

# 革新的環境・エネルギー技術としての 無機膜実用化への取り組み

---

2017年12月6日

(公財)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



# 本日の内容

---

## 1. 無機膜研究センターの紹介

- ・センターの目的、体制
- ・センターが保有する無機膜技術シーズ

## 2. シリカ膜実用化の取り組み

- ・MCH脱水素用メンブレンリアクター
- ・実用化に向けた課題と取り組み例
- ・今後の進め方

## 3. 産業化戦略協議会の取り組み

# 無機膜の現状とセンターの目的

無機(分離)膜; **革新的環境・エネルギー技術**を創出する**キーデバイス**として期待されており、日本の研究開発は世界をリードしているが、**実用化は一部にとどまっている**。  
一方、**中国企業や米国の追い上げ**が急ピッチで、我が国の無機膜の産業化に向けた取り組みが急務である

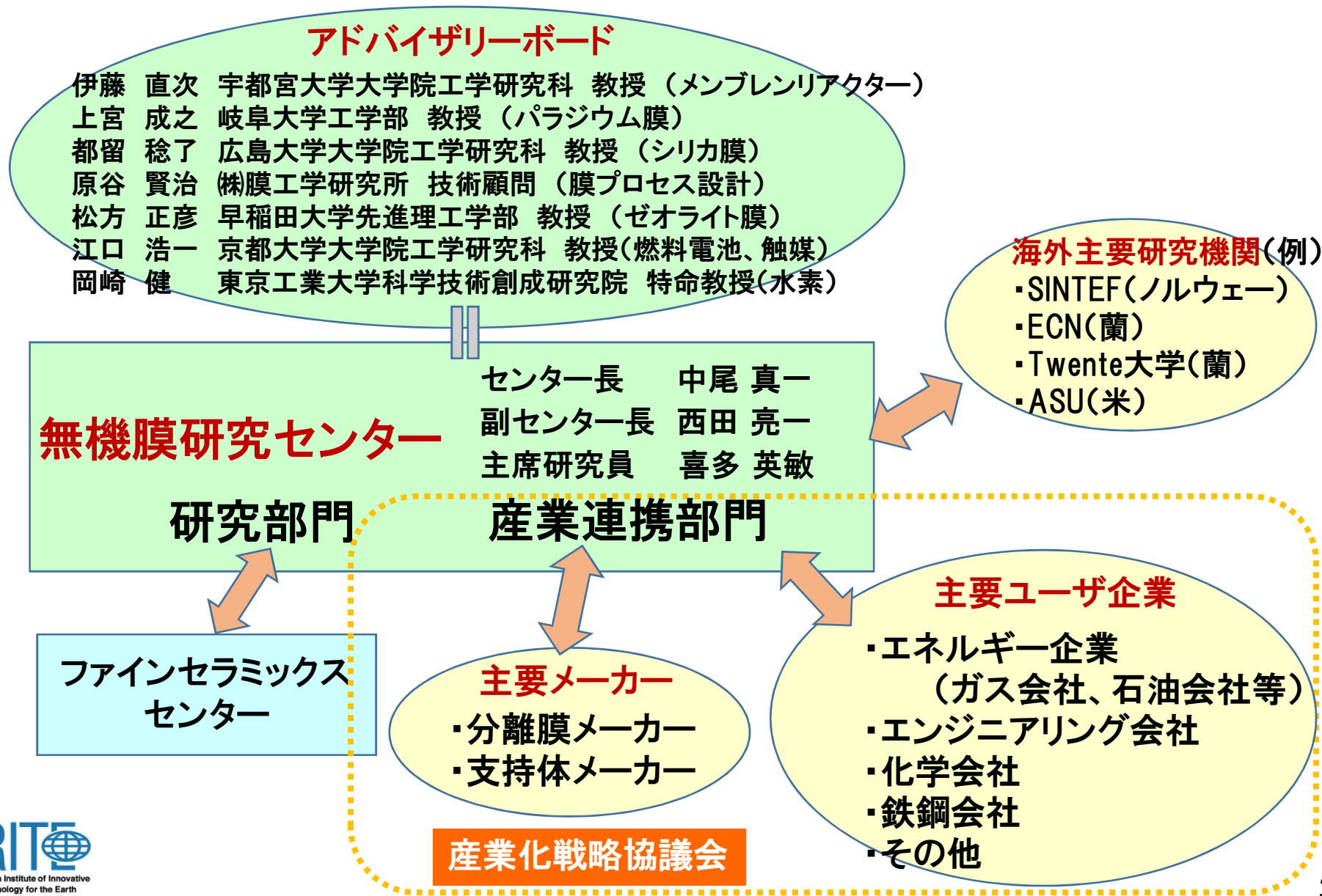


2016年4月に、無機膜研究センターを設立

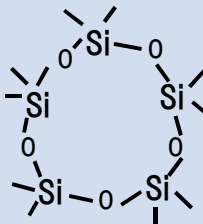
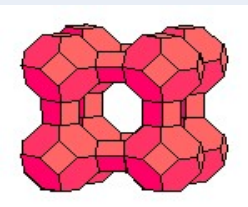
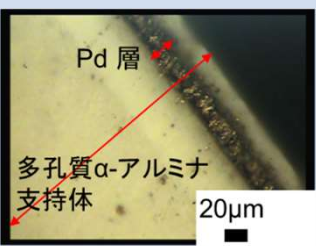
## 【センターの目的】

- ①無機膜を用いた**革新的環境・エネルギー技術**の実用化
- ②産学官連携して、**無機膜産業**を確立するための**道筋**を提示
- ③メーカー、ユーザー企業と**国費事業等共同研究**の企画・推進
- ④中堅・若手研究員への**技術伝承**

# 無機膜研究センターを中心とする推進体制



# RITEが保有する無機膜

膜	構造	主な用途	製法	特長
CVDシリカ	 <p>非晶質 サブナノ細孔</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・MCH脱水素</li> <li>・天然ガス改質</li> <li>・水性ガスシフト</li> </ul>	対向拡散CVD法	構造設計の自由度が高い (用途に応じた最適設計)
ゼオライト	 <p>結晶 規則細孔</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub>分離</li> <li>・MCH脱水素</li> <li>・蒸留代替 (炭化水素、有機溶媒)</li> </ul>	水熱合成法	高度な熱的・化学的安定性
パラジウム	 <p>細孔内充填型</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・NH<sub>3</sub>脱水素</li> <li>・天然ガス改質</li> </ul>	RITE独自の無電解メッキ法	耐久性向上とコスト低減の可能性 (従来技術の課題を解消)

