

◆ 革新的環境技術シンポジウム 2013 ◆

2013.12.4 伊藤謝恩ホール(東京)

水素エネルギー社会構築のための 無機膜、膜反応器の開発

(公財)地球環境産業技術研究機構(RITE)
化学研究グループ

中尾 真一



1. はじめに
 - 地球温暖化と水素エネルギー社会
2. 水素を造る無機膜、膜反応器
3. 水素輸送貯蔵と無機膜、膜反応器
4. まとめ

1. はじめに
 - 地球温暖化と水素エネルギー社会
2. 水素を造る無機膜、膜反応器
3. 水素輸送貯蔵と無機膜、膜反応器
4. まとめ

1. CO₂を減らす技術

- 省エネルギー技術
- CO₂の分離回収貯蔵(CCS)技術

2. CO₂を出さない技術

- 自然エネルギーの利用技術
- バイオマスの利用技術

1. 不安定性

- 太陽光・熱: 夜間は利用不可
- 風力: 風まかせ

2. 輸送・貯蔵が困難

- 送電線網が必要
- 電気としては貯蔵できない

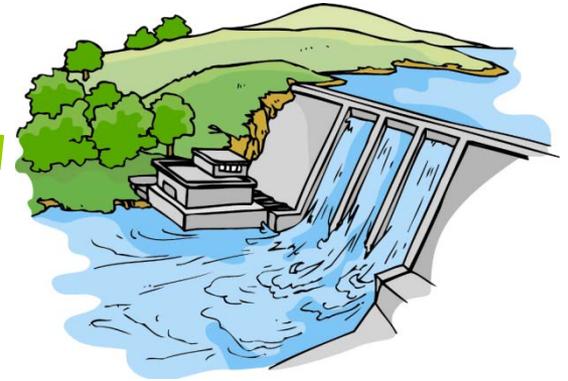
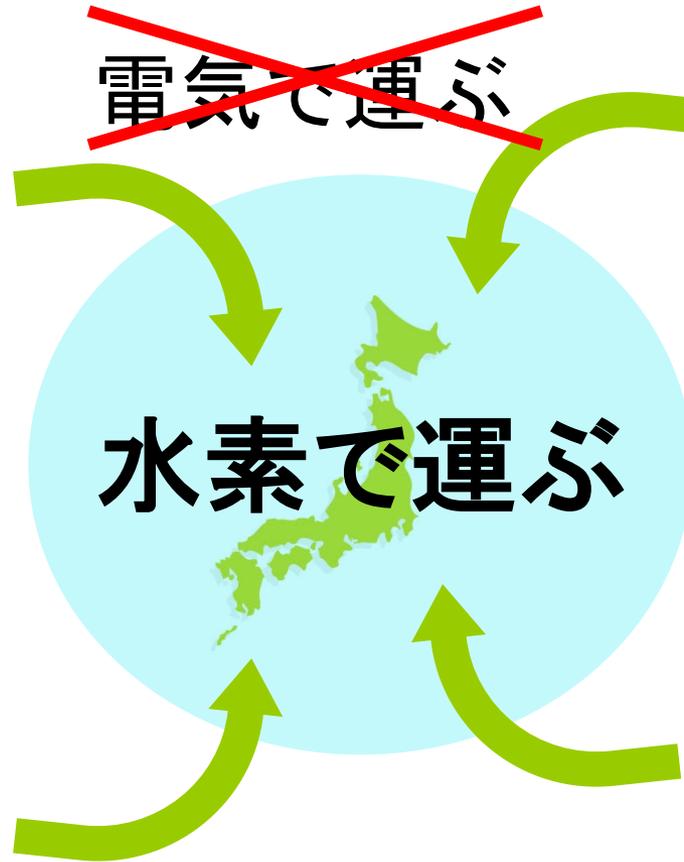
自然エネルギー輸入の概念



砂漠で太陽光発電



火山で地熱発電



大河川で水力発電



海上で風力発電

1. 輸送・貯蔵が困難

- 液体水素: 極低温の取り扱い
- 圧縮水素: タンクに高強度が必要

2. インフラの整備が不可欠

- ゼロからの構築
- 安全性の確保

1. 輸送・貯蔵せずに利用

- ユースポイントでの水素製造
- 中小規模高効率水素製造技術

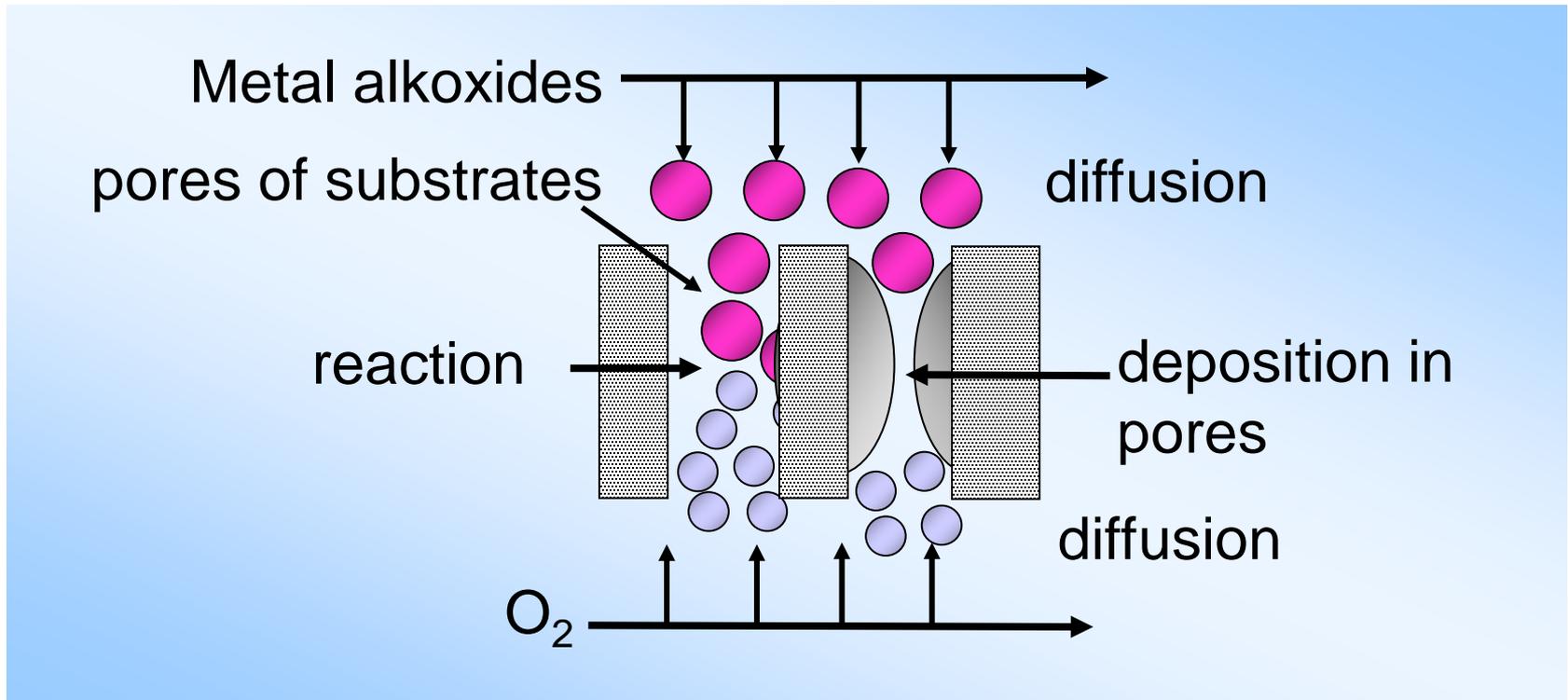
2. 水素キャリアの利用

- 有機ヒドライド
- アンモニア

1. はじめに
- 地球温暖化と水素エネルギー社会
- 2. 水素を造る無機膜、膜反応器**
3. 水素輸送貯蔵と無機膜、膜反応器
4. まとめ

- **ゼオライト膜**
PV、VPに実用。炭化水素分離
- **シリカ膜**
ゾルゲル膜、CVD膜
- **金属膜**
パラジウム系膜、非パラジウム系膜
水素のみ透過
- **炭素膜**

