

武蔵工業大学工学部 学生会員 ○石黒 裕大
 武蔵工業大学工学部 正会員 長岡 裕
 武蔵工業大学大学院 学生会員 森 哲生
 武蔵工業大学工学部 粕谷 智之

1. はじめに

中空糸膜を利用した膜分離において、水路内に懸垂した中空糸膜モジュールは、流水の乱れで膜を揺動させることにより固形物の付着、堆積を防ぐと考えられる。本研究では、設定フラックス、水路条件の違いによる各モジュールのろ過特性および揺動による付着堆積物の剥離効果について比較、検討を行ったものである。

2. 実験装置

実験装置の概略を Fig.1 に、波動条件を Table.1 に示す。また、Case0 は膜の揺動による付着濁質の剥離効果を明確に把握するための波動がない状態である。水路沖側に造波板を設置して進行波を発生させ、岸側には反射波の影響を抑えるため消波材を設置した。

使用する膜モジュールは有効膜長 17cm、1 モジュールあたりの膜面積が 8500cm^2 のものとし、水路ほぼ中央部に 3 モジュール（モジュール A, B, C）設置した。植生密度（膜モジュールの設置面積に対する全膜面積の割合）は 36 とした。波動条件下における水面変動を考慮に入れ、膜の固定端に塩化ビニル板をポリウレタン樹脂で接着した。また、すべての膜先端部は原水の直接吸引を防ぐため、釣り用錘（質量 $6.7 \times 10^{-2}\text{g}$ 、直径 2mm）で塞ぎとめた。

3. 実験方法

水路内にイオン交換水を使用し、モデル濁質として過酸化水素水およびピロリン酸ナトリウム飽和水溶液で分散処理を施したカオリンを投入した。水路内濁度は一定（140～160）NTU に保つようにし、必要に応じカオリンあるいはイオン交換水を投入した。また、フラックスも一定（モジュール A: $0.3\text{ m}\cdot\text{day}^{-1}$, B: $0.2\text{ m}\cdot\text{day}^{-1}$, C: $0.1\text{ m}\cdot\text{day}^{-1}$ ）に

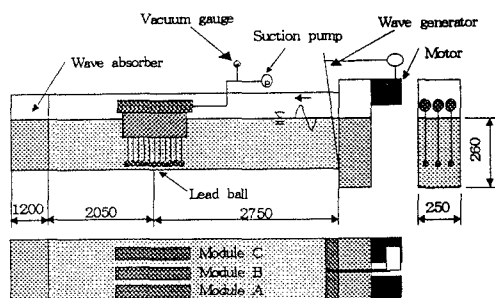


Fig.1 Experimental channel (unit:mm)

Table.1 Wave condition

	Case0	Case1	Case2
Period(sec)	—	0.9	—
Wave length(cm)	—	69	123
Wave height, H(cm)	0	3	7
Depth(cm)	26		

なるように吸引ポンプで調節した。

水温、吸引圧、膜透過流量を測定し、これらの測定値よりフラックス及びろ過抵抗を算出した。また安定したフラックスが維持できなくなった膜モジュールから吸引を停止し、膜の揺動のみ影響を受けた状態でろ過抵抗の回復状況について検討を行った。（剥離実験）

4. 実験結果及び考察

各設定フラックスとろ過抵抗の経日変化を Fig.2, Fig.3, Fig.4 に示す。これらの結果よりろ過抵抗の上昇パターンは、①揺動による付着濁質の剥離効果が小さくほぼ直線的に上昇するもの、および②長時間の吸引により付着濁質の圧密が進行して、途中で急激に上昇を示すもの、の 2 つに大別できる。また、設定フラックスが小さく、波動エネルギーが小さいものほどろ過抵抗は緩やかな上昇を示したが、設定フラックスが $0.3\text{ m}\cdot\text{day}^{-1}$ の場合、Case0 ($H=0\text{cm}$) と Case1 ($H=3\text{cm}$) でろ過抵抗上昇傾向にほとんど

