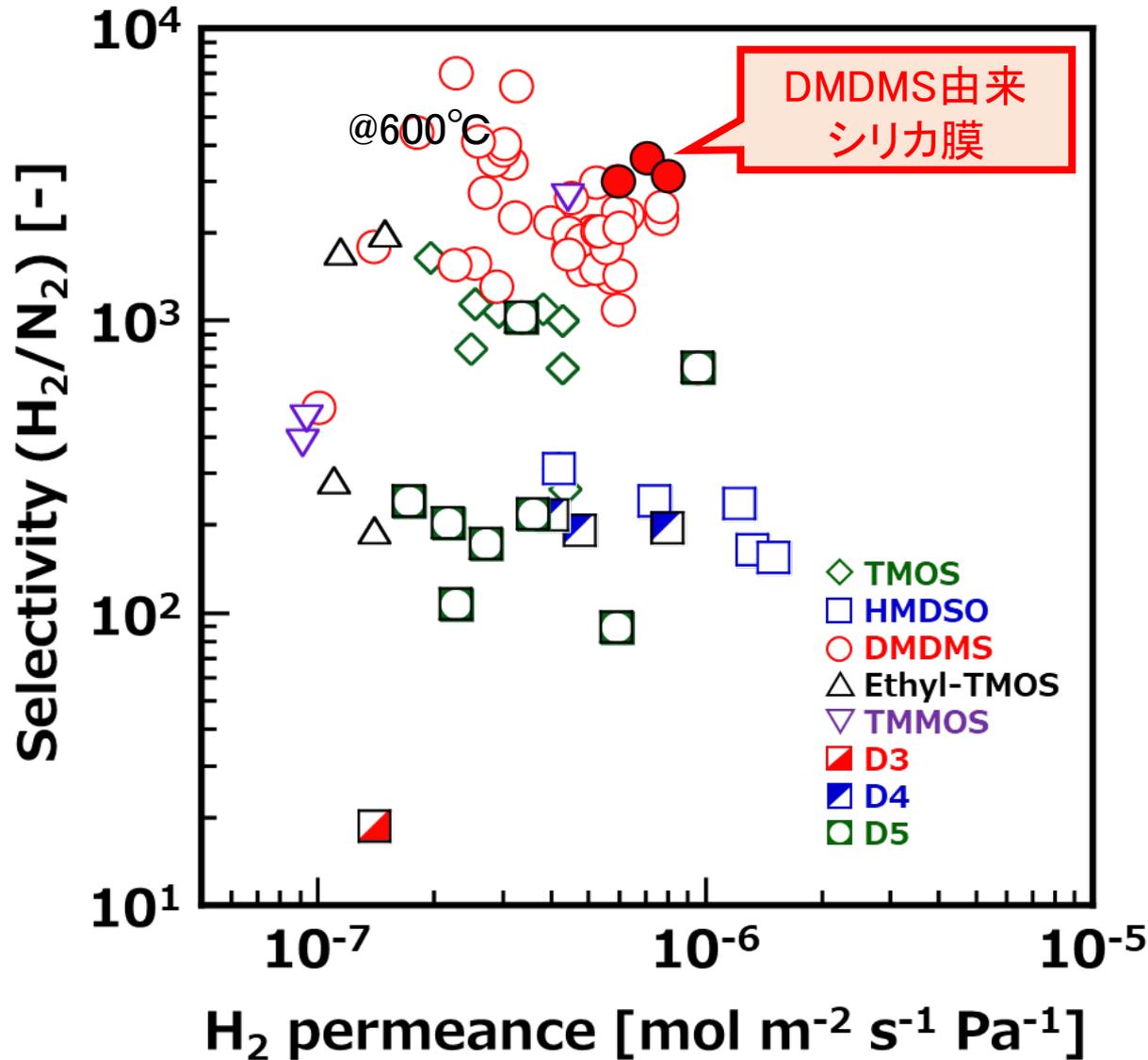
②CO₂フリー水素製造技術

- 膜反応器を用いたメタン直接分解による
CO₂フリー水素製造技術

③水素エネルギー貯蔵・輸送等技術

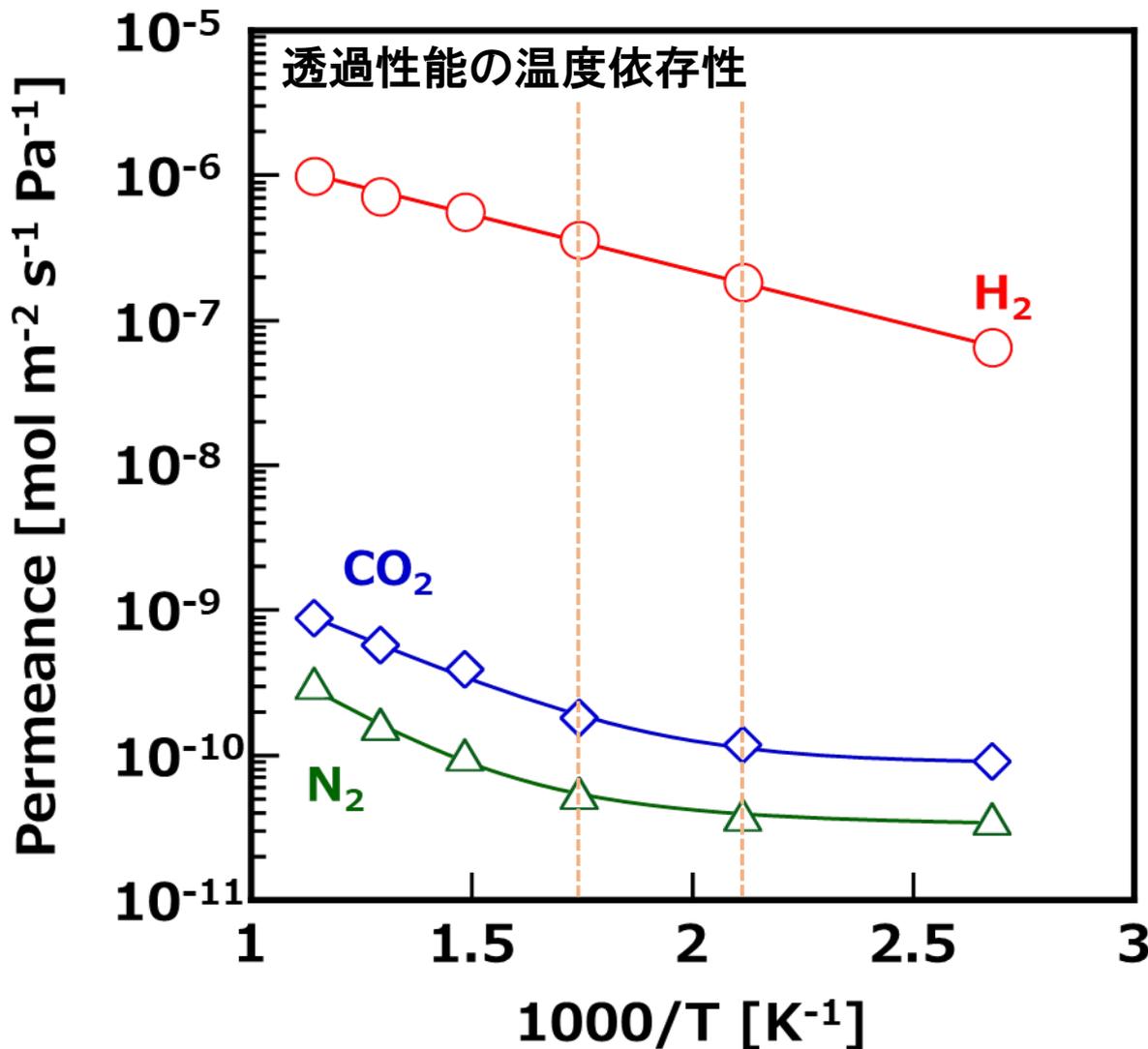
- 膜反応器を用いた水素エネルギーキャリアシステム

水素透過膜(シリカ膜)の性能



水素透過膜(シリカ膜)の性能

- 透過性能、分離係数の温度依存性を確認



permeance (m⁻² s⁻¹ Pa⁻¹)

	400°C	300°C
