NEDO脱炭素技術分野成果報告会2025
プログラムNo.5

カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／CO_2分離・回収技術の研究開発／二酸化炭素分離膜システム実用化研究開発／革新的ＣＯ$_2$分離膜モジュールによる効率的ＣＯ$_2$分離回収プロセスの実用化検討

発表：2025年7月16日

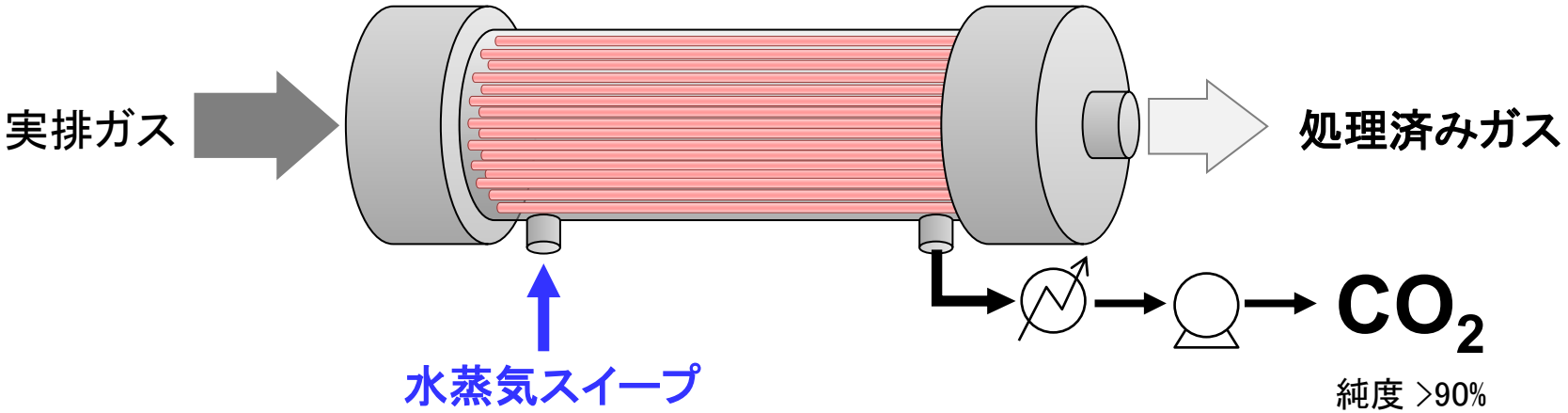
国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

発表者名　谷口育雄
*(国)京都工芸繊維大学、東ソー(株)、(国)東京科学大学、 (国)東京農工大学、ｷｯﾂﾏｲｸﾛﾌｨﾙﾀｰ (株)
問い合わせ先　国立大学法人京都工芸繊維大学　E-mail: ikuot@kit.ac.jp　TEL: 075-724-7990

1. 研究開発の概要と目標

石炭火力発電の燃焼後排ガスからのCO_2分離回収を目的に、CO_2選択性、透過性、耐久性に優れた**CO_2分離中空糸膜モジュール**を開発し、**実排ガスを用いたベンチ試験**を通して、**CO_2分離回収コスト1,500円/t-CO_2**（1 USD=150円換算）を実現するCO_2膜分離プロセスの社会実装を検討する。そして、回収したCO_2の**ウレタン原料合成プロセスへの有効利用の目処付**を行う。また、膜分離プロセスの鉄鋼産業やセメント産業など**他のCO_2排出源への適用性**についても検証を行う。

