

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 金 賢 兒

本論文は、「ナノろ過膜を用いた浄水処理における前処理プロセスの影響」と題し、実際の河川水を用い、異なる前処理を行った場合のナノろ過膜への影響を実験的に評価したものである。本論文は以下の7章から構成される。

第1章は研究の背景と目的であり、水道におけるナノろ過膜の応用についてその経緯と課題を指摘しつつ、膜ファウリングの抑制のため、適切な前処理プロセスが重要であることを指摘した。これまでのナノろ過膜のファウリングに関する研究は、人工的に調整した原水を用いる事例が多く、研究では実際の河川水を様々なプロセスで前処理した前処理水を用いて、ナノろ過膜のファウリングに対する影響を評価した。

第2章は、文献調査であり、これまでの水道におけるナノろ過膜導入の事例とそこから得られた知見についてとりまとめた。

第3章は、実験方法であり、各種前処理プロセスについて、また、ナノろ過実験に用いた膜の種類や実験装置について説明した。

第4章は、実験装置及び膜の基礎性能を把握するため、膜の基礎的な特性を調べた。はじめに、本研究に用いた3種類のポリアミド系のナノろ過膜について、AFM画像による自乗平均面粗さ、ゼータ電位と接触角を測定した。また、ナノろ過膜の濃度分極現象と物質移動について調べるため、濃度分極モデルに基づき、3種類の膜について物質移動係数 k と拡散層厚さ δ を求めた。その結果、物質移動係数 k は $UTC-60 > NF-270 > \gg UTC-70$ の順であり、拡散層厚さ δ は $UTC-70 \gg NF-270 > UTC-60$ の順であった。

第5章は、異なる前処理によるナノろ過膜のファウリング抑制効果を調べるため、実際の河川水を、3種類の前処理、すなわち、凝集+砂ろ過 (CS)、精密ろ過 (MF)、オゾン+生物活性炭吸着 (CSOB) により処理した水と多摩川河川水 (RAW) を膜供給水とし、3種類のポリアミド系のナノろ過膜によりろ過した場合の膜ファウリング (ろ過抵抗) について比較した。

最も小さい分画分子量を持つ UTC-70 膜は、CS と CSOB 前処理では 100 時間の実験期間中、ろ過抵抗がほとんど一定であったが、RAW と MF 前処

理ではろ過時間の経過とともにろ過抵抗が増加した。中間の MWCO を持つ UTC-60 と最も大きな MWCO を持つ NF-270 の膜では、全ての膜供給水について時間とともにろ過抵抗が徐々に増加したが、前処理水のろ過抵抗は RAW 水のろ過抵抗よりも常に低かった。CSOB 前処理水を膜供給水とした場合、NF-270 膜のろ過抵抗は急激に増加したが、これは高い初期透過流束は膜の全体的なパフォーマンスを低下させたためと推定された。

UTC-70 及び UTC-60 膜に付着した膜汚染物の総量に対する有機物の平均比率は、RAW 水 (74.5%) > MF 前処理 (47.5%) > CS 前処理 (32.5%) > CSOB 前処理 (27.5%) の順であった。MFI 測定と DOC 分画の結果、MF 前処理による UTC-70 のろ過抵抗の急速な増加は、微粒子によるケーキ層形成よりも、むしろ有機物質の膜への吸着にあることが推測された。CSOB 前処理は有機物を取り除くことに最も効果的であったが、CS 前処理に比べて MFI を低減することができなかった。

第 6 章では、異なる凝集剤を添加した MF 膜処理による膜ファウリングの抑制を調べるため、膜供給水へ PAC 及び塩化鉄凝集剤を添加したところ、いずれも膜ファウリングを低減する効果が得られ、特に塩化鉄は大きな効果があった。実験に用いた三種類の膜による UTC-70 膜の溶解性有機炭素 (DOC) の除去率は凝集剤添加の有無に係わらず 90% 以上であった。

膜の薬品洗浄では、超音波洗浄及びアルカリ洗浄による回復率が高かった。これは、酸洗浄の目的物質である鉄・アルミニウムなどの金属類が少なかったからであると思われる。薬品洗浄終了後、純水のろ過抵抗を測定したところ、NF-270 膜は新膜の平均 99.2%、UTC-70 膜は平均 88.6%、UTC-60 膜は平均 57.1% のであった。このように新膜よりもろ過抵抗が大きくなったのは薬品洗浄によりポリアミド系膜が劣化していたことが疑われた。

第 7 章は結論であり、本研究の結論をまとめるとともに、今後の課題について述べている。

これらの研究結果は、浄水プロセスへのナノろ過膜の提供における前処理プロセスの選択基準について、新しい知見をもたらした。以上の理由により、本論文は博士 (工学) の学位請求論文として合格と認められる。