H ₂	5.65 × 10 ⁻⁷	3.60 × 10 ⁻⁷
CO ₂	3.91 × 10 ⁻¹⁰	1.87 × 10 ⁻¹⁰
N ₂	1.00 × 10 ⁻¹⁰	5.37 × 10 ⁻¹⁰

Selectivity

	400°C	300°C
H ₂ /CO ₂	1,450	1,990
H ₂ /N ₂	5,640	6,710

<2022年度中間目標>

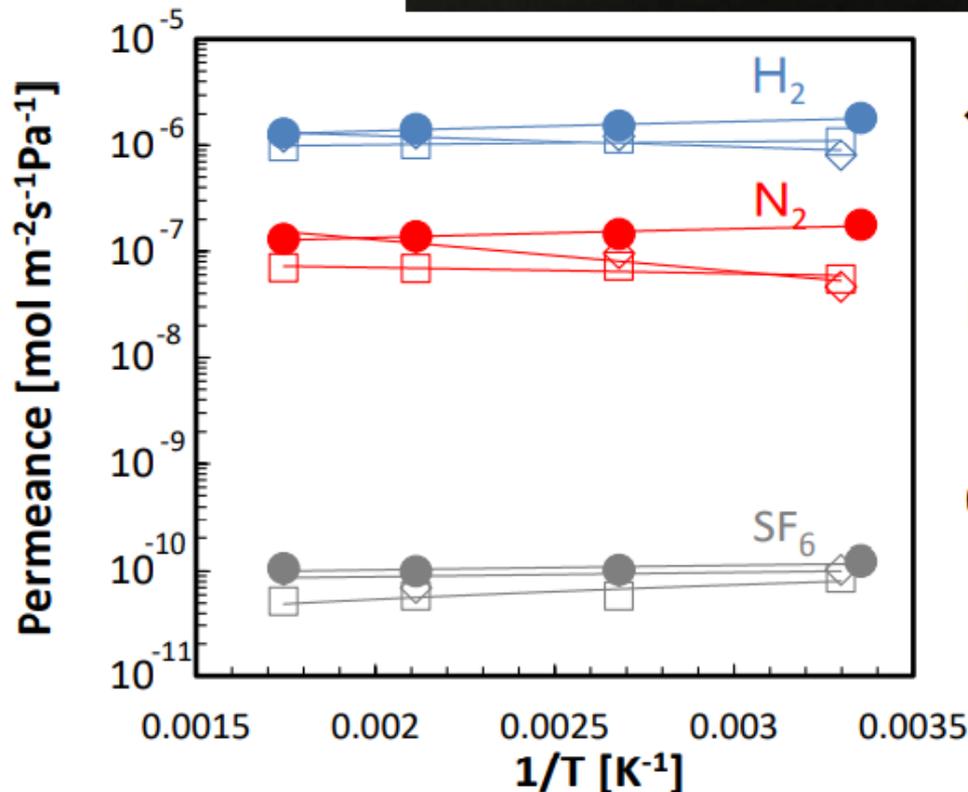
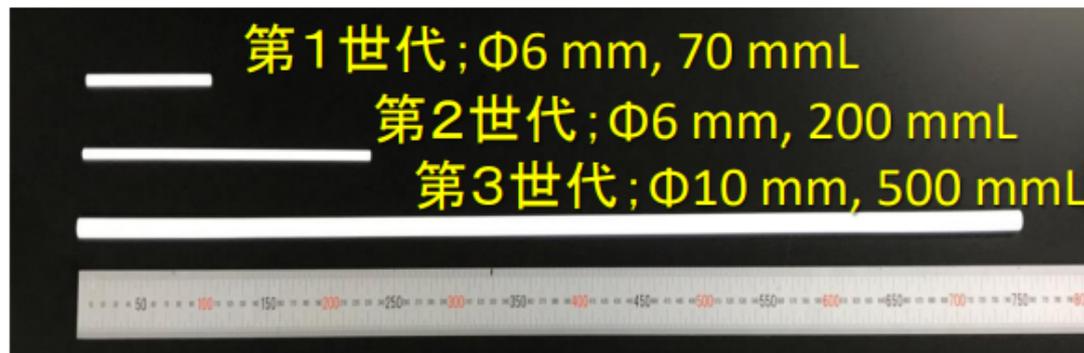
◆ H₂ perm. 5 × 10⁻⁷