# 本日の内容

---

## 1. 無機膜研究センターの紹介

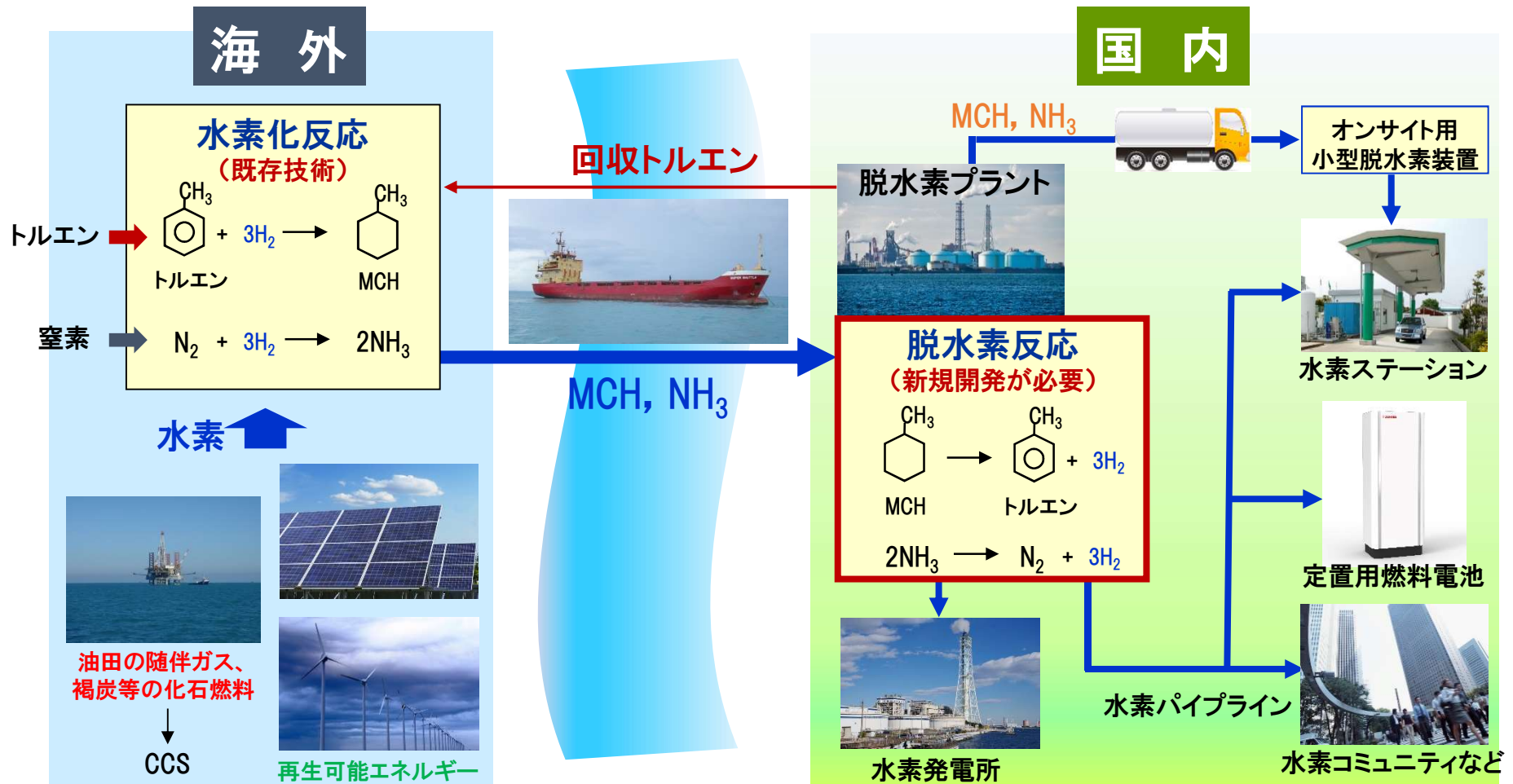
- ・センターの目的、体制
- ・センターが保有する無機膜技術シーズ

## 2. シリカ膜実用化の取り組み

- ・MCH脱水素用メンブレンリアクター
- ・実用化に向けた課題と取り組み例
- ・今後の進め方

## 3. 産業化戦略協議会の取り組み

# エネルギーキャリア

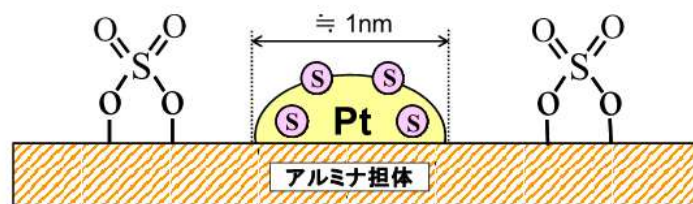
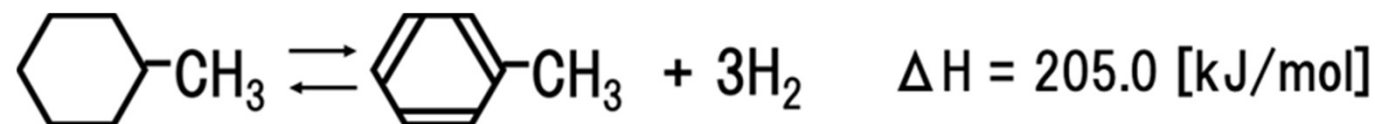


