



Title	パーベーパーレーションおよび蒸気透過膜分離装置の実用化に関する研究
Author(s)	末松, 日出雄
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/41472
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	すゑ まつ ひで お 末 松 日出雄
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 4 7 1 0 号
学 位 授 与 年 月 日	平成11年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科化学系専攻
学 位 論 文 名	パーバパーレーションおよび蒸気透過膜分離装置の実用化に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 新田 友茂 (副査) 教 授 東稔 節治 教 授 上山 惟一 教 授 田谷 正仁

論 文 内 容 の 要 旨

パーバパーレーション (PV) および蒸気透過 (VP) 膜分離は、共沸混合物や近沸点混合物の分離に有効で、蒸留より省エネルギー的な代替技術である。著者はその膜分離装置の実用化をめざして、研究を以下のように3段階に分けて実施した。

第1段階では、エタノール～水系に対し PDMS 膜およびセルロース膜で基礎実験を実施した。その結果、セルロース膜の方が PDMS 膜よりも総合的な分離性能が高く実用化に適すること、高温の方が透過速度が増加すること、PVの方がVPより透過性に優れるが、分離性はVPの方が勝ることを明らかにした。その他、原料組成、2次圧の影響も実験的に調べ、分離性能の推算方法を検討し、2次圧の影響については高い精度で予測できることを明らかにした。さらに、アセトンやメタノール、IPAなどの水溶液も容易に分離濃縮が可能であることを示した。

第2段階では、実験規模をベンチスケール、パイロットスケールと拡大して実証性を高めた。システムは、共沸点近傍までの初期濃縮を蒸留で、それ以降を膜分離というハイブリッド方式にした。その結果、エタノール、IPAなどの水溶液で容易に共沸点を超える濃縮が可能で、とくにエタノールでは99.5wt%以上の高濃縮も安定的に達成されることが実証された。さらに、膜モジュール性能をシミュレーション計算によって求め、実験結果とよく一致することを確認した。

第3段階では、膜分離プロセスの実用性に関し PV と VP の経済性を比較した。実験データより無水化に必要な膜面積を求め、PV および VP の装置コストを算出した。その結果、透過性に優れる PV の方が VP より膜面積が小さく経済性に勝ることを明らかにした。また、分離係数と透過速度の間にいわゆる“トレードオフ”関係がある場合の実用膜の選定について検討した。その結果では、分離係数より透過速度の大きい膜の方が膜面積が減少できて、実用性に優れることを明らかにした。さらに、石油系の MeOH～MTBE 系、プロピレン～プロパン系の実用分離プロセスでの必要膜面積を計算し、実用化の可能性を検討した。この中で、実用化の可能性を簡便に判定できる評価指標を提案するとともに、最近開発されたゼオライト系の分離膜に実用可能領域にあるものを見出した。

論文審査の結果の要旨

パーバレーション (PV) および蒸気透過 (VP) 膜分離は、共沸混合物や近沸点混合物の分離に有効で、蒸留より省エネルギー的な代替技術といわれている。著者は PV (VP を含む) 膜分離の実用化をめざした研究を実施した。

膜分離実験では、共沸点を有するエタノール～水系を選び、分離膜には親油性の PDMS 膜および親水性のセルロース膜を用いた。その結果、セルロース膜の方が PDMS 膜よりも総合的な分離性能が高く実用化に適すること、高温の方が透過速度が増加すること、PV の方が VP より透過性には優れるが、分離性能は VP の方が勝ることなどを明らかにした。さらに、活量を推進力に考えるモデル式で分離性能の相関と推算を行い、2 次圧の影響については高い精度で予測できることを明らかにした。さらに、アセトン、メタノール、IPA などの水溶液も PV 法で濃縮できることを示した。

次に、ベンチスケール、パイロットスケールの膜分離装置を作製した。この装置には、共沸点近傍までを蒸留で、それ以降の無水化までの高濃縮を膜分離が分担するハイブリッド方式を採用した。この実験の結果、エタノール、IPA などの水溶液系で容易に共沸点を超える濃縮が可能で、とくにエタノール系では 99.5wt% 以上に濃縮できることを実証した。

最後に、膜分離プロセスの実用性を検討するために、アルコール水溶液の分離について PV と VP の経済性を比較した。まず実験データに基づき、無水化する場合の必要膜面積を求め、それをもとに PV および VP 膜分離システムのコストを算出した。その結果として、透過流束の大きく取れる PV の方が VP より必要膜面積が小さく、経済性に勝ることを明らかにした。しかし、他の研究者のデータによると逆の結果になるケースもあり、PV と VP の経済性が使用する膜の特性に大きく影響されることを見いだした。また、分離係数と透過速度との間にいわゆる“トレードオフ”関係がある場合の実用膜の選定法について検討し、分離係数を少しは犠牲にしても透過速度が大きな膜の方が膜面積を減少できて、実用性に優れることを明らかにした。

さらに、石油系に代表される非水系について、MeOH～MTBE 系、プロピレン～プロパン系の公表データから実用プロセスでの必要膜面積を計算し、実用化の可能性について検討した。その結果、膜モジュールコストと製品生産額との比を用いて定義した評価指数を提案した。その評価指数によると NaY-ゼオライト膜とシリカ膜は分離性能上からは十分に実用可能領域にあることがわかった。

以上のように、本研究は、PV 法と VP 法の膜分離実験を行い、2 つの分離システムの実用化に関する問題点を把握するとともに、両システムの経済性に関する新しい知見を得たものであり、博士 (工学) の学位論文として価値あるものと認める。