

【3K153006】使用済み海水淡水化膜を活用した途上国工業団地での工場排水再利用システムの開発
(H27～H29)

山村 寛(中央大学)

1. 進捗状況

本年度は脱塩率 90%の使用済みポリアミド製 RO 膜を 0-90%の範囲で任意の脱塩率を持った膜に、繰り返し精度 10%未満で改質するための技術を確認する。具体的には、ポリアミド鎖の酸化分解に関与する環境因子の抽出し、改質モデル式を作成した後にポリアミド鎖分断メカニズムを解明する。

次亜塩素酸濃度や pH やイオン濃度等を変化させて、様々な条件で新膜を改質した際の脱塩率の変化を観察した結果、ポリアミド鎖の酸化分解に関与する環境因子として、pH と次亜塩素酸濃度を突き止めた。pH が低いほど、次亜塩素酸濃度が高い程脱塩率の低下が早い結果となった。低 pH では次亜塩素酸が酸化力の高い HOCl となるため、より高速に脱塩率が低下したものと考える。また、次亜塩素酸濃度が高い場合には、酸化速度が増加するために、より高速に脱塩率が低下したものと考える。この結果を基に、pH と次亜塩素酸濃度を変数として脱塩率と CT 値の関係をジグモイド曲線モデルに当てはめ、脱塩率の低下を示す改質モデルを作成した。2 インチ、8 インチの使用済み RO 膜を用いて、作成した改質曲線の適合性を確認した。これにより、目的 および目的 を達成した。

RO 膜のポリアミド劣化メカニズムを明らかにするために、FTIR および原子間力顕微鏡により、アミド結合が開裂する様子を観察した。FTIR 測定から、アミド結合が塩素化した後に、C-N 結合が分断する機構が提唱された。また、長期の改質により、ベンゼン環も分断されることが明らかとなった。また、原子間力顕微鏡による膜表面の吸着性の評価から、改質により COOH の吸着力が減少し、OH の吸着力が上昇する結果が得られた。これは、改質によって正の荷電を持つアミド基が減少することを表すものである。一方で、改質により OH 基による吸着力が上昇する結果となったことから、改質することで、多糖類のような親水性有機物がより閉塞しやすくなる可能性が示唆される。来年度の参考としたい。以上の結果は目的 の達成を示すものである。

よって、目的 、 、 共に平成 27 年の目標が達成出来たと判断する。

2. 科学的意義

使用済み RO 膜の有効活用に関して、第 1 層のポリアミド層を完全に酸化分解・除去して、2 層目のポリスルホン UF 膜を海水淡水化の前処理用途に転用した研究例は多い。一方で、残存する除去性能に着目して、適正に改質することで排水処理に用いた例はこれまでに存在しない。これは、ポリアミド鎖の酸化・開裂の制御が困難なため、酸化による改質の際に脱塩率の再現性が確保できないことに起因すると考える。本研究では、ポリアミド鎖の酸化・開裂に係わる動力学パラメーターに基づいて、ポリアミドの酸化改質モデルを世界で初めて構築する。これにより、これまでは経験に基づいていた薬品洗浄に起因するポリアミド製 RO 膜の脱塩率低下がモデルにより理論的に推測できるようになる他、狙った脱塩率(分離性能)にまで使用済み RO 膜を精度良く改質することが可能となる。

排水再利用処理には、2 価イオンや色度成分の除去が求められるが、これらの成分の除去には、海水淡水化用 RO 膜や低圧 RO 膜よりもさらに脱塩率の低い膜でも、十分に対応できることを確認している。特に、脱塩率の低下に伴って、純粋透過性能が向上することから、運転コストの低減も期待できる。これまでは、入手可能な膜は脱塩率 90%以上のものに限られており、20%～80%の脱塩率を持つ膜の除去性能や膜閉塞に関する情報はほとんど存在しない。本研究では、酸化・改質によって同材質で様々な脱塩率を持つ膜を作成し、膜目詰まり物質やメカニズムを解明する。これにより、これまで情報が不足していた脱塩率 20%～80%付近の膜の排水処理における有効性や課題が明らかになり、工場排水の再利用に適した膜特性の発見につながることを期待される。

3. 環境政策への貢献

本研究では、使用済み RO 膜が保有する分離性能をニーズに応じて改質し、再生水製造プロセスで使用するものである。使用済み RO 膜の有効活用は、行政ニーズとして記載される「水平リサイクル

及びリサイクル材の活用」に当たる。本研究を推進することで使用済み RO 膜の利用価値が市場で認識され、水平利用されることで、膜廃棄量の低減と共にプラスチック資源の有効活用につながる。他、以下のような環境政策への貢献が考えられる。

(1) RO 膜の主生産者 (国) としての義務

使用済み RO 膜の廃棄問題が国際問題として表面化する前に、生産者 (国) である日本や事業者として、本課題への対策を急ぎ練る必要があると考える。

(2) 環境産業の活性化

使用済み膜のリサイクルを通じた新たな産業の創成及び静脈市場の活性化に伴う動脈市場 (海水淡水化 RO 膜の交換需要) の活性化が期待される。

4 . 委員の指摘及び提言概要

海水淡水化膜を改質し工業用にカスケード利用できることを計画に沿って明らかにしつつある点が評価できる。改質膜の性能の安定化には、シグモイド曲線ではなく、理論モデルによるシミュレーションが望ましく検討すべきであろう。また、膜の再利用とパチルス菌を使う生物前処理との組合せの合理性が見えないので要検討である。本システムの実用化には、対象とするインドの工業排水の質的変動などの情報を入手し、他の排水処理システムとトータルで LCA 比較し、優位性を示す必要がある。さらに、事業化には技術性に加えて、エネルギー、経済、需給などの評価が必要である。

5 . 評点

総合評点 : A