

微粒子径がセラミック MF 膜のろ過抵抗に与える影響の評価

岐阜大学 大学院 工学研究科 都築佑太
岐阜大学工学部 正会員 李富生
岐阜大学工学部 正会員 吉村千祥

1. 研究背景

近年、小中規模の浄水処理施設を主として、膜ろ過浄水施設を導入する例が増加している。膜ろ過浄水処理の利点は、凝集池や沈殿池などの広い敷地を必要としないことによる省スペース性や、ろ過膜孔径以上の大きさの微粒子を完全に除去できることによる近年問題となっているクリプトスポリジウムやジアルジアなどの耐塩素性原虫類への対応性などが挙げられる。しかし、膜ろ過水質を維持させた上で、膜ろ過の抵抗を如何に抑えて膜ろ過水処理プロセスの効率を高めていけるのかが、大きな課題である。

膜ろ過の抵抗を引き起こす要因として、懸濁態微粒子によるケーキ層の形成や膜の閉塞などが挙げられる。しかし、これらの抵抗要因と微粒子の粒径の関連性については報告がなく、解明されていないのが現状である。

そこで、本研究では、粒径分布の幅が広いカンボジア貯水池の懸濁粒子の起源である貯水池周辺の土を用いて、粒径ごとの微粒子群集による膜ろ過抵抗の上昇を計測し、微粒子径と膜ろ過抵抗の関係を検討した。

2. 実験の方法

2-1 実験用原液の調整

カンボジアから持ち帰った、貯水池周辺の粒径分布の幅が広い土粒子を電子天秤により 200 g 測り取り、純水 2L に溶かし、超音波振動により軽く密集した粒子の分散を行った。その後、孔径 53 μm のふるいを用いてろ過を行い、微量ながら存在する 53 μm 以上の土粒子を除外した原液を調整した。

2-2 粒径ごとの供試水の調整

2-1 で調整した原液をカラム (長さ 2m, 直径 4cm) に流し入れ、自然沈降をさせた。サンプルの採取時間を粒子径ごとの沈降速度の試算によって、20 分後、150 分後、6 時間後、1 日後、2 日後、3 日後、10 日後、1 月後とすることにより、粒径の異なる微粒子の分類 (全 8 種類) を行った。その後、分類したサンプルについて、走査型電子顕微鏡 (SEM) を用いて、

微粒子の粒径を観察した。また、粒子の性状を構成する元素の割合と表面電位を示すゼータ電位を評価し粒径以外の膜ろ過抵抗に影響をあたえる要因の有無を確認した。微粒子の構成元素の割合は X 線分析装置 (EDX) により測定し、ゼータ電位はゼータ電位計により測定した。それぞれ分類した粒径ごとのサンプルを SS 濃度 (0.1 μm メンブランフィルター基準) として 10mg/L となるように水道水により希釈し、膜ろ過の供試水とした。

2-3 セラミック膜通水実験

膜ろ過実験はセラミック MF 膜に対して、定速ろ過、デッドエンド方式で行った。表 1 にパラメータを示す。通水中に膜ろ過抵抗を連続的に計測するとともに、処理前後の濁度、微粒子数、などの測定を行った。

表 1 - セラミック膜のパラメータ

大きさ	$\Phi 30 \times 100 \text{mm}$
膜孔径	0.1 μm
膜ろ過面積	0.43 $\text{m}^2/\text{エレメント}$
Flux	4 m^3/d

3. 結果と考察

3-1 微粒子の性質

走査型電子顕微鏡を用いて粒径ごとの微粒子群の写真を撮影し、粒径の分類を確認した。例として、150 分後に採取した微粒子群の写真を図 1 に示す。

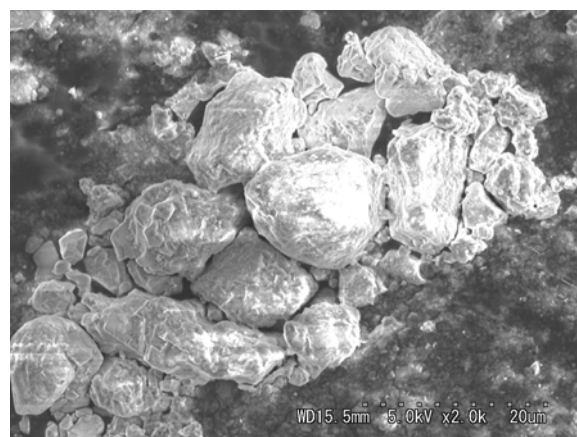


図 1 - 沈降 150 分後に採取したサンプル

X線分析装置を用いて測定した結果を表2に示す。いずれの元素においても、割合の範囲が狭く、粒子間では大きな相違がないことが確認された。また、水中に分散したときのゼータ電位も、図2に示されているように、微粒子ごとに大きな相違は確認できなかった。このことから、自然沈降により分類した微粒子の間に、粒径以外の大きな相違はなく、ろ過抵抗上昇の差異は粒径によるものと考えられる。

