

## バイオガス分離に向けたカーボン膜モジュールの開発

(日大生産工・院) ○石引理智・(産総研) 吉宗美紀\*・(産総研) 原重樹・  
(日大生産工) 辻智也・(産総研) 原谷賢治

### 1. 緒言

バイオガスは、生ごみなどをメタン発酵させて得ることができる発酵ガスであり、非枯渇性の再生可能資源として注目されている<sup>1)</sup>。バイオガスは、約 55-65%の  $\text{CH}_4$ 、30-45%の  $\text{CO}_2$  が主成分であり、微量な成分として、 $\text{H}_2\text{S}$  や  $\text{NH}_3$  などを含んでいる。このバイオガスから  $\text{CO}_2$  を取り除き  $\text{CH}_4$  を濃縮したガスは都市ガスの代替物として利用できるため、バイオガスの分離技術の開発が望まれている。

ガス分離法には主に、深冷法、吸着法、吸収法、膜分離法がある。その中でも膜分離法は駆動力が圧力差であるため、熱エネルギーを必要とせず、連続運転が可能であるなどの利点がある。バイオガスは微量な  $\text{H}_2\text{S}$  を含むことから耐薬品性が分離膜に要求されるため、耐薬品性を持つ炭素膜に着目した。炭素膜はアモルファス炭素から構成される分離膜であり、特徴的な微細孔を利用した分子ふるい効果によって優れたガス分離性能を示すことが知られている<sup>2)</sup>。本研究では中空糸型の炭素膜を用いて膜モジュールを作製し、バイオガス分離に向けた分離性能の評価を行うことを目的とする。

### 2. 実験方法

炭素膜の前駆体には、スルホン化ポリフェニレンオキシド (SPPO) を使用した。まず、相転換法により中空糸高分子膜を紡糸し、これを乾燥後、酸化処理を行い、真空下、 $600^\circ\text{C}$  で 2 時間焼成することにより目的の中空糸炭素膜を得た。この炭素膜 200 本を用いて Fig. 1 に示す膜モジュールを作製した。得られた炭素膜モジュールに対し、各種ガスの透過速度を圧力変化法により測定することで膜モジュールの基本透過特性を評価した。



モジュールの長さ：15.5cm  
膜の本数：200本  
膜の外径：277 $\mu\text{m}$   
膜面積：259 $\text{cm}^2$

Fig. 1 炭素膜モジュール

膜モジュールの分離性能の評価は、模擬バイオガスとして 40/60vol.% $\text{CO}_2/\text{CH}_4$  混合ガスを用いて実施し、供給温度や供給圧力が分離性能に与える影響を検討した。さらに、モジュール設計式（向流モデル）に基づいた理論計算を行い、実験結果との比較を行った<sup>3)</sup>。

### 3. 結果および考察

Fig. 2 に作製した炭素膜モジュールの  $25^\circ\text{C}$ 、 $50^\circ\text{C}$ 、 $90^\circ\text{C}$  における分子サイズの異なる 6 種類のガスの透過速度を示した。また、Table 1 には  $\text{CO}_2$  と  $\text{CH}_4$  の透過速度比で表される  $\text{CO}_2/\text{CH}_4$  理想分離係数を示している。膜モジュールの透過速度はガスの分子サイズが小さいほど大きくなる傾向があることから、膜モジュールにおいても分子ふるい型の透過機構を有していることが確認できた。また、測定温度が高いほど透過速度は大きくなった。一方、 $\text{CO}_2/\text{CH}_4$  理想分離係数は測定温度が低い方が大きくなっており、 $25^\circ\text{C}$  では 174 と非常に高い値を示していた。