対向拡散CVD法

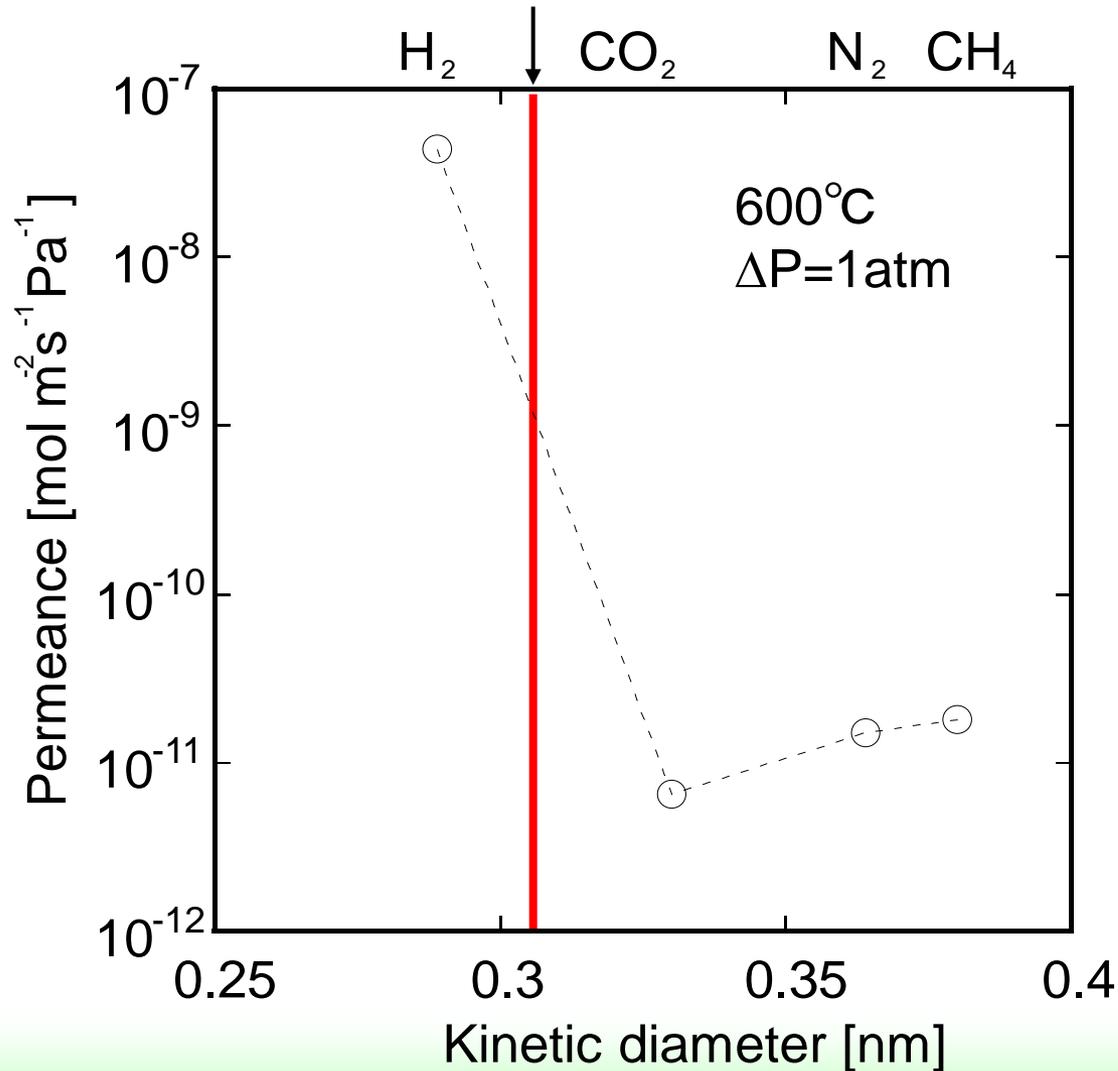


シリカは基材細孔内に沈着
反応は自動的に停止

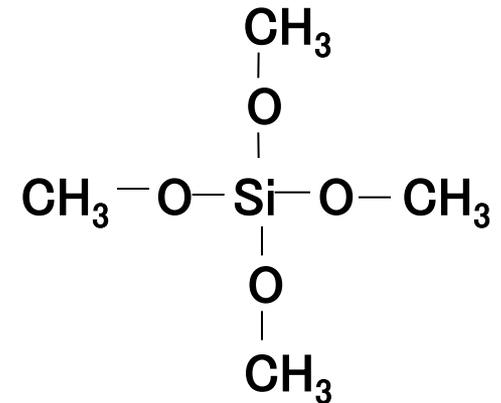
→ 高性能膜が再現性良く製膜できる

CVD膜の分子篩性能

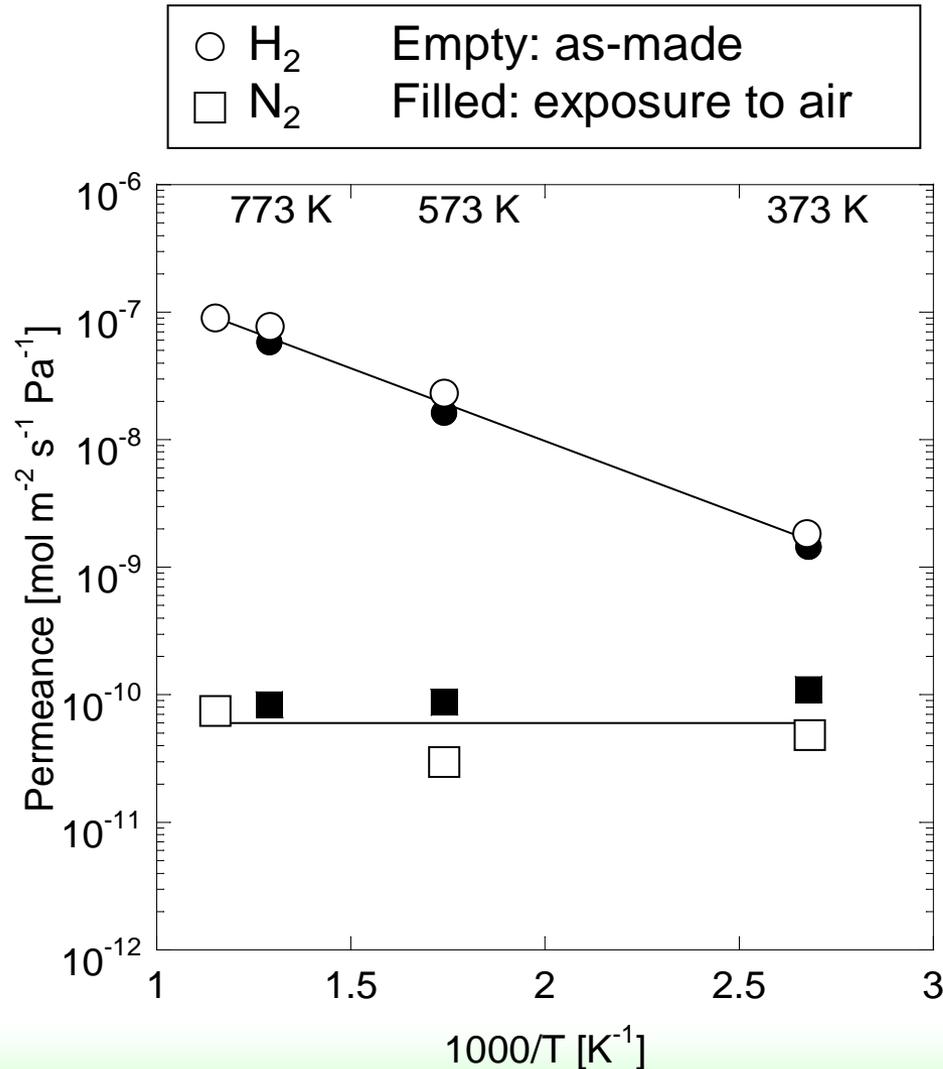
膜の細孔径



TMOS
(Si(OCH₃)₄)

