

## 40 温度差制御気化浸透法によるバイオエタノール濃縮工程の高効率化

中野恵之, 東山幸央

### 1 目的

近年、木材や農作物からエタノールを生成する技術の開発が盛んに進められているが、生成したアルコール溶液から高濃度のエタノールを取り出すことは難しい。一般的な蒸留法による分離では、多大な熱量を必要とするため、コスト高の原因となる。

そこで、低温で水とアルコールとの分離が可能で、原料となる液体に不溶な不純物が含まれていても処理できる温度差制御気化浸透法が注目されている。しかし、その分離能力は使用する分離膜の性能に大きく影響される。

本研究では、エレクトロスピンニング法を用いて分離膜を試作し、水とアルコールとの分離評価を行った<sup>1)</sup>。

### 2 温度差制御気化浸透法

図1に温度差制御気化浸透法<sup>2)</sup>の原理を示す。水とエタノールを分離する原理は、エタノール溶液を40℃に加熱し、かつ減圧することにより、エタノールを気化させる。この時、水分子も気化される。分離膜周辺を0℃の低温側として、この膜を通過する時に、水分子は会合するため、分離膜を通過できず、エタノール分子のみが分離膜を通過することによって分離することができる。

本方法は、分離時に混合液を気化させることから分離膜の汚染による劣化が少ないという特徴がある。

### 3 実験方法

#### 3.1 エレクトロスピンニング法による分離膜の試作

エレクトロスピンニング法は、高分子溶液を、高電圧を印加したキャピラリーから噴出させることにより、微小サイズの繊維を作製する技術である(図2)。本方法を用いて、ポリエチレンテレフタレート(PET)の粒子集積シートを作成した。印加電圧は25kV、溶剤はヘキサフルオロイソプロパノール(HFIP:和光純薬工業(株))を用いて、溶液濃度10vol%及び5vol%で製膜した。PETは、再生ペレット(株)エコログ・リサイクリング・ジャパン社製アクスター)を用いた。支持体に400メッシュのステンレス網を用い、10vol%溶液で全体を覆ってから5vol%溶液でさらに細かな粒体を堆積させた。また、カトーテック(株)製のエレクトロスピンニング装置<sup>\*)</sup>を用い、10vol%溶液を印加電圧10kVにてシート状の分離膜を作成し冷却効果の評価を目的に、635メッシュのステンレス網を用いて挟んだ分離膜も試作した。

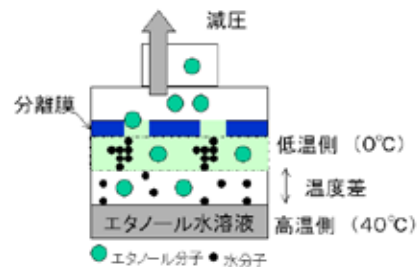


図1 温度差制御気化浸透法の概略

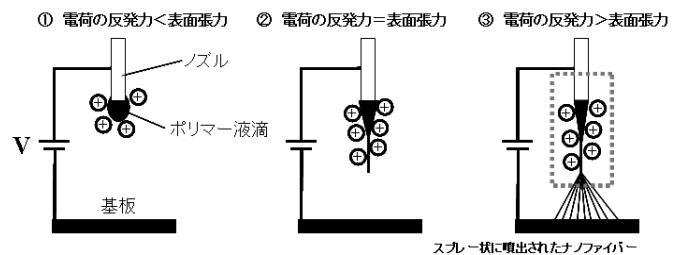


図2 エレクトロスピンニング法の原理

#### 3.2 温度差制御気化浸透試験

エタノール溶液を40℃に加熱し、分離膜周辺を0℃に冷却して実験を行った。供給液のエタノール濃度は10wt%で行った。

## 4 結果と考察

#### 4.1 試作した分離膜の電子顕微鏡観察

図3に溶液濃度5vol%の試作した膜の電子顕微鏡写真を示す。400メッシュのステンレス網上にポリエチレンテレフタレートの数mm程度の粒体を堆積させた膜であることが確認できた。この試作膜は、ミクロンサイズの粒体の隙間の空間が広がったり狭まったりを繰り返すことにより、水分子の冷却効果を向上させることを期待した。図4に試作した溶液濃度10vol%分離膜の電子顕微鏡写真を示す。直径1μm以下の繊維が網目状に構成されていることがわかる。通常のエレクトロスピンニング法による膜は、このように繊維が集合した状態になっている。一般的に、空隙率が高く、空気清浄用のフィルターとして用いた場合には圧力損失が少ない特徴がある。図5に市販のポリエチレン分離膜(分離孔径0.02mm)