表2 - 分類した微粒子群の元素割合の範囲

元素	質量濃度[%]	原子数濃度[%]
C	5.2~5.7	8.1~8.9
O	54.8~59.9	68.0~69.5
Al	1.2~1.7	1.1~1.3
Si	30.2~32.4	19.7~20.9
Fe	0.6~0.8	0.2~0.3
Hg	1.2~1.5	0.1~0.2
その他	1.1~1.7	0.5~0.6

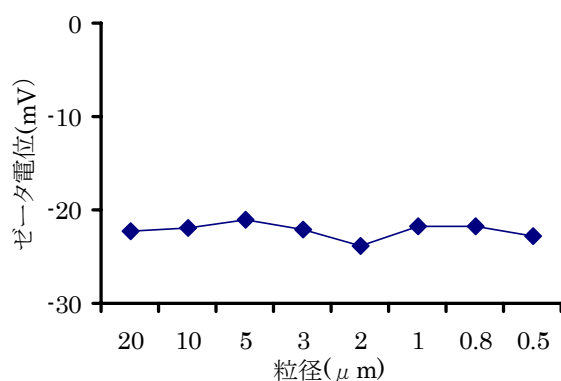


図2 - 各サンプルの表面電位

3-2 微粒子による膜ろ過抵抗

膜ろ過抵抗の経時変化を図3に示す。この図より、粒径が小さくなるにつれて、ろ過抵抗の上昇が大きくなることから、粒径の小さい粒子が膜の閉塞に大きく寄与していることが示された。

膜差圧が50kPaになるまでのろ過時間を各粒径ごとにプロットした結果を図4に示す。この図より、ある一定の膜差圧になるまでのろ過継続時間と粒径の間には、線形の相関が存在することが見出される。つぎに、ろ過開始から1時間後の膜差圧を粒径ごとにプロットした結果を図5に示す。この図より、一定時間後のろ過抵抗と粒径の間には累乗の相関が確認された。

処理水質に関しては、いずれの供試水についてもSSからみた微粒子に対する除去率は99%以上であった。

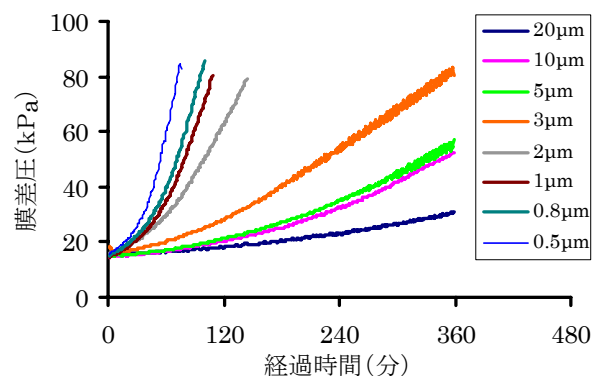


図3 - ろ過抵抗の経時変化

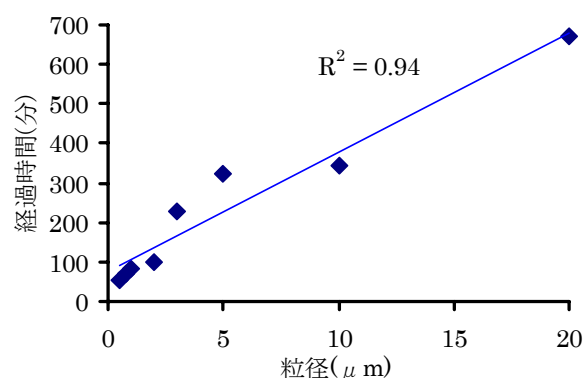


図4 - ろ過抵抗が50kPaになるまでのろ過時間と粒径の関係

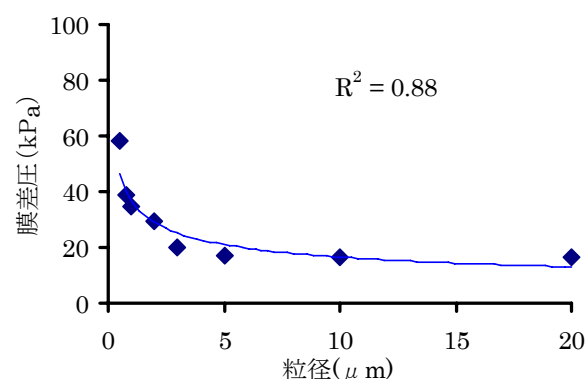


図5 - 膜ろ過一時間後の膜差圧と粒径の関係

4. まとめ

粒径ごとの微粒子の性状評価と膜ろ過実験により、粒径の小さい微粒子が粒径の大きい微粒子に比べて膜ろ過抵抗の上昇に大きく寄与していることが示された。また、粒径と膜ろ過抵抗との間に相関があることが確認できた。