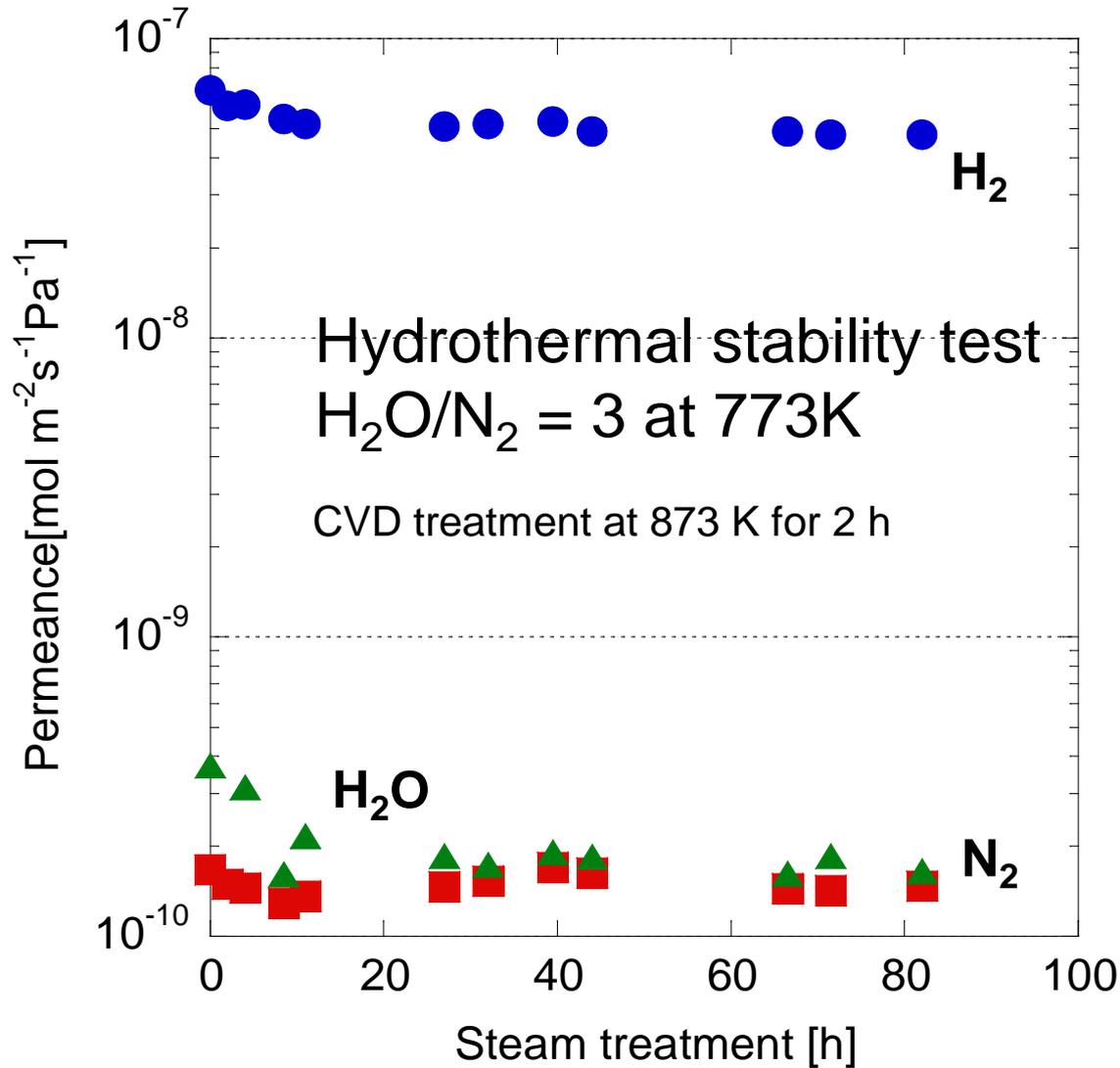


CVD膜ガス透過率の温度依存性



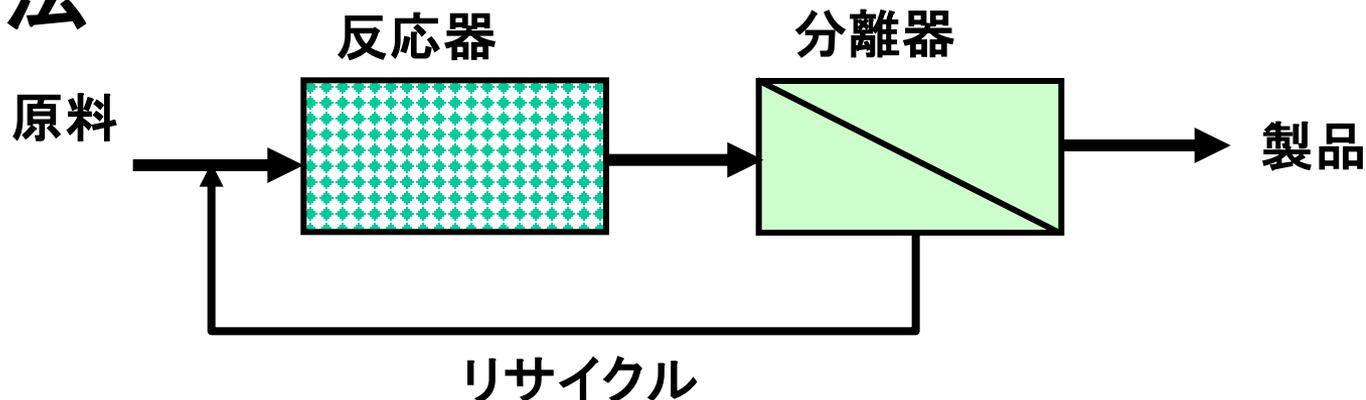
TMOS/O₂系
873K製膜

CVDシリカ膜の水熱安定性



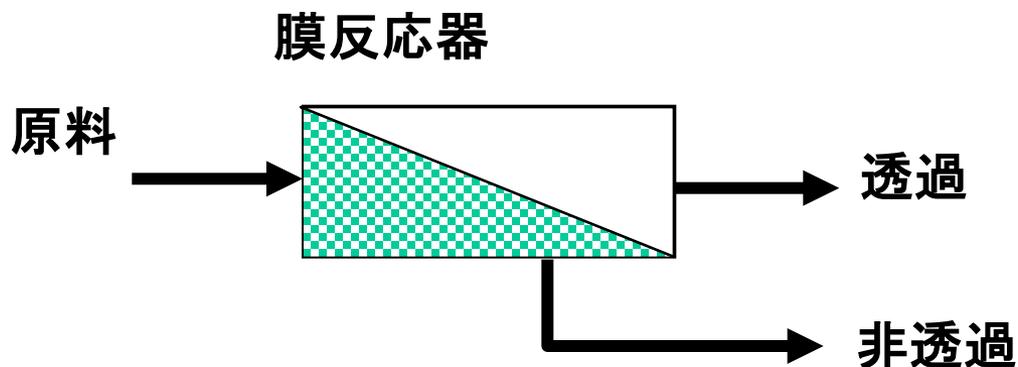
反応と分離の組み合わせ

従来法



膜型反応器 (Membrane Reactor)

