

革新的CO₂分離膜による効率的CO₂分離回収

Efficient CO₂ Capture by High-Performance CO₂ Separation Membranes

京都工芸繊維大学/KIT with 東ソー/Tosoh and 東京工業大学/TIT

CCUS社会実装の鍵

CCUSの実用化のためには、そのコストの大半を占めるCO₂分離回収に要するエネルギー/コストの低減が必須である。

膜分離法は、省エネルギー/省スペースな分離技術であり、新たな分離回収技術として着目されている。これまで様々なCO₂分離膜材料の研究開発が行われ、優れたCO₂分離性能を発揮するCO₂分離膜が報告されてきた。

高分子膜は、大量生産性、大面積化、製品安定性に優れ、実用化に最も近いと期待されている。しかしながら、**CO₂透過性と選択性の向上**が必要である。

研究開発の概要

アミン含有高分子膜は優れたCO₂分離性能を発揮する。このCO₂分離膜モジュールを用いた膜分離法によって、実排ガスによるベンチ試験を通して、**CO₂分離回収コスト \$10/t-CO₂以下**となる効率的CO₂分離回収プロセスの構築を行う。

- [1] 高性能CO₂分離膜モジュールの作製
- [2] 実排ガスによるベンチ試験
- [3] プロセスシミュレーションによる最適化

Membrane separation

- Spontaneous separation
- No additional energy
- Smaller footprint
- High reliability
- Lower CAPEX & OPEX
- Low separation performance

$$J_1 = D_1 \times \frac{\Delta p_1}{l}$$
$$\Delta p = p_f - p_p$$

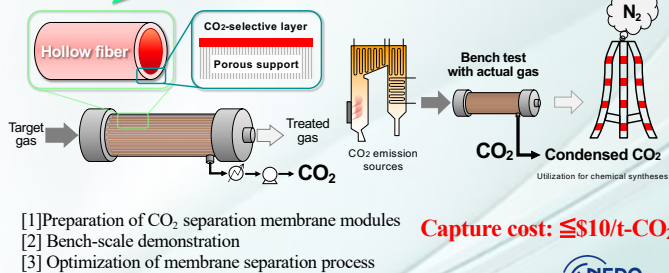
Key to implementation

For implementation of CCUS, it is essential to reduce the energy/cost required for CO₂ capture.

Membrane separation is an energy/space-saving separation technology that is attracting attention as a new separation and recovery technology. Various CO₂ separation membrane materials have been researched and developed, and CO₂ separation membranes with excellent CO₂ separation performance have been reported.

Polymeric membranes are expected to be the closest to practical application due to their excellent mass productivity, large area, and product stability. However, CO₂ separation properties need to be improved.

Outline of current project



Outline of project

The amine-containing polymer membranes have excellent CO₂ separation performance. An efficient CO₂ capture process with **CO₂ capture cost less than \$10/t-CO₂** will be established through bench tests using actual exhaust gas.

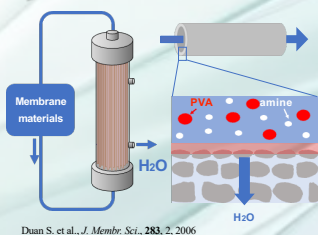
- [1] Fabrication of high performance CO₂ separation membrane module
- [2] Bench test using actual exhaust gas
- [3] Optimization by process simulation

CO₂分離膜モジュール

CO₂透過性を向上するために薄膜化 (<1 μm) が検討されているが、膜の自立性が無くなるため、膜面積の拡大/モジュール化が技術的な障壁となっている。

我々は中空糸膜モジュールに膜材料水溶液を通じるだけで、中空糸膜内表面にCO₂分離機能層を形成させる技術を確認した。この手法によって、**大面積化、大量生産、および大幅なコストダウン**が可能となった。

Facile preparation of membrane modules



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

- Direct preparation of membrane modules
- Scalable and reproducible
- Significant cost reduction



an aqueous solution of the membrane material through the hollow fiber membrane module. This enables **large area expansion, mass production, and significant cost reduction**.