水素社会構築を可能とする「エネルギー輸送」技術

効率的な水素分離・精製技術の開発が不可欠



# MCH脱水素



Estimated model

千代田化工建設株式会社  
第46回触媒サマーセミナー講演資料より



写真提供 千代田化工建設株式会社

千代田化工建設；

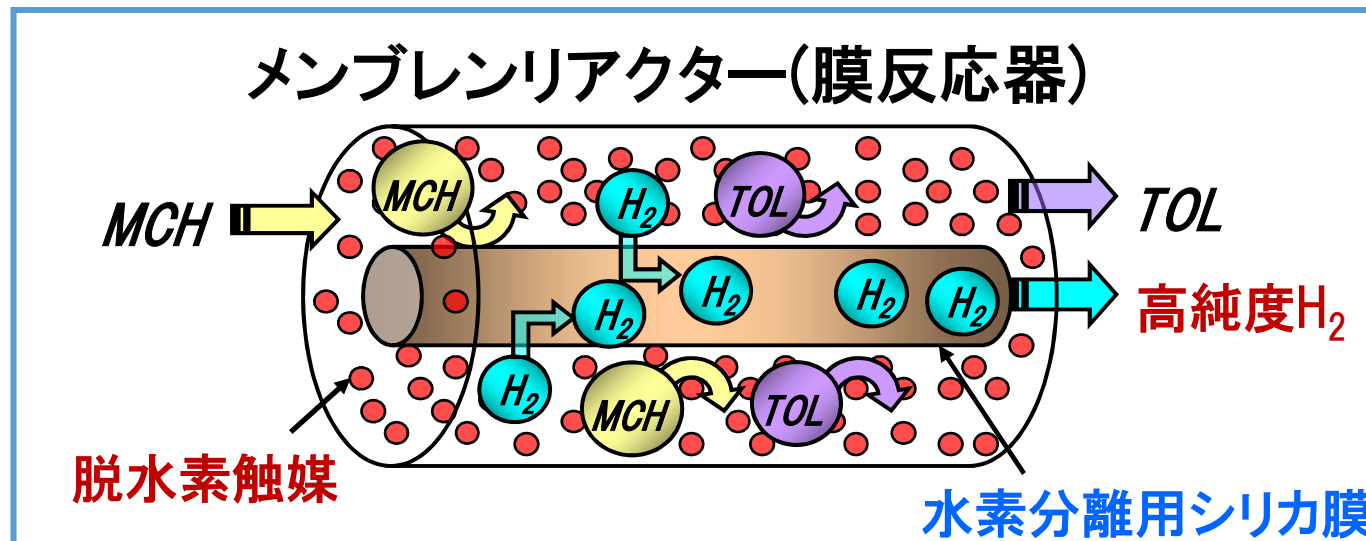
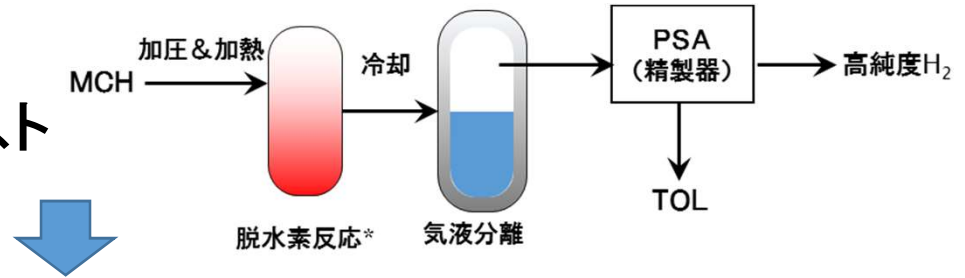
新規**脱水素触媒**を開発し、**実証試験で約1万時間**の運転を達成

ただし、中小規模分散型での普及には、**コンパクトで効率的に高純度水素を生成するシステム**の開発が必要



# MCHからの高純度水素製造

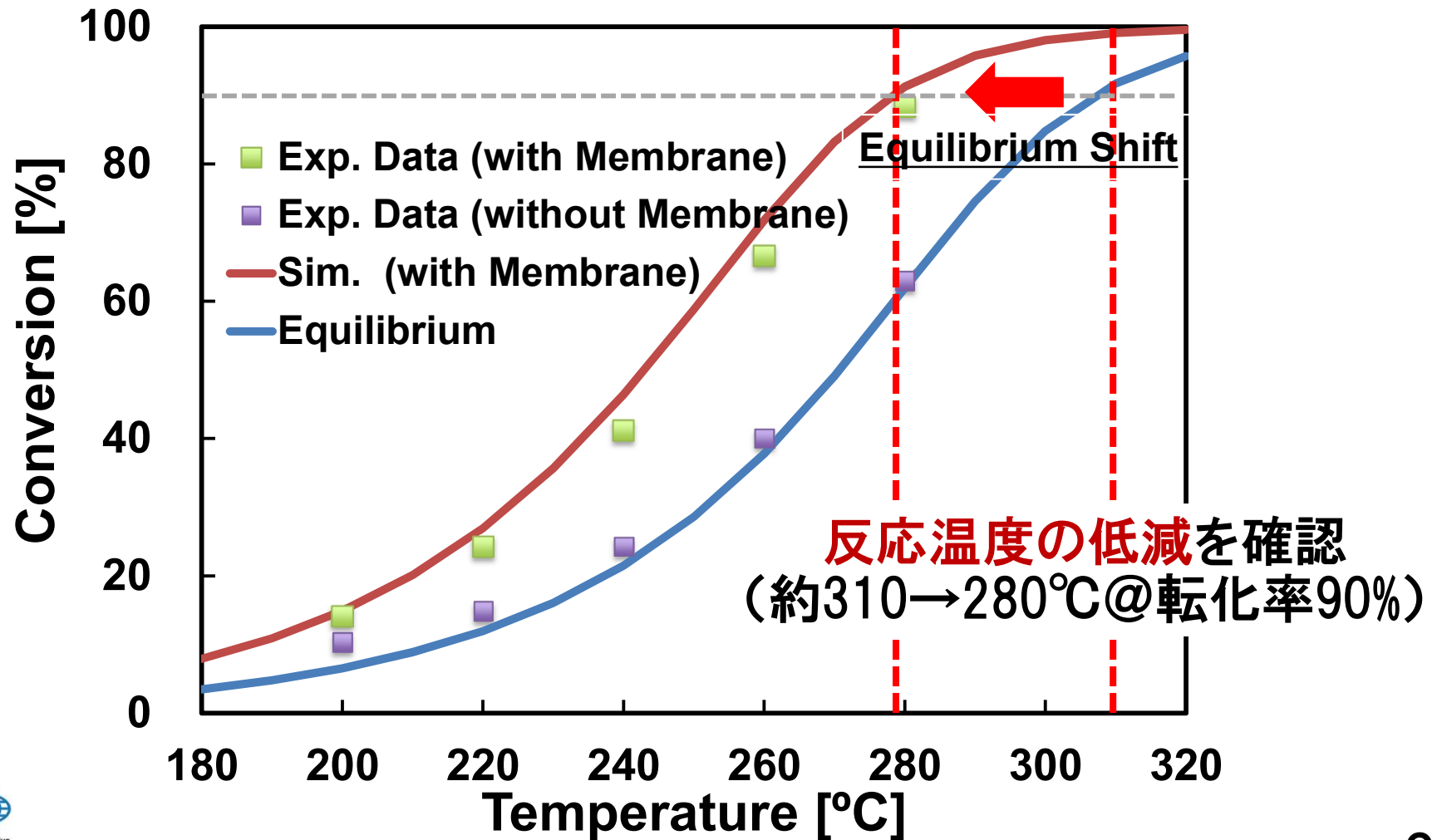
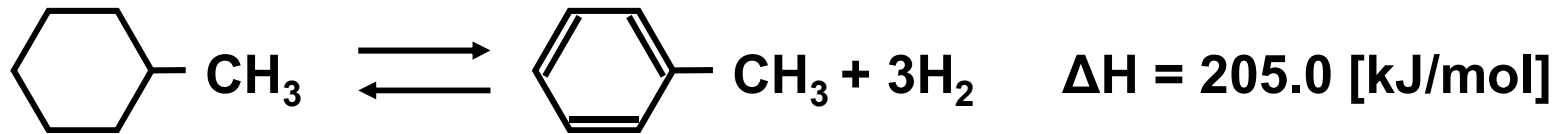
従来法(脱水素反応+PSAなど)  
課題: 大容積、低効率、高コスト



