

VII-102

粉末活性炭添加膜分離法における
流束を支配する要因

武蔵工業大学大学院 渡邊聖一

武蔵工業大学 万木 賢一 武蔵工業大学 綾 日出教

Table-2 後期実験条件

	低圧系			中圧系			高圧系		
膜の種類	LM	LMAC-1	LMAC-2	HM	HMAC-1	HMAC-2	HM	HMAC-1	HMAC-2
原水槽	A槽	B槽	C槽	A槽	B槽	C槽	A槽	B槽	C槽
容量(L)	30								
取水口の位置	水面			水面			水面		
吸引圧(kPa)	1.3			4.0			6.7		
活性炭の添加	無	有	無	無	有	無	無	有	無
攪拌による攪拌	有	無	無	有	無	無	有	無	無
経過日数(day)	30								

*HIGH(Low-Middle) pressure Membrane with Active Carbon

1 はじめに

膜分離法における浄水処理において、差圧を高くしても流束は思ったほど大きくはならず、むしろ閉塞が起きやすくなる事が知られてきた。溶存性有機物が除去できないのも本法の欠点である。多摩川河川水を原水とし粉末活性炭を添加して膜分離を行い、添加効果の検討と膜透過流束に影響を及ぼす因子の解明を試みた。

2 実験概要

膜モジュールは膜分離生物処理連続実験用に開発したマグネティックスターラーによって駆動されるプラスチック製平膜クロスフロー過装置であり、膜直径は75mm (Fig.1)、容量30ℓの貯留槽より原水を膜モジュールにポンプで移送し、定圧ろ過を行い濃縮水は返送した (Fig.2)。濁質の堆積を防ぐためにマグネティックスターラーによりモジュール内のマグネティックバーを回転させた。原水には多摩川下流部表流水を用いた。期間中、水温と透過水量、原水と透過水それぞれの濁度、TOCを測定した。

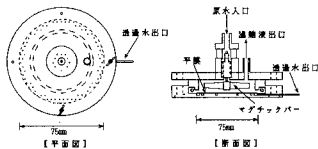


Fig.1 膜モジュール形状

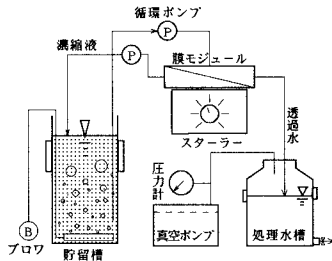


Fig.2 実験装置概略図

使用分離膜の仕様を Table-1、実験条件を Table-2 に示す。

Table 3-2 膜仕様 (中・後期実験)

使用膜モジュール	
膜名	Y社製MF膜
膜直径 (mm)	0.137
膜面積 (cm ²)	0.0042
膜孔径 (μm)	0.3
膜枚数 (枚)	1 (片面)
形状	円形
材質	親水化塩化ビニル

3 浄水結果および考察

高いろ過差圧により膜面に強固なケーキ層が形成されると、強いクロスフローによっても剥離できない。差圧を小さくするとろ過抵抗値は明かに改善された。循環水をエアレーションするとフロックが形成され、濁質の比抵抗が小さくなり、剥離も容易になる傾向があった。

差圧が小さい膜ではケーキ層の圧密が小さくなり、このためろ過抵抗値の上昇が抑えられたと思われる。各系を比較すると差圧が小さいものでろ過抵抗の上昇が抑えられ、差圧が大きくなるほど急激に抵抗が増加していった。

活性炭の添加はろ過抵抗および TOC の低減化には有効であった。

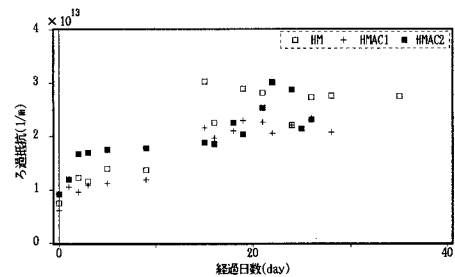


Fig.3 高圧系ろ過抵抗の経日変化

4 透過流束に作用する因子

(1) 膜分離の特性

浄水実験の結果より差圧の大きさがろ過抵抗に大きく影響する事がわかった。膜処理に影響する種々の要因について解析を行い、基本的な膜ろ過機構の諸因子の圧力との関係について浄水実験結果と比較検討する。

