

凝集 MF 膜におけるウイルス除去性の比較

岐阜大学工学部		加藤 慶匡
同上	正会員	松井 佳彦
同上	正会員	松下 拓
同上	正会員	井上 隆信

1. はじめに

膜ろ過法は、比較的簡単な維持管理や、コンパクトな設備施設などその有用性により、新たな浄水プロセスとして導入されつつある。これらは、凝集沈殿／砂ろ過といった既往の浄水プロセスに比べ懸濁成分・コロイド成分・細菌等の除去性に優れている。浄水処理への適用が期待されている膜として MF 膜、UF 膜がある。MF 膜は UF 膜より目詰りしにくいいため維持管理がしやすい反面、ウイルスの除去が困難であるとの指摘されている。これに対し、MF 膜処理の前処理として凝集処理を行うことにより UF 膜と同程度のウイルス除去が達成可能であるとの報告があり¹⁾、凝集 MF 膜処理のウイルス除去に対する有用性が示されてきている。今後この膜ろ過法が導入されるのはまず小規模処理場であろう。小規模処理場では原水は清澄である場合が多いため、添加凝集剤濃度を低く抑えることができる可能性がある。そこで本研究では凝集 MF 膜処理において、河川水を希釈して TOC を低くした試料水を用い、低い添加凝集濃度でのウイルス除去性を検討した。

2. 実験方法

2-1 用いるウイルスと測定方法

本研究ではウイルスとして大腸菌ファージ Qβ、MS2 を用いた。これらのウイルスは MF 膜の孔径より小さい直径約 23nm であり、A 型肝炎ウイルスやポリオウイルスと同じ構造である。ウイルスは、ホストとして *Escherichia coli* K12F⁺(A/λ)を用いたブラック形成法によって定量した。また、ウイルス添加時の TOC の持ち込みを抑えるために、セントリプラス-50 (Millipore) を用いてウイルスの精製を行った (3000×g、55 分)。

2-2. 試料水

本研究では、TOC 濃度の低い水を対象とするため、河川水 (TOC 1.58mg/L, 採水地 愛知県豊川) を脱塩素水道水で希釈して用いた。これにより、試料水の TOC は 0.3mg/L となった。希釈により低下した無機イオンは、試薬を添加して調整した。また pH は、7.2 とした。

3. 実験条件

実験の流れを図-1 に示す。原水タンクに前述の試料水を 70L 入れ、ウイルスを 10⁶～10⁷PFU/mL になるように添加した。これをポンプにて送液し、凝集剤を添加した。凝集剤はポリ塩化アルミニウム (PAC) を用いた。PAC 添加量は 0.05、0.16、0.27、0.54、1.08mg/LasAl とした。凝集剤の攪拌はスタティックミキサー (滞留時間 1.2、2.4s) あるいは機械攪拌 (滞留時間 4.2min) によった。攪拌後の試料水をセラミック MF 膜 (膜面積 0.048m², 公称分離孔径 0.1μm) を用いて、50mL/min の定流量デッドエンド方式でろ過した。0、1、2、3、4、5、6 時間後に原水と処理水のウイルス、アルミニウム濃度を測定した。

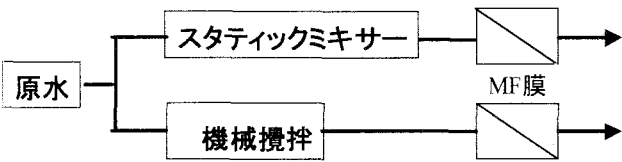


図-1 処理フロー図

4. 実験結果

4-1 アルミニウム濃度の経時変化

処理水のアルミニウム濃度の経時変化を図-2 に示す。運転時間が長くなるにつれアルミニウム濃度は増加したが、運転を通じて処理水のアルミニウム濃度は水道の水質基準の 0.2mg/L を超えることはなかった。