反応器と分離器(膜)が一つの装置



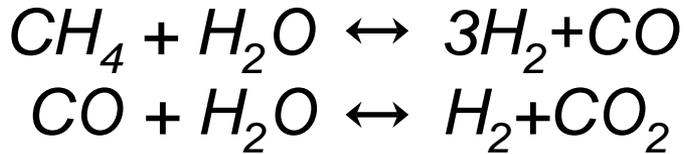
シンプルなシステム
コンパクトな装置構成



組み合わせによる機能

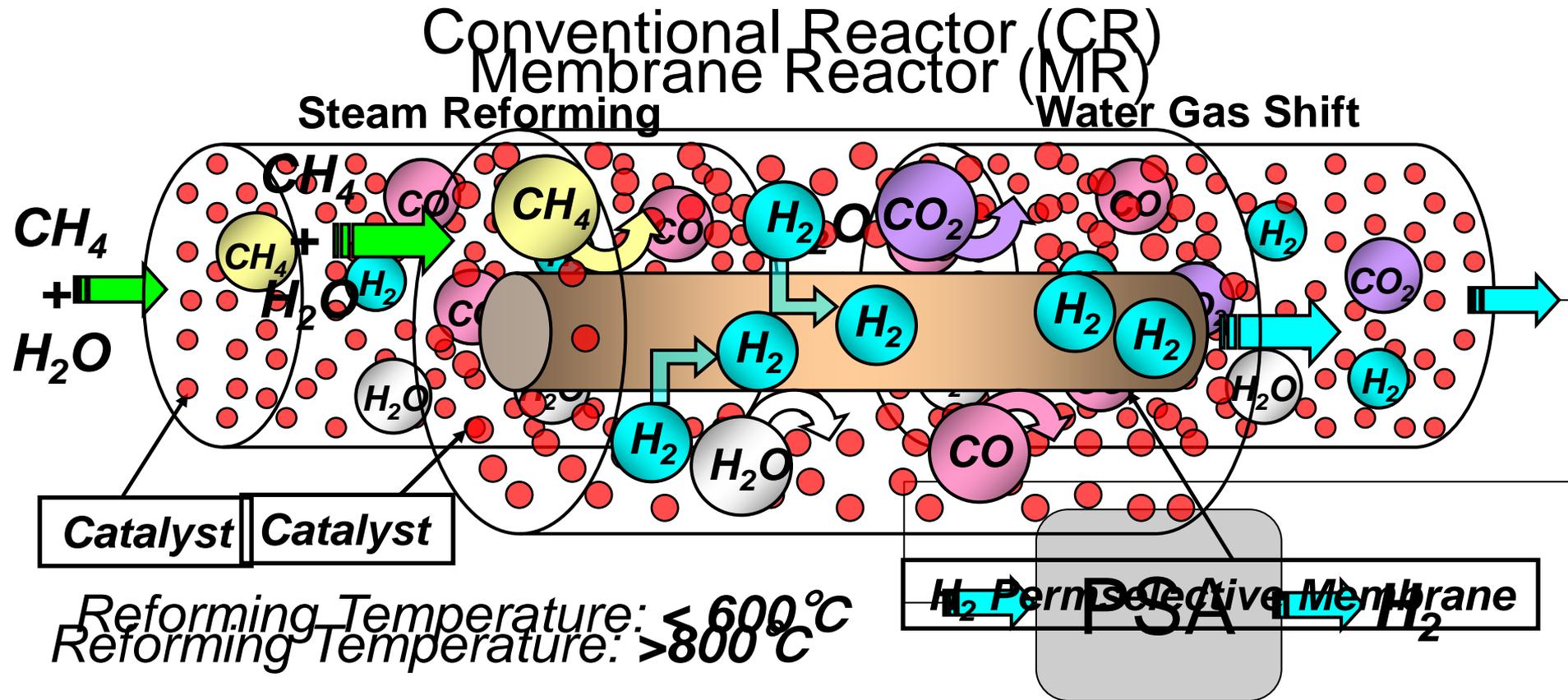
- ・反応率の向上
- ・選択性の向上

メタンの水蒸気改質と膜反応器

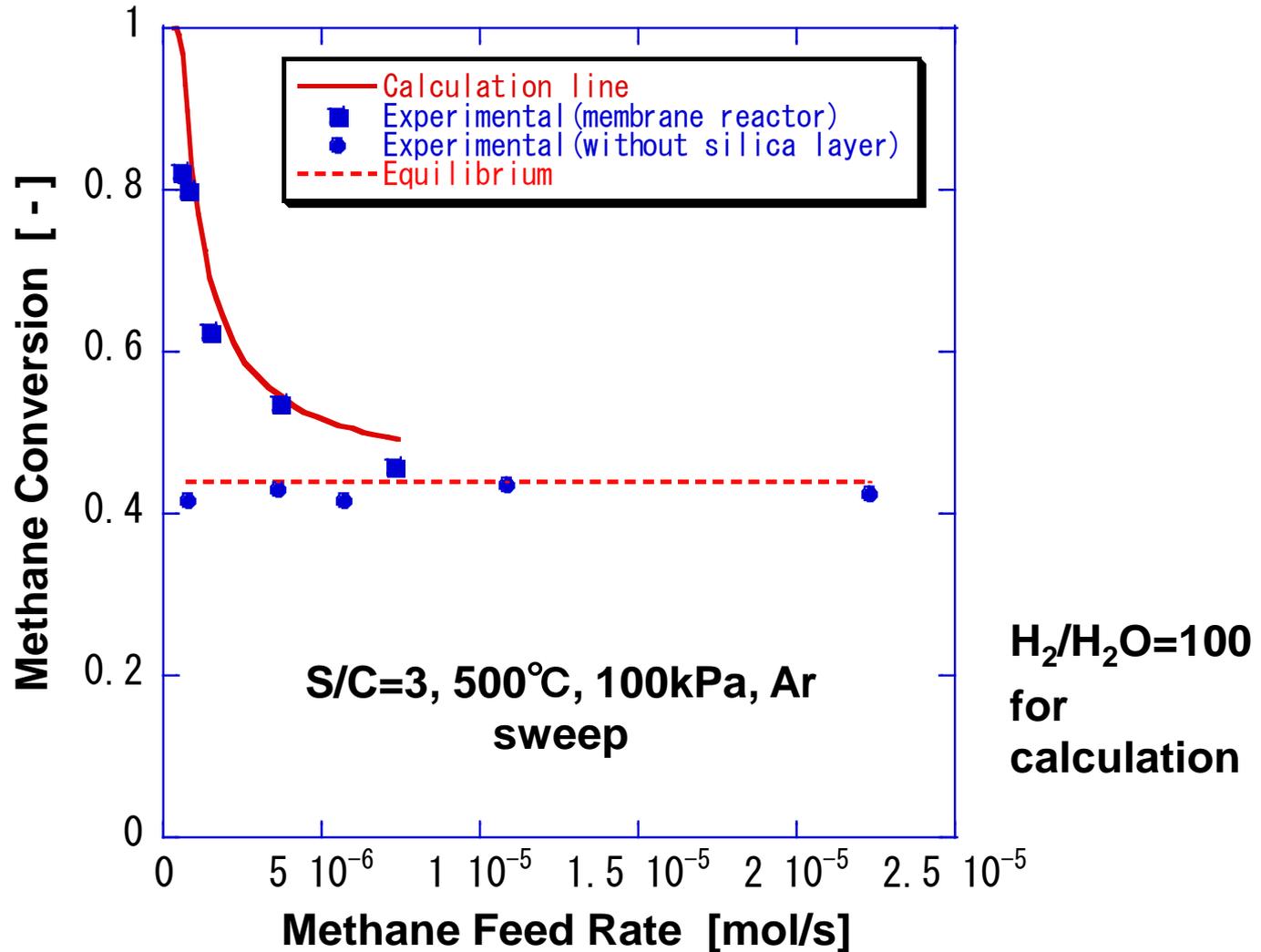


$$\Delta H = 206.2 \text{ [kJ/mol]}$$

$$\Delta H = -41.2 \text{ [kJ/mol]}$$