CO_2分離回収コスト：1,500円/t-CO_2以下



2. 研究開発項目と体制

(1) ベンチ試験用CO_2分離膜モジュールの研究開発（京都工繊大・東ソー）

(1)-1. CO_2分離膜の性能向上（再委託・東京農工大、キッツマイクロフィルター）

(1)-2. CO_2分離膜モジュールの大面積化（再委託・キッツマイクロフィルター）

(2) CO_2分離膜モジュールのベンチ試験（東ソー）

(2)-1. ベンチ試験用設備の設計と製作

(2)-2. ベンチ試験

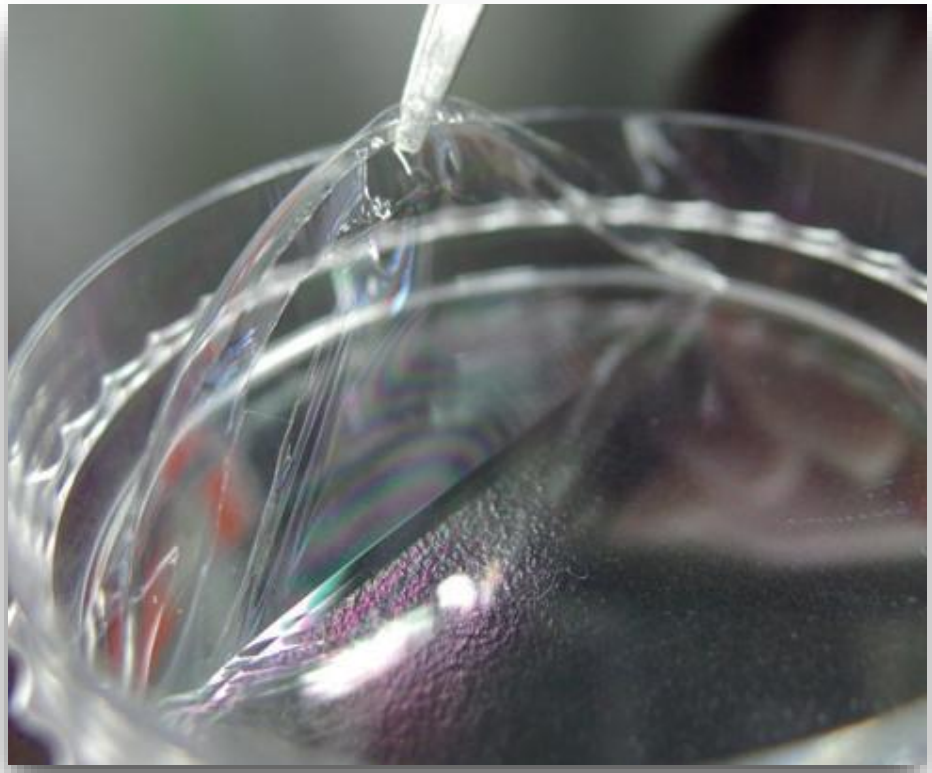
(3) 膜分離システムの社会実装検討（東京科学大）

(3)-1. CCUプロセスモデル全体の検討

(3)-2.他高濃度CO_2排出源の適用検討

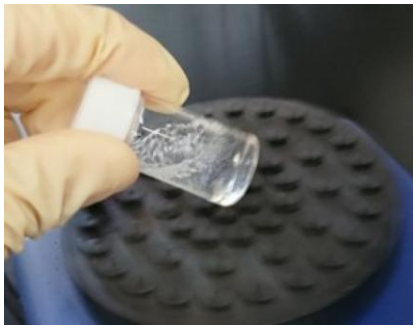
2. 研究背景　–CO_2分離膜の開発1–

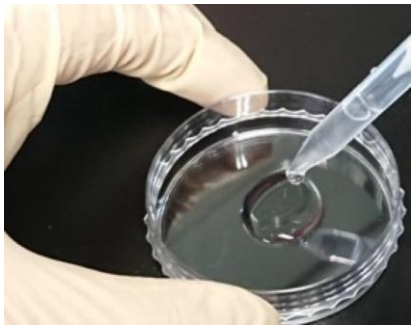
アミンをCO_2キャリアとする促進輸送

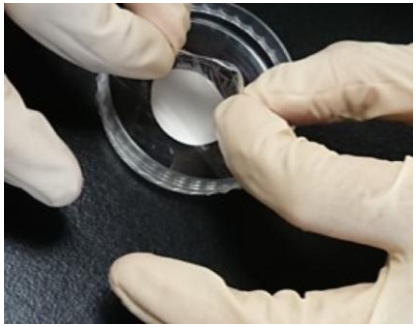


Amine + PVA

非常に高いCO_2選択性！

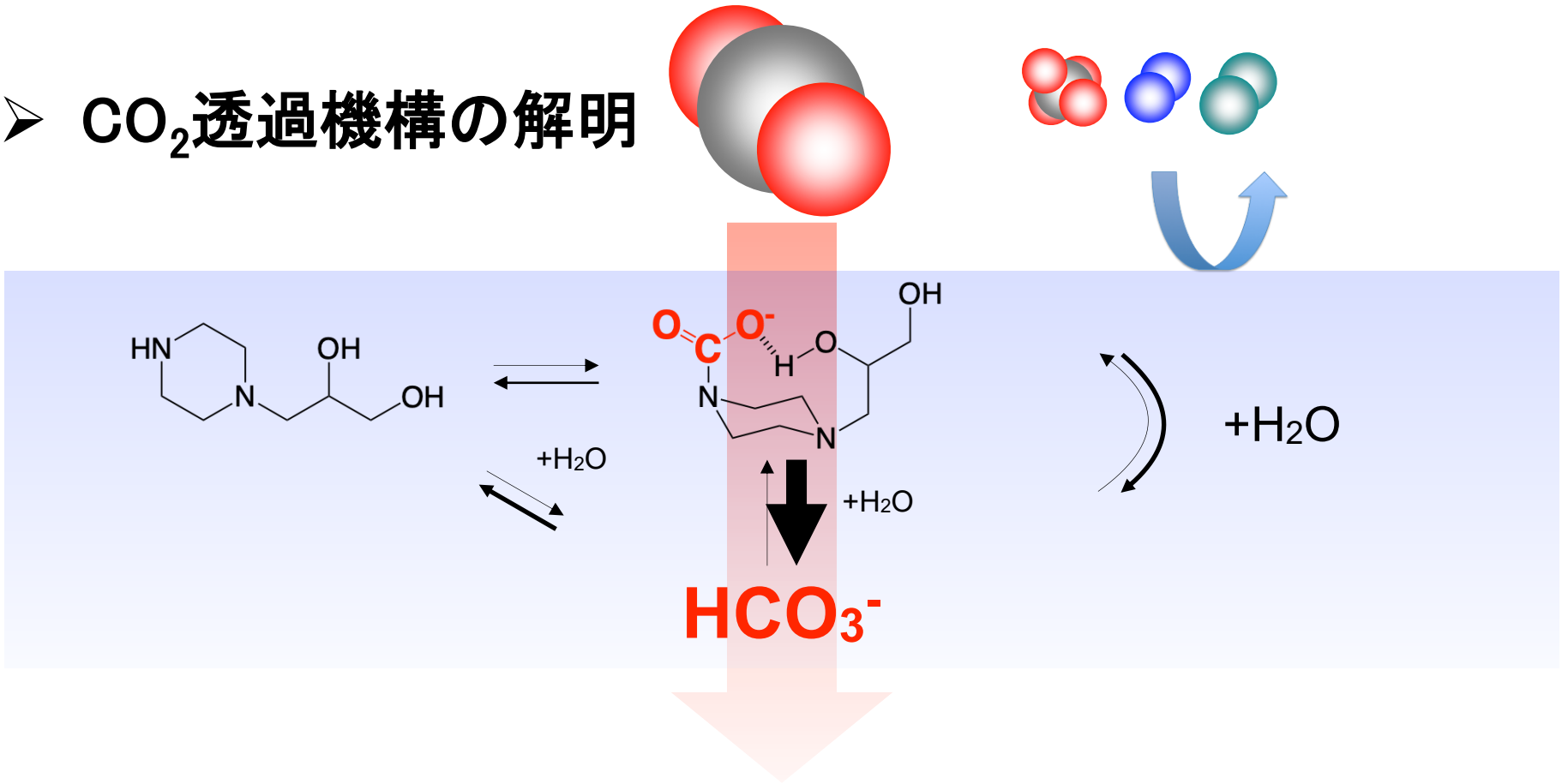






2. 研究背景 –CO_2分離膜の開発2–

➢ CO_2透過機構の解明



- CO_2 interacts with PzPD with the formation of carbamates.
- Hydroxyl group stabilizes the resulting carbamates through a hydrogen bonding.
- Bicarbonate ion is released upon hydrolysis of the carbamate.
- Other gas permeation is suppressed by salting-out to give a high CO_2 selectivity.

