

ダイヤモンド状カーボンの濾過フィルター

SATテクノロジー・ショーケース2014

■ はじめに

水処理膜は、海水淡水化や廃水処理などに幅広く利用されており、その性能は確実に向上している。しかし、既存の膜にも欠点がある。例えば、高分子膜は、酸やアルカリ、酸化還元反応により徐々に分解し、加熱すると軟化し、有機溶媒によっては膨潤する。このため、近年、資源開発などの過酷な条件化でも利用可能なロバストRO/NF膜の開発に大きな期待がかけられている。

ろ過フィルターでは、溶媒の透過速度が膜の厚みに反比例して大きくなる。このため、その高性能化には、分離機能層の厚みを数10 nmにする必要がある。本研究では、このような極薄になっても十分な力学的強度をもつ材料として、ダイヤモンド状カーボン (diamond-like carbon, DLC) を選択し、これをナノ多孔化することで、従来の1000倍の速度で有機分子を分離できる超高性能ろ過フィルターを開発した。

■ 活動内容

1. 多孔性DLC膜

高強度コーティングに用いられるDLC膜を低温蒸着することで、アルミナ基材の上に35 nmの薄さの多孔性DLC膜を作製することに成功した(図1)。このDLC膜は、数nmのクラスターからできており、クラスターの隙間に直径約1 nmの流路が存在すると推定されている。この流路は、水や有機溶媒が高速で透過するが、やや大きな色素分子は透過できない。例えば、平均分子サイズ0.69 nmのアゾベンゼンでは、94.4%の阻止率が、やや大きなプロトポルフィリン(分子幅:1.47 nm)では100%の阻止率が達成されている。多孔性DLC膜は、ダイヤモンドの約7分の1の強度を有し、高圧力下でも濾過フィルターとして利用できる。

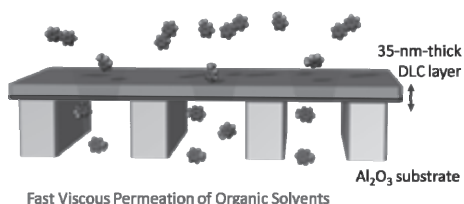


図1 薄さ 35 nm の多孔性 DLC 膜の模式図

2. 有機溶媒の高速粘性透過

開発されたDLC膜は、色素分子の阻止率が高いにもかかわらず、有機溶媒を超高速で透過させる。例えば、オイ

ルの成分の一つであるヘキサンの場合、透過速度が239 L/h·m²·barに達する。即ち、1 m²の膜面積に1気圧の圧力差を負荷した場合、1時間あたり239リットルのヘキサンが透過する。図2には、様々な有機溶媒の粘度と透過速度をプロットした。驚くべきことに、その透過速度は、溶媒分子のサイズや極性に無関係であり、バルクの粘度に反比例して大きくなることが分かった。DLC膜の細孔サイズは、溶媒分子の2~3倍に過ぎないが、このような場合でも、透過速度は、溶媒のバルクの粘度に依存するのである。

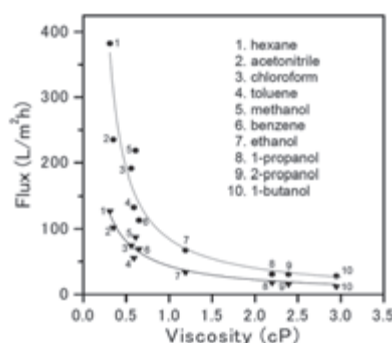


図2 有機溶媒の粘度と DLC 膜の透過速度

(赤:アセチレン膜、青:ヘキサメチレンジシロキサン膜)

3. 今後の展望

開発された高性能ろ過フィルターは、水や有機溶媒を高速透過させる画期的なものであり、力学的強度が大きく、化学的安定性にも優れている。このため、化学工業における製品(塗料、機能性ポリマー、医薬品など)の分離、触媒などが混入した有機溶媒のリサイクルなどに応用できる。さらに、耐有機溶媒性に優れており、オイル成分を含んだ産業排水の処理、特に油ガス田開発における随伴水処理に有効であろう。プラズマCVDによる高強度DLC膜の製造は、広く産業界に普及しており、低コストである。また、優れた基材を用いれば、膜の面積化は容易である。このため、本研究で開発された多孔性ダイヤモンド状カーボンの濾過フィルターは、現在、その量産化のための研究が、大学や企業とともに進められている。

■ 関連情報等(特許関係、施設)

本成果は、2012年のScience誌に報告されている。(Ichinose et al., Science 335 (2012) 444-447. / 特開2012-036061)

代表発表者 一ノ瀬 泉(いちのせ いずみ)
所 属 (独)物質・材料研究機構
先端の共通技術部門 高分子材料ユニット
問合せ先 〒305-0044 茨城県つくば市並木 1-1
TEL: 029-860-4489 FAX: 029-852-7449
ICHINOSE.Izumi@nims.go.jp

■キーワード: (1) ダイヤモンド状カーボン
(2) 濾過フィルター
(3) 水処理