## Development of Carbon Membrane Module for Biogas Separation

Masanori ISHIBIKI, Miki YOSHIMUNE, Shigeki HARA, Tomoya TUJI, Kenji HARAYA

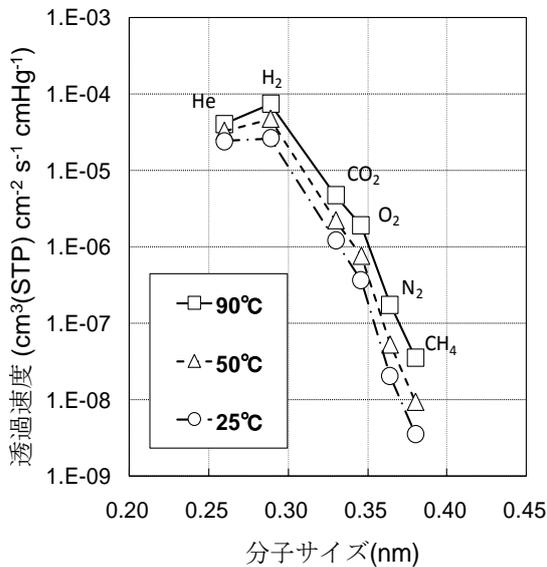


Fig. 2 炭素膜モジュールの透過特性

	CO <sub>2</sub> /CH <sub>4</sub> 理想分離係数
90°C	62
50°C	117
25°C	174

Table 1 CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub>理想分離係数

Fig. 3 に、供給圧力 0.1~0.5 MPa、試験温度 90°Cにおいて、高圧側に残る非透過側 CH<sub>4</sub>モル分率と CH<sub>4</sub>回収率 (=非透過 CH<sub>4</sub>流量/供給 CH<sub>4</sub>流量)との関係についての計算値と実験値を示した。Table 1 より 90°Cにおける CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub>理想分離係数は 62 であり、このとき CH<sub>4</sub>回収率 96%で、CH<sub>4</sub>が 95%に濃縮できることが計算結果から分かった。実験値は供給圧力に関わらず計算値と比較的良く一致しており、高い回収率で CH<sub>4</sub>濃縮が可能である。

次に、試験温度を 25°Cとした場合の計算値と実験値を Fig. 4 に示した。90°Cの場合に比べて CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub>理想分離係数が高いため、より高い回収率で CH<sub>4</sub>濃縮が可能であることは明らかである。しかし、CH<sub>4</sub>回収率が高い領域では計算値と実験値はよく一致しているが、供給圧力を高くすると CH<sub>4</sub>モル分率が計算値より低下することが分かった。

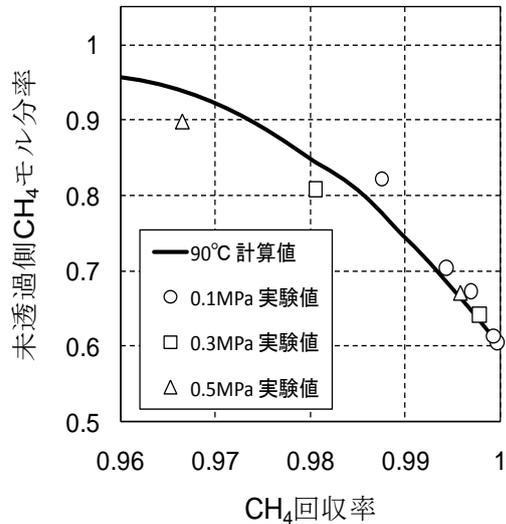


Fig. 3 90°Cにおける混合ガス分離試験

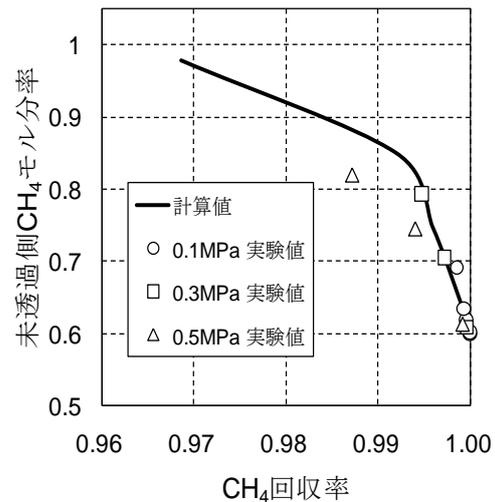


Fig. 4 25°Cにおける混合ガス分離試験

#### 4. まとめ

本研究で用いた炭素膜モジュールを用いることにより、CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub>混合ガスを高効率に分離できることから、バイオガス分離への適用に有望である。

#### 参考文献

- 1) 井熊 均, 図解入門よくわかる最新バイオ燃料の基本と仕組み, 秀和システム, (2008) 99.
- 2) 吉宗 美紀, 原谷 賢治, カーボン膜モジュールを用いた混合ガス分離, 高圧ガス, 46 (2009) 16.
- 3) 原谷 賢治, 膜分離プロセスの理論と設計, アイピーシー, (1993) 191.