◆ H₂/CO₂ 3,000

水素透過膜(シリカ膜)の長尺化

Φ6mm 70 mmLから

Φ10mm 500 mmLへ

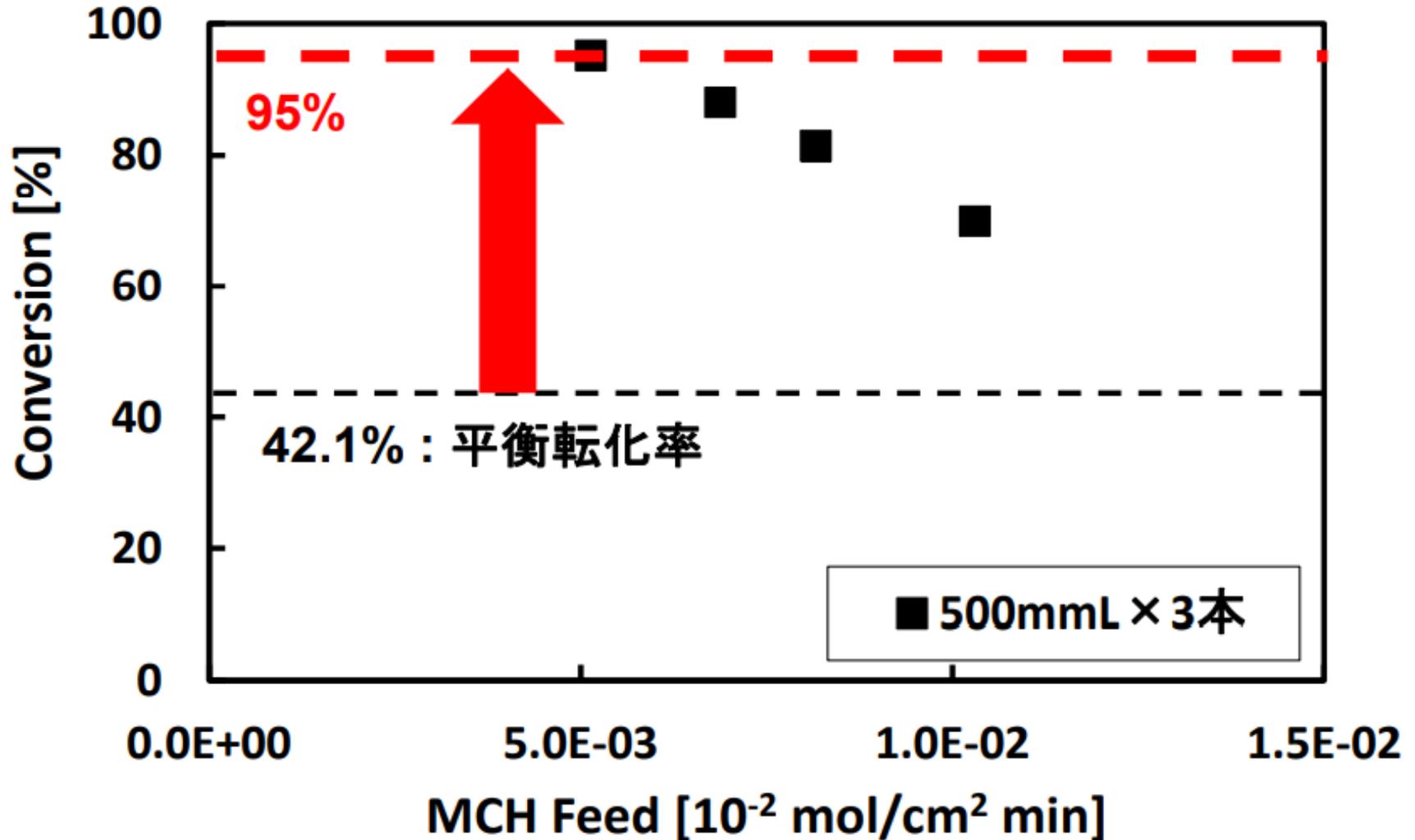


- ◇ 70 mmL (Φ6 mm)
- 200 mmL (Φ10 mm)
- 500 mmL (Φ10 mm)