2. 研究背景 –CO_2分離膜の開発3–

➢ **技術的課題**

- ✓ CO_2透過性の向上
- ✓ 大面積化

→膜モジュール作製

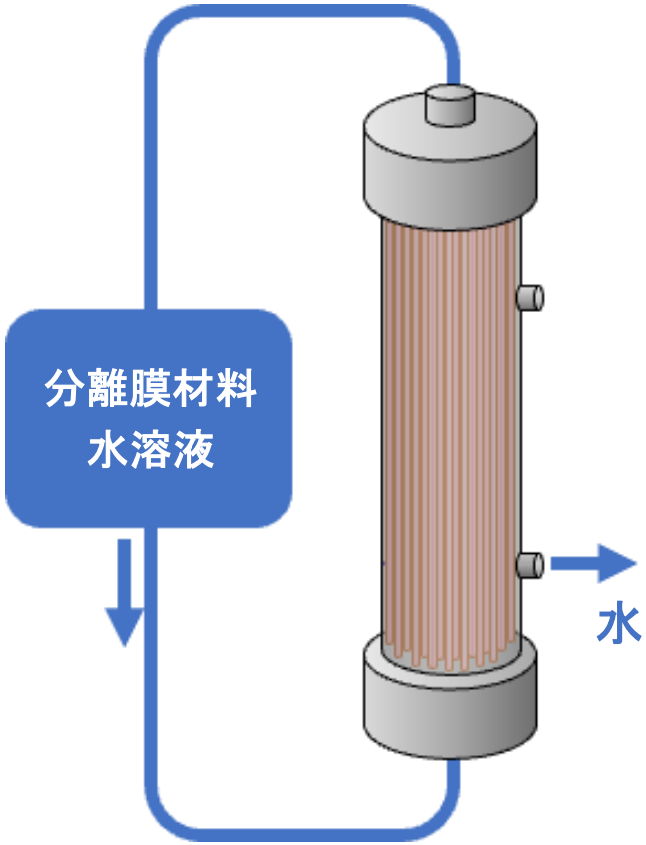
→薄膜化

Thin-film composite (TFC) membrane

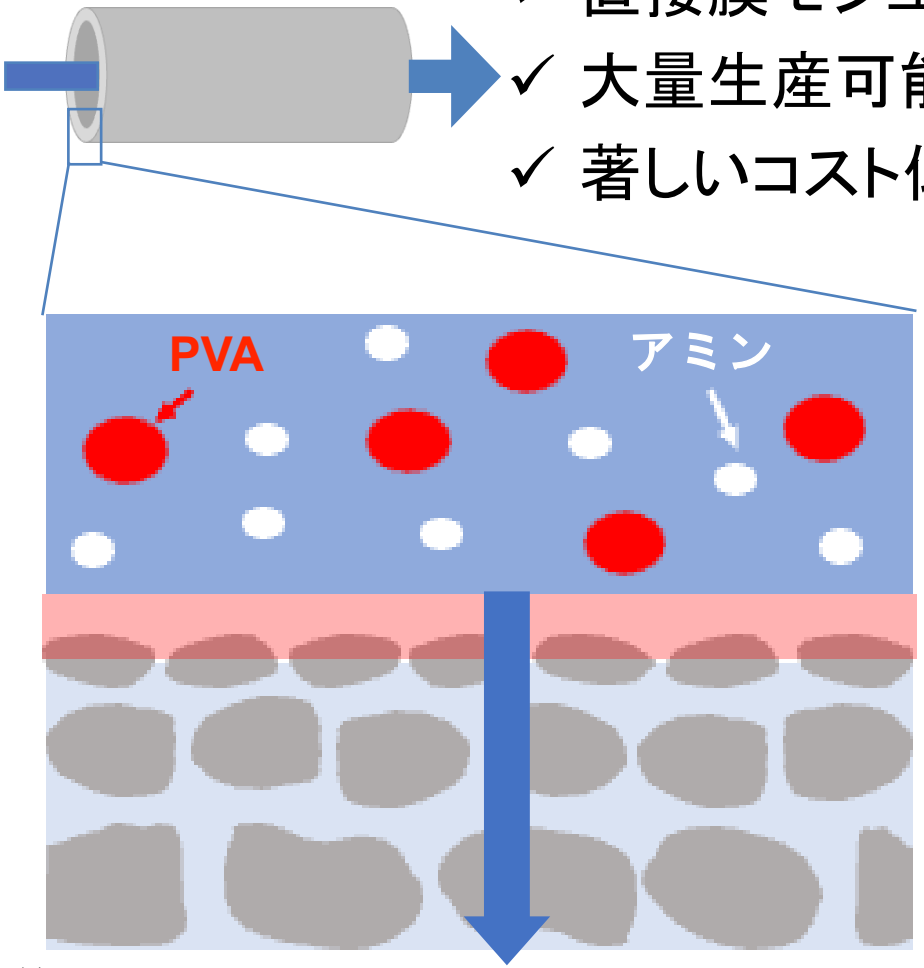
By courtesy of by Dr. Morisato (Schlumberger, Ca, USA)