膜反応器によるメタン水蒸気改質反応



HMDS膜を用いた水素の連続製造

<実験条件>

触媒 Ni / Ce_{0.15}Zr_{0.85}O₂

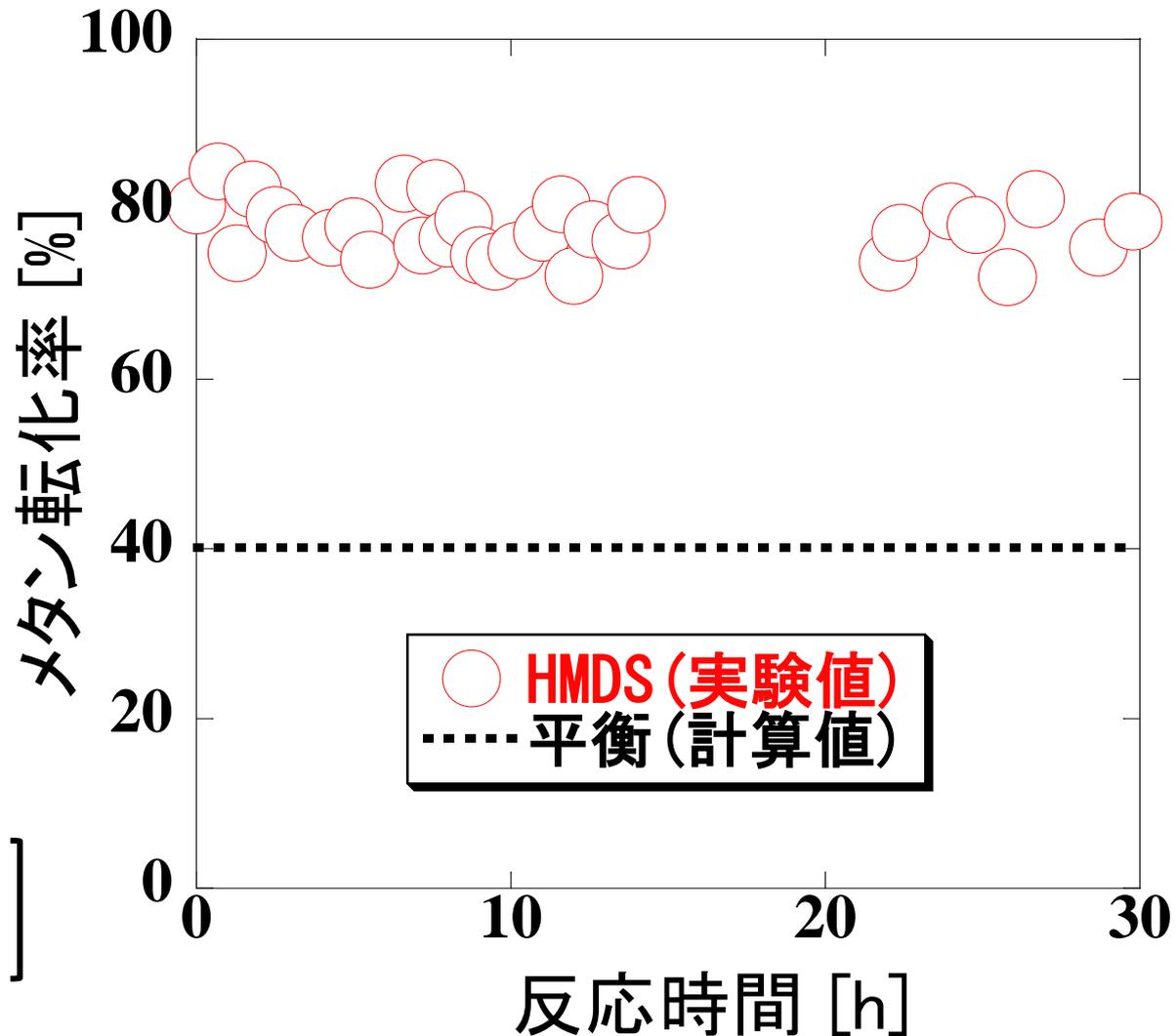
H₂O/CH₄ : 2.5

反応温度 500°C

反応圧力 0.1 MPa

透過側圧力 0.01 MPa

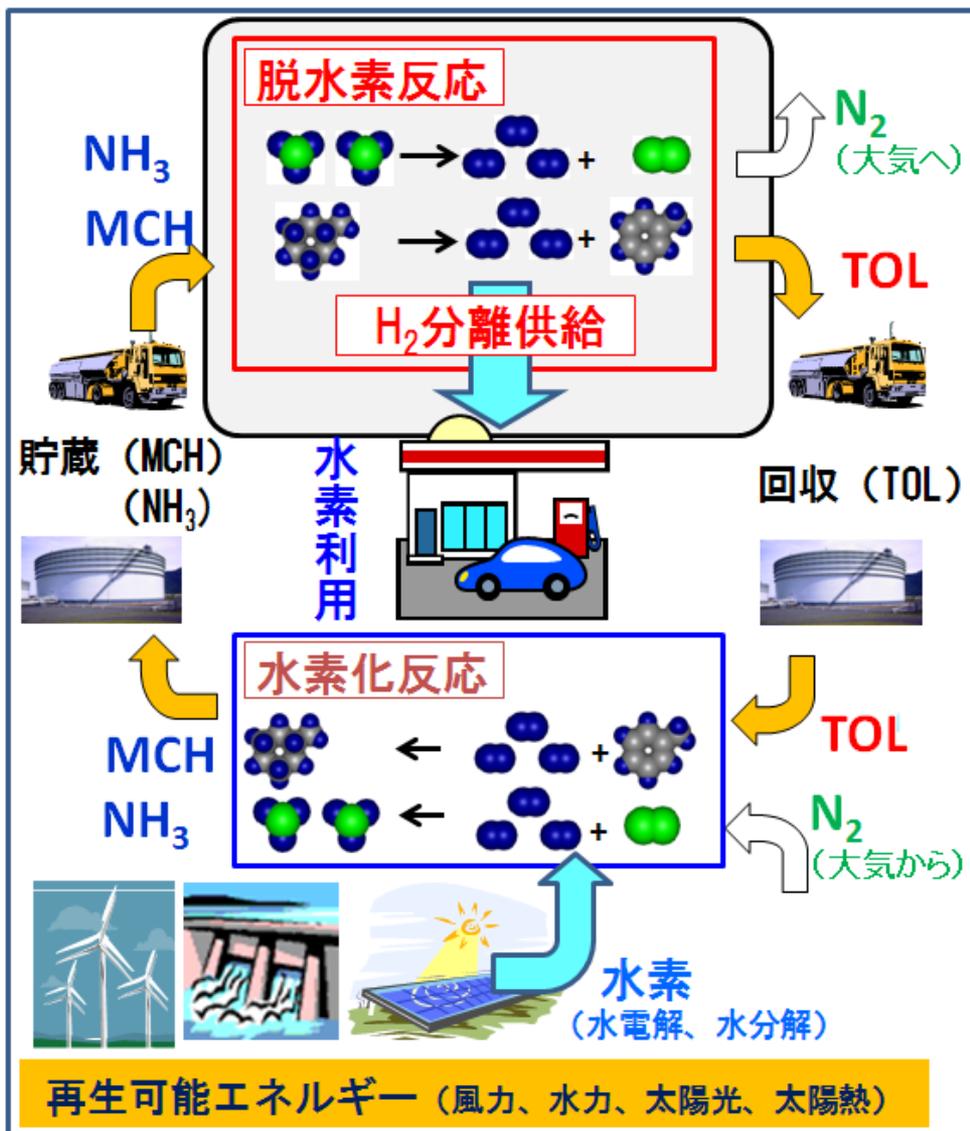
CH₄ 1 × 10⁻⁶ mol s⁻¹



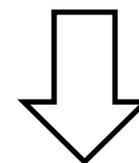
[転化率が80%になる
ようにCH₄供給量を設定]