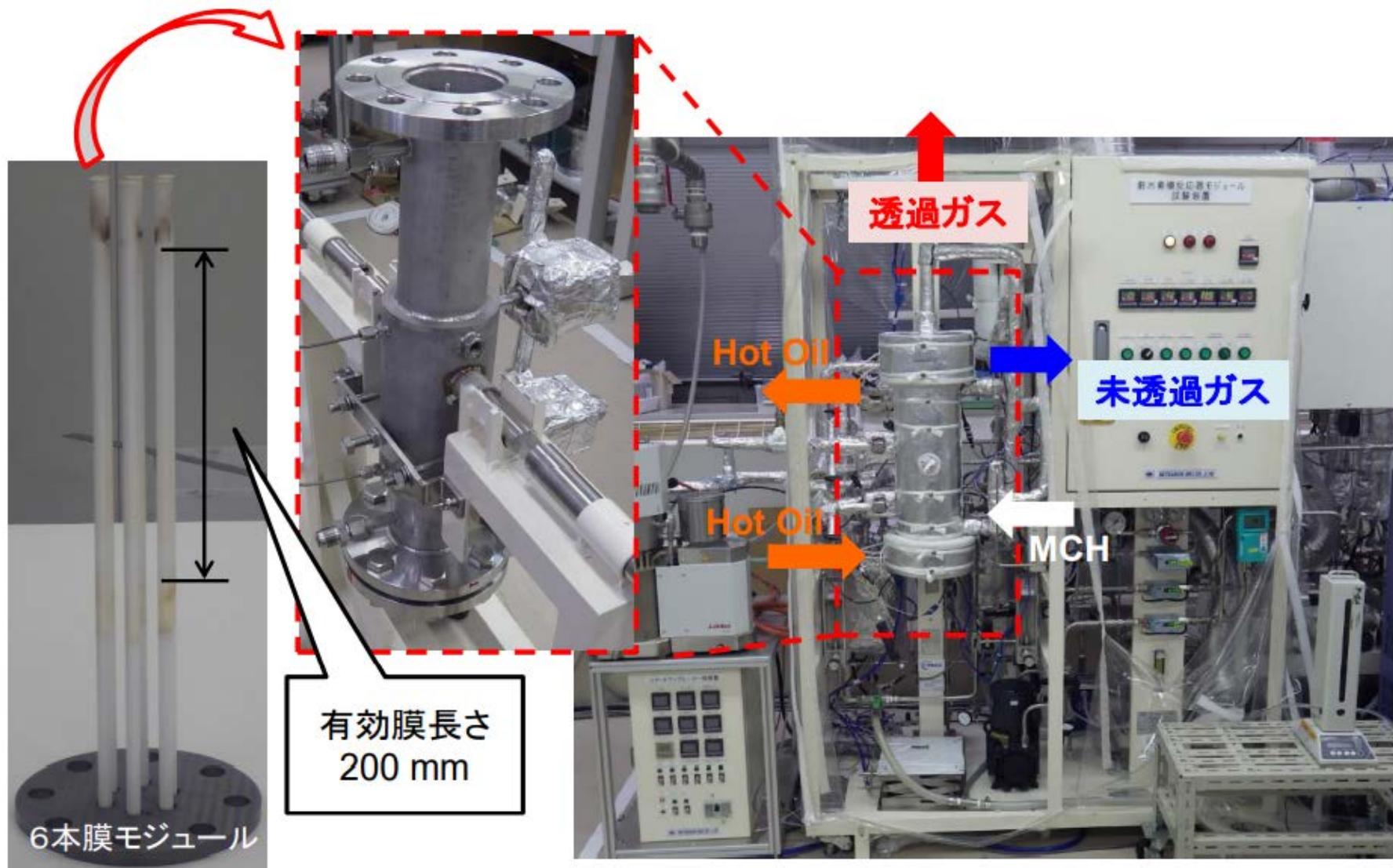
※SF₆=Toluene代替ガス

MCH脱水素膜反応器の性能

試験結果 (@300°C 反応側 305 kPaA/透過側 25 kPaA)