従来法(脱水素反応+PSAなど)より、  
**装置コンパクト化、反応温度低温化、低コスト化**が期待できる。

商業施設/オフィスビル/水素ステーション等  
**中小規模の需要家**に適したMCH脱水素装置への展開

# CVDシリカ膜を用いたMCH脱水素

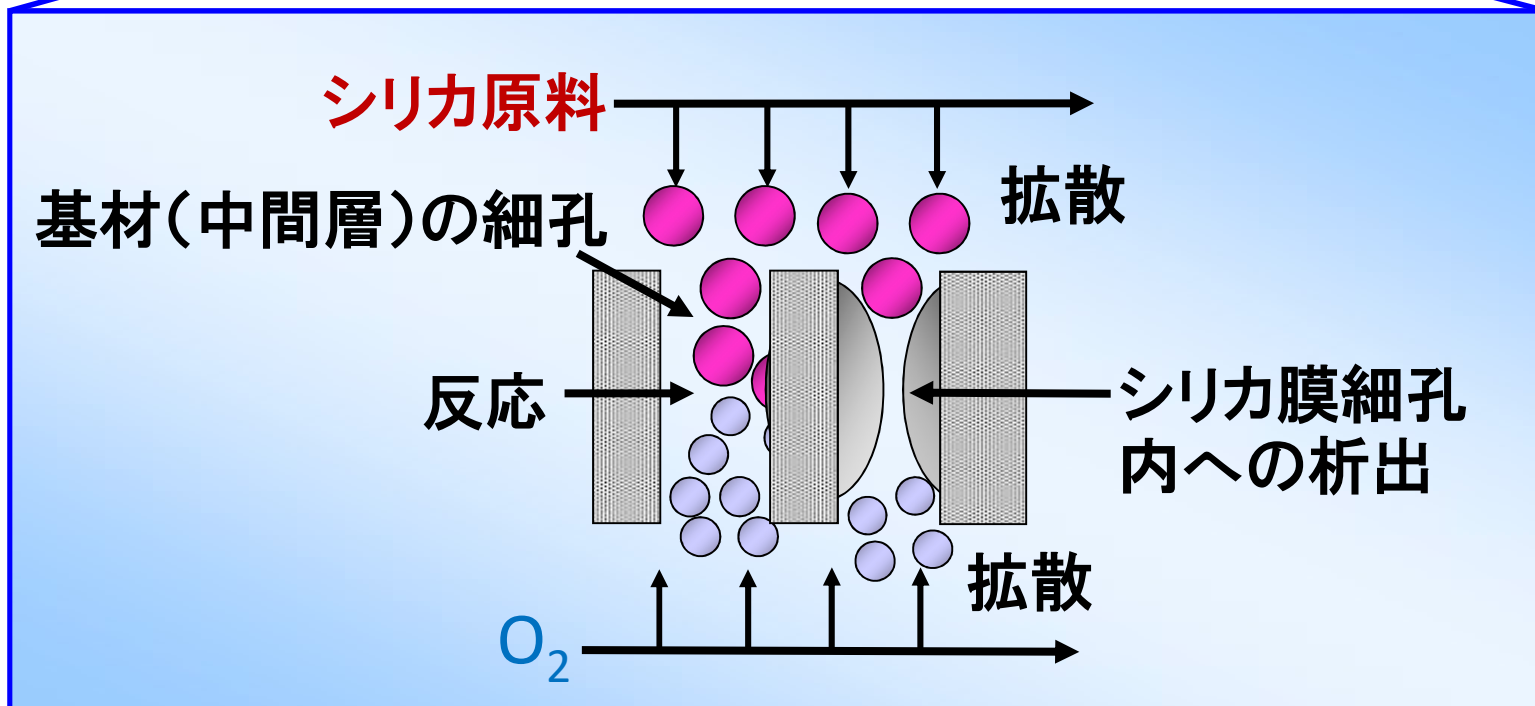
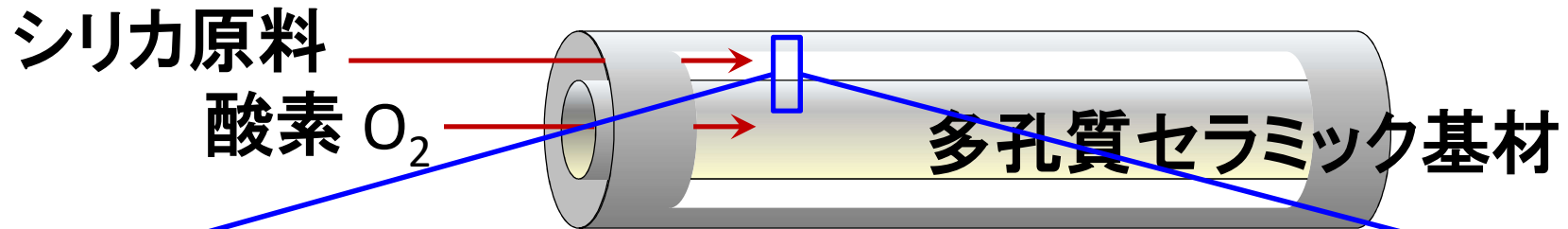


