

(1110-1)

【環境・省資源分野（環境化学）】

【材料・ナノテクノロジー分野（革新的材料・ナノテクノロジー）】

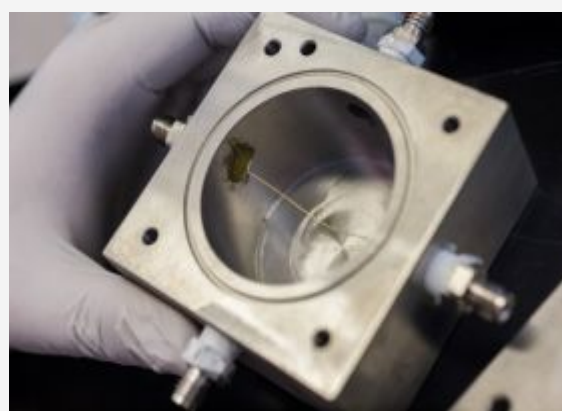
仮訳

中空繊維の金属有機構造体(MOF)膜で 分離コストとエネルギー消費を削減（米国）

2014年7月3日

研究者たちは、直径が僅か数百ミクロンの中空状のポリマー繊維の内部に新たな種類の金属有機構造体(metal-organic framework: MOF)膜を製造するマイクロ流体技術を開発した。世界で初めて中空繊維の内部に MOF 膜を成長させる新たな製造プロセスは、大規模でエネルギー集約的な化学物質分離の方法を変革する可能性がある。

研究者たちは、本プロセスがコンパクトなモジュールに広い膜表面積を安価に実現できるようにスケールアップが可能であると確信している。これらの分子ふるい膜は、エネルギー集約的な蒸留技術や低温技術に取って代わることで、気相・液相分離コストとエネルギー消費を低減させ、CO₂排出の少ない産業プロセスをもたらすことができる。研究者たちは、この新技术を使って製造した膜で、炭化水素混合物から水素を、またプロパンからプロピレンを分離できることを実証した。



この写真はプロトタイプの中空繊維の内部の金属有機構造体(MOF)膜モジュールを示したもの。中空繊維の中に MOF 膜が据付けされているのが分かる。(クレジット: Rob Felt 氏)

この膜製造手法の開発は、2014年7月4日号の *Science* 誌に掲載された。

「この研究は、微細な中空繊維をプラットフォームとして用いる分子ふるい分離膜の製造に新たな道を切り開きました。」と、ジョージア工科大学の School of Chemical & Biomolecular Engineering の教授であり、論文の共同執筆者の1人である Sankar Nair 氏は語った。「現在、エネルギー集約的技術で行われている分離プロセスの多くは、いつか我々の手法をスケールアップした形式で製造された膜で行われるようになるでしょう。」

エネルギー集約的分離プロセスは、石油ベースやバイオベースの燃料や化学物質及び様々な工業材料の工業生産において広く使用されている。最も一般的な分離方法は化学混

合物を熱し、それぞれの沸点に応じて特定分子を抽出する蒸留法である。結晶化のような別の方法では、低温冷却して混合物から特定分子を分離する。

一方、分子ふるい膜は、化学反応によって作られた又は原材料中の混合物から分子を分離するために半透過性の材料を使用する。このプロセスは圧力勾配によって引き起こされ、特定の分子が優先的に膜の細孔構造を通過する。ゼオライトとして知られる結晶物質が膜の製造に用いられているが、高額な膜製造コストと分離物質の選択が限られていたため、広く使用されることはなかった。

金属有機構造体(MOF)物質は、より温和な製造方法や何千もの多種類の分離を可能にする代替方法を提供する。しかし、MOF膜が大規模に使用されるには、研究者たちは低価格で大量生産する方法を見つけなければならなかった。

MOF膜生産のためのジョージア工科大学の技術は、安価なポリマーから紡がれた大量の中空繊維を使うことで得られる大表面積を利用している。例えば、1m³の中空繊維膜モジュールには10,000m²の膜面積がある。

