

耐塩素ナノろ過による消毒副生成物の除去

八戸工業大学 学生会員 ○植田 颯太、須貝 直人
八戸工業大学 正会員 鈴木 拓也、福士 憲一

1. はじめに

本研究では、これまで耐塩素 NF 膜の高度浄水処理への適用可能性について検討を行ってきた¹⁾。その結果、除去困難と考えられる物質でも塩素処理により除去対象物質の化学的形態を変換し分子サイズを粗大化できれば除去効率を高められることがわかった。一方、消毒副生成物のように塩素処理により前駆物質よりも分子サイズが小さくなる物質についても検討を行う必要がある。また、これらの知見に基づき耐塩素 NF の除去対象範囲を明確にする必要がある。そこで本研究では、耐塩素 NF 膜による消毒副生成物の除去性に関する基礎的検討を行った。

2. 実験方法

2.1 実験装置および NF 膜

図 1 に、膜ろ過実験に用いた回分式膜ろ過実験装置を示す。対象物質の揮発損失を抑制するため、操作圧力を 0.95MPa（高圧）に設定しろ過時間を短縮した。NF 膜として耐塩素 NF 膜（脱塩率 93%, 日東電工）および汎用 NF 膜 LES90（脱塩率 95%, 日東電工）を用いた。実験は、セルに原水 360mL を加えた後、窒素ガスで 0.95MPa に加圧し実験を開始した。ろ過水はメスシリンダーで採水し、180mL（原水量の半量）に達した段階で一度ろ過を終了し、濃縮水およびろ過水を直ちに測定に供した。

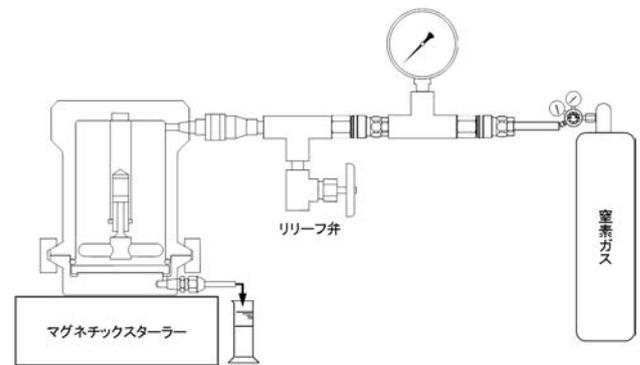


図 1 回分式膜ろ過実験装置

2.2 除去対象物質および模擬原水の調製

除去対象物質は、消毒副生成物のうち浄水処理対応困難物質から高い比率で生成されるクロロホルム（ CHCl_3 、分子量 119.4g/mol）およびホルムアルデヒド（ CH_2O 、分子量 30.0g/mol）とした。クロロホルムおよびホルムアルデヒドの原水濃度は、それぞれ $10\mu\text{g/L}$ および $250\mu\text{g/L}$ とした。ベースとなる模擬原水には、純水（pH 無調整）および河川水（pH7.0）を使用した。河川水により模擬原水を調製する際は、実験前に消毒副生成物生成能試験を行い、24 時間後のクロロホルム生成濃度を確認し実験に供した。また、遊離残留塩素濃度は $1.0\sim 1.3\text{mg-Cl}_2/\text{L}$ となるように調製した。

2.3 測定方法

クロロホルムの測定は、上水試験方法に準じたヘッドスペース GC/MS 法およびホルムアルデヒドの測定は DNP 誘導体化-HPLC 法²⁾により行った。

3. 実験結果および考察

図 1 にクロロホルム実験の結果を示す。純水実験の除去率は、LES90 では 47%、耐塩素 NF 膜では 44%と

キーワード ナノろ過, 消毒副生成物, 塩素処理

連絡先 〒031-8501 青森県八戸市大字妙字大開 88-1, 八戸工業大学工学部土木建築工学科

なった。河川水実験の除去率は、LES90 では 75%、耐塩素 NF 膜では 71%となった。純水実験と比較し河川水実験の除去率が 30%程度増加することがわかった。詳細は不明であるが、河川水中の共存物質を塩素処理したことにより生じた塩素酸化物による影響と考えられる。クロロホルムの除去が比較的良好であったのは、分子量 119.4g/mol であり比較的分子サイズが大きいため、NF 膜による篩作用により除去できたと考えられる。

