

ゼオライト膜によるバイオガス精製

当社では有機化合物中から選択的に水を分離するゼオライト膜を開発し、様々なユーザーに有機溶剤の再生やバイオエタノールの精製を行う膜脱水装置を提供している。この度、ゼオライト膜の新たな適用先としてバイオガスから二酸化炭素(CO_2)を分離するバイオガス精製装置を開発し、国外にて実証試験を完遂した。当社のバイオガス精製装置は、 CO_2 を選択的に除去するためメタン排出量が少なく、温室効果ガス(GHG)排出削減に寄与とともに、高い回収率でバイオメタンを得ることができる。

キーワード

ゼオライト膜、バイオガス精製、GHG排出削減



■背景

ゼオライトは主にケイ素とアルミニウムから構成される結晶性の酸化物であり、構造中に1 nm以下の細孔を有する。そのゼオライトを膜化したものがゼオライト膜であり、ゼオライトの細孔を利用した分子ふるいによって分離が行われる。

当社では2005年から膜分離事業を展開しており、独自開発したゼオライト膜エレメント(図1左、直径16 mm、長さ1130 mm)を搭載した分離精製装置の設計・製作を行っている。図1右には分離のイメージを示す。膜の外側に分離対象(図ではバイオガス)を供給し、膜の外側と内側に化学ポテンシャル差(圧力差、濃度差)を与えることで分離対象物質(図では CO_2)が膜を透過する。これまでに有機溶剤の再生やバイオエタノールの精製を目的としたゼオライト膜脱水装置を多数納入してきた。ゼオライト膜による分離技術は化学プラントなどの蒸留を中心とした分離工程で消費されるエネルギーの削減、ひいてはGHG排出削減に寄与し脱炭素社会の実現にも貢献し得る技術である。そこで膜分離事業の更なる拡大を目指し、ゼオライト膜の新たな適用先として、バイオガスの精製に着目した。

有機性廃棄物を直接埋め立て処理する場合、メタンが発生・拡散してしまう。メタンは燃料となる一方で、温暖化係数が CO_2 の28倍のGHGであるため、各国ではメタン発酵やコンポストなどの有機性廃棄物の適正処理を検討し、メタンの有効活用および排出削減を目指している。その中でもメタン発酵は嫌気性微生物によって有機性廃棄物からメタンを生成させる技術であり、有機性廃棄物を適正に処理できるとともに、カーボンニュートラルなエネルギーを得ることができる。

新たな適用先として着目したバイオガスは、上述のメタン発酵によって生成されるが、一般的にメタンが約60%、 CO_2 が約40%含まれる。このバイオガスは約

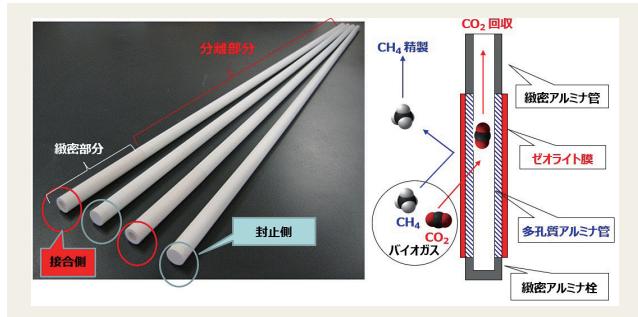


図1 ゼオライト膜エレメント(左)と分離イメージ(右)

40%が CO_2 のため、そのままの利用では発生熱量が都市ガスよりも低く、発電利用においてはバイオガス専焼機器が必要になるなどの課題がある。より高い利便性を得るためにメタンの濃縮(バイオガスの精製)が求められており、バイオガスを精製することで得られるバイオメタンは都市ガス12A相当の発熱量をもつ精製ガスとなり、欧米を中心に発電用、家庭用および自動車用の燃料として幅広く利用されている。

バイオガスの精製は既に吸着法、吸着法や高分子膜などで行われているが、分子ふるいによって分離するゼオライト膜では、より精度の高いバイオガス精製が可能となり、高いメタン回収率とメタン排出を抑えたプロセスが実現すると考え開発を行った。

■バイオガス精製装置

1. ゼオライト膜

バイオガス精製装置を開発するにあたり、まずは CO_2 分離に特化したゼオライト膜を開発した。メタンの分子径は0.38 nm、 CO_2 の分子径は0.33 nmであるため、分子ふるいを発現させるためには両分子径の間の細孔径を有するゼオライトが必要である。既に事業展開している脱水用途のゼオライト膜の細孔径は0.4 nmであるため、分離できない。

