

技術紹介

「膜・吸収ハイブリッド法」によるバイオガス精製技術

Methane Separation Technology from Biogas by “Membrane/Absorption Hybrid Method”

富岡 孝文* 水野 全** 坂井 徹*** 赤井 康昭****
 TOMIOKA Takafumi MIZUNO Masashi SAKAI Toru AKAI Yasuaki

1. はじめに

カーボンニュートラルなエネルギー源の1つであるバイオガスは、メタン約60% (volume)、二酸化炭素約40% (volume)の組成で燃焼カロリーが低く高価な専用機器が必要なため、その有効利用は進んでいない。バイオガスはメタン濃度を98% (volume)以上に精製し、天然ガス(都市ガス12A)相当の燃料ガスとすることで、安価で普及している都市ガス用燃焼器具や天然ガス自動車用の燃料として、図1のような利用が可能となる他、メタンガスの一時貯留にも経済効果が高い¹⁾。また、限られた発生量のバイオガスを有効に利用するためには、高いメタン回収率も重要な要素となる。

当社では、高いメタン濃度と回収率を両立可能な新しい分離技術である「膜・吸収ハイブリッド法」に着目した。この技術をバイオガス精製分野へ適用するため、2003年度からRITE(財団法人地球環境産業技術研究機構)と共同で、メタン濃度98% (volume)の精製に有効な二酸化炭素回収率向上技術・分離性能向上

技術の研究開発を実施した。

本稿では、RITEの「京都議定書目標達成産業技術開発促進事業」(2006～2007年度)において実用規模のバイオガス処理能力(10m³(normal)/h)を有する実証試験装置を製作し、バイオガス発生サイトでの実ガス連続運転で装置性能と実用性の確認を行ったので報告する。

2. 膜・吸収ハイブリッド法

膜・吸収ハイブリッド法は、化学吸収法と膜分離法の利点を取り入れて、燃焼排ガス中の二酸化炭素を低コスト、高純度で分離・回収することを目指してRITEが開発した技術である。吸収液に二酸化炭素を吸収させて多孔質膜の一方に送り、多孔質膜の他方を減圧して吸収液を膜の微細孔から減圧雰囲気フラッシュさせることにより二酸化炭素を放散させて回収する分離技術である²⁾。膜・吸収ハイブリッド法をバイオガス精製に応用した場合の概念図(図2)並びに特徴を以下に示す。

(1) 乾式膜分離法やPSA法では難しいメタンの高濃

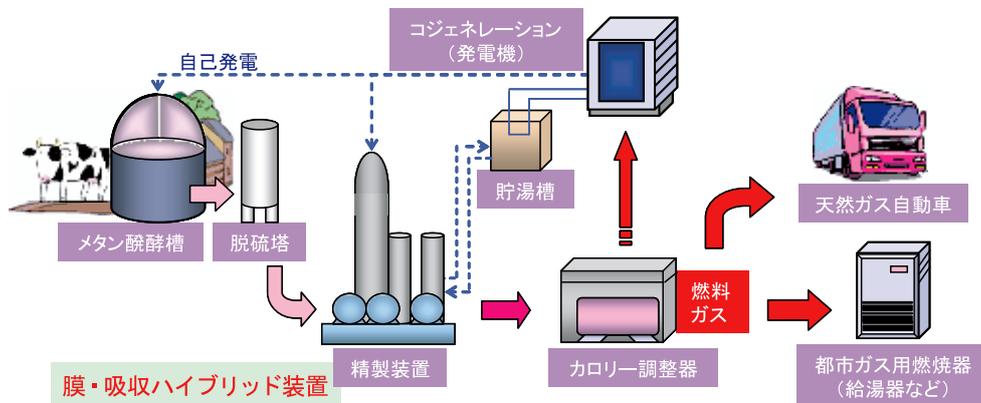


図1 バイオガス利用のイメージ

* 開発・エンジニアリング本部ガスエンジニアリング統括部機器技術部
 ** 開発・エンジニアリング本部山梨研究所安全・物性研究室
 *** 開発・エンジニアリング本部ガスアブ戦略統括プロジェクト
 **** 開発・エンジニアリング本部ガスエンジニアリング統括部電気制御システム部

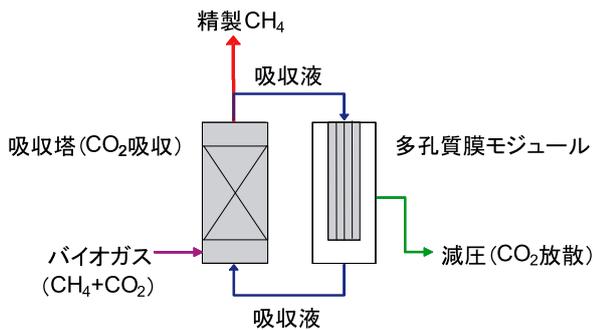


図2 膜・吸収ハイブリッド法によるバイオガス濃縮の概念図

度精製と高回収率の両立が可能

- (2) 化学吸収法での加熱再生方法に比べて吸収液の劣化を抑制可能
- (3) 高濃度の二酸化炭素を連続取り出し可能

3. 膜・吸収ハイブリッド法実証試験装置

実証試験装置のフローを図3に示す。また、装置外観(写真)を図4に、装置仕様概要を表1に示す。

実証試験装置は、精製メタン濃度98%(volume)とメタン回収率98%を目標性能とし、ラボスケール試験で同性能を達成した装置構成、流量・圧力・温度条件から、スケールアップ設計と機器類の選定を行い製