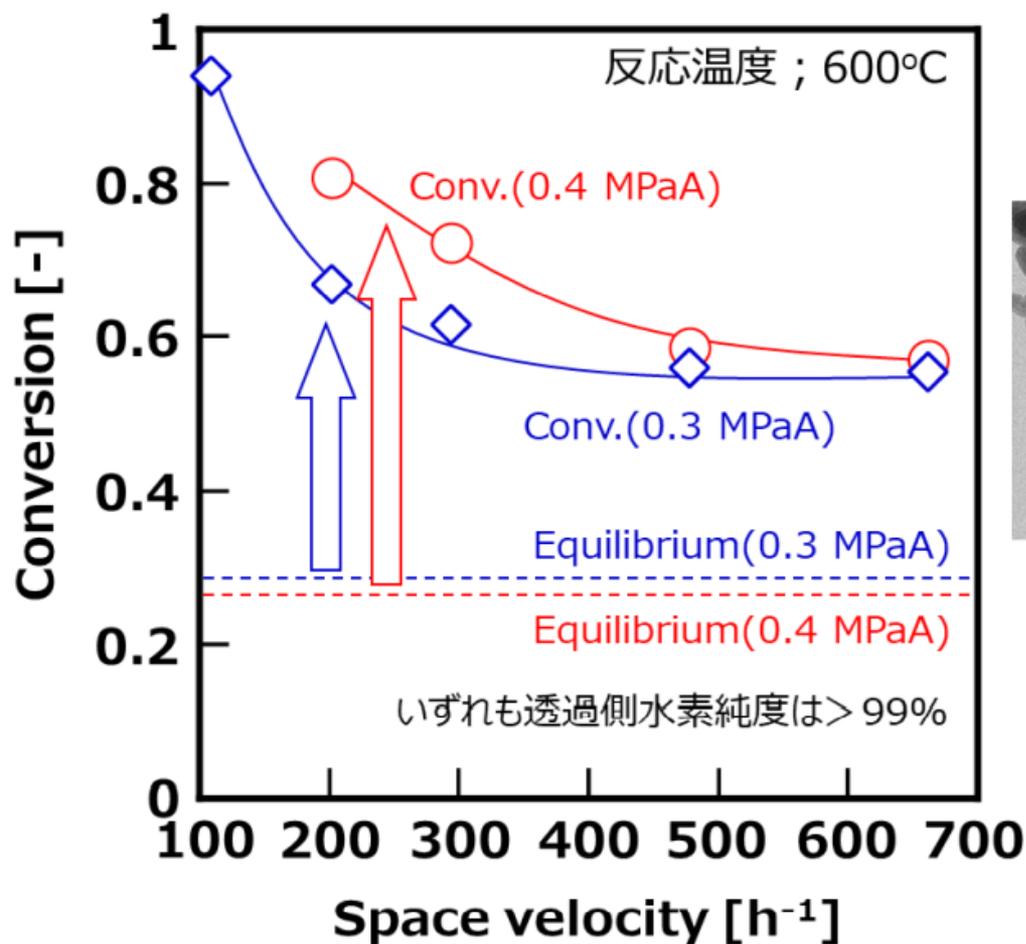
小型膜反応器と透過装置



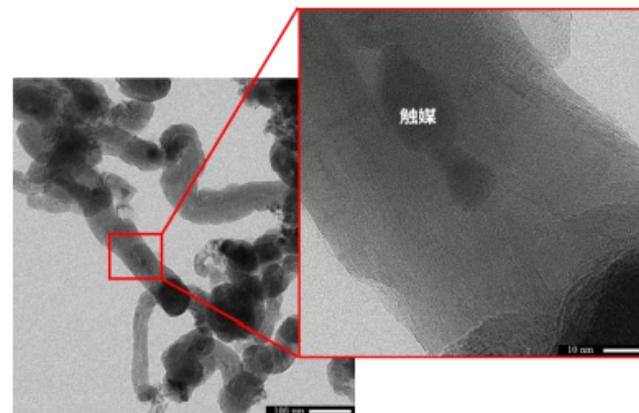
CH₄直接分解膜反応器の性能



Pd膜+Ni/Fe/Al₂O₃触媒



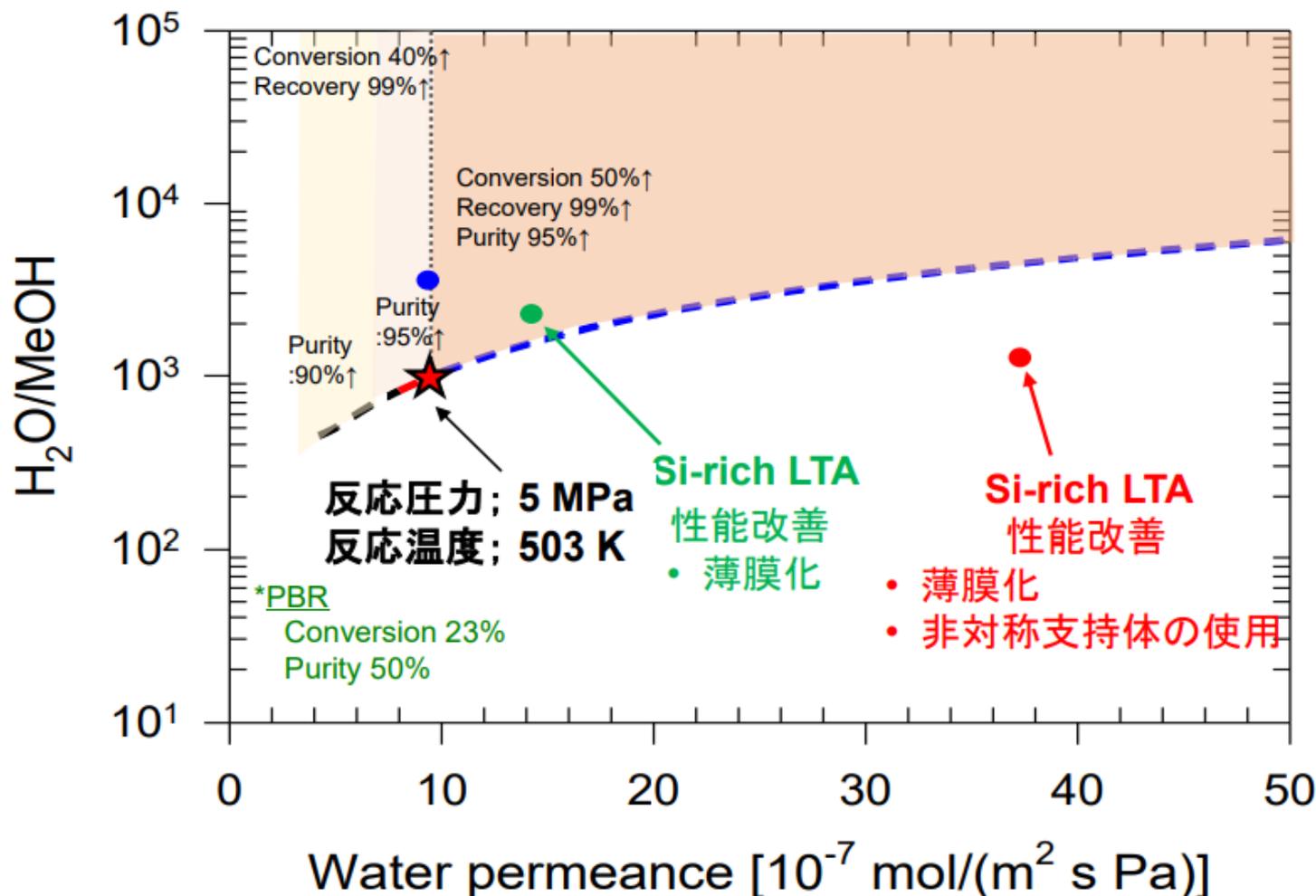
得られたカーボン



触媒を中心にグラフェンが層状に積層されているような構造

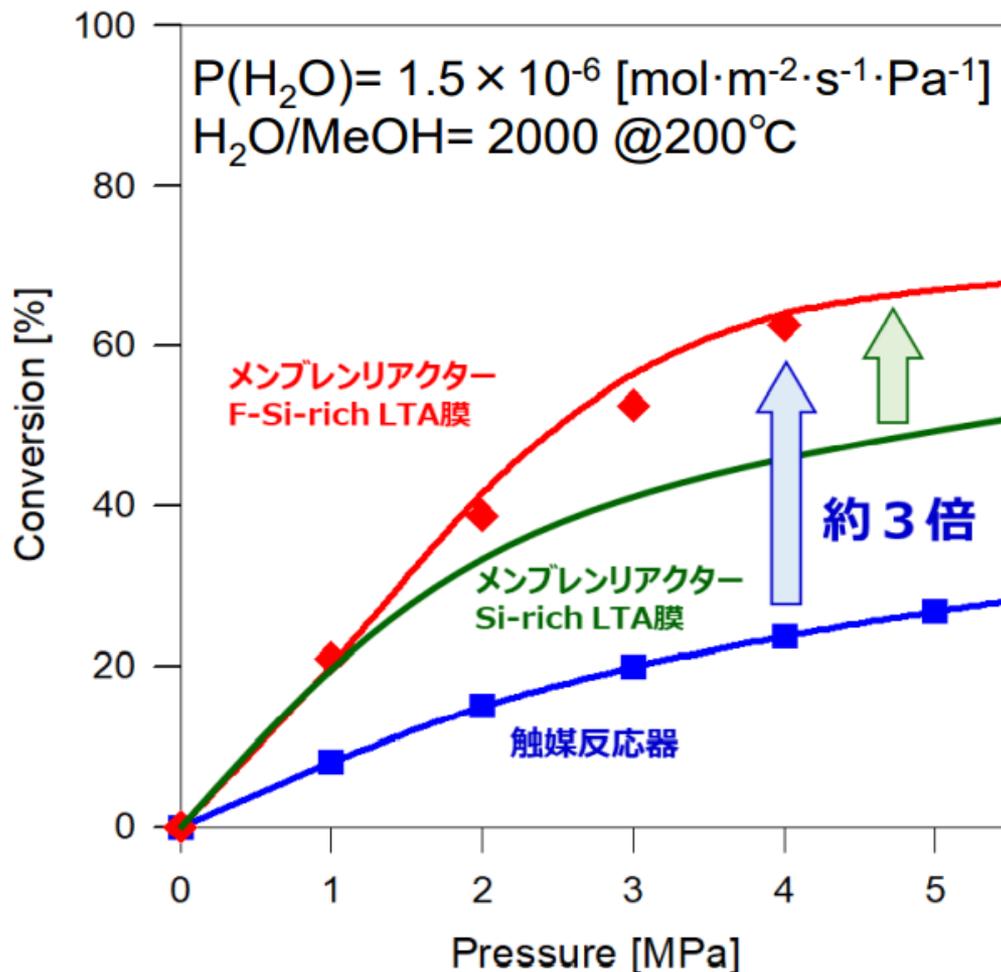
ゼオライト膜の性能