3. 本研究開発の特徴

極めて簡便かつ低コストな膜モジュール製造技術の確立



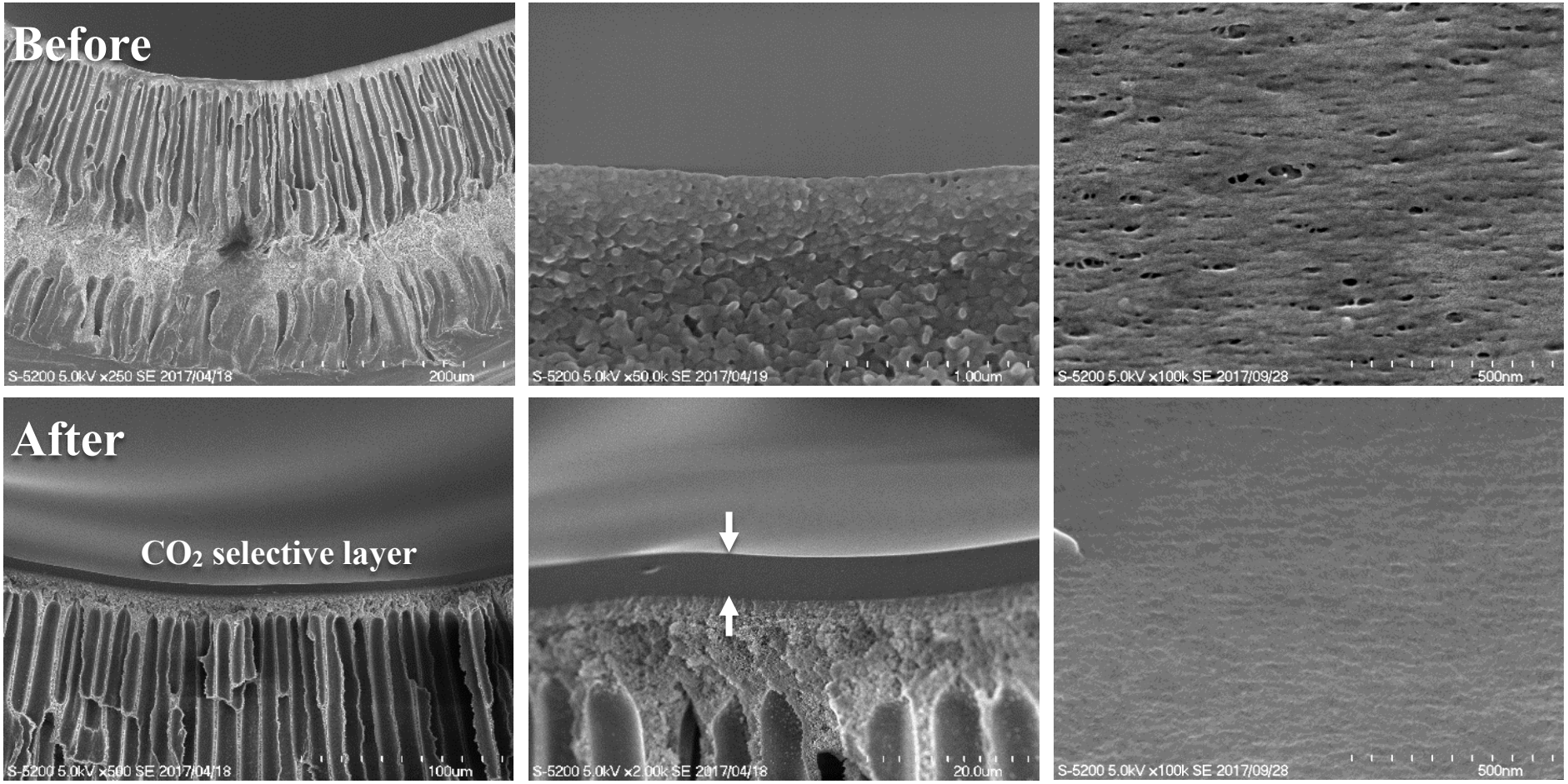
Duan S. et al., *J. Membr. Sci.*, **283**, 2, 2006