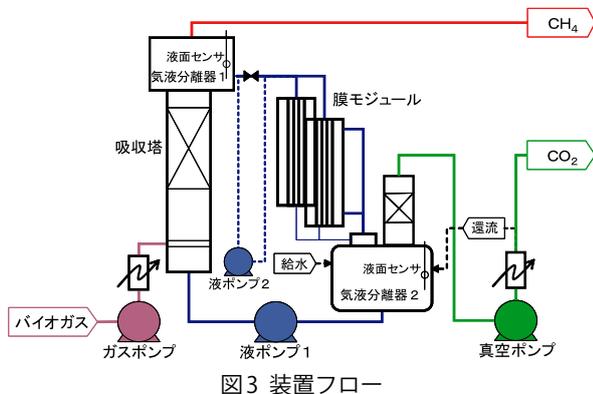


図3 装置フロー



図4 装置外観

表1 装置仕様概要

装置寸法	W3000×D1700×H2700mm
バイオガス流量	10m ³ (normal)/h
吸収液流量	12~18m ³ /h
吸収液	ジエタノールアミン水溶液
操作圧力	ガス -90~50kPa (gauge) 液 30~100kPa (gauge)
操作温度	常温

作した。

本装置では、膜モジュールを常に吸収液で満たし、減圧部と常圧部の気密を保った状態を安定して維持するため、液ポンプ1にインバータを搭載し、吸収塔液面センサーと連動させて液面を一定に保持するカスケード制御を採用した。併せて、連続運転時の吸収液濃度を維持するために、吸収液の気化水分の自動環流と自動給水の機能を設けた。

本方式は、膜モジュールでの二酸化炭素の放散性能がメタン精製性能(気液比・動力)に大きく影響するため、膜モジュールはコンパクトで膜透過液量を多くとれる中空糸タイプを採用し、中空糸膜の充填密度を通常の膜モジュールの50%に調整したものをを用いた³⁾。

その結果、精製メタン濃度98%(volume)を維持可能な膜面積あたりの気液比を、市販品の1.5倍に向上させることができた。

バイオガス流量10m³(normal)/hで98%(volume)の精製メタン濃度を達成するための操作条件は、模擬ガスによる予備試験により決定した。予備試験では、吸収部のヘッド圧力を5~100kPa(gauge)(放散部-90kPa(gauge)一定)で変化させ、図3のフローに示す吸収液の循環を、液ポンプ2で制御(~30kPa(gauge))する方法とヘッド圧差で制御(30kPa(gauge)~)する方法を比較した。液ポンプ2が不要の後者の方法が、バイオガス精製の性能と動力面で優れていた。最適な吸収部圧力は50kPa(gauge)であった。

4. フィールド試験

実証試験装置は酪農施設内にあるバイオガス発生サイトに設置し、実ガスによる連続運転でのバイオガス分離性能と各機器・膜モジュール・吸収液の耐久性を2ヶ月間評価した。

本サイトの実ガスに含有する硫化水素(H₂S)は600~3000ppm(volume)であった。硫化水素は、機器・配管部の腐食や吸収液中での反応沈殿物(NH₄HS)の生成原因となるため、装置前段で脱硫設備を用いて除

去する必要がある。フィールド試験では酸化鉄系反応剤を用いて硫化水素を除去し、装置入口部の硫化水素濃度を10ppm (volume) 以下に維持した。

図5に、フィールド試験における実証試験装置のバイオガス分離性能を示す。実ガス連続運転でのバイオガス分離において、98% (volume) の精製メタン濃度と96~98%のメタン回収率が得られ、各機器の耐久性を含めた実用性に問題ないことが確認できた。併せ

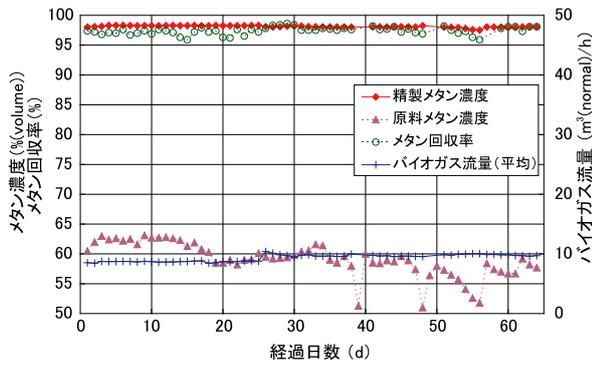


図5 バイオガス分離性能

- ・精製メタン濃度 (% (volume)) = 100 - 二酸化炭素濃度 (% (volume))
- ・メタン回収率 (%) = $\frac{\text{精製メタン流量 (m}^3 \text{ (normal) /h)}}{\text{バイオガス中のメタン流量 (m}^3 \text{ (normal) /h)}} \times 100$

て、膜モジュールの吸収液透過流量と吸収液状態、及び制御システムは安定して維持できることがわかった。

5. まとめ

高いメタン濃度と回収率を両立できる技術である「膜・吸収ハイブリッド法」について、実用規模のバイオガス精製装置の実用性を確認できた。

今後は、コンパクト化によるコストダウンとシステムの改良、安全対策を進め、膜・吸収ハイブリッド法によるバイオガス精製装置の技術的信頼性向上を図る。

参考文献

- 1) 足立貴義, 関哲也, 水野全. 大陽日酸技報. (23), 74-75 (2004).
- 2) Teramoto, M.; Ohnishi, N.; Takeuchi, N.; Kitada, S.; Matsuyama, H.; Matsumiya, N.; Mano, H. *Sep. Purif. Technol.* 30 (3), 215-227 (2003).
- 3) 富岡孝文, 水野全, 坂井徹, 赤井康昭. 技術開発促進事業成果報告会要旨集. RITE編. 京都. 2007-11, RITE, 京都, RITE. 2007, 13-14.