

ディビジョン番号	13
ディビジョン名	高分子

大項目	3. 高分子の機能
中項目	3-3. 分離・認識
小項目	3-3-4. 精密ろ過・限外ろ過

概要（200字以内）

環境問題への関心の高まりを反映して、精密ろ過（MF）/限外ろ過（UF）膜の作製や浄水、排水処理への適用に関する研究が活発に行われている。製膜法としては、相分離法が主であるが、特にその中で熱誘起相分離法（TIPS法）（右図参照）に関心が集められ、最近中国からの発表が顕著に増加している。将来的には、MF、UF膜の長年の課題であった膜劣化の抑制について、膜素材やシステムの面からの検討がさらに進むと思われる。

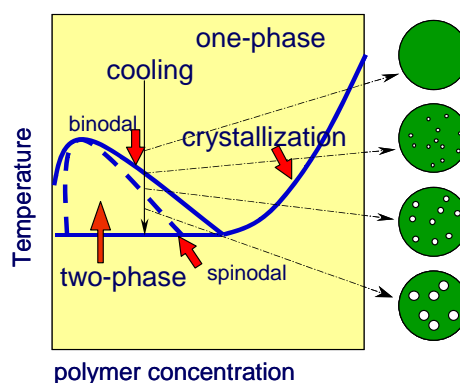


図 TIPS法の概略図

現状と最前線

水処理は精密ろ過（MF）や限外ろ過（UF）膜の主要な応用分野であるが、「21世紀は水の時代」と言われるように、健全な水環境維持に関して多くの関心を集められており、MF膜やUF膜に関する研究が盛んである。MF、UF膜に要求される特性としては、シャープな孔径分布、高い機械的強度や高い耐薬品性である。また膜の劣化（ファウリング）の抑制についても、継続的に活発な研究がなされている。

機械的強度が高く、耐薬品性も兼ね備えた膜の開発に関して、熱誘起相分離法（TIPS法）による製膜が注目されている。湿式法では高分子を溶解させた後に製膜を行うため、室温付近の温度で溶解する溶媒が無いような耐薬品性の高い高分子には適用できない。TIPS法では高温で溶解させるため、多くの種類の高分子に適用可能であり、オレフィンやPVDF等の高分子についての製膜が精力的に研究されている。また、相分離に基づく製膜法では、湿式法や熱誘起相分離法に関してその製膜過程の理論的な解析が検討されており、構造形成の定量的な解明も進んでいる。

さらに、高分子に無機微粒子（ナノ微粒子）を含む有機/無機ハイブリッド複合膜についても活発な検討がなされている。機械的強度の向上や、親水性の無機物の添加による膜の低ファウリング性の付与が報告されている。また、TiO₂を複合化させた膜では、膜劣化後の性能回復のために、光触媒機能による膜表面ゲル層の分解についての報告も多い。

MF、UF 膜の製膜は主に相分離法により行われることが多いが、相分離法では完全に均一な孔径分布の膜を作製することが難しい面もある。ロッド-コイルブロック共重合体を用いた階層的自己集合による多孔膜の作製や、溶媒蒸発過程での散逸構造を固定化させた多孔性を有するハニカムパターン膜等の自己組織化を利用した多孔膜の作製についての報告がなされている。得られた膜構造の一例を右図に示す。これらの手法では非常に均一な孔構造が得られる特徴がある。孔の大きさはミクロンオーダーであることが多いが、さらに小さい孔の形成について種々の検討がなされている。

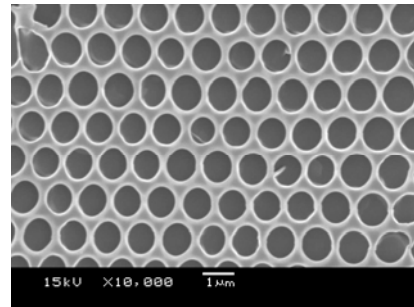


図 ハニカムパターン膜の一例

膜の低ファウリング性のために、膜表面の親水性化についても引き続き多くの検討がなされている。親水性高分子のブレンドによる製膜や、膜表面への親水性高分子のグラフトが主要な研究課題である。最近、N-イソプロピルアクリルアミド (NIPAM) を多孔膜の表面に導入した感温性膜を利用し、下限臨界溶解温度 (LCST) を境にした水温変化でファウリング物質を取り除くことができる水処理プロセスについての複数の報告がなされ、注目を集めている。たとえば膜表面に捕集した懸濁物を除去する場合は、LCST 以上の温度の逆洗溶液を用いて NIPAM 分子鎖を収縮させることにより、効率の良い懸濁物の除去が可能となる。このように、膜素材の検討のみならず、膜分離システムの面からも膜のファウリング抑制についての興味深い展開が見られる。

将来予測と方向性

・ 5 年後までに解決・実現が望まれる課題

シャープな孔径分布を有する MF、UF 膜の開発。耐薬品性の高い MF、UF 膜の開発。熱誘起相分離による製膜過程の理論的解析。膜のファウリングに関するさらなる理解とその抑制法の確立。処理すべき水質に応じた MF、UF 膜の選択法の確立。

・ 10 年後までに解決・実現が望まれる課題

湿式法による製膜過程の理論的解析。単分散の孔径分布を有する限外ろ過膜の作製。膜ファウリングの完全な抑制。

キーワード

相分離法、自己組織化、低ファウリング性、構造形成機構、水処理

(執筆者：松山 秀人)