

A3-12

従来高分子の約 500 倍高い選択率で希薄な CO₂ を分離回収する膜の開発

○河野雄樹、牧野貴至（産総研・化学プロセス研究部門）

カーボンニュートラルの実現に向けて、2050 年時点で世界中から排出される 76 億トンもの CO₂ を分離回収する必要があると予測されている¹⁾。数々の CO₂ 排出源の中で、高炉や石炭火力発電所など、高濃度 CO₂ を含む排ガスからの CO₂ 分離回収技術の開発が進む一方、より低濃度な CO₂ 排出源や大気からの分離回収も求められている。大気中からの CO₂ を分離回収する Direct Air Capture (DAC) 技術は、近年、欧米を中心に技術実証が進められているが、CO₂ 分離材料の再生に多量の熱を消費することが課題の一つである。我々は、原理的に熱エネルギーを必要としない膜分離法に着目し、不揮発性、難燃性、低比熱等の特徴を有する液体の塩である「イオン液体」を用いた分離膜の開発を進めてきた。

本研究では DAC 技術への応用を目指し、イオン液体を多孔質材に含浸させた CO₂ 分離膜の開発を進めた。分離膜材料としてのイオン液体には、高吸収・放散速度、高吸収量、高拡散速度、低吸収熱が求められる。本研究では、役割の異なる 2 種類のイオン液体の混合により、イオン液体の CO₂ 吸収特性の改善を試みた。具体的には、CO₂ と化学反応するイオン液体(IL1)と、化学反応により生成した化合物を溶媒和するイオン液体(IL2)を混合した(Fig.1 (a))。分光分析の結果、単体の IL1 及び IL2 では carbamate 及び carbene-CO₂ が主な生成物であったのに対して、混合イオン液体では carbamic acid/zwitterion が主生成物であった。混合イオン液体の CO₂ 吸収特性を測定したところ、IL2 に比べて CO₂ 吸収速度が 115 倍、CO₂ 吸収量が 5.5 倍に向上し、CO₂ 吸収熱が~0.9 倍に抑制されていた。大気中と同じ CO₂ 分圧(40 Pa)における、各イオン液体分離膜の CO₂ 透過係数及び選択率を Fig.1(b)に示す。混合イオン液体膜の CO₂ 透過係数及び選択率は従来高分子膜の性能上限²⁾、及び各イオン液体膜の性能を上回った。さらに、IL1 のアニオン構造を変化させたイオン液体(IL1')を用い、混合組成を最適化することで、CO₂/N₂ 選択率が 1 万を超えるイオン液体膜を開発することに成功した。これは、DAC 用分離膜の材料としての最高クラスの性能であり、その CO₂/N₂ 選択率は同等の CO₂ 透過係数を示す従来高分子膜の約 500 倍に相当する³⁾。

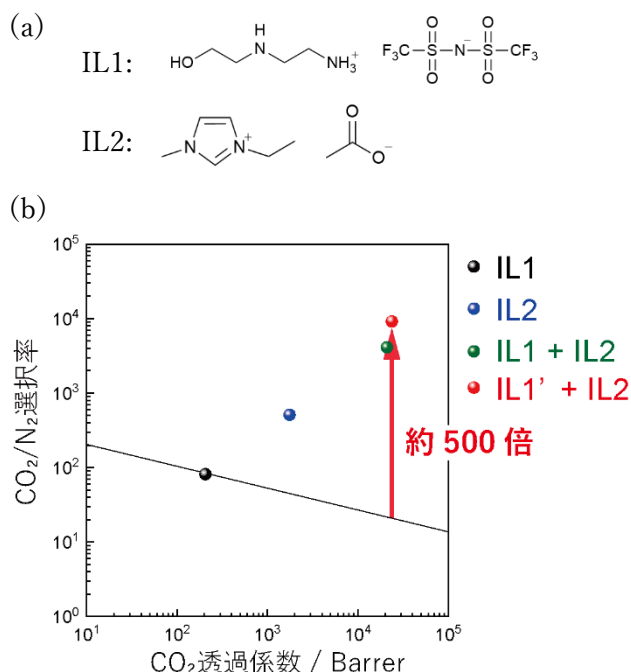


Fig.1 (a)イオン液体の分子構造、(b)イオン液体膜の CO₂ 透過係数および CO₂/N₂ 選択率 (実線は従来高分子膜の性能上限²⁾)

1) IEA, Net Zero by 2050, A Roadmap for the Global Energy Sector (2021). 2) Compesaña-Gándara et al., *Energy Environ. Sci.*, **2019**, *12*, 2733. 3) Kohno and Makino et al., *ACS Omega*, **2022**, *7*, 42155.

PROFILE

河野雄樹（国立研究開発法人産業技術総合研究所 材料・化学領域 化学プロセス研究部門 主任研究員）

2012 年 3 月 東京農工大学大学院工学府生命工学専攻修了 博士（工学）、2013 年 4 月 コロラド大学ボルダー校 博士研究員、2016 年 4 月 産業技術総合研究所に入所、2019 年 7 月 経済産業省産業技術環境局環境政策課エネルギー・環境イノベーション戦略室に研究開発専門職として出向、2019 年 10 月より現職。専門は合成化学。所属学会は化学工学会、イオン液体研究会。