4-2 ウイルス残存率の比較

図-3 に Qβ残存率の経時変化を示す。通水時間を通じて、大幅なウイルス残存率の減少もしくは増加はみられず、ほぼ定常な除去性能を示した。図-3 に平均 Qβ残存率と凝集剤添加濃度の関係を示す。縦軸の平均 Qβ残存率とは経時的に 6 回採取した試料における残存率の相対平均であり、標準偏差とともに示している。この図より、0.05~1.08mg/LasAl の添加範囲では平均残存率に顕著な差がなく、0.05mg/LasAl という極めて小さい添加量でも 7log 程度の除去が期待できることが分かった。Matsui *et al.* は凝集 MF 膜によるウイルス除去実験を行った結果、1mg/L 以上の添加では 7.5log 程度除去されたが、0.53mg/LasAl の添加では 6log 程度であったと報告している¹⁾。彼らが用いた原水の TOC は 1mg/L であり、本研究の原水の 3 倍以上である。凝集剤によるウイルスの不活化が共存有機物により抑制されるとの報告もあるため²⁾、原水の TOC 濃度が低い河川では、低濃度の凝集剤の添加で効率のよいウイルス除去ができると考えられた。

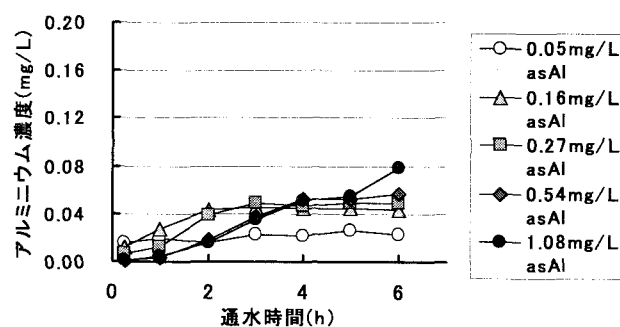


図-2 アルミニウム濃度の経時変化

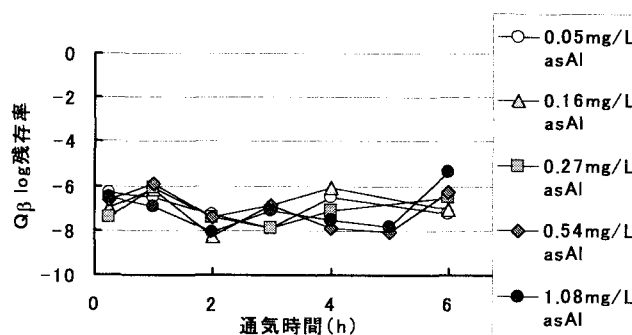


図-3 Qβlog残存率経時変化

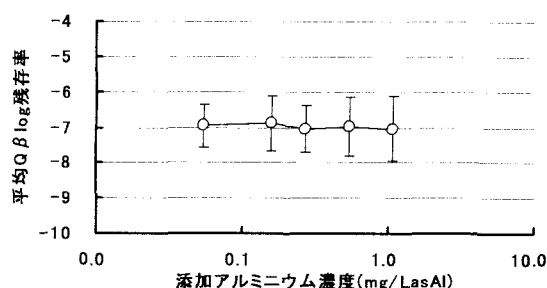


図-4 PAC添加濃度間のQβlog残存率の比較

5. おわりに

本研究で得られた結果を以下にまとめる。

1. 1.08mg/LasAl の PAC の添加でも、処理水のアルミウム濃度は最大 0.08mg/LasAl であり、水道の水質基準を上回ることにはなかった。
2. 0.05mg/LasAl という極めて低い PAC の添加濃度でも、7log のウイルス除去が達成された。

6. 参考文献

- 1) Matsui, Y., Matsushita, T., Inoue, T., Yamamoto, M., Hayashi, Y., Yonekawa, H. and Tsutsumi, Y., Virus removal by ceramic membrane microfiltration with coagulation pretreatment, *Water Science and Technology: Water Supply*, in press.
- 2) Matsui, Y., Matsushita, T., Sakuma, S., Gojo, T., Mamiya, T., Suzuoki, H. and Inoue, T., Virus inactivation in aluminum and polyaluminum coagulation, *Environmental Science & Technology*, **37** (22), 5175-5180, 2003.