- ✓ 直接膜モジュール作製
- ✓ 大量生産可能
- ✓ 著しいコスト低減

PVA分子量: 60,000, 中空糸膜分画分子量: 10,000

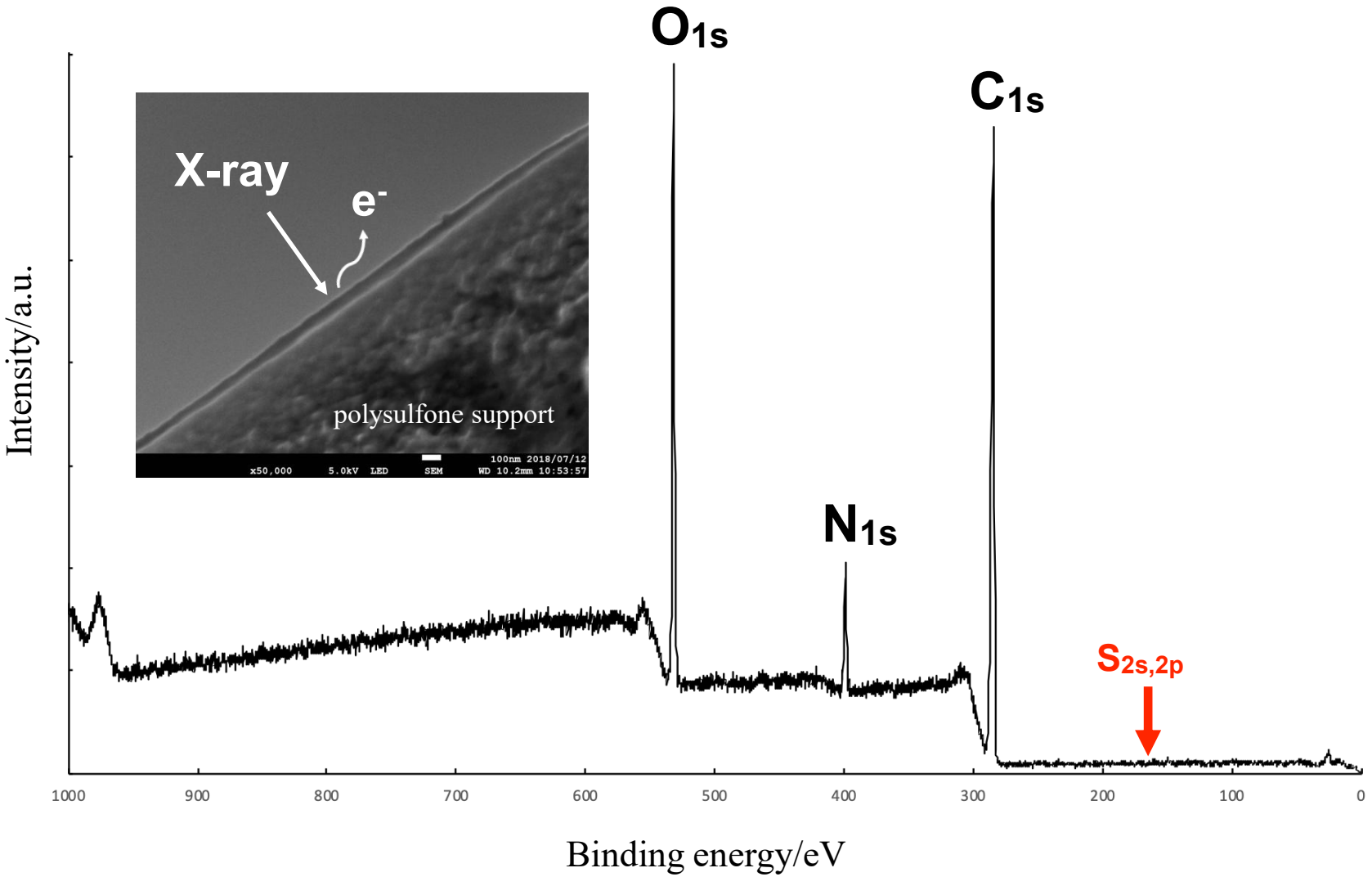
3. 本研究開発の特徴　–高分子薄層形成–



SEM images of cross sections and surfaces of hollow fibers membrane

Active layer: PVA + AEAE

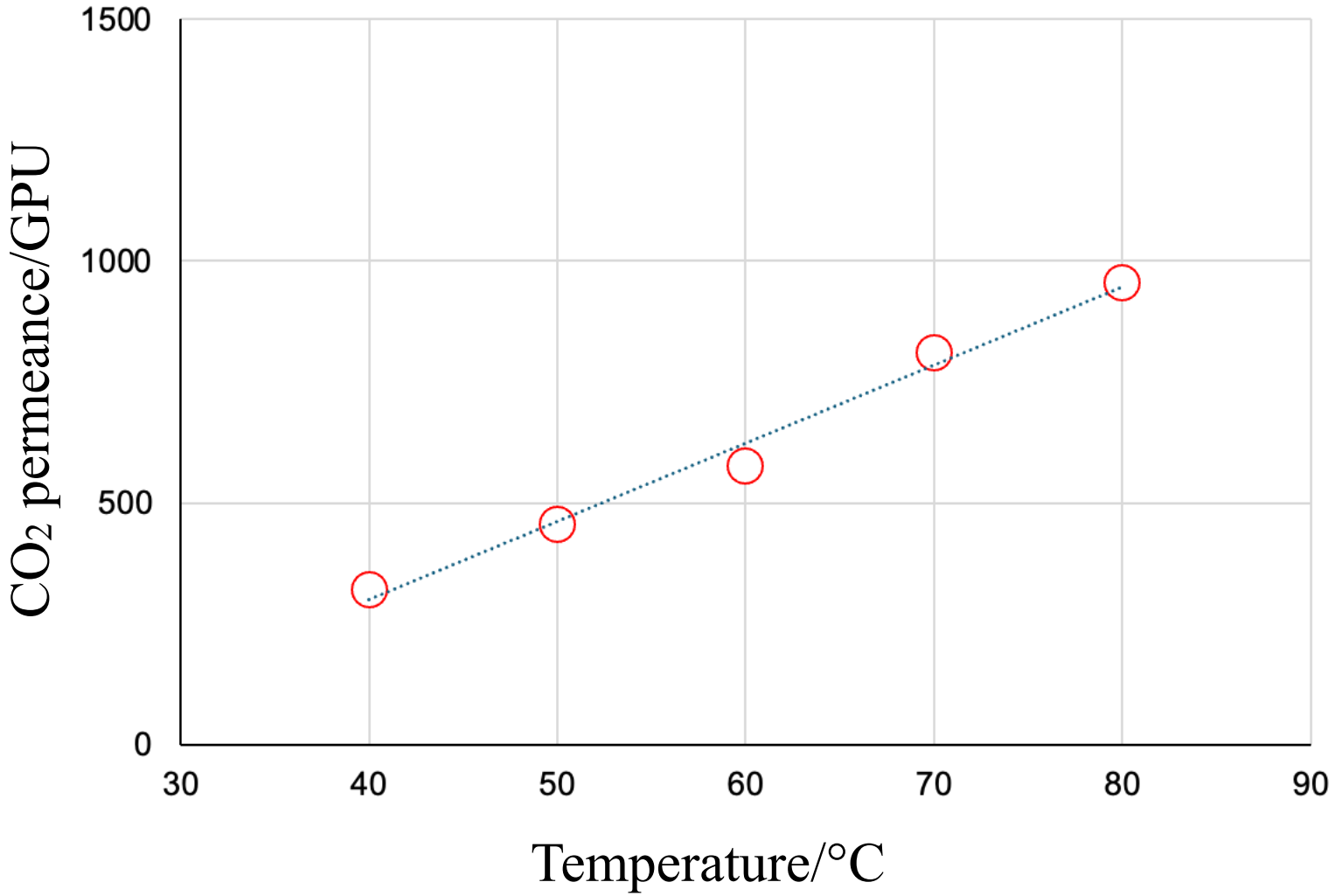
3. 本研究開発の特徴 –CO_2分離機能層–



XPS wide-scan of inner surface of the hollow fiber

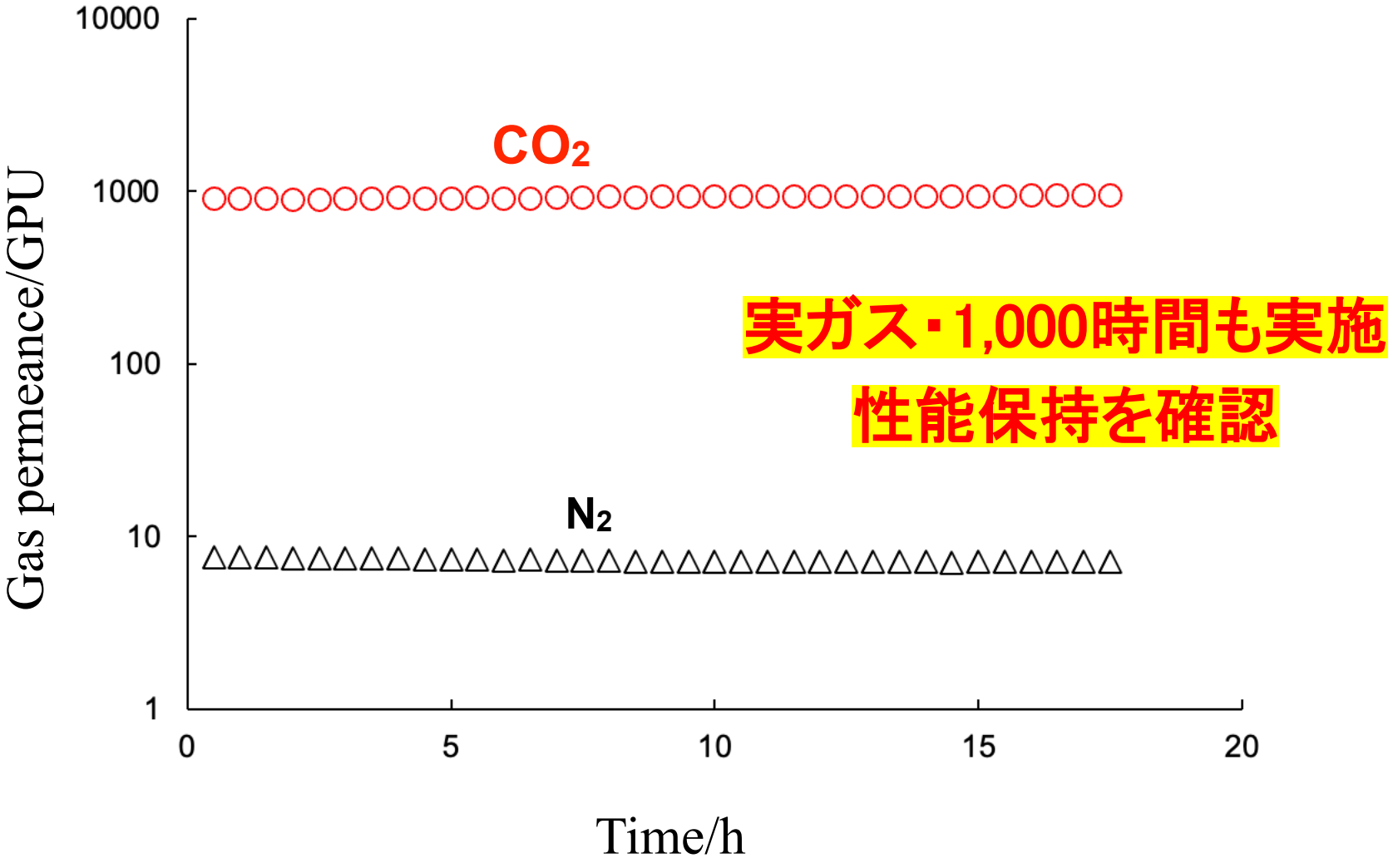
Thickness of selective layer: 50 nm

4. 研究成果　–膜モジュールのCO_2分離性能–