差がみられなかった。これは、付着堆積物に作用する力が波動エネルギーより吸引力の大きさに依存していることが原因と考えられる。

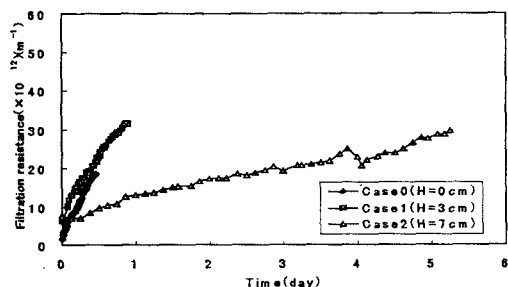


Fig. 2 Variation of filtration resistance
(Initial flux $0.3\text{ m}\cdot\text{day}^{-1}$)

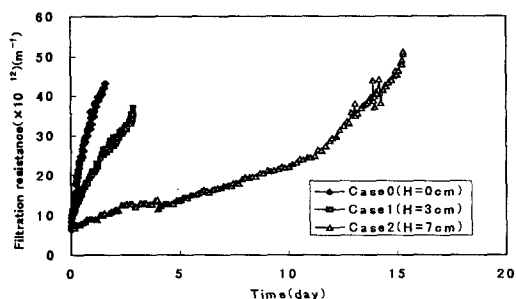


Fig. 3 Variation of filtration resistance
(Initial flux $0.2\text{ m}\cdot\text{day}^{-1}$)

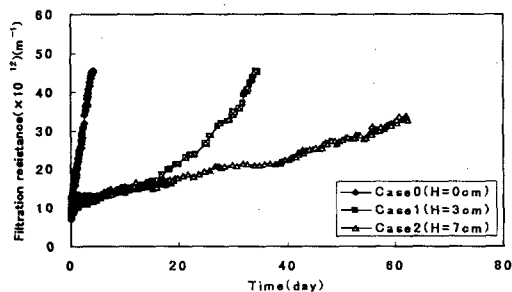


Fig. 4 Variation of filtration resistance
(Initial flux $0.1\text{ m}\cdot\text{day}^{-1}$)

剥離実験におけるろ過抵抗の経日変化の一例 (Case 0) を Fig. 5 に示す。各 Case において Fig. 5 ように剥離開始直後ろ過抵抗が急激に減少し、その後一定値に収束する傾向を示した。そこで、

以下の式より、ろ過抵抗減少パターンを回帰し、検討を加えた。

$$R = R_1 + (R_0 - R_1)e^{-kt} \quad \dots(1)$$

ただし、 R : ろ過抵抗 (m^{-1}), R_0 : ろ過抵抗初期値 (m^{-1}), R_1 : ろ過抵抗収束値 (m^{-1}), k : ろ過抵抗減少速度 (day^{-1}), t : 剥離実験開始からの経過時間 (day) である。

各波動条件下でのフラックスとろ過抵抗減少速度、 k の関係を Fig. 6 に示す。各波動条件下では、設定フラックスが大きいほどろ過抵抗減少速度は大きくなった。また、同じ設定フラックスでは波高の大きい波動条件ほどろ過抵抗減少速度は大きくなると考えられたが、Case 1 と Case 2 を比較するとそうはならなかった。この理由として、波動条件のほかに吸引時間の長さによる付着濁質の圧密進行の違いも剥離状況に大きく影響しているものと考えられる。

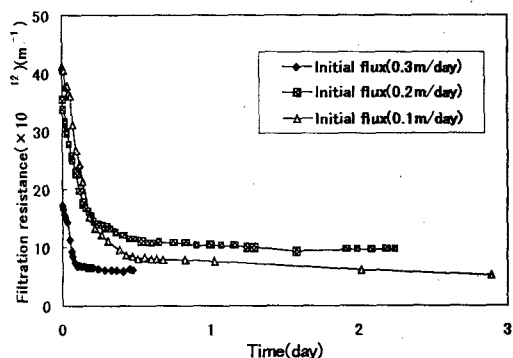
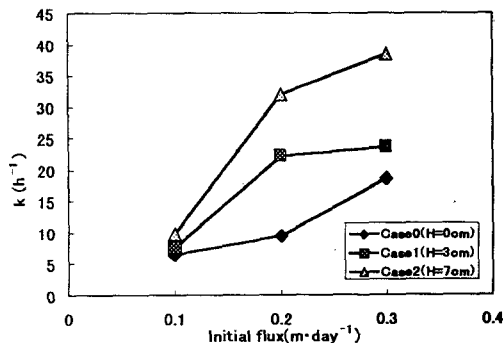


Fig. 5 Variation of filtration resistance



(Detaching experiment)

Fig. 6 Relationship between k and initial flux