

II - 559

水草状中空糸膜モジュールの処理特性に及ぼす揺動・穂波現象の影響に関する検討

武蔵工業大学 学生員 森井 淳司
武蔵工業大学 正会員 長岡 裕

1. はじめに

中空糸膜を利用した膜分離リアクターにおいて、中空糸膜を水草状に植えつけ、流れを起こすことにより膜を揺動させれば、固形物の付着・堆積を防ぐ効果があると考えられる。本研究では水草状中空糸膜モジュールの処理特性と水理学的諸条件との関係について検討し、あわせて植生として揺動する柔軟なシリコンチューブを用いて、揺動条件に関する実験的考察を行った。

2. 実験方法

実験には、図-1に示す透明アクリル製開水路（A：長さ8.5m，幅0.1m，B：長さ2.5m，幅7.5cm）を用いた。模擬水草としてAでは、画鋸の針にシリコンチューブを1.5cm間隔で、Bでは中空糸膜を10cm間隔で植え付けた。実験条件を表-1に示す。植生密度（C）とは模擬水草の全表面積を底面積で除した値である。各条件についてレーザー Doppler 流速計を用いて、水路幅中央における鉛直断面の流速測定を行った。Aでは可視化による流況の観察を行い、Bでは原水としてカオリン粘土を溶解し、吸引実験を行った。吸引条件は表-2に示した。Case Aグループ、case B-5～B-8では水草の動きをビデオ撮影した。

3. 実験結果及び考察

Case Aグループの流速分布および乱れ強度分布を図-2、3に示す。可視化による流況の観察では植生境界面上流部では流線方向に偏平な渦が存在し、case A-4～A-7では植生が組織的に変形する穂波現象の発生が確認された。A-7では主流と植生内流の間で流れの混合が頻繁に起こり、植生がそれに同調するように穂波を起こしていた。植生の揺動測定結果を表-3にまとめた。

Case B-1～B-4の流速分布および乱れ強度分布を図-4、5に示す。図-6に、ろ過抵抗の経時変化を示す。高流速にさらされている膜ほど、ろ過抵抗の増分が少ない傾向を示している。図-7にろ過抵抗（実験開始時からの増加分）と乱れ強度（水路底面から膜先端部分までの平均値）の関係を示す。乱れ強度の高い流水中では、ろ過抵抗の増

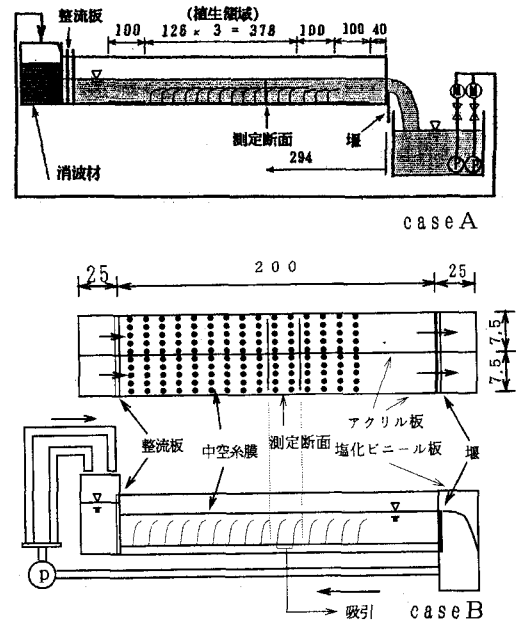


図-1 実験装置図（単位：cm）

表-1 実験条件

case	材質	ヤング率 E (Pa)	長さ (cm)	内径/外径 (mm)	E I (Pa・mm ⁴)	C	断面平均流速 (cm/s)	水深 (cm)	水温 (℃)
A-1	シリコン	2.1×10^6	10	0.5/1.0	1×10^5	1.88	13.21	8.56	20
A-2							18.58	6.46	
A-3							22.75	6.52	
A-4							27.57	6.53	
A-5							33.03	6.56	
A-6							40.71	6.55	
A-7							47.00	6.56	
B-1	ポリエチレン 中空糸膜	5.3×10^6	7	0.68/1.22	5.2×10^5	0.18	1.4	8.0	21
B-2							2.8		32
B-3							6.9		
B-4							13.9		
B-5			4			0.10	11.1	8.0	14
B-6			5			0.13			28
B-7			6			0.15			
B-8			7			0.18			