10%H₂O-90%MeOHの蒸気透過試験 ($\Delta P = 0.1 \text{ MPa}$)



メタノール合成膜反応器の性能

透過分離性能が向上した膜(F-Si-rich LTA膜)を用いることにより、従来の触媒充填層型反応器と比較して転嫁率が約3倍



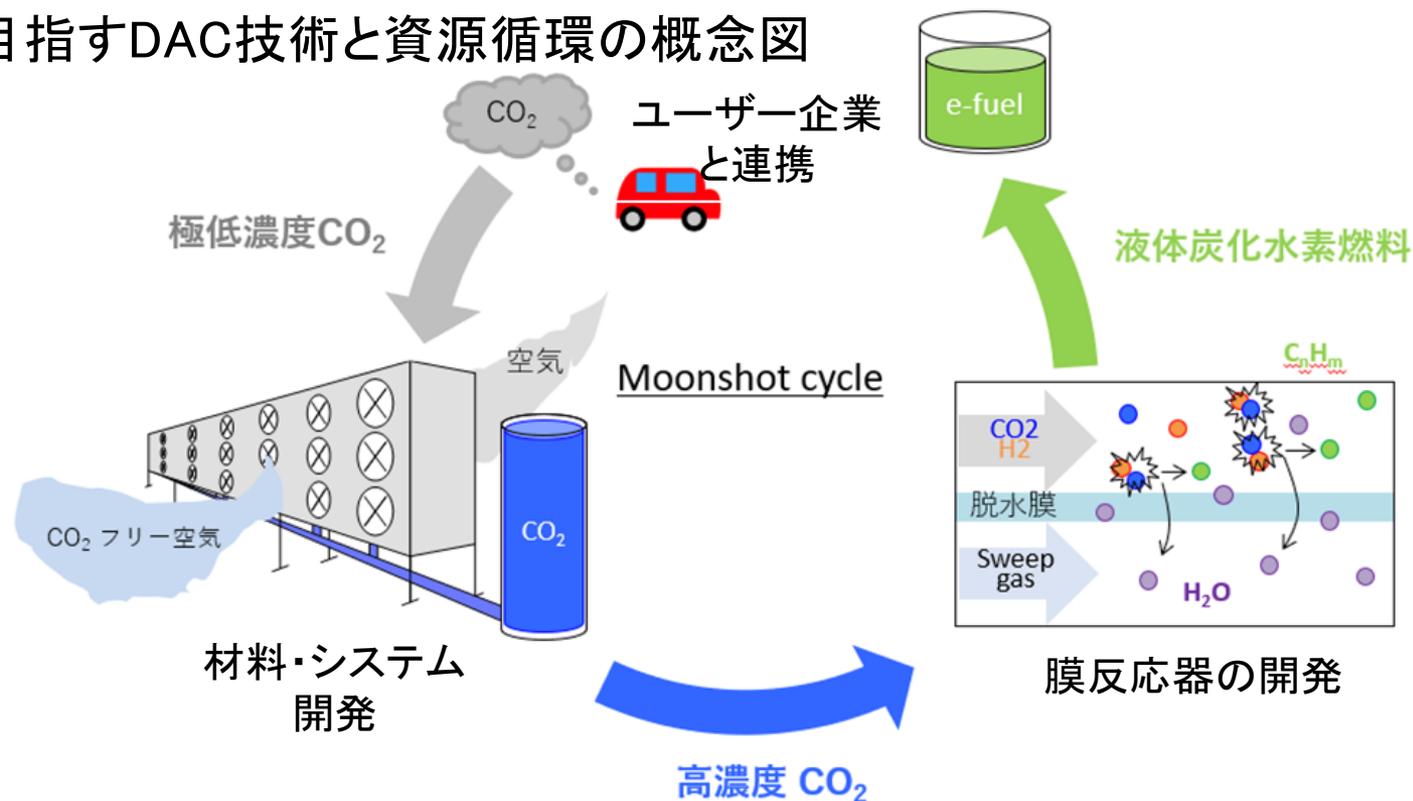
供給ガス: $\text{H}_2/\text{CO}_2 = 3$
 $\text{SV} = 200 \text{ h}^{-1}$
温度: 200°C
圧力: 1-4 MPa