1. はじめに
 - 地球温暖化と水素エネルギー社会
2. 水素を造る無機膜、膜反応器
- 3. 水素輸送貯蔵と無機膜、膜反応器**
4. まとめ

水素輸送貯蔵システム

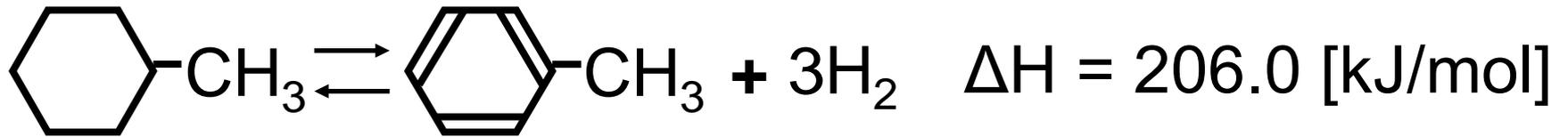


高効率脱水素反応
がキイテクノロジー

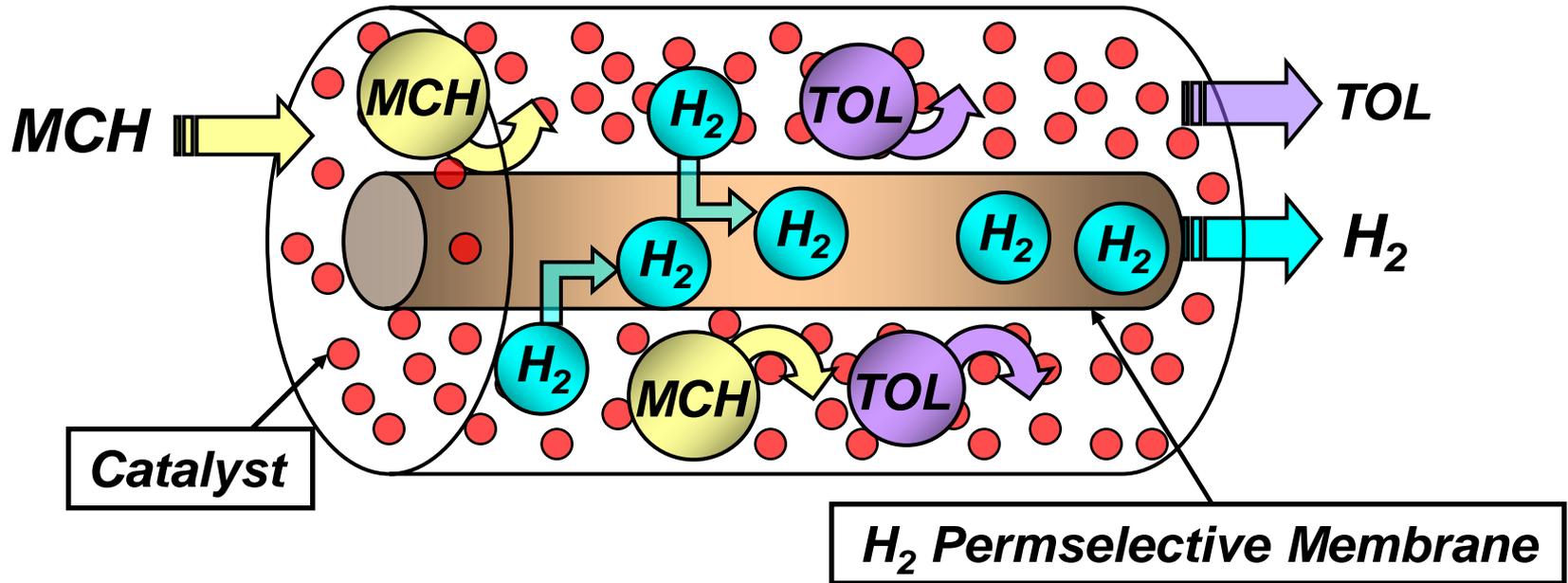


膜の開発
膜反応器の開発

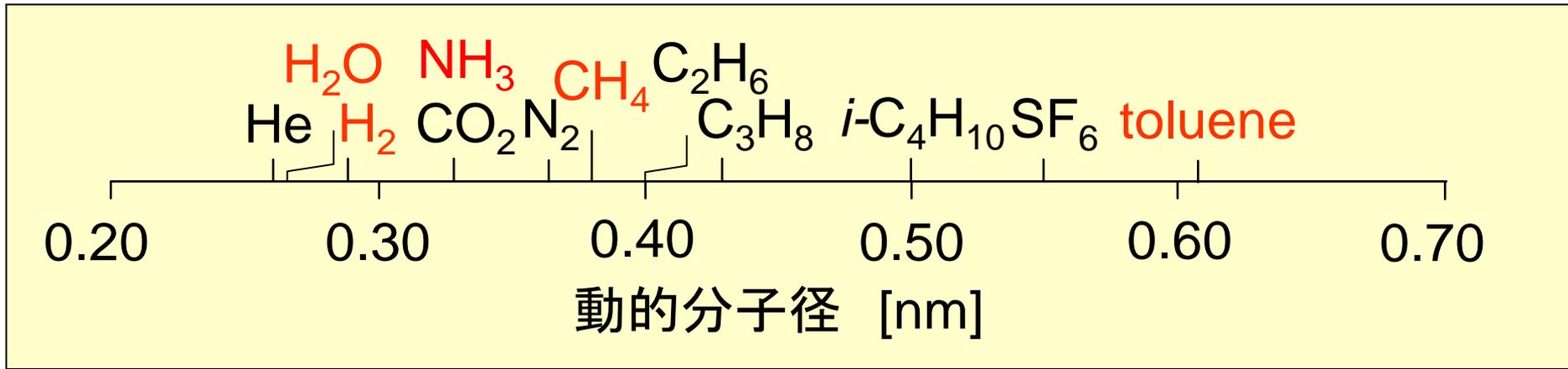
MCH脱水素膜反应器



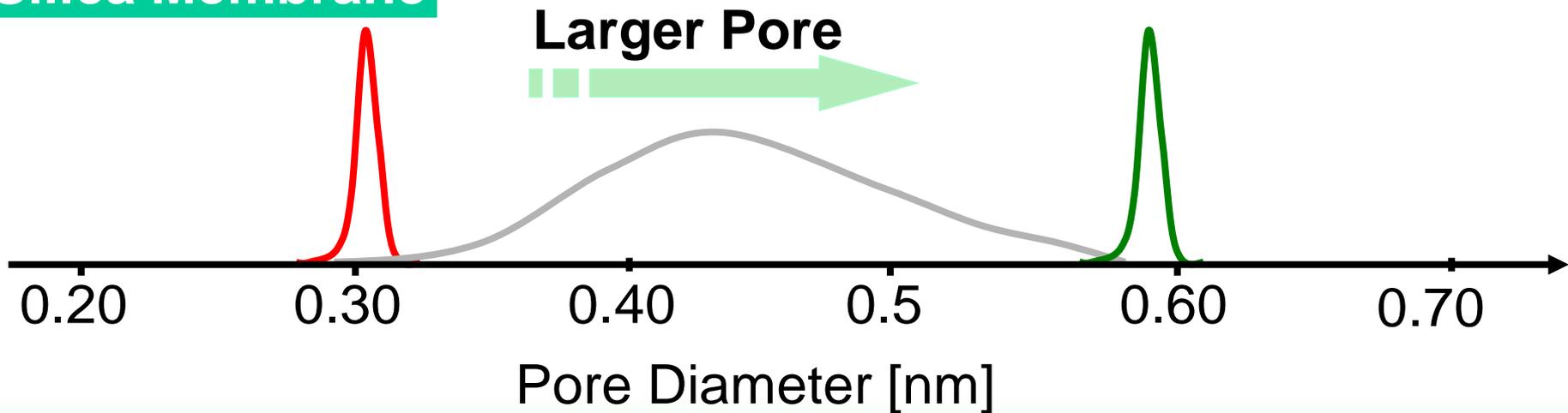
Membrane Reactor (MR)



