

アミン含有高分子膜による CO₂ 分離：操作条件と CO₂ 分離性能

(京都工繊大院) ○三谷 桜、谷口 育雄

<諸言>

脱炭素社会への早期移行のためには、大気中 CO₂ 濃度の上昇に起因する地球温暖化および気候変動の抑制が必須である。国連気候変動に関する政府間パネルの第 6 次報告書において、人為的 CO₂ 排出量を実質 0 とするカーボンニュートラルのみならず、同 CO₂ 排出量をマイナスにするカーボンネガティブの達成が必要であると述べられている¹⁾。そして、カーボンネガティブを実現する為の脱炭素技術の手法の一つとして、大気中の CO₂ を直接分離回収する DAC (Direct Air Capture) が注目されている。現在、実用化が進められている DAC 技術は、吸収液や吸着剤を用いる手法であるが、分離した CO₂ を加熱などによって再生する際に大きなエネルギー(コスト)を要することが課題となっている。そこで、省エネルギー分離技術である膜分離法が次世代の DAC 技術として期待されている。

谷口らはこれまで、アミンを CO₂ キャリアとして高分子マトリクスに物理固定した高分子膜による CO₂ 分離回収を検討してきた²⁾。特に、alkanolamine を poly(vinyl alcohol) (PVA) に内包した高分子膜材料は、非常に高い CO₂ 分離性能を発揮し、その CO₂ 選択透過メカニズムを世界で初めて解明した³⁾。また、この膜材料を循環塗布法⁴⁾によって、中空糸膜内表面に<1 μm で形成した中空糸膜モジュールの開発にも成功し、石炭火力発電の燃焼後排ガスへの実証試験を進めている。

<実験>

高分子マトリクス PVA と *N*-(2-aminoethyl)ethanolamine (AEAE) を用いて高分子膜を作製した。平膜はキャスト法により、膜モジュールは市販の中空糸膜モジュール(ダイセンメンブレンシステムズ、分画分子量: 10 および 30 kDa) を用いて循環塗布法によって調製した。得られた分離膜の CO₂ 分離性能は、種々の操作条件で CO₂/N₂ 混合ガスを分離膜へ供給し、透過側と非透過側のガス組成をガスクロマトグラフにより定量して決定した。ガス分離性能は、透過流束 Q (透過量/有効膜面積/時間/分圧差) と選択性 α (透過側モル分率比/供給側モル分率比) によって評価した。ここで透過流束は、1 GPU=7.5×10⁻¹² m³(STP)/(m² s Pa) と定義する。

<結果と考察>

Fig. 1 に分離膜のガス分離性能の CO₂ 分圧依存性を検討した結果を示す。CO₂ 分圧差 $\Delta p(\text{CO}_2)$ が大きくなるにつれて、CO₂ 透過流束が低下する。これは AEAE が CO₂ キャリアとしてはたらいっている促進輸送を表している。また、N₂ 透過流束は変化しないため、結果として選択性も同様に低下した。Fig. 2 にガス分離性能の相対湿度依存性を示す。相対湿度が増加するにつれて CO₂ 透過流束が増加した。これは、高相対湿度下で、分離膜が吸湿し、AEAE と相互作用した CO₂ を容易に加水分解して、HCO₃⁻ として高分子膜中を拡散しやすくなったためである。また相対湿度を変化させても履歴は認められなかったことから、高分子膜の構造変化は生じていないと考えられた。

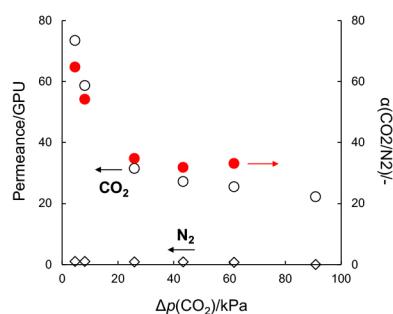


Fig. 1. Effect of partial pressure on CO₂ separation properties of a membrane module (MWCO: 10 kDa) at 313 K and 90% relative humidity

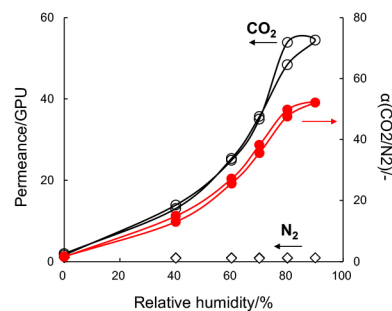


Fig. 2. Effect of relative humidity on CO₂ separation properties of a membrane module (MWCO: 10 kDa) at 313 K and $\Delta p(\text{CO}_2)$ of 10 kPa

<参考文献>

1. IPCC, *AR6 Synthesis Report: Climate Change 2021*, 2021
2. Taniguchi, I., Urai, H., Kai, T., Duan, S., Kazama, S., *J. Membr. Sci.*, **444**, 96-100, 2013
3. Taniguchi, I., Duan, S., Kai, T., Kazama, S., Jinnai, H., *J. Mater. Chem. A*, **1**, 14514-14523, 2013
4. Duan, S., Kouketsu, T., Kazama, S., Yamada, K., *J. Membr. Sci.*, **283**, 2-6, 2006

CO₂ Capture by Amine-containing Polymeric Membranes: Interplay between Operation Conditions and CO₂ separation properties, Sakura MITANI and Ikuo TANIGUCHI: Graduate School of Science and Technology, Kyoto Institute of Technology, Matsugasaki, Sakyo-ku, Kyoto 606-0951, Japan, Tel/Fax:+81-75-724-7990, E-mail: ikuot@kit.ac.jp