

武蔵工業大学 ○森井 淳司 帆刈 善行
長岡 裕

1. はじめに

膜分離の仕組みは、微細な穴をもった膜に圧力をかけて水を通し、水中の目的の物質をろ過・分離するろ過法の一つである。この膜分離には、水中の多種成分の同時除去が可能であり、処理水質が安定しているなどの利点がある。そこで膜分離の利点を利用した研究が多方面で行われている。

本研究では、膜分離として単位容積あたりの膜面積が大きい中空糸膜を、開水路中に規則的に配して、水草状膜モジュールを作成し、膜分離特性と水理学的条件（流速分布、乱れ強度分布）との関係について考察を行った。

2. 実験装置

実験装置概略図を図-1に示す。全長2.0m、幅7.5cmの開水路で水路の中央をアクリル板で仕切った装置を2本用いた。流体は、水路上流端に設置したマグネットポンプを用いて循環させた。中空糸膜を水路上流端から1列5本・10cm間隔で塩化ビニールの板に15列、植え付けた。それらの内、水路中央部2列の中空糸膜で吸引を行い、残りを模擬中空糸膜部分（吸引を行わず流速分布、乱れ強度分布の形成のみを担う）とした。

吸引はチューブポンプ、または水位差により行った。表-1に、使用した膜および実験条件を示す。膜密度とは中空糸膜の表面積を膜の植え付けた底面積の割合とした。

3. 実験方法

実験に使用する原水は、水道水にカオリン粘土と分散剤としてピロリン酸ナトリウムを溶解したものを用い、これを開水路に循環させた。水路の流速及び乱れ強度はレーザードップラー流速計を用いて測定した。測定ポイントは、吸引装置付近を数カ所水路底面より5mm間隔で測定を行った。また流速及び乱れ強度の変動が著しい箇所については、細かく測定を行った。膜面流速

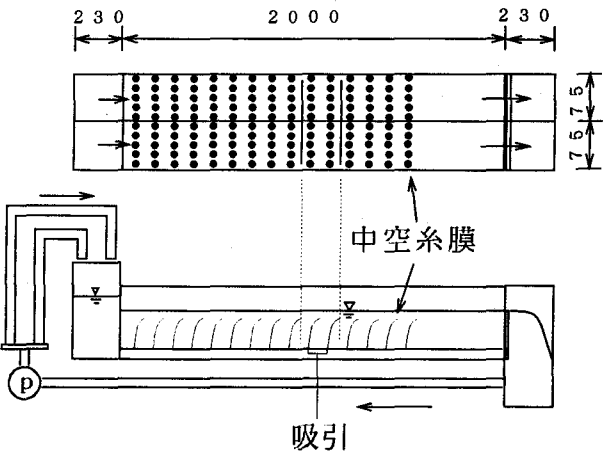


図-1 実験装置概略図(単位:mm)

表-1 実験条件

case	A	B	C	D	E	F	G	H
吸引方法	ポンプ				差圧			
膜種類	M社製ポリアセチレン製MF膜				A社製ポリアセチレン製MF膜			
内径/外径(mm)	0.28/0.39				0.68/1.22			
膜密度	0.415				1.385			
断面平均流速(cm/s)	2.4	4.8	9.6	19.2	1.4	2.8	6.9	13.9
水深(cm)	5				8			
水温(℃)	22.4~28.3				21.0~32.0			
吸引圧(kpa)	85~100				8.815			
水路内濁度(mg/L)	25~50				150~250			
流速測定	100Hz, n=2048				100Hz, n=4096			

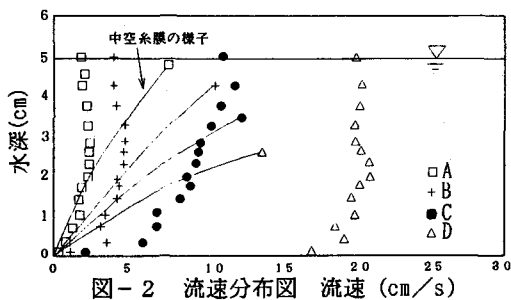


図-2 流速分布図 流速 (cm/s)