# 実用化への課題

---

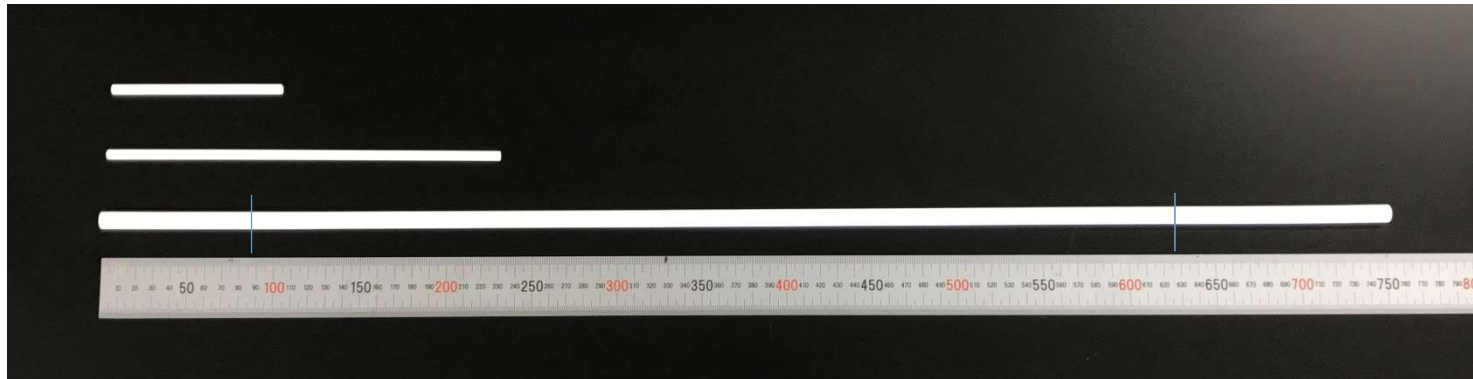
1. 水素分離シリカ膜の**実機レベルの長尺化**
2. 脱水素プロセスの**低コスト化**
  - ・水素分離性能(透過性、選択性)の**高性能化**
  - ・透過側**常圧**プロセスの実現
  - ・量産可能な**低コストモジュール化技術**の開発
3. **耐久性**の確認(劣化機構の把握)
4. エンジニアリングデータ収集と装置設計
5. スケールアップおよび**実証試験**

# シリカ膜の製膜: 対向拡散CVD法

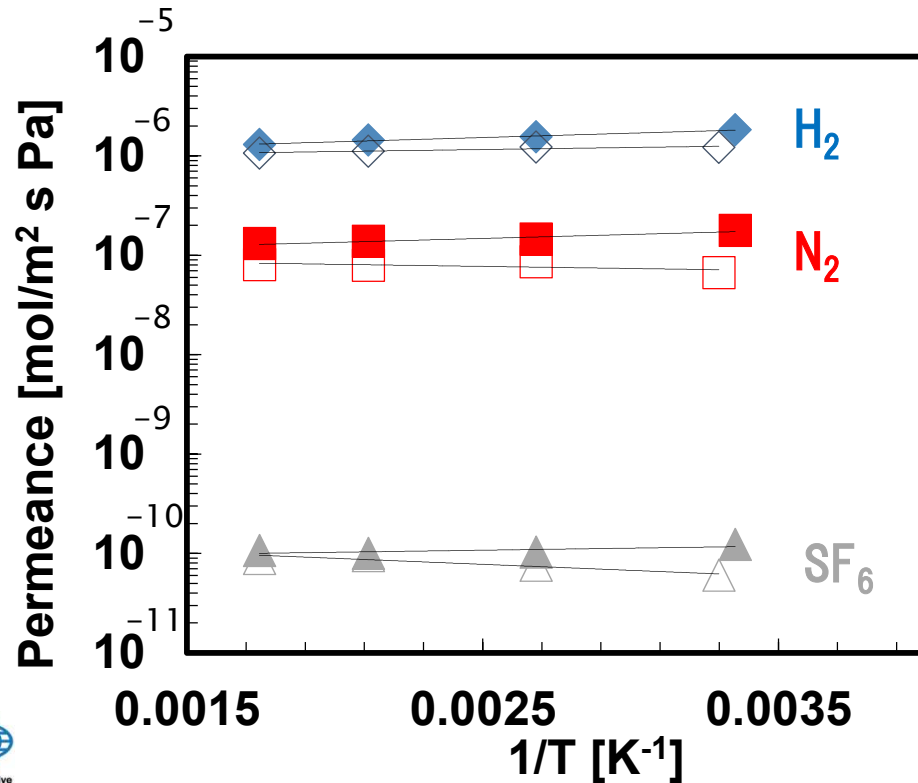


シリカが基材細孔内に沈着→反応は自動停止  
高性能膜を再現性良く作製可能

# CVDシリカ膜の長尺化



70 mmL  
200 mmL  
500 mmL



H<sub>2</sub>透過率;  
 $1.0 \times 10^{-6} \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$