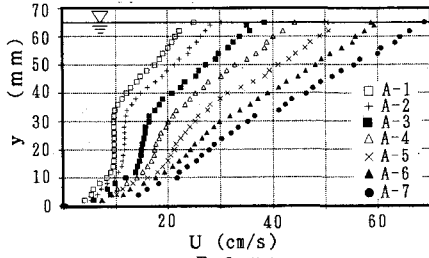


図-2 流速分布

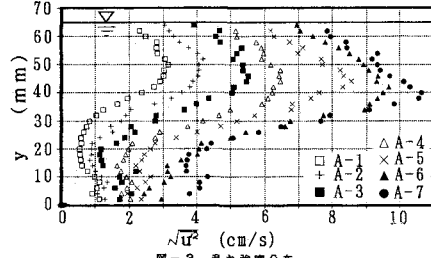


図-3 乱れ強度分布

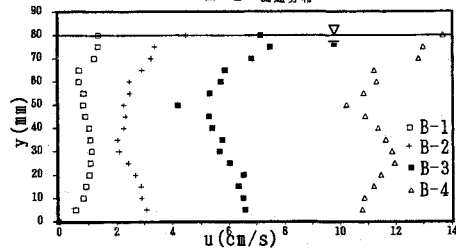


図-4 流速分布図

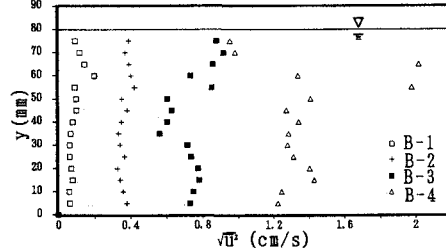


図-5 乱れ強度分布図

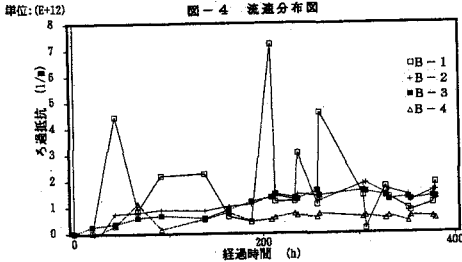


図-6 ろ過抵抗の経時変化

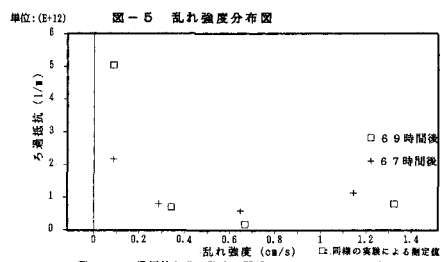


図-7 ろ過抵抗と乱れ強度の関係(CASE B-1～B-4)
(ろ過抵抗は、初期値からの増加分である)

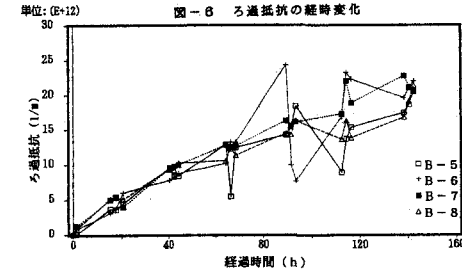


図-8 ろ過抵抗の経時変化

表-2 観測条件

CASE	観測	観測方法	観測圧 (kpa)	水路内流速 (m/s)
A	無			
B-1	有	差圧	8.8	150～250
B-4				
B-5				
B-8				
B-5	有	ボンプ	40～98	28～99
B-6				
B-8				

表-3 実験結果

case	揺動変位	h (mm)	f (Hz)	a (mm)	穂波
A-1	鉛直方向	49	0.4	8	—
A-2		44	0.5	10	—
A-3		44	0.5	12	○
A-4		41	0.5	14	◎
A-5		38	0.6	17	◎
A-6		37	0.9	20	◎
A-7		38	1.2	23	◎
B-1	水面に對し	—	—	—	—
B-2		—	—	—	—
B-3		—	—	—	—
B-4		—	—	—	—
B-5	平行方向	—	0	0	—
B-6		—	2.1	0.5	—
B-7		—	7.5	0.75	—
B-8		—	12.0	1.0	—

h: 植生境界高さ, f: 周波数, a: 揺動幅

大が少なくなる傾向を示した。図-8にcaseB-5～B-8のろ過抵抗の経時変化を示す。乱れ強度の値が同じで、中空系膜の振動条件のみが異なる場合、ろ過抵抗の増分に大きな違いはみられなかった。

CaseB-5～B-8では高周波かつ揺動幅が小さい振動をしていたが、いずれもろ過抵抗の増加を抑制するには到らなかった。CaseAグループ（シリコンチューブ）では、CaseBグループ（中空系膜）と異なり、大半の条件において穂波現象が見受けられた。中空系膜実験では、穂波現象が発生しなかったが、弾性係数(EI)、植生密度、膜長、流速等の条件により穂波を起こすものと推定され、穂波によるろ過抵抗の増加を抑制する可能性について検討することが今後の課題である。

謝辞

本研究を行うにあたり、五十嵐 基文君、小林 紀人君、帆刈 善行君（1992年度武蔵工業大学卒）に多大なる協力をしていただいたことに深く感謝いたします。