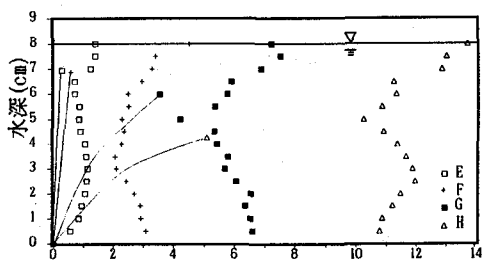


図-3 流速分布図 流速 (cm/s)

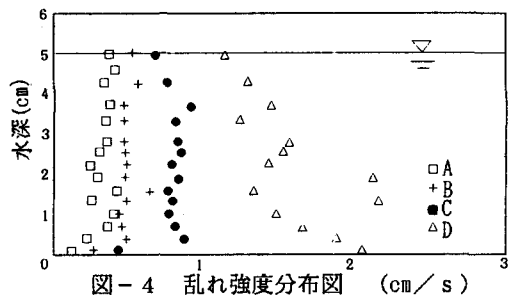


図-4 乱れ強度分布図 (cm/s)

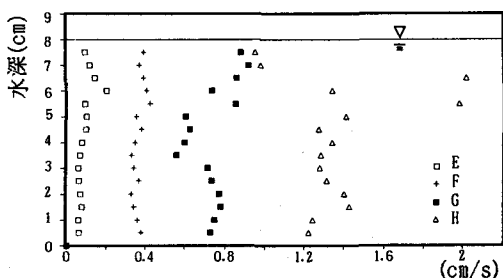


図-5 乱れ強度分布図

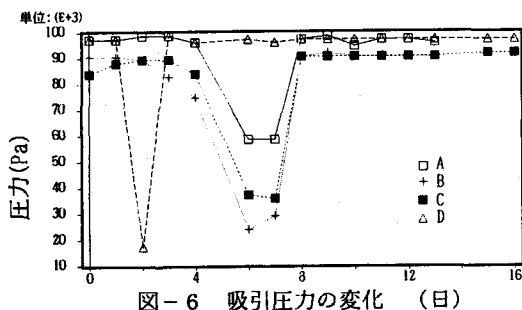


図-6 吸引圧力の変化 (日)

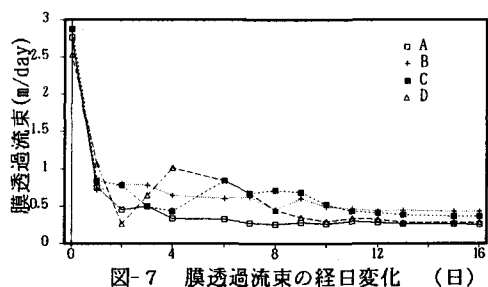


図-7 膜透過流束の経日変化 (日)

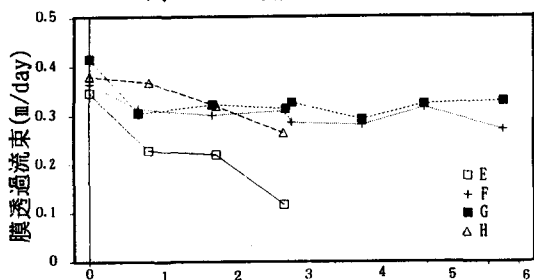


図-8 膜透過流束の経日変化 (日)