H<sub>2</sub>/SF<sub>6</sub>分離係数;  
16000以上

Closed	500 mmL
Open	200 mmL

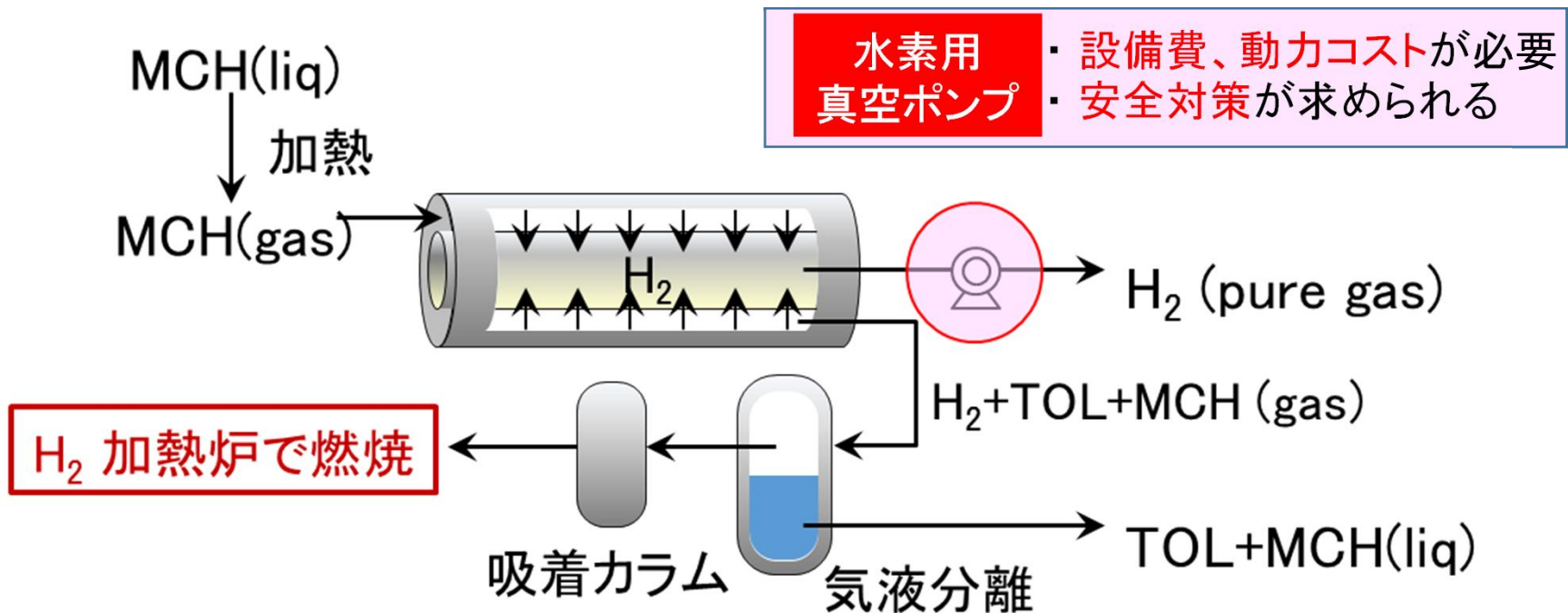
# 透過側減圧による低コスト化

これまで

供給圧; 300kPaA



透過圧; 25kPaA(減圧)



現状

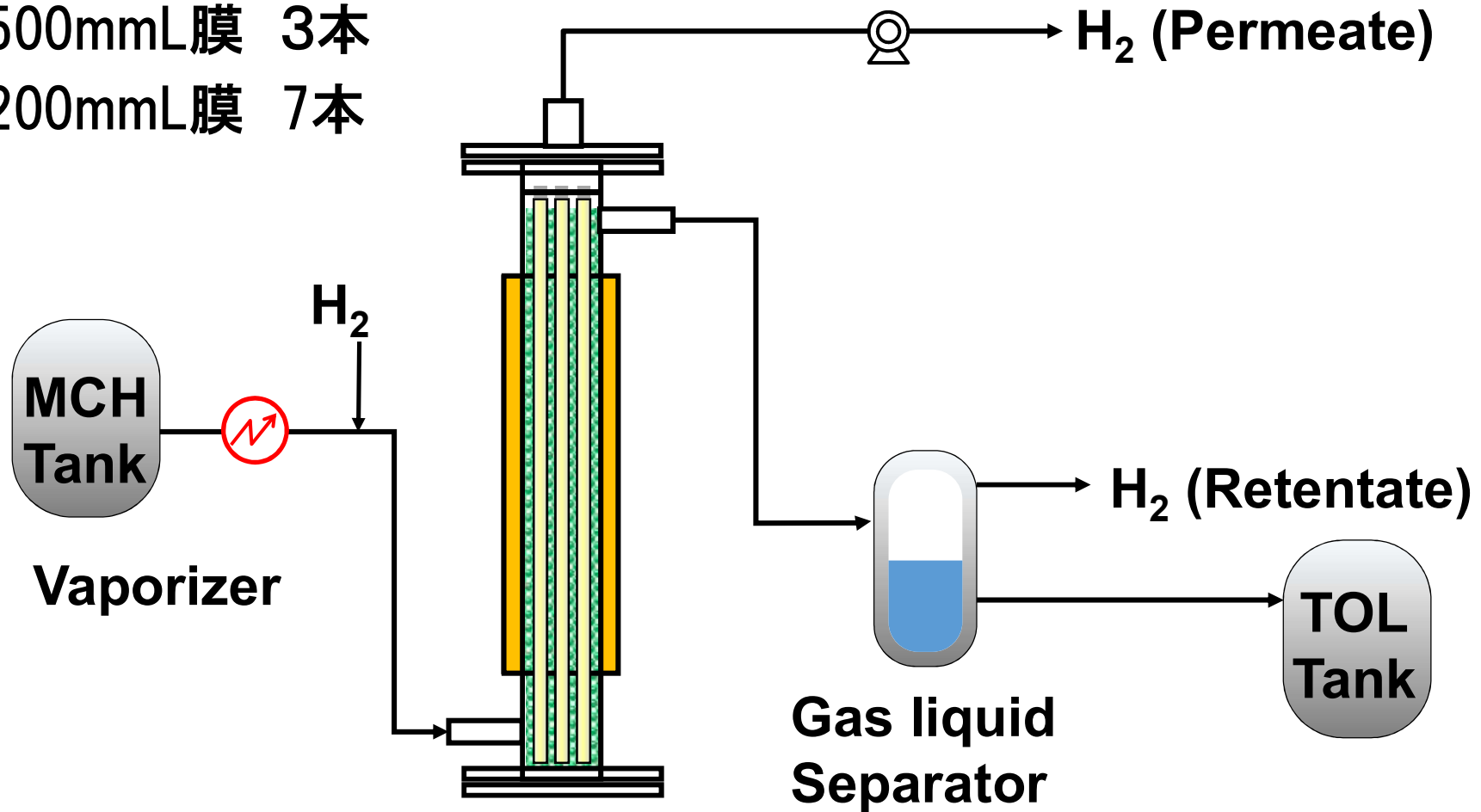
水素透過性能向上および2016年の規制緩和により、供給圧500kPaA、透過側常圧で、同等の脱水素反応が可能