約3倍

CO₂を原料とした液体炭化水素燃料合成 ～ ムーンショット型研究開発事業

- 大気中からの高効率CO₂分離回収・炭素循環技術の開発を実施

■ 実現を目指すDAC技術と資源循環の概念図

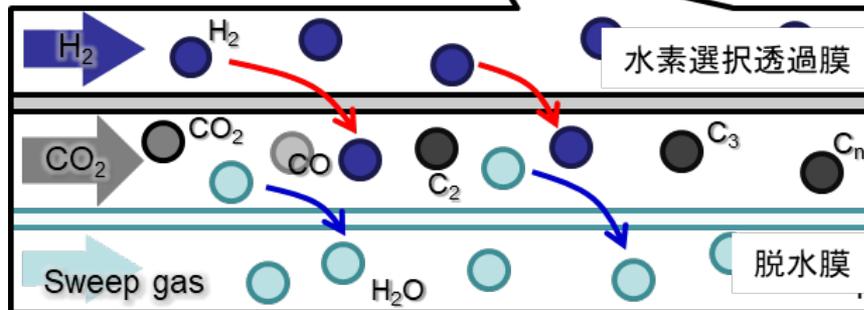
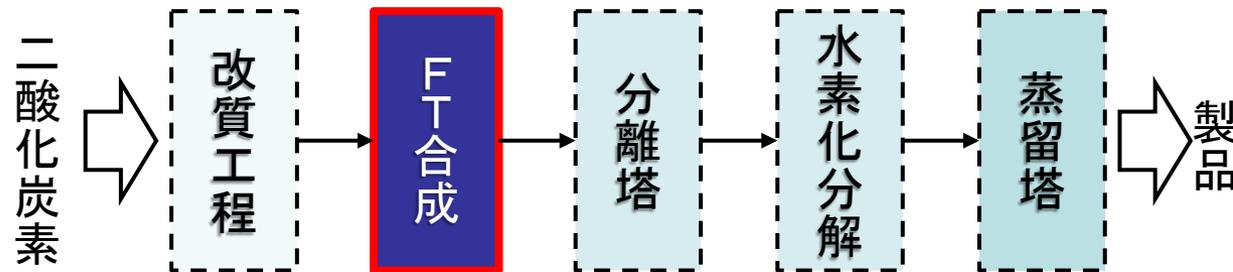
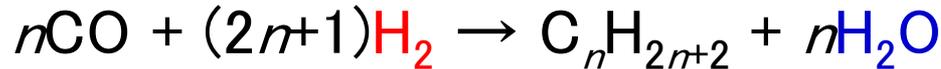


研究項目

- ① 大気中からの高効率CO₂回収(Direct Air Capture)技術開発
- 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)
- ③ 液体炭化水素燃料適用性、システム全体のLCA評価

- 膜反応器を用いたCO₂ダイレクト変換プロセスの実現

■膜反応器を用いたCO₂のダイレクト変換



膜反応器の適用

- ◆ 水の除去による触媒劣化の抑制
- ◆ CO生成側に反応を促進。効率的な除熱

1. カーボンニュートラルと無機膜の役割
2. 無機膜研究センターの研究
- 3. 産業化戦略協議会の活動**
4. 今後の活動

無機膜研究センター

研究部門	連携	産業連携部門
RITE保有のCVDシリカ膜、ゼオライト膜、細孔内充填型パラジウム膜の開発 出口(ニーズ)を見据えた企業との国費事業等研究の推進		メーカー、ユーザー企業から構成される「産業化戦略協議会」を設立。ニーズ・シーズマッチング、共通課題の検討、国費事業化提案等の取り組みを推進

分離膜・支持体メーカー

京セラ 日立造船 住友化学 三菱ケミカル イーセップ

ユーザー企業

岩谷産業 大阪ガス 川崎重工業 関西電力 神戸製鋼所
 JAPEX JFEスチール 大陽日酸 千代田化工建設
 東京ガス 日揮 日本ゼオン 丸善石油化学

膜反応プロセス研究会

目的	膜反応器の社会実装に必要な、性能・エネルギー収支・コストの比較検討を可能にする 計算プラットフォームの提供 。プラットフォームを活用しデータを集積することにより、膜反応プロセスの検討・検証のスピードアップを図る。
概要	多成分系膜分離プロセスの性能評価および膜反応器の操作条件検討を可能にする 計算プラットフォームの開発 。プラットフォームを活用した 膜反応プロセスの検討・有効性の検証

