

# 環境セミナー報告

技術センターでは、企業の環境活動を支援するため、環境セミナーを開催しています。去る1月23日に開催した「膜工学技術の現状と展望について」の内容をご紹介します。

## 「水処理とCO<sub>2</sub>分離に関する神戸大学先端膜工学センターの取り組み」

神戸大学大学院工学研究科教授 先端膜工学センター長 松山 秀人 氏

神戸大学先端膜工学センターは2007年4月に設立された国内初の総合的膜工学拠点です。膜工学の研究開発・専門教育の他、国際交流や産業界との連携も推進しており、連携している企業は現在74社です。

### 1 膜の種類について

分離に用いられる膜は孔径により分類されており、精密ろ過膜(MF、 $>1\mu\text{m}$ )、限外ろ過膜(UF、 $0.01\sim 0.1\mu\text{m}$ )、ナノろ過膜(NF、 $0.001\sim 0.01\mu\text{m}$ )、逆浸透膜(RO、 $<0.001\mu\text{m}$ )などがあり、それぞれ上水処理や海水の淡水化に利用されています。RO膜はイオンを分離の対象としており、孔があるのか官能基の間隙なのか議論されている状況です。

### 2 膜による水処理

人類が飲料水として使用できる水は地球全体のわずか0.004%であり、その確保は深刻です。中空糸膜ろ過による浄水処理は、凝集沈殿+砂ろ過による処理に比べて、工程が少なく細菌等を確実に除去できます。

下水処理においても、標準活性汚泥法に比べて膜分離活性汚泥法は小規模な装置で行うことができ、処理水は濁りがないのでそのまま工業用水に用いることができます。

海水の淡水化はRO膜により行われており、海水側に100気圧程度加圧しています。大型RO膜海水淡水化は主に中東地域で行わ

れており、日本では沖縄、福岡に施設があります。これらのプラントにおける日本の膜メーカーのシェアは現在70%です。近年、中国・シンガポールのシェアが伸びつつあり、日本はRO膜よりも少ないエネルギーで可能なFO(正浸透)膜技術を目指すべきであると考えています。



### 3 膜ファウリングの研究

膜に付着したバクテリアがバイオフィームを作り、透水性能の低下を起こすことを膜ファウリングといいます。ファウリング研究は、実験的検討とシミュレーションによる数値計算的検討を併せて、普遍的な理解を目指しています。耐ファウリング性の評価の際には、膜表面へのファウラントの付着性のみではなく、ろ過プロセスを考慮することが必要です。

### 4 ガス分離

既存のCO<sub>2</sub>分離技術は化学吸収法が主流ですが、装置が大規模でエネルギーの消費が多いという欠点がありました。促進輸送膜を用いれば、水素や窒素は通さずCO<sub>2</sub>のみを分離回収できます。CO<sub>2</sub>と選択的に反応するキャリアを膜内に組み込んだもので、高い選択性を有します。選択性と高速透過性の向上及び膜自体の高強度化を目指しています。

## 「ガス分離膜開発と分子シミュレーション」

神戸大学大学院科学技術イノベーション研究科 先端膜工学センター教授 吉岡 朋久 氏

分離膜とは特定成分のみを通すもので、分離対象によりその手法や機構は異なります。多孔性高分子膜、セラミック膜などは、孔と分子の大きさによりふるい機構で分離します。一方、有機高分子膜等は溶解拡散機構を利用して、膜との親和性及び膜内の拡散性により透過性が決まります。

多孔膜における透過機構に影響を与えるのは、細孔径のサイズとガス性質や細孔内での密度に依存する拡散性や凝縮性です。多孔性セラミック膜は、耐熱性・化学的安定性に優れ、1nm以下の微細孔構造をもちますが、脆いためモジュール化が困難です。しかし、天然ガスの精製をはじめとする分子混合物の精密分離への応用が期待されています。

CO<sub>2</sub>分離には、ゾルゲル膜やゼオライトが適しており、これらは分子ふるい機構とCO<sub>2</sub>と膜との親和性を利用した多孔性膜です。一般的に選択性と透過速度はトレードオフの関係にあります。CO<sub>2</sub>とメタンの分離において、環構造中に酸素8員環をもつDDR型のゼオライトを用いることで、分子ふるいと競争吸着により高圧

下で高い分離性能と透過速度を得ることが報告されています。

次にゾルゲル法について解説します。ゾル状の原料を塗布すれば薄膜状ゲルとなり、加熱によりガラス・セラミック薄膜が得られます。ゼオライト結晶材料の規則構造に比べて構造が乱れたアモルファス材料の膜では、選択性は低下しますが、適用範囲は広がります。

また、次世代クリーンエネルギーである水素社会構築を目指して、水素の製造・分離膜の開発が行われています。メタン水蒸気改質反応(メタンと水から水素を作る)において、水素分離膜により反応系から水素を引き抜くことで、反応の効率を高めることができます。

分子動力学膜シミュレータを用いることにより分離・透過性能予測を行うことは、精密分子分離膜の設計に有用です。分子動力学法は分子間の相互作用に基づいて、分子の動きや構造特性を計算します。アモルファスシリカ膜によるCO<sub>2</sub>の表面拡散や、有機-無機ハイブリッド膜の特性予測などのシミュレーションも可能です。



お問い合わせ先

京都府中小企業技術センター 基盤技術課 化学・環境担当 TEL:075-315-8633 FAX:075-315-9497 E-mail:kankyo@kptc.jp