水素用真空ポンプが不要となり、低コスト化

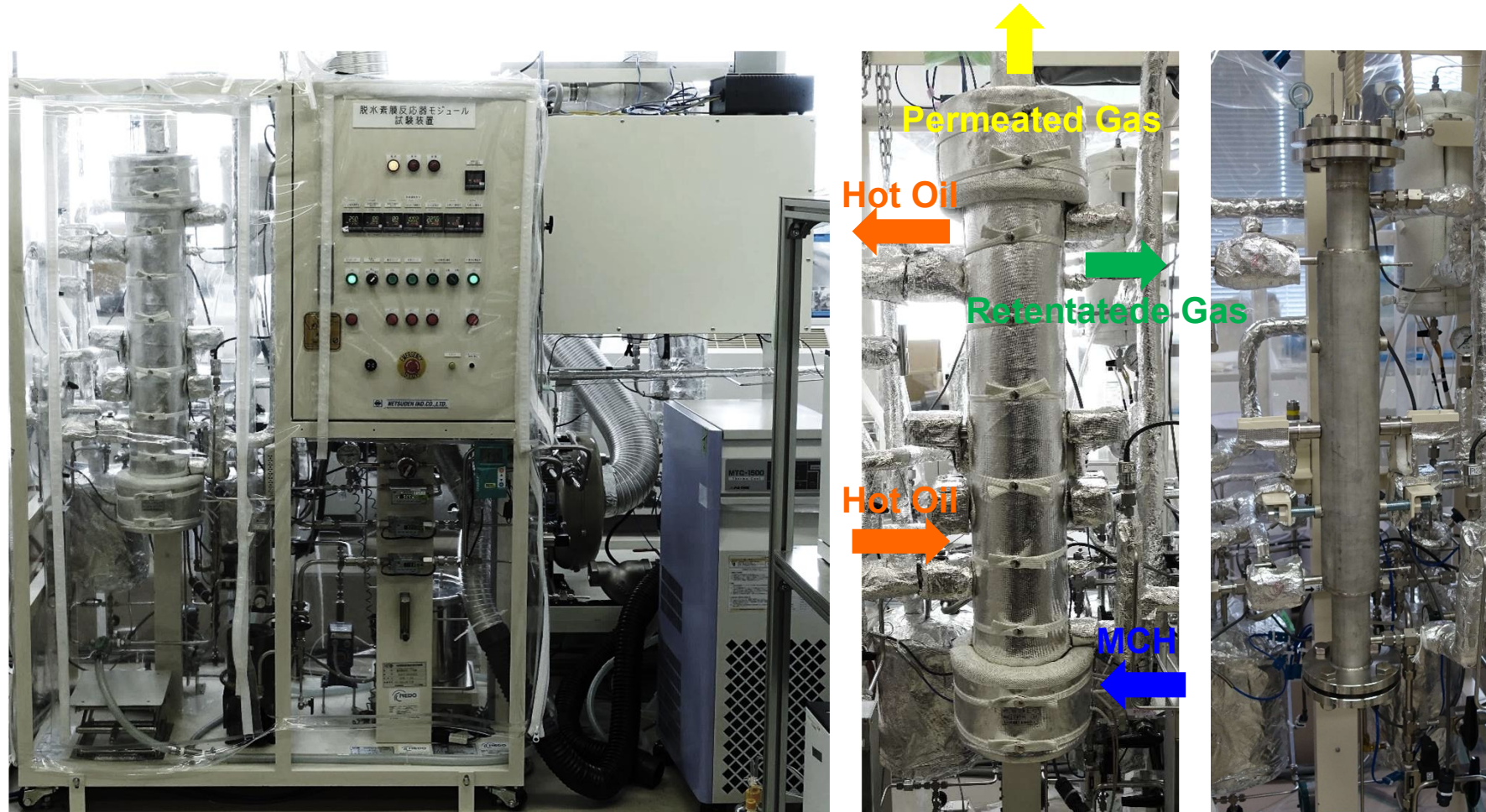
# MCH脱水素反応用の小型膜反応器装置

500mmL膜 3本  
200mmL膜 7本



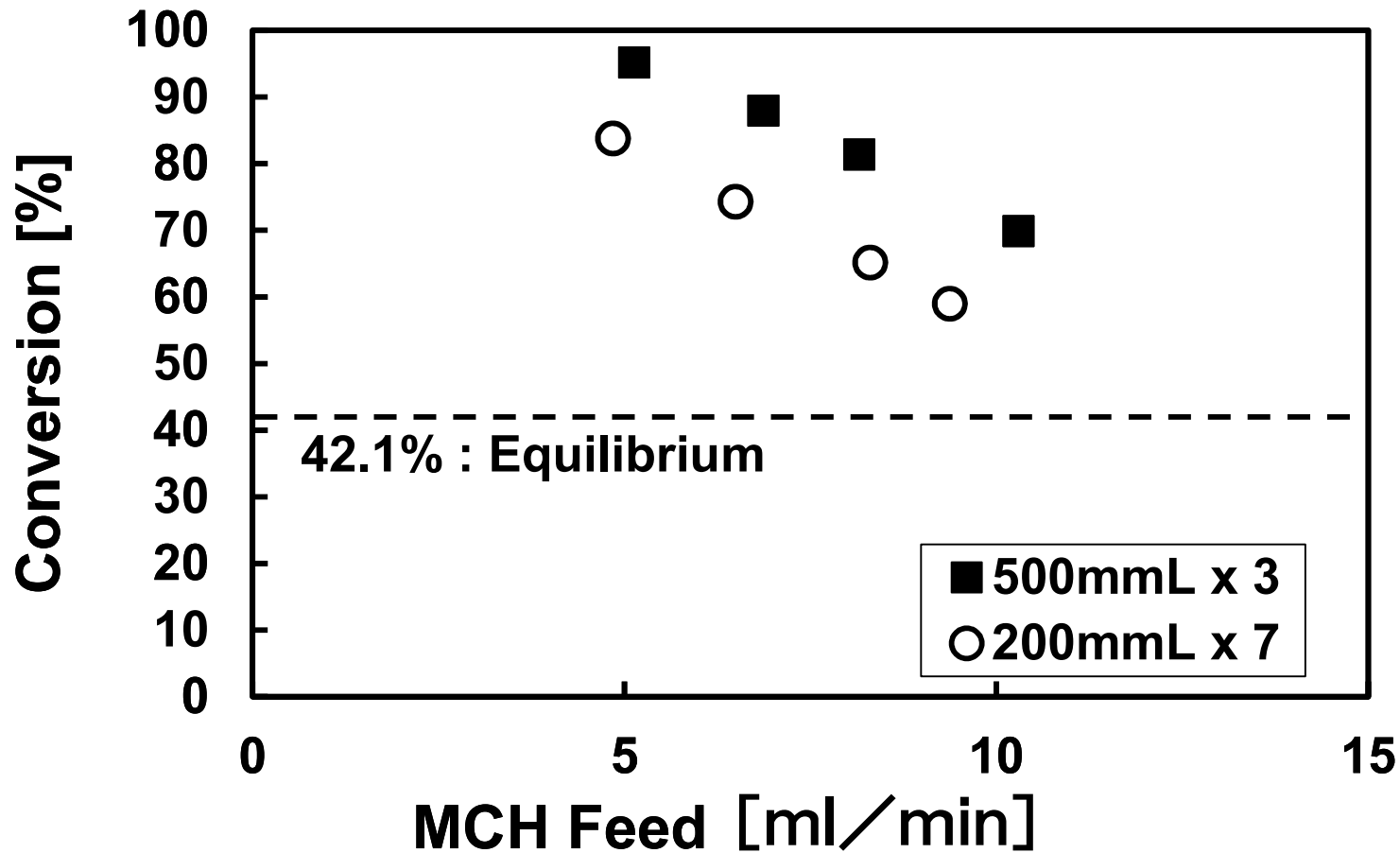


# MCH脱水素反応用の小型膜反応器装置



# 小型膜反応器運転結果 透過側25kPaA

Conversion vs. MCH Feed @300°C,  
300 kPa-A in the Retentate Side



# シリカ膜 今後の進め方

---

今後2年程度で、**量産用モジュール化技術**（低コストシール法を含む）など、**要素技術の確立**を図るとともに耐久性を詳細に確認する。

また、エンジニアリングデータを収集するとともに共同研究先とMCH脱水素装置のプロセス検討を進め、**実機の詳細設計を経てスケールアップ**を図る。

開発する量産化モジュール化法は、**多様な用途への展開**が可能と考えられ、積極的な展開を図る。

# 本日の内容

---

## 1. 無機膜研究センターの紹介

- ・センターの目的、体制
- ・センターが保有する無機膜技術シーズ

## 2. シリカ膜実用化の取り組み

- ・MCH脱水素用メンブレンリアクター
- ・実用化に向けた課題と取り組み例
- ・今後の進め方

## 3. 産業化戦略協議会の取り組み

# 産業化戦略協議会 ～目的と会員～

## 【目的】

メーカー、ユーザー企業等の**企業会員**から構成し、メーカーとユーザー企業の**ビジョンの共有化**及び**共同研究の企画・立案**等を推進し、革新的環境・エネルギー技術に資する無機膜産業を確立する

## 分離膜・支持体メーカー

日本特殊陶業、京セラ、日立造船、住友電工

## ユーザー企業

旭化成、旭硝子、岩谷産業、大阪ガス、川崎重工業、神戸製鋼所、JFEスチール、千代田化工建設、東京ガス、日揮、日本ゼオン、三菱商事

会長：大阪ガス 久徳顧問

幹事：千代田化工 細野参与、日本特殊陶業 井上課長、日本ゼオン 谷地TL、RITE 西田副C長

## 産業化戦略協議会 ～活動計画～

- 1) 無機膜を用いた革新的環境・エネルギー技術の実用化・産業化に向けたニーズ・シーズマッチング、ロードマップ策定等のための研究会
  - ・ 会員企業からメンバーを募って実施
  - ・ 研究会メンバーで協議してテーマを決定(第1期;3テーマを選定)
- 2) 国費事業等の企画・立ち上げ
- 3) 研究部門への研究員派遣(有償/無償)の受け入れ、研修会の実施
