

シリコンゴム中空糸膜モジュールの膜分離プロセスへの応用

徐 静 莉*

The application of fine hollow fiber silicone rubber membrane module to membrane separation processes

by Jingli XU

揮発性有機化合物 (VOC) の蒸気および排水中からの排出は、空気と水資源を汚染するだけではなく、重要な経済損失を生じる。排気中からの VOC 回収と有機溶剤を含む排水の処理にはこれまで多くの努力がなされている。膜技術はこれらの問題を解決するための有望な方法である。本研究では新たに開発・製造された極細シリコンゴム中空系を排気および排水からの VOC 回収に応用することを目的とし、真空膜蒸留、パーバレーション、蒸気透過法の3つの膜プロセスにおいて、極細シリコンゴム中空系膜モジュールの VOC 成分の分離性能を実験および理論面から評価した。学位論文ではその内容を以下の6章でまとめた。

第1章は緒言であり、VOC 回収技術の現状と、各種分離プロセスの特徴と課題、膜分離法の概説と VOC 回収への応用例を解説し、それらをふまえて本研究の目的と方針を述べた。

第2章では本研究で使用した極細シリコンゴム中空系膜の蒸気透過係数測定とその結果について述べた。蒸気透過係数測定法は真空法による通常のものであるが、精度を上げるための操作上の改良をおこなっている。得られた VOC 成分の透過係数を他の膜素材と比較して、シリコンゴム膜素材の特徴を明らかにした。ここで示した各種 VOC 蒸気透過係数およびガス透過係数が以降のプロセス性能解析の基

礎となる。

第3章ではエアースイープ式真空膜蒸留操作を検討した。これは汚濁排水や海水からの純水回収を目的としたものである。このプロセスは中空糸膜モジュールとダイアフラム真空ポンプとからなる簡単な構成で、冷却凝縮不要で純水回収が行えるものである。装置運転の唯一の操作パラメータは膜透過側を通るスイープエアの流量である。ここでは40 μ m 厚さの極細シリコンゴム中空系膜による膜モジュールが使用された。実験の結果は通常使用されている多孔性のポリプロピレン中空糸膜モジュールによる結果と比較された。極細シリコンゴム膜モジュールは、多孔性の膜モジュールに匹敵する速度で純水を製造することができた。真空膜透過操作で別に測定した水蒸気透過係数を基礎として、簡単な蒸気相推進力モデルと膜モジュール内混合モデルにより理論計算をおこなった。理論計算の結果は均質膜によるエアースイープ式真空膜蒸留操作の実験結果と良好に一致した。

第4章は水からの溶存 VOC 除去操作である。膜厚み60 μ m のシリコンゴム膜モジュールを利用して、希薄な有機溶剤水溶液処理におけるパーバレーション法による分離性能を実験的に検討した。供給液流量、供給温度、透過側圧力の操作因子が分離性能へ影響する。供給温度が上がると VOC 除去性

*新潟大学大学院自然科学研究科

現在 関西大学

〔新潟大学博士 (工学) 平成19年3月23日授与〕

能は増大する。また、水中に共存する溶存ガスの影響を検討するために、脱ガス水での実験もおこなった。溶存ガスの存在はモジュールの除去効率を増加させる。ヘンリー定数に基づく理論計算モデルは以上の実験結果を良好に予測した。

第5章は排気空気中からの VOC 蒸気回収操作に関するものである。膜厚さ $20\mu\text{m}$ の極細シリコンゴム中空糸膜を利用して窒素からの VOC 蒸気回収について実験的に検討した。VOC 蒸気単成分および

混合蒸気により蒸気回収性能を試験した。極細中空糸膜モジュールは二成分の混合ガス (VOC/N₂) だけではなく多成分混合ガスにおいても十分な蒸気回収性能を示した。供給ガス流量に依存するが、VOC 蒸気回収率は90%以上を達成することができる。理論解析では2種類のモデル、プラグフローおよびクロスフローモデル、が検討され、理論計算と実験結果とを比較して考察をおこなった。

第6章で本研究の成果をまとめ、研究を総括した。