

論文の内容の要旨

論文題目：タンニン酸を用いた RO/NF 膜の改質技術とモデル解析に関する研究

氏名：佐藤 祐也

本研究では、市販の RO/NF 膜性能のコントロールに着目し、タンニン酸を中心とした改質剤を用いて、市販の NF 膜の改質処理、及び実際の装置にて使用し、酸化劣化を引き起こした RO 膜の回生処理を行うことで、膜の性能がどのように変化するかを検討した。そして、改質処理による NF 膜の性能変化を、NF 膜に存在するナノオーダーの欠陥部が原因であるとして、SHP モデルや TMS モデルなどの理論モデルを用いた解析を試みた。さらにモデル計算を用いて、分離性能の低い RO/NF 膜を、改質処理によってどの程度の性能コントロールが可能であるか、定量的に考察し、性能向上処理の指針を示した。最後に、本改質処理の応用例として、タンニン酸の酸化防止効果に着目し、タンニン酸を用いた改質処理によって、ポリアミド系 RO/NF 膜の酸化劣化防止技術を検討した。

第 2 章では、近年の物理的欠陥をもたない、市販の NF 膜に対して、タンニン酸による改質処理を行い、分離性能や透過水量にどのような影響を与えるかについて検討した。さらに、実際の装置にて使用し、酸化劣化を引き起こした RO 膜についても、同様なタンニン酸処理によって、性能の回復が可能であるかどうかの検討を行った。その結果、市販の NF 膜として、日東電工社製の LES90 を用いて、タンニン酸による改質処理を実施したところ、五倍子タンニン酸が最も高い分離性能向上効果を持つことが分かり、長期的な安定性も確認できた。また、処理方法、処理時間、処理濃度等の最適化を行った。酸化劣化を引き起こした RO 膜について、回生処理を検討した結果、分離性能の回復効果があることが分かった。

第 3 章では、比較的 RO 膜に近い分離性能を有する NF 膜である LES90 に、透過性の低い正常部分と、透過性の高い欠陥部分の 2 種類の部分があり、タンニン酸による改質処理によって、欠陥部分が修復され、LES90 の分離性能が向上するものと仮定した。そしてこの現象を、非平衡熱力学モデルや SHP モデル、TMS モデルなどを用いて理論的な検討を加え、中性溶質及び電解質を用いた透過実験結果との比較を試みた。その結果、実験値と

計算値は、良い一致を示し、本解析方法は、タンニン酸による NF 膜の修復現象を表現するのに妥当であることが分かった。

第 4 章では、第 3 章にて妥当性を検証した、NF 膜のモデル解析手法を用いて、ある分離性能を持つ RO/NF 膜を、目的の性能に向上させるために、タンニン酸を用いた処理をどのように行えばよいかについて検討した。低分離性能の RO/NF 膜として、(1) 欠陥の絶対量が多い、(2) 欠陥部分のゼータ電位が小さい、(3) $r_p=1\text{ nm}$ と $r_p>1\text{ nm}$ の欠陥細孔が共存する、という 3 つのケースを想定した。その結果、(1)改質前の σ を設定することにより、改質後にある分離性能とするために必要な補修率を見積もることが可能であり、低分離性能膜の改質設計指針となり得ることが分かった。(2)欠陥部分のゼータ電位が小さいほど、改質による分離性能向上効果が大きくなっていることが分かった。(3)正常部分の割合が低い膜の場合、補修できない欠陥細孔の存在によって、分離性能向上を目的とした改質処理を施しているにもかかわらず、逆に分離性能が低下する場合があることが分かった。

第 5 章では、タンニン酸による膜改質の応用技術として、市販の NF 膜や RO 膜に対してタンニン酸を用いた改質処理を施し、酸化剤耐性を付与できるかどうかについて検討した。その結果、市販の NF 膜に対して、タンニン酸による定期的な酸化剤耐性処理を行った結果、 $0.1\sim 0.3\text{ mgCl/L}$ 程度の次亜塩素酸ナトリウムを連続添加しても、膜の酸化劣化を大幅に抑制できることが分かった。一方、市販の RO 膜に対して同様の処理を行った結果、一定の酸化劣化抑制が確認できたものの、NF 膜のような大きな効果は認められなかった。

以上のように、本研究では、タンニン酸という物質に着目し、それが RO/NF 膜に与える影響について実験的・理論的な検討を行った。タンニン酸は、RO/NF 膜の性能向上作用、酸化劣化膜回生作用を持ち、さらに酸化剤耐性作用を持つことが明らかとなった。NF 膜が正常部分と欠陥部分という 2 つの部分から構成されているという仮定のもと、モデル計算の結果、その妥当性が示され、さらに RO/NF 膜の後処理による性能コントロール方法の指針を示すことができた。

以上