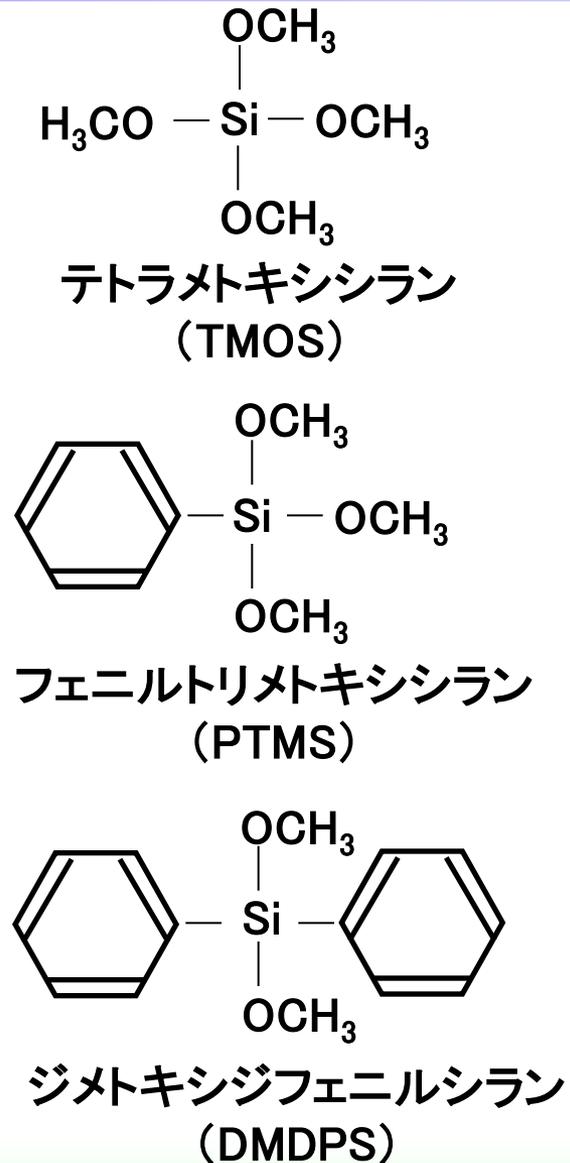
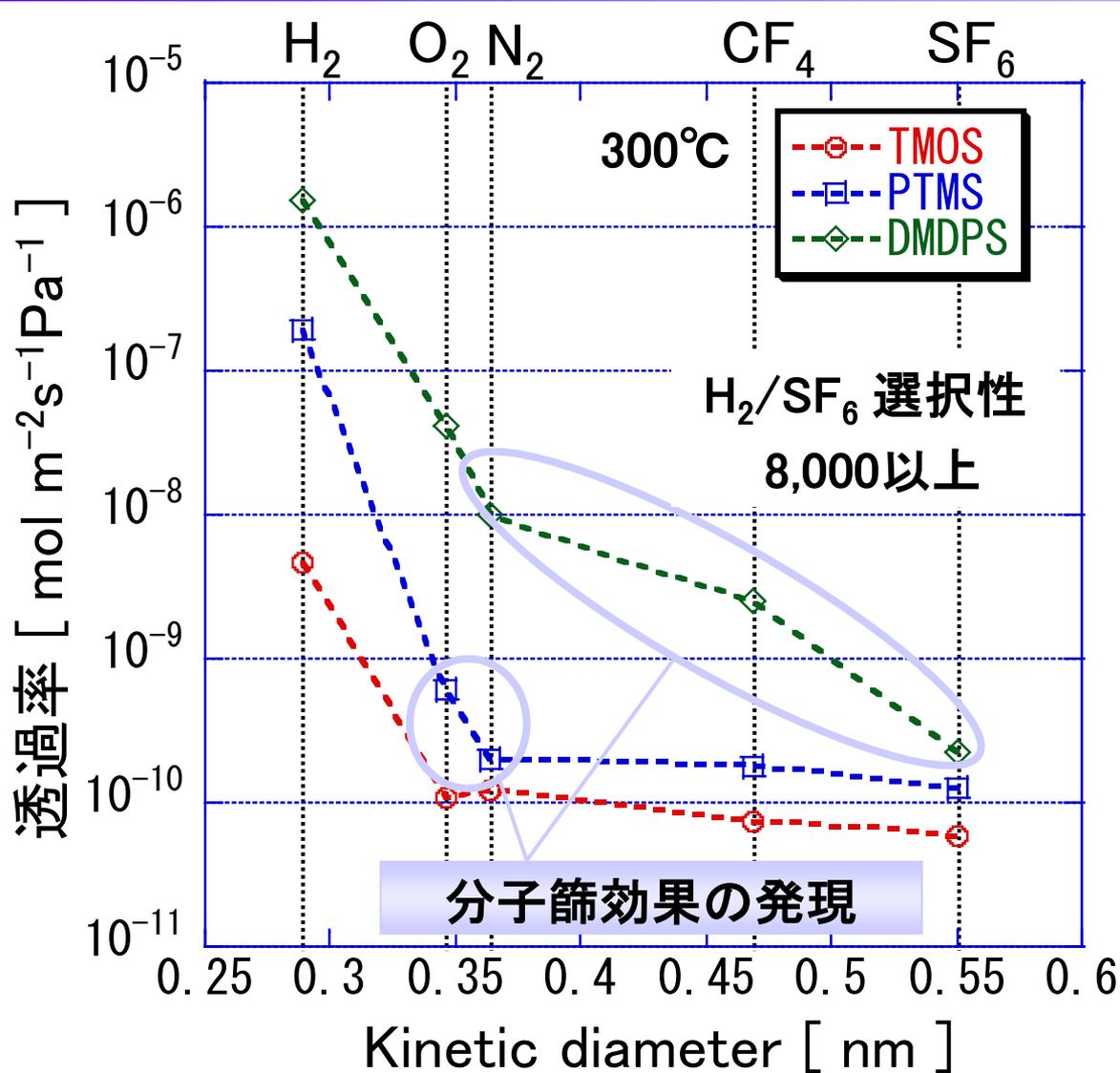
水素分離膜の大孔径化