Operation conditions: **relative humidity of 90 %**; $\Delta p(CO_2)$ of 10 kPa under isobaric conditions;
Feed & sweep gas rate: 500 & 500 mL/min; effective membrane area: **150 cm²**

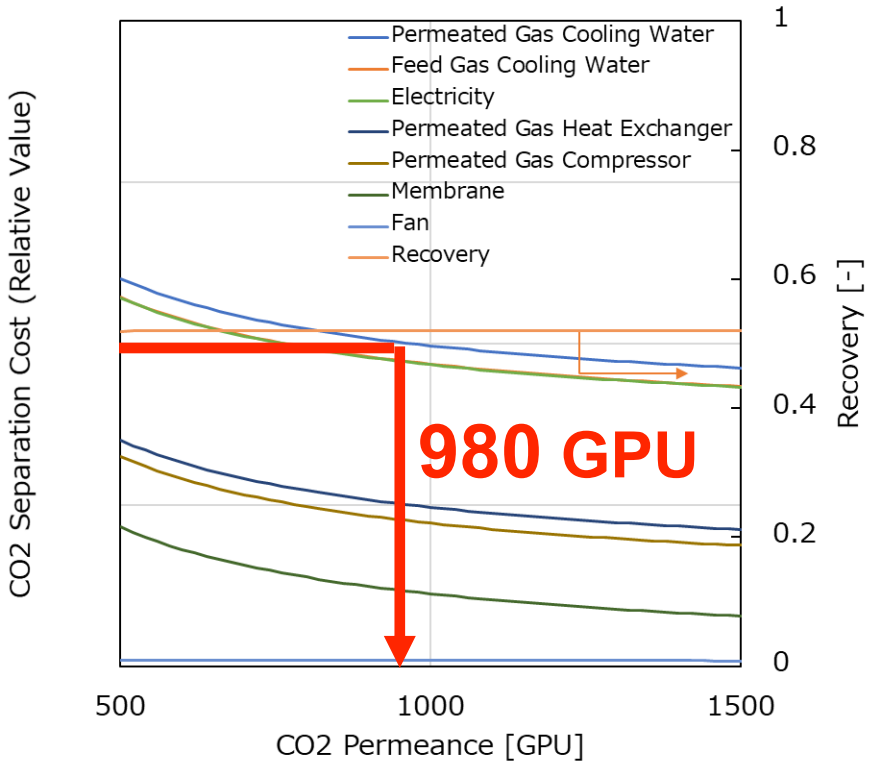
4. 研究成果　–連続試験結果(ラボ)–



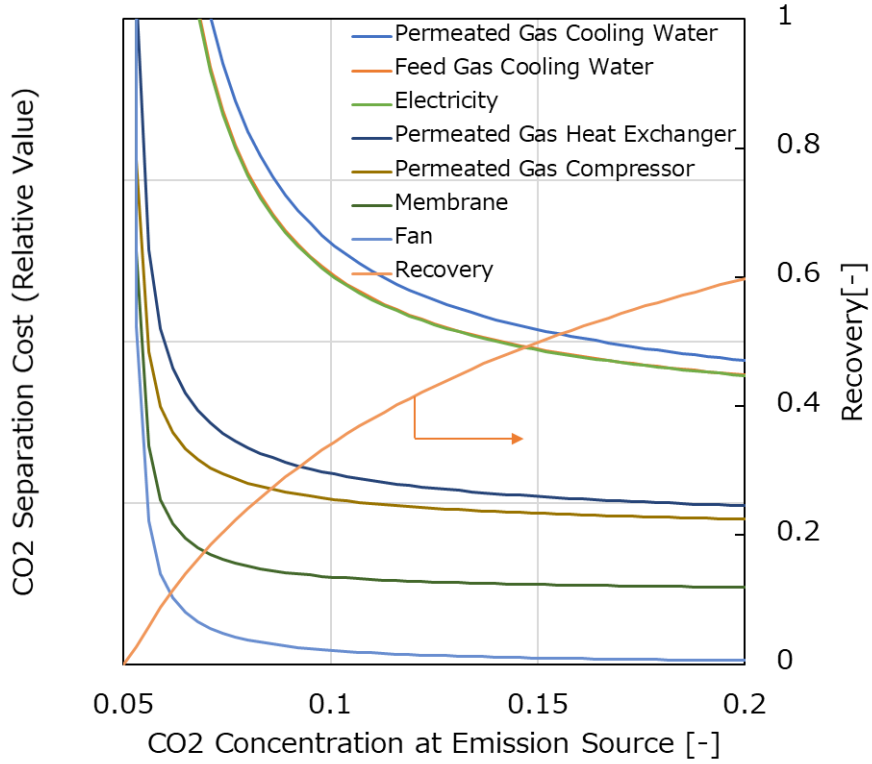
Operation conditions: **relative humidity of 90 %** at **80°C**; $\Delta p(CO_2)$ of 10 kPa under isobaric conditions;
Feed & sweep gas rate: 500 & 500 mL/min; effective membrane area: **150 cm²**