- 4) 会員からの技術相談受付(技術評価含む)
- 5) 会員限定セミナー(無料)の開催
- 6) 会員向けニーズ・シーズ情報の提供

➡ メーカーとユーザー企業のビジョンの共有化  
及び共同研究の企画・立案等を推進



# テーマ別研究会

テーマ	概要	役員	参加会員
CO <sub>2</sub> 分離	無機膜を利用した <b>CO<sub>2</sub>分離回収有効利用技術</b> 、および天然ガス田のCO <sub>2</sub> /CH <sub>4</sub> 分離技術の実用化に向けた各種活動を行い、その早期の実現を図る。	会長;白木常務 (日立造船) 作業部会L; 矢野G長 (日立造船)	日本特殊陶業、 日立造船、旭硝子、 大阪ガス、川崎重工、 神戸製鋼、東京ガス (7社)
水素製造	無機膜を利用した <b>石炭ガス化ガス等からの水素製造技術</b> の早期の実用化に向けた調査・検討を実施し、その早期の実用化を図る。	会長;細野参与 (千代田化工) 作業部会L; 井上課長(日特) SL;河合GL(千代化)	住友電工、 日本特殊陶業、 川崎重工、神戸製鋼、 千代田化工、日揮 (6社)
共通基盤	無機膜の実用化のために必要な共通基盤( <b>信頼性評価方法の考案、標準化等</b> を含む)の整備に向けた各種活動を行い、その早期の実現を図る。	会長;保田常務 (日揮) 作業部会L; 藤村所長 (日揮)	京セラ、住友電工、 日本特殊陶業、 日立造船、 千代田化工、 東京ガス、日揮 (7社)



# 研究会の活動例～共通基盤研究会

- 目的;無機膜の実用化のために必要な共通基盤(信頼性評価方法の考案、標準化等を含む)の整備に向けて調査・検討を実施し、その早期の構築に資する
- H29年度～H30年度
  - 無機分離膜の長期信頼性評価手法の開発
    - ・評価法のガイドライン構築(加速劣化試験手法の検討)
    - ・具体例での評価方法実施
    - ・実際の分離系で適用可能な評価手法構築
  - 無機分離膜の分離性能測定手法の標準化
    - ・分離膜性能測定(透過速度・選択率)の標準的な測定方法を確立し将来的に公開を目指す
  - 無機分離膜に関する用語の標準化
    - ・用語統一、定義、対応英語をまとめる

# 謝 辞

---

本発表の成果の一部は、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)「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」の結果得られたものです。

関係各位に感謝いたします。

---

**ご清聴ありがとうございました。**