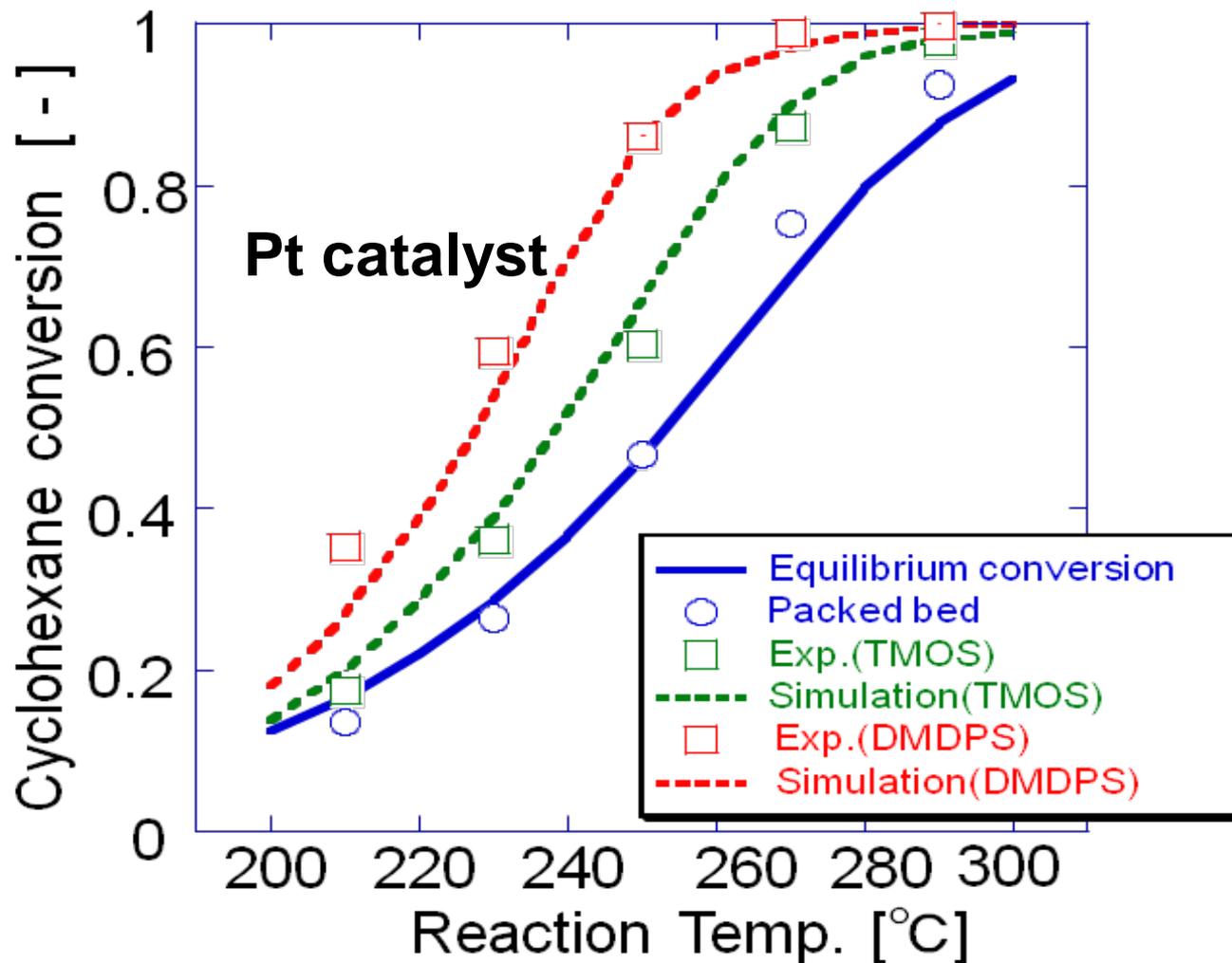
Silica Membrane



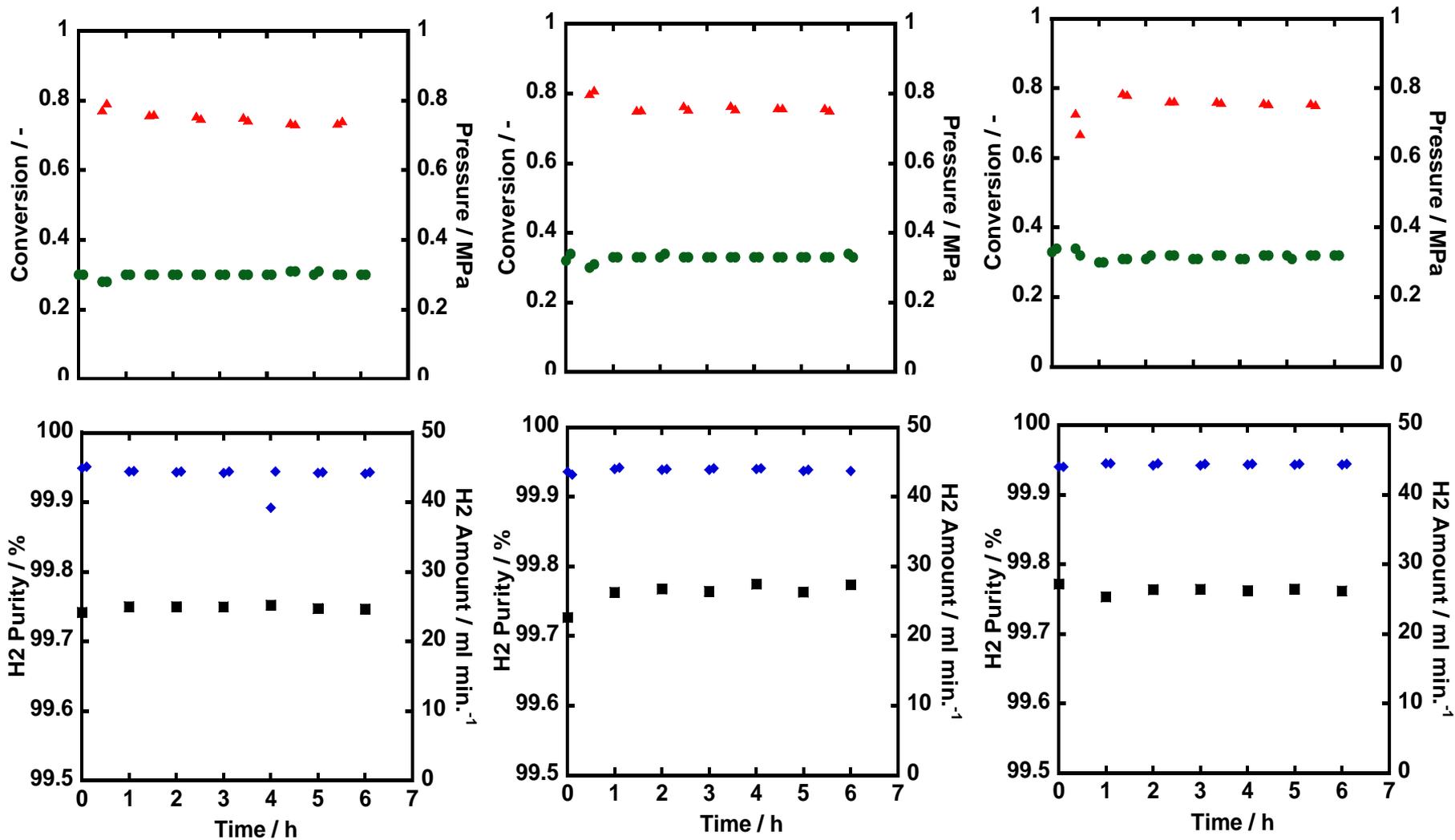
各種膜の性能



膜反応器によるシクロヘキサンの脱水素



MCH脱水素膜反応器のDSS運転



no carrier & no sweep $P_{H_2} = 5.0 \sim 5.4 \times 10^{-7} \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$

1. はじめに
 - 地球温暖化と水素エネルギー社会
2. 水素を造る無機膜、膜反応器
3. 水素輸送貯蔵と無機膜、膜反応器
4. まとめ

1. 水素エネルギー社会

- 地球温暖化問題の解決技術として期待される。
- 自然エネルギー由来水素の輸送貯蔵方法として、水素キャリアの利用が不可欠。

2. 水素を造る無機膜、膜反応器

- 高性能な水素選択透過膜はラボスケールでは開発
- メタン水蒸気改質反応用の膜反応器は開発

3. 水素輸送貯蔵と無機膜、膜反応器

- 水素/MCH(TOL)分離膜はラボスケールでは開発
- MCH脱水素反応用の膜反応器は開発

水素エネルギーキャリアPJ

文部科学省JST戦略的創造研究推進事業
先端的低炭素化技術開発(ALCA)
エネルギーキャリア特別重点プロジェクト

RITE : CVDシリカ、Pd、ゼオライト膜
膜反応器、細孔径制御・評価

広島大学: 細孔径評価

山口大学: ゼオライト膜、膜反応器

工学院大学: CVDシリカ膜、膜反応器
細孔径制御

宇都宮大学: 膜反応器

産業技術総合研究所 : プロセス検討、炭素膜

水素エネルギーキャリアPJ

経済産業省

再生可能エネルギー貯蔵・輸送等技術開発

RITE: DMDPS膜モジュール化、膜反応器

千代田化工建設(株): システム評価

H25年度から 5年+5年

ご清聴ありがとうございました



Research Institute of Innovative Technology for the Earth