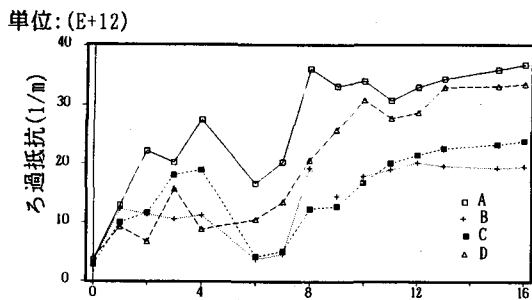
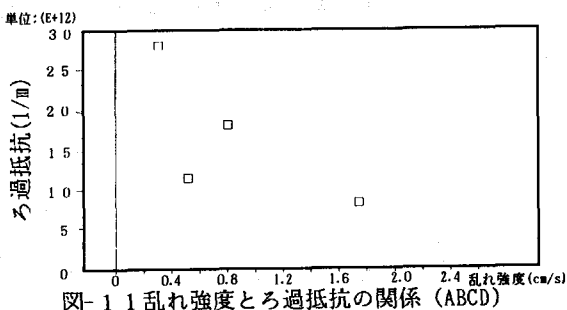
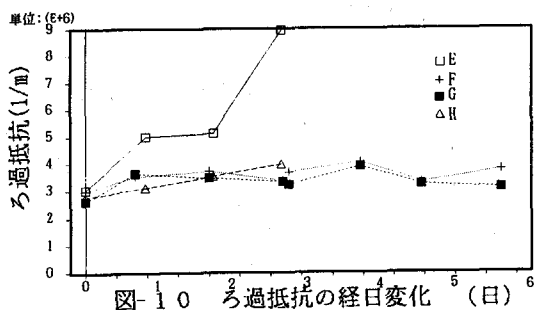


図-9 ろ過抵抗の経日変化 (日)

については、レーザードップラー流速計で測定することができないので、浮きを用いて測定を行った。なお、水路内の濁度が安定した時点 (ポンプ 50mg/L, 差圧 200mg/L) で実験開始日とした。



4. 実験結果

図-2, 3に流速分布図, 図-4, 5に乱れ強度分布図を示す。図-6に吸引圧力 (CASE A, B, C, D), 図-7, 8に膜透過流束, 図-9, 10にろ過抵抗の経日変化を示す。CASE A, B, C, D (膜外径0.39 mm) の吸引部の膜の場合は, 4日目まで全て揺らいでいたが, 5日目にA, B, Cが, 9日目にはDが塩化ビニール板に付着していた。11日目にはすべてがカオリン粘土と共に付着していた。CASE E, F, G, H (膜外径1.22 mm) の場合, 2日目から全ての膜にカオリン粘土がくっつき始めたがG, Hの膜は水中で揺らいでおり, 時間の経過と共に流速の速いものほど大きなたわみが認められた。

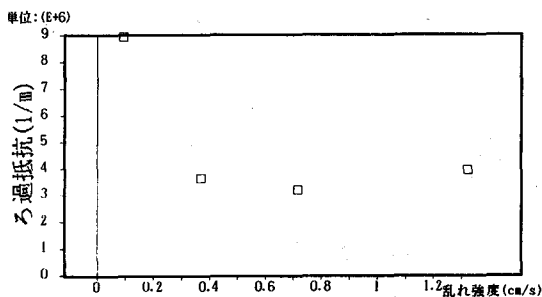


図-11, 12に乱れ強度とろ過抵抗の関係をCASE A, B, C, DとCASE E, F, G, Hのそれぞれについて示した。乱れ強度の値としては垂直方向の平均値をとった。ろ過抵抗の値は, CASE A, B, C, Dは4日目 (膜が揺らいでいた期間) CASE E, Hは69時間目, CASE F, Gは66時間目の値をとった。

5. 考察

乱れ強度の高い流水中では, 中空糸膜の揺らぎが大きく膜のカオリン粘土の付着を妨げ, ろ過抵抗の増大を防いでいると考えられる。また, 流速が高いほど, 膜が大きいたわみ, 乱れ強度の大きい領域 (底面により近い領域) に当たりろ過抵抗をおさえる傾向にあると推定される。