(a) 基本式

ろ過抵抗と透過流束の関係は次式で表される。ろ過抵抗値は膜の抵抗と堆積したケーキの抵抗および膜内部の物質の目詰まり (ゲル層) 抵抗の和である。

$$R = R_m + R_c + R_g \quad (1)$$

透過流束は次式で表される。

$$J(t) = \frac{P}{\mu (R_m + R_c + R_g)} \quad (2)$$

ケーキ層およびゲル層の抵抗は次式で表される。

$$R_{cs} = \alpha \cdot \frac{W}{A} \quad (3)$$

ケーキの圧縮性は次式で表される。

$$\alpha = \alpha_0 \cdot P^n \quad (4)$$

ただし、 R_m ：ろ材抵抗 (1/m)、 R_c ：ケーキ抵抗 (1/m)、 R_g ：ゲル層抵抗 (1/m)、 P ：ろ過圧力 (kPa)、 μ ：粘性係数 (Pa·s)、 W ：固体質量 (kg)、 A ：ろ過面積 (m^2)、 α ：ケーキ比抵抗 (m/kg)、 α_0 ：定数、 n ：圧縮指数、 m ：湿乾質量比 (-)、 V ：ろ液体積 (m^3)、 ρ ：スラリー密度 (g/cm^3)、 s ：スラリー濃度 (%) とする。

(b) 膜ろ材抵抗の算出

使用前のろ材について透水試験を行ったものの抵抗をろ材の抵抗と考え、清水実験の結果より圧力との関係式を求めた。

$$R_m = 0.291 \cdot P^{0.481} \cdot 10^{11} \quad (5)$$

(c) ケーキ層による抵抗の算出

ケーキ層の抵抗値を計算する。ここでは微細な粒子を吸着した活性炭の抵抗ではなく、ケーキ層の抵抗を活性炭のみの抵抗と考え比抵抗より算出した。

活性炭の比抵抗と圧力との関係を次式に示す。

$$\alpha = 0.377 \cdot P^{0.858} \cdot 10^{11} \quad (6)$$

また、ケーキの固体質量は次のようになる。

Table-3 ケーキ固体質量

固体質量 W(kg)	0.003	0.0021	0.0008
------------	-------	--------	--------

Table-3 と (3) 式よりケーキ層の抵抗値と圧力との関係を算出した。

(d) 膜内部の目詰まり抵抗

今回はゲル層だけの比抵抗を求めることができなかったため、清水実験の結果より得られた抵抗値を膜の抵抗値とケーキ層の抵抗値の合計であるとして扱い、これより膜のろ材抵抗を引いたものをケーキ比抵抗として算出した。活性炭添加系、無添加系よりそれぞれ 2 つ計算した関係式を次に示す。

$$R_g = 6 \cdot P^{0.47} \cdot 10^{11} \cdot \frac{W}{A} \quad (7)$$

$$R_g = 3 \cdot P^{0.59} \cdot 10^{11} \cdot \frac{W}{A} \quad (8)$$

$$R_g = 20 \cdot P^{0.05} \cdot 10^{11} \cdot \frac{W}{A} \quad (9)$$

$$R_g = 1 \cdot P^{0.731} \cdot 10^{11} \cdot \frac{W}{A} \quad (10)$$

(3) 透過流束の計算

膜抵抗、ケーキ抵抗、ゲル抵抗は同一運転条件の場合、圧力の関数となっており、それぞれ (2) 式に代入すると透過流束は圧力の関数となる。計算結果より圧力と透過流束の関係を Fig.4 に示す。また、浄水実験における結果より、Table-3 の条件と同量の体積の水量を透過した時点の膜の透過流束と圧力との関係を Fig.5 に示す。

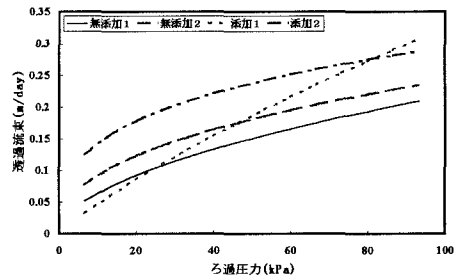


Fig.4 透過流束と圧力の関係（計算値）

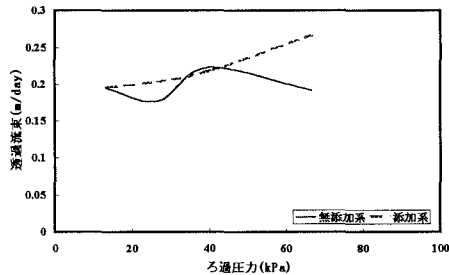


Fig.5 透過流束と圧力の関係（実測値）

(4) 計算結果の考察

計算値と実測値を比較すると低圧力では一致した。差圧が上昇するにつれて活性炭無添加の系で実測値は透過流束が低下したのに対し、計算値では減少が見られなかった。実測値では活性炭の有無により、透過流束に差があったが計算値による両者の差は小さいものであった。計算結果より各抵抗層の圧縮係数が大きい場合、圧力が高くなると透過流束が得られないことがわかった。また、活性炭により濁質の比抵抗および圧縮率が減少し透過流束が大きくなる傾向が認められた。