4. 研究成果 –コスト試算–

分離回収コスト ≦10 USD/t-CO_2



CO_2透過係数とコストの関係



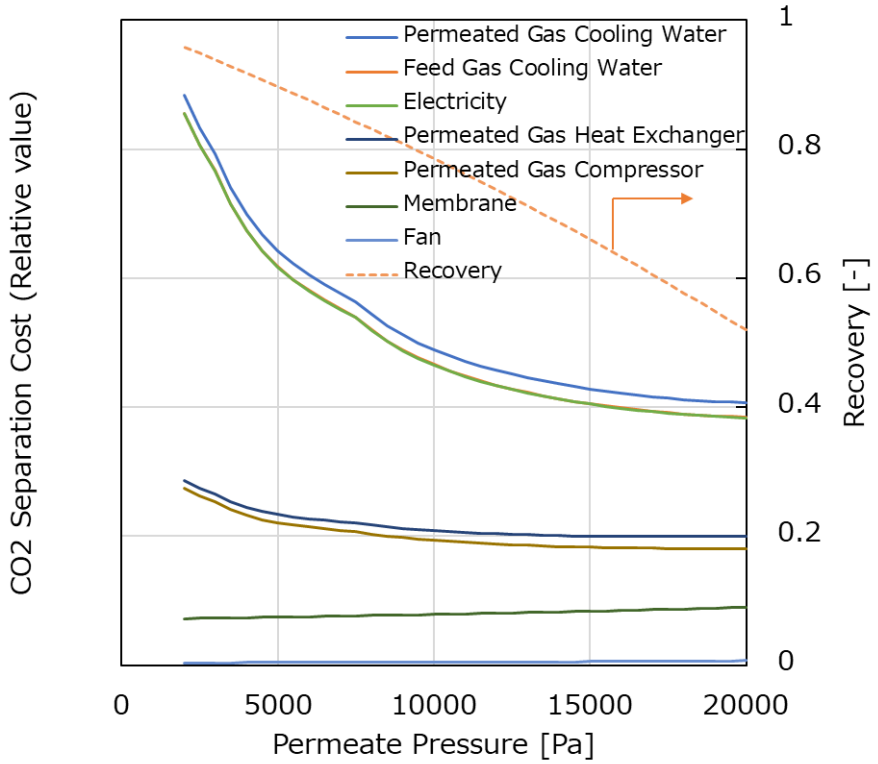
CO_2排出源濃度とコストの関係

膜コスト: ～25%

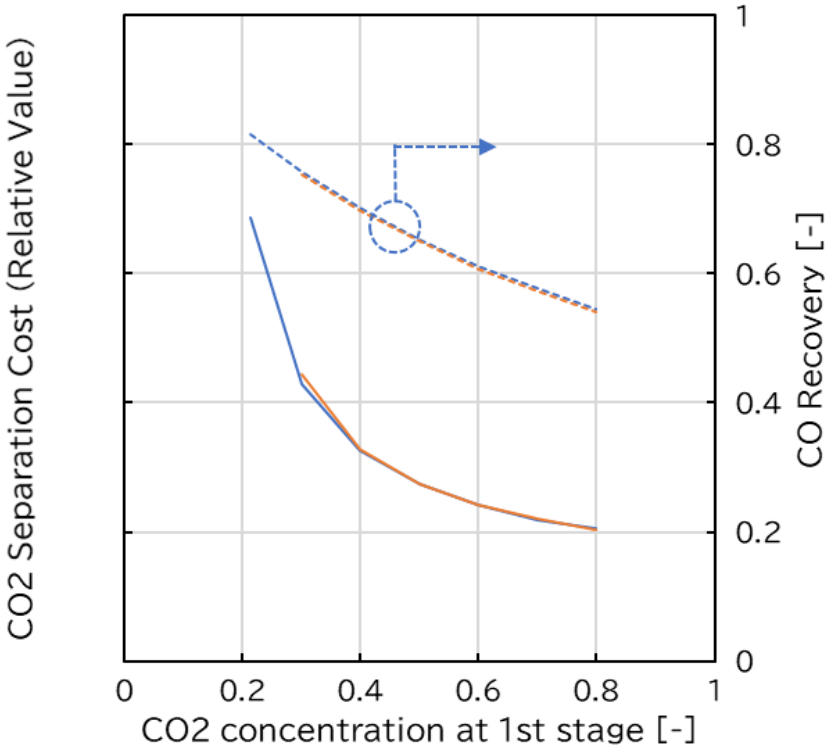
石炭火力発電所:12–16%
高炉ガス:27%
セメントキルンオフガス:14–33%
アンモニア製造プロセス:18% 程度