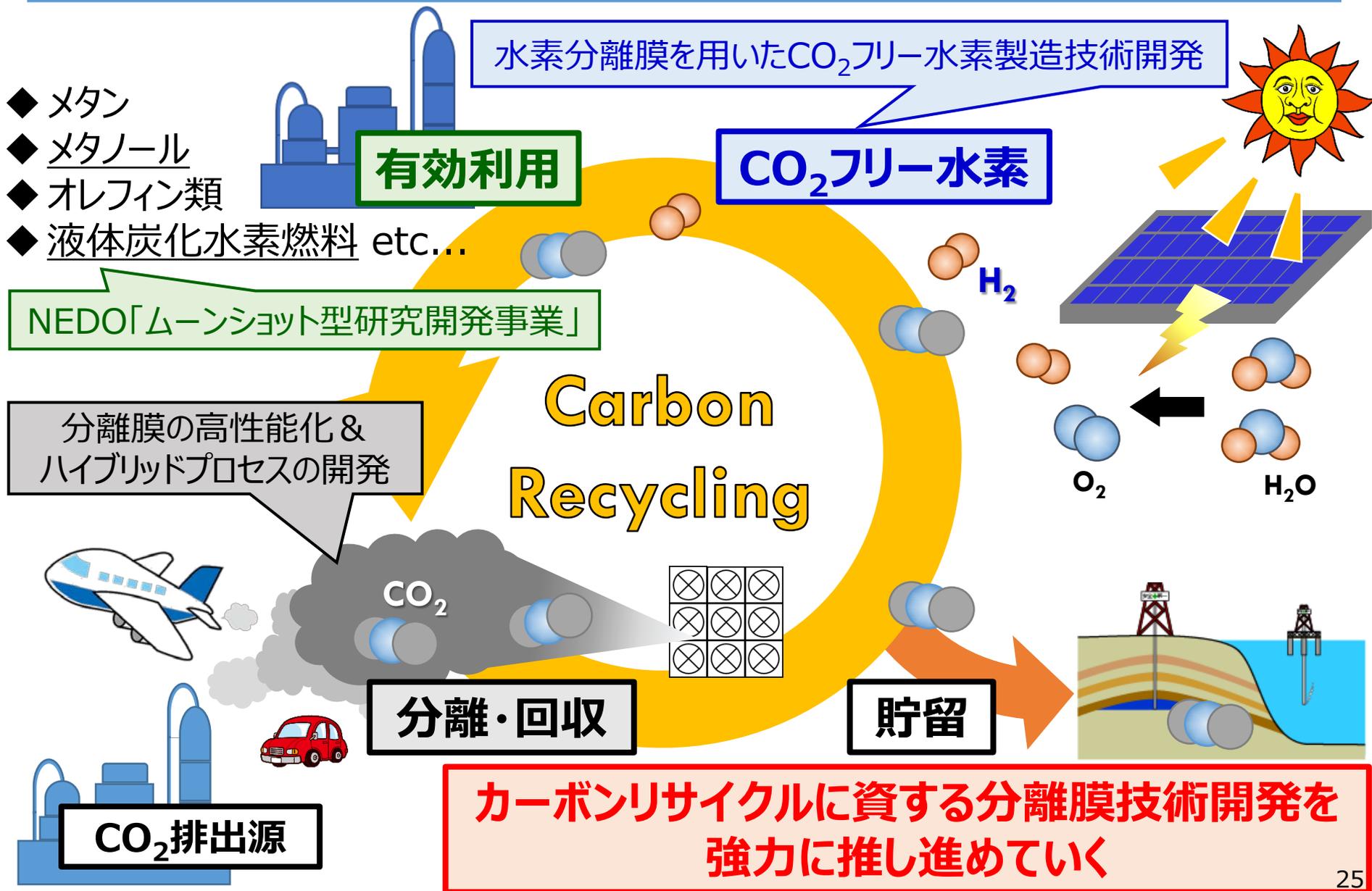
共通基盤研究会

目的	無機系分離膜のビジネス化促進を目指し、分離膜性能評価手法の標準化に向けた基礎的な検討を行い、 標準的な膜性能評価手法の確立 に資する。
概要	これまでの無機系分離膜の透過分離性能評価方法について、文献調査、企業・研究機関へのヒアリング、簡易的な試験を通じて、膜性能の過大評価も過小評価もなく、 横並びで比較することのできる評価手法について議論を行う 。

- 会員向けセミナーを開催し、講演内容に関連する文献・特許情報を調査し、「ニーズ・シーズ情報」として後日発信。

1. カーボンニュートラルと無機膜の役割
2. 無機膜研究センターの研究
3. 産業化戦略協議会の活動
4. 今後の活動

無機膜研究センターの今後の展開



本発表の成果の一部は、以下の委託事業 及び 助成により、得られたものです。関係各位に感謝いたします。

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)委託事業

「ムーンショット型研究開発事業

- ／地球環境再生に向けた持続可能な資源循環を実現
- ／大気中からの高効率CO₂分離回収・炭素循環技術の開発」

「水素利用等先導研究開発事業

- ／炭化水素等を活用した二酸化炭素を排出しない水素製造技術調査
- ／膜反応器を用いたメタン直接分解によるCO₂フリー水素製造技術」

「水素利用等先導研究開発事業

- ／エネルギーキャリアシステム調査・研究
- ／水素分離膜を用いた脱水素」

一般財団法人トヨタモビリティ基金

「水素社会構築に向けた革新研究助成

- ／ MCH 水素キャリアにおける高耐久・高効率膜反応器の実用検討」

ご清聴ありがとうございました。