新しい製造プロセスはMOF膜の形成に必要な異なる反応物質を繊維の中に搬送し密着させるマイクロ流体技術を利用している。繊維の内径は100μm以下であり、反応物質の量を制限し、膜の形成を制御する物理的、化学的の相互作用を変化させる。流量を調整し、反応物質と溶剤を適切な位置に置くことで、研究者たちはMOF膜ファイルの位置を制御する方法を習得し、繊維の内部又は外部、そして繊維構造の内部にさえ、形成できるようになった。

「我々は安価な方法でスケールアップできる膜を生産するために高性能MOF材料を新しい製造方法と組み合わせました。」とNair氏は説明した。「本開発における重要ポイントは、中空繊維モジュールを用いてMOF膜の成長をスケールアップさせたいなら、まず個々の中空繊維の微視的環境で膜成長させるスケールダウン方法を習得しなければならないということです。」

ひとたび研究者たちが1本の中空繊維を使って機能性膜の製造を習得したならば、事前に組み立てられモジュールになった多数の中空繊維に同時に並行して膜を製造することができるだろう。*Science*誌に報告された研究では、同時に3本の繊維内部にMOF ZIF-8の膜フィルムを作り出した。最終的には、多数のポリマー繊維の束が事前に組み立てられてモジュールになり、分子ふるい分離MOF膜で同時にコーティングされるようになるとNair氏は確信している。

研究にとって重要な次のステップはプロセスの微視的な理解をより向上させることだ。

「この技術を最適化し、何千もの、若しくは何百万もの繊維を1度にスケールアップ製造するためには、繊維内部の微視的条件下で膜形成において化学反応や分子輸送プロセスがどのように制御できるかについて、より理解を深めていく必要があります。」と Nair 氏は語った。

これまでに、研究者たちは石油化学産業が関心のあるガス分離プロセスでこの膜の機能性を実証してきたが、膜分離プロセス技術には幅広いアプリケーションがある。

「我々が開発したアプローチが全く新しい種類の分子ふるい多結晶フィルム膜への扉を開くでしょう。」と、School of Chemical & Biomolecular Engineering の教授であり、もう1人の論文の共同執筆者である Christopher Jones 氏は語った。「このような膜により石油化学会社が気相・液相分離する方法を、例えば、エネルギー集約的で高価な低温蒸留プロセスからより省エネの膜分離に置き換えることで、変革するでしょう。」

前述した人々の他、筆頭執筆者であり、ジョージア工科大学の School of Chemistry and Biochemistry の大学院生である Andrew J. Brown 氏が研究チームに加わった。その他の研究者として School of Chemical & Biomolecular Engineering の教授である William J. Koros 氏、現在オハイオ州立大学の Department of Chemical and Biomolecular Engineering の准教授である Nicholas A. Brunelli 氏、ジョージア工科大学の School of Chemical & Biomolecular Engineering の大学院生である Kiwon Eum 氏、ポスドク・フェローである Fereshteh Rashidi 氏、研究者で現在 SABIC に所属する J.R. Johnson 氏が参加した。

本研究は Phillips 66 社から支援を受けた。

引用 : Andrew J. Brown, et al., “Interfacial Microfluidic Processing of Metal-Organic Framework Hollow Fiber Membranes, (Science 2014)

Research News

Georgia Institute of Technology, 177 North Avenue, Atlanta, Georgia 30332-0181
USA

広報連絡先 : John Toon (404-894-6986) (jtoon@gatech.edu) or Brett Israel
(404-385-1933) (brett.israel@comm.gatech.edu) 筆者 : John Toon

翻訳 : NEDO (担当 技術戦略研究センター 勝本 智子)

出典 : 本資料は、ジョージア工科大学の以下の記事を翻訳したものである。
“Hollow-Fiber MOF Membranes Could Cut Separation Costs, Energy Use”
<http://www.news.gatech.edu/2014/07/02/hollow-fiber-mof-membranes-could-cut-separation-costs-energy-use>

(Reprinted with permission of Georgia Institute of Technology)