Membrane modules

Thinner membranes (<1 μm) have been considered to improve CO₂ permeability, but the membrane is no longer self-supporting, which poses a technical barrier to membrane area expansion/modularization.

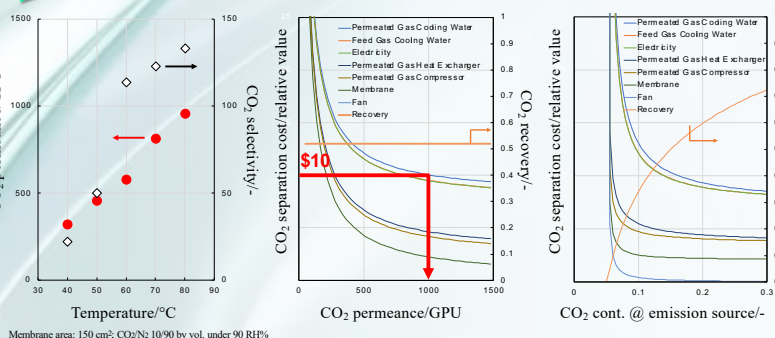
We have established a technique to form a CO₂-selective layer on the inner surface of hollow fiber membranes by simply passing

CO₂分離性能

得られた膜モジュールのCO₂分離性能評価の結果、**CO₂透過流束 1,000 GPUおよびCO₂選択性140**という非常に高い性能を発揮することがわかった。1,000時間の実排ガスを用いた耐久試験の結果、CO₂分離性能の保持が確認された。

また、分離膜コストを著しく低減できるため、CO₂透過流束が980以上の場合、**CO₂分離回収コストが \$10/t-CO₂以下**となることがプロセスシミュレーションの結果から明らかとなった。

CO₂ separation performance & cost analysis



CO₂ capture

The CO₂ separation membrane modules exhibited very high performance with a **CO₂ permeance of 1,000 GPU and CO₂ selectivity of 140**. 1,000 hours of durability testing using actual exhaust gas confirmed that the CO₂ separation performance was maintained.

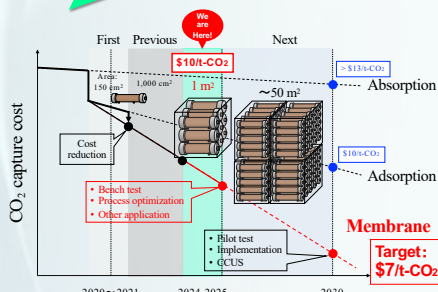
Process simulation results show that the **CO₂ capture cost is \$10/t-CO₂** when the CO₂ permeance is greater than 980 because the separation membrane cost can be significantly reduced.

研究開発スケジュール

これまでの検討結果から、開発したCO₂分離中空糸膜モジュールは優れたCO₂分離性能を発揮し、膜面積が150 cm²の中空糸膜モジュールでは、実排ガスを用いたベンチ試験を通して、CO₂分離回収コストが\$10/t-CO₂となることがプロセスシミュレーションの結果から明らかとなった。

膜面積を1 m² (20 kg-CO₂/day) にスケールアップしたベンチ試験を検討中であり、次期パイロット試験ではさらに50 m²に膜面積を拡大する。そして、**2030年の実用化**を目指している。

R&D schedule



Future perspectives

The results of process simulation showed that the developed hollow fiber membrane modules with a membrane area of 150 cm² has excellent CO₂ separation performance, and that the CO₂ capture cost is \$10/t-CO₂ through a bench test using actual exhaust gas. A bench test with a scaled-up membrane area of 1 m² (20 kg-CO₂/day) is under consideration, and the membrane area will be further expanded to 50 m² in the next pilot test, with the aim of **implementation in 2030**.