

カーボンニュートラル実現に向けて芝浦工業大学がCO₂除去に優れた性能を発揮する膜の新合成方法を開発

* * *

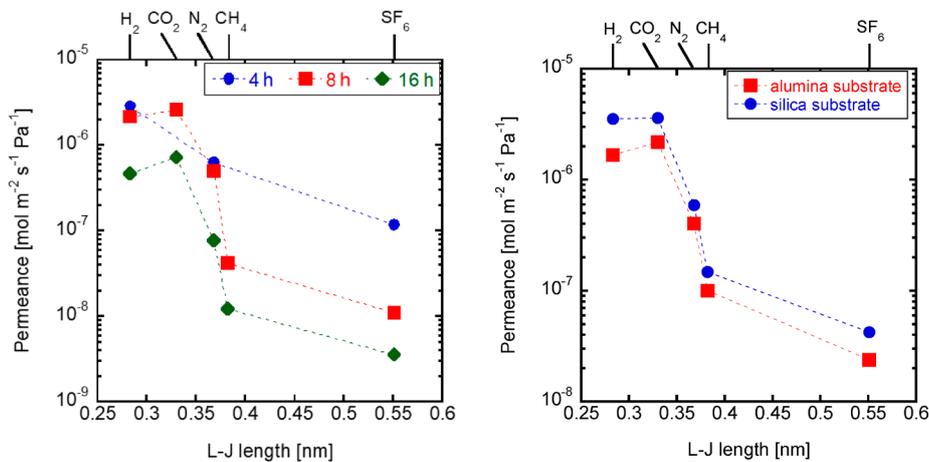
芝浦工業大学（東京都港区／学長 山田純）工学部応用化学科野村幹弘教授ら研究チームは、排出ガスや天然ガス中のCO₂濃度の低減を目指し、CO₂を効果的に分離する膜の合成方法を新たに開発しました。

CO₂をほかのガスと分離・回収する技術において、ピュアシリカCHA膜の性能が分離プロセスの効率を大きく左右します。従来の合成方法とは違い、シリカ多孔体を基材として使用することで、合成時間を70時間から8時間へ短縮し、また、従来基材と比較してCO₂に対する透過性が2倍高くなることを発表しました。

※この研究成果は、「Membranes」誌オンライン版に掲載されています。

ポイント

- 排出ガスや天然ガス中のCO₂を効果的に分離する膜合成法を開発
- 合成時間を短縮し、膜の透過性能を2倍にすることに成功
- 二酸化炭素回収・貯留技術（CCS: Carbon dioxide Capture and Storage）の進展に寄与



さまざまな合成時間と基材に対する単一ガス透過率

(左)150℃、8時間の合成時間で最も高いCO₂透過率が得られた。(右)シリカ基材上で作製した膜のCO₂透過率は、アルミナ基材上で作製した同程度の厚さの膜よりも高い。

■ 研究の背景

カーボンニュートラル実現に向けて、排出ガスや天然ガス中に含まれる CO₂ を除去する方法が世界中で研究され、その有効な手段のひとつが「二酸化炭素回収・貯留技術 (CCS: Carbon dioxide Capture and Storage)」です。

CCS では、CO₂ と他のガスを分離回収する手段の一つとして、膜分離法が用いられます。膜の選択透過性が、分離プロセスのコストに影響するため、分離膜の改良が求められます。近年、温室効果ガスであり、エネルギー源としてさまざまな産業で利用されているメタン (CH₄) と CO₂ を分離する膜として、ゼオライト膜の一種として CHA 膜が注目されています。CHA 膜は、8 員環のシリコン (Si) を主成分とする結晶で、直径 0.38nm の細孔をもっています。これは、CO₂ 分子 (0.33nm) を透過し、CH₄ 分子 (0.38nm) やその他の大きな分子を透過させないサイズです。

この CHA 膜を合成するには、セラミック多孔質基材上に、CHA の微結晶を塗布し、CHA 原料ゲル中で、これら結晶を成長させる二次成長法が最も一般的です。CHA ゼオライト中の CO₂ の拡散は、CHA 中にアルミニウムを含有しない状態が最も速いので、ピュアシリカ CHA 膜開発が求められます。しかし、セラミック多孔質基材として、アルミナが用いられることが多く、合成中に、原料ゲル中に含有されているアルカリ成分により、多孔質基材よりアルミニウムが溶出し、ピュアシリカ CHA 膜を合成できませんでした。

■ 研究概要

今回の研究では、従来の方法で開発した CHA 膜よりも、高い CO₂ 分離性能をもつピュアシリカ CHA 膜を合成する新しい方法を開発しました。

従来用いられてきたアルミナ基材ではなく、多孔質のシリカ基板を使用して結晶を成長させました。シリカ基板を使用することで、前述の問題が解消され、CO₂ 透過率が向上しました。

さまざまな合成条件下での実験を通じて、原料ゲルとシリカ基材の組み合わせを最適化し、CO₂/CH₄ 混合ガスに対して最も高い CO₂ 分離性能をもつ膜を得ることができました。また、従来用いられているアルミナ基材上に作製した CHA 膜との性能を比較しました。

ゲルの水/シリカ比が 4.2 のとき、最適なゲルの粘度となり、均質な膜ができることがわかりました。しかし、均質な膜であっても、CO₂ 透過率において最も優れているということではありません。水/シリカ比が 4.6 のゲルを多孔質シリカ基材に塗布し、150°C で 8 時間合成することで、多孔質アルミナ基材上で同じ条件で合成した膜の 2 倍の透過性をもつ膜を合成することができました。

さらに、アルミナ基材上で同じ膜厚の膜を合成するのに必要な条件は、170°C、70 時間であり、合成時間も大幅に短縮できました。

■ 実験結果と今後の展望

この研究は、シリカ基材上で効果的なピュアシリカ CHA 膜の合成を実現し、重要な情報を提供しました。これまで、CHA 膜による CO₂回収の産業化を困難にしていた原因の一つである低透過性をクリアする可能性を秘めています。研究がさらに進むことで、地球温暖化による気象変動を抑えるために、カーボンニュートラルな社会の実現に寄与します。

■ 論文情報

著者 :

芝浦工業大学大学院修士課程	Gabriel Gama da Silva Figueiredo
芝浦工業大学大学院修士課程	高山大史
芝浦工業大学大学院博士（後期）課程	石井克典
芝浦工業大学工学部応用化学学科教授	野村幹弘
住友電気工業株式会社	小野木伯薫
住友電気工業株式会社	奥野拓也
住友電気工業株式会社	俵山博匡
住友電気工業株式会社	石川真二

論文名 : Development of Pure Silica CHA Membranes for CO₂ Separation

掲載誌 : Membranes

DOI : 10.3390/membranes11120926

芝浦工業大学とは

工学部／システム理工学部／デザイン工学部／建築学部／大学院理工学研究科

<https://www.shibaura-it.ac.jp/>

日本屈指の海外学生派遣数を誇るグローバル教育と、多くの学生が参画する産学連携の研究活動が特長の理工系大学です。東京都とさいたま市に3つのキャンパス(芝浦、豊洲、大宮)、4学部1研究科を有し、約9千人の学生と約300人の専任教員が所属。創立100周年を迎える2027年にはアジア工科系大学トップ10を目指し、教育・研究・社会貢献に取り組んでいます。

取材に関する問い合わせ先

学校法人 芝浦工業大学 経営企画部企画広報課 柴田

TEL 03-6722-2900 FAX 03-6722-2901 E-mail koho@ow.shibaura-it.ac.jp

以上