開発したゼオライト膜の細孔径は0.38 nmであり、

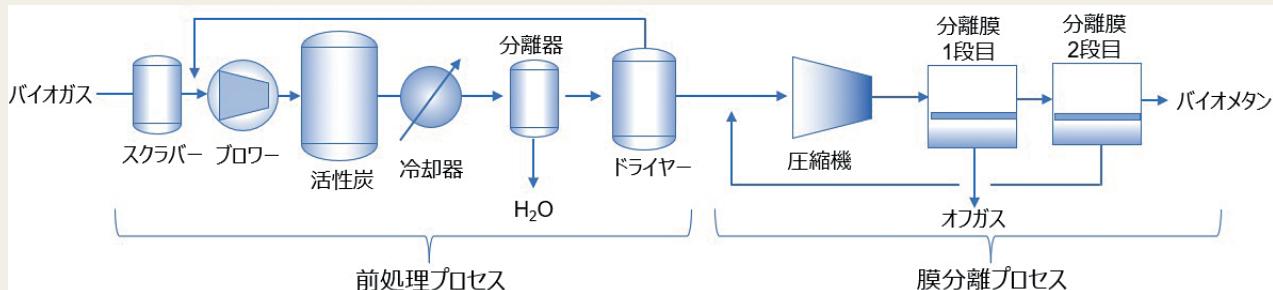


図2 バイオガス精製プロセス

メタンとCO₂が混合したバイオガスからCO₂を選択的に透過・分離しメタンを精製する。分離膜の性能指標であるCO₂透過係数は 1.7×10^{-6} mol/ (m²·s·Pa) であり、CO₂とメタンの透過係数比は、100以上であった¹⁾。これは、従来バイオガス精製に用いられていた高分子膜よりも高い分離性能である。

2. バイオガス精製プロセス

図2に当社のバイオガス精製プロセスを示す。バイオガスの精製プロセスは、前処理プロセスと膜分離プロセスに分けられる。前処理プロセスでは揮発性有機物 (VOC)、水分や硫化水素などの不純物を除去する。これらの不純物はバイオガス利用上の規格として各国・地域にて許容濃度が規定されているため、除去する必要がある。本プロセスでは、スクラバーおよび活性炭でVOCや硫化水素を除去し、分離器とドライヤーで水分を除去する。

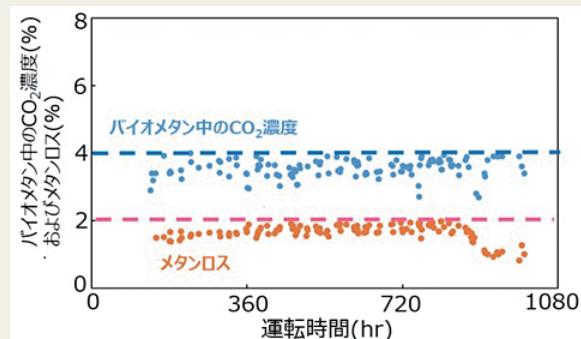
膜分離プロセスではCO₂を除去しメタンを濃縮する。前処理プロセスで不純物を除去したバイオガスを圧縮機によって加圧し、分離膜へ供給する。後述する実証試験では概要欄に掲載した膜モジュールを使用した。2段の分離フローを採用しており、1段目の透過ガスはオフガスとして排出し、2段目の透過ガスはリサイクルすることでメタン回収率を向上させる。

■ バイオガス精製の実証試験

国外にて牛糞などを原料とした実際のバイオガスを使用し、バイオガス精製の実証試験を行った。実証試験での性能目標として、製品となるバイオメタン中のCO₂濃度は4%以下かつメタンロスを2%以下と設定した。実証運転におけるバイオメタン中のCO₂濃度の推移を図3に示す。定格運転時においてCO₂濃度は4%以下であり、メタンロスは2%以下を維持していた。

実証試験の結果から試算したゼオライト膜の性能については、試験中の低下は認められず、実証試験に使用したゼオライト膜の分析結果においても、試験前との変化は観察されなかった。

これらの結果から、安定的に純度の高いバイオメタンが高い回収率で得られることが示された。

図3 実証試験におけるバイオメタン中のCO₂濃度とメタンロスの推移

■ おわりに

膜分離事業の更なる拡大を目指し、メタンとCO₂の分離に特化したゼオライト膜およびバイオガス精製装置を開発した。国外での実証試験を完遂し実用化を進めているが、更にメタン回収率を向上させるプロセスの開発や分離したCO₂の利用についても検討を進めている。今後はゼオライト膜をバイオガスだけでなく、天然ガス分野におけるフレアガスの回収などにも適用させ、GHG排出削減に貢献していく所存である。

謝 辞

バイオガス精製向けゼオライト膜の開発においては、国立研究法人産業技術総合研究所 化学プロセス研究部門 長谷川泰久博士の協力を頂いた。この場を借りて深く感謝申し上げます。

参考文献

- Imasaka, S.; Itakura, M.; Yano, K.; Okada, M.; Hasegawa, Y.; Abe, C.; Araki, S.; Yamamoto, H.: Sep. Purif. Technol., 2018, 199, 298-303.

【問い合わせ先】

カナデビア株式会社 脱炭素化事業本部
脱炭素化システムビジネスユニット 営業部
Tel : 03-6404-0824
<https://www.kanadevia.com/contact/input?key=054>