の電子顕微鏡写真を示す。フィルムに細孔を設けている様子が認められる。

#### 4.2 試作分離膜による水・エタノール分離試験

エレクトロスピンング法で作製した試作膜を用いて温度差制御気化浸透法のエタノール水溶液に対する透過分離特性評価を行った。供給液温度 40、膜周辺温度 0 の条件でのエタノール水溶液に対する透過分離試験を行った。表 1 に透過分離試験の結果を示す。粒状のシートでは、供給液 (10wt%) が 35wt% に濃縮され、透過速度は  $0.73\text{kg}/\text{m}^2\text{h}$  であった。ポリエチレン膜では透過速度： $0.34\text{kg}/\text{m}^2\text{hr}$ 、透過液濃度：49 wt% であるのに対して、試作したポリエステル分離膜では透過速度： $0.60\text{kg}/\text{m}^2\text{hr}$ 、透過液濃度：41.9 wt% であった。

さらに、冷却効果を調べるため、膜の上下に 635 メッシュのステンレス網を置いた場合には、透過速度： $0.68\text{kg}/\text{m}^2\text{hr}$ 、透過液濃度：47.2 wt% の結果が得られた。エタノール濃縮については市販ポリエチレン膜とステンレスメッシュを用いた試作繊維膜は同程度であったが、濃縮速度は試作繊維膜が 2 倍速くなった。これは、繊維集合体の分離膜は空隙率が大きいと気体が通過する際の圧力損失が小さいためと考えられる。今後、エレクトロスピンング法における分離膜の開発において、材料の選択や繊維径およびそれらの組み合わせなどを最適化する

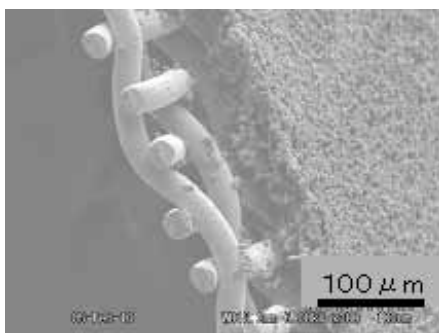


図 3 溶液濃度 5Vol% の試作膜 (粒形状) の電子顕微鏡写真

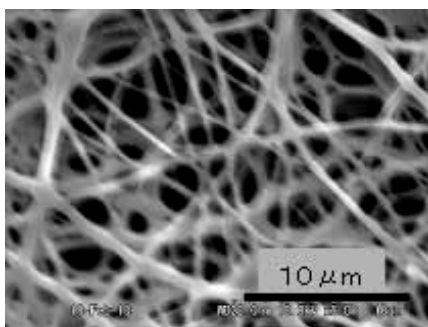


図 4 溶液濃度 10vol% 分離膜 (繊維形状) の電子顕微鏡写真

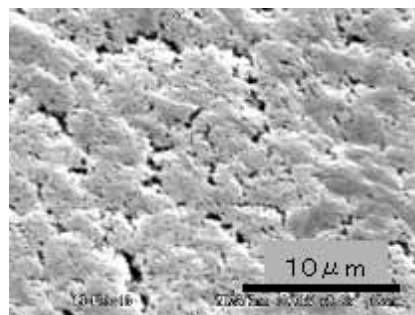


図 5 市販のポリエチレン分離膜の電子顕微鏡写真

表 1 透過分離試験の結果

	透過速度 ( $\text{kg}/\text{m}^2\text{h}$ )	透過液濃度 (%)
粒形状	0.73	35
繊維形状	0.60	42
繊維形状 (ステンレスメッシュ使用)	0.68	47
市販分離膜	0.34	49

ることによって、高性能な分離膜の開発の可能性が確認できた。

## 5 結 論

温度差制御気化浸透法で使用する分離膜をエレクトロスピンング法を用いて試作し、水とアルコール分離評価を行った。その結果、エタノール濃縮については市販ポリエチレン膜とステンレスメッシュを用いた試作繊維膜は同程度であったが、濃縮速度は試作繊維膜が 2 倍速くなった。さらに、エレクトロスピンング法における分離膜開発において、材料の選択や繊維径の最適化の検討を進めることで高性能な分離膜の開発が可能と考えられる。

## 参 考 文 献

- 1) 中野恵之、東山幸央、浦上 忠、“エレクトロスピンング法により作製したポリエステル繊維シートを用いたエタノール濃縮技術”、日本繊維機械学会第 63 回年次大会、(2010)
- 2) T. Uragami, Structural Design of Polymer Membranes for Concentration of Bio-ethanol, *Polym. J.*, **40**, 485-494 (2008).

## 謝 辞

繊維シートの試作において、滋賀県東北部工業技術センターのエレクトロスピンング装置<sup>\*</sup>1)を使用させていただきました。ここに深く感謝いたします。

(文責 中野恵之)  
(校閲 有年雅敏)