図 3 にホルムアルデヒド実験の結果を示す。純水実験の除去率は、LES90 では 12%、耐塩素 NF 膜では 19%となった。また、河川水実験の除去率は、LES90 では 19%、耐塩素 NF 膜では 24%となりクロロホルムと比較しホルムアルデヒドの除去は困難であることがわかった。これは、ホルムアルデヒドの分子サイズが小さいため NF 膜による物理的な篩作用による除去が難しかったためと考えられる。このことから、脱塩率 93~95%の NF 膜でも、ホルムアルデヒド (30g/mol) と同程度の分子量を持つ微量汚染物質の除去は困難と考えられる。また、ホルムアルデヒドの前駆物質であるヘキサメチレンテトラミン (HMT) のような浄水処理対応困難物質が水道原水に流入した場合は、塩素処理を行わず通常の NF 処理を行った方が除去効果は高いと考えられる。

4. まとめ

耐塩素 NF 膜等による消毒副生成物の除去性に関する基礎的検討を行った。その結果をまとめると次の通りである。

- 1) クロロホルムの除去実験では、純水実験の除去率は LES90 では 47%および耐塩素 NF 膜では 44%となった。また、河川水実験の除去率は、それぞれ 75%および 71%となり比較的良好な除去が可能であった。
- 2) ホルムアルデヒドの除去実験では、純水実験の除去率は LES90 では 12%、耐塩素 NF 膜では 19%となった。また、河川水実験の除去率は、それぞれ 19%および 24%となりホルムアルデヒドの除去は困難であることがわかった。これは、ホルムアルデヒドの分子サイズが小さいため NF 膜による物理的な篩作用による除去が難しかったためと考えられる。
- 3) このことから、脱塩率 93~95%NF 膜でも、ホルムアルデヒド (30g/mol) と同程度の分子量を持つ微量汚染物質の除去は困難と考えられる。

参考文献

- 1) 鈴木ほか (2020) 耐塩素 NF 膜によるカルキ臭原因物質の除去, 第 54 回日本水環境学会年会講演集
- 2) 小林ほか (2016) 体クロマトグラフィーによる水道水中のホルムアルデヒドおよびアセトアルデヒド同時分析法の開発と妥当性評価, 水環境学会誌 39 巻 6 号, 211-224

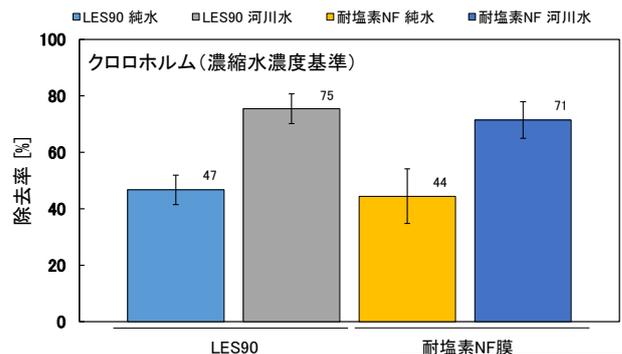


図 2 実験結果 (クロロホルム)

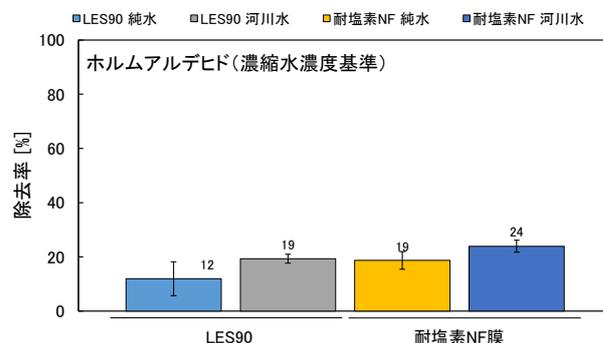


図 3 実験結果 (ホルムアルデヒド)