4. 研究成果 –コスト試算–

回収率向上のための方策



透過側CO_2圧力とコスト・回収率の関係

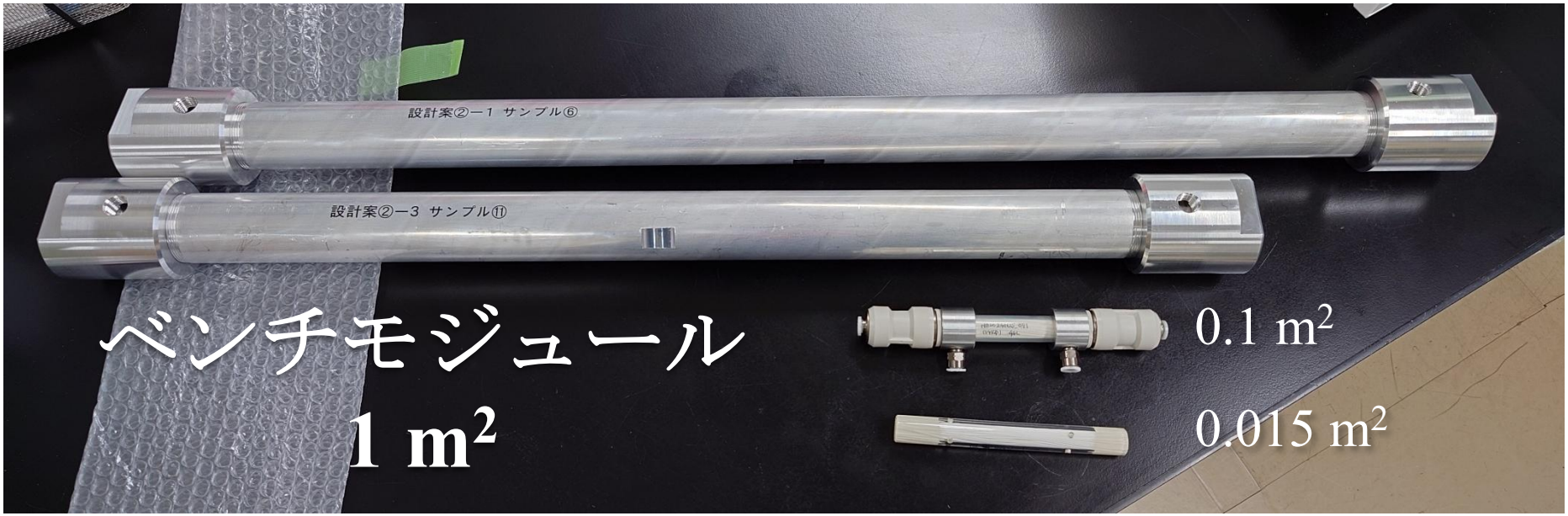


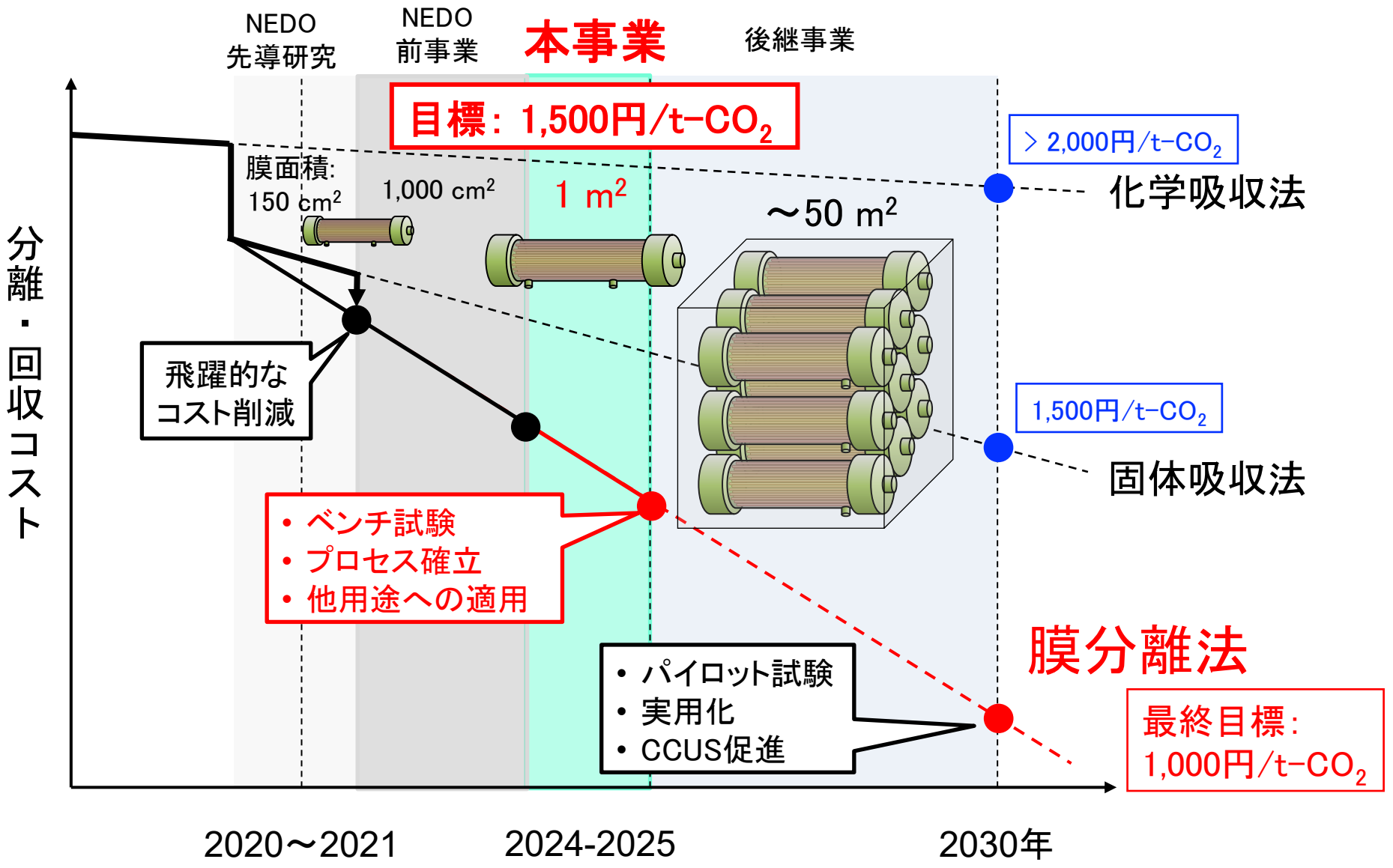
2段配置の場合の
1段目CO2濃度と回収率の関係

透過側の減圧や2段プロセスにすることで回収率を向上
（ただしコストは増加）

5. 進捗概要

- 膜モジュールのスケールアップ



- ✓ 1 m^2モジュールの形状決定
- ✓ 1 m^2モジュールの性能向上(試算10 kg-CO_2/day)
- ✓ ベンチ試験設備の作製
- ✓ ベンチ試験(９月～)

6. 研究開発スケジュール