

(II-81) 波動エネルギーを利用した高密度上部懸垂型中空糸膜モジュールにおける膜面近傍の乱れとろ過特性との関係

武蔵工業大学 学生会員 ○宮本 祐介

武蔵工業大学 正会員 長岡 裕

武蔵工業大学 学生会員 森 哲生

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、異なる波動条件下におけ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、また膜近傍の乱れによる影響について比較、検討を行ったものである。

2. 実験装置

Fig.1, Fig.2 に実験装置および膜モジュールの概略、Table.1 に波動条件を示す。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。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を 8500cm² 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 6.7×10^{-2} g, 直径 2mm) で塞ぎ止めた。なお、中空糸膜はポリエチレン製 MF 膜 (内径 0.28mm, 外径 0.41mm, 孔径 0.1 μ m) を用いた。

3. 実験方法

3. 1 膜モジュール近傍の流速変動

波動エネルギーによる揺動が膜モジュールに及ぼす影響を検討するため、L.D.V. (レーザードップラー流速計) を用いて膜モジュール近傍の流速変動を測定した。測定は、水路底面から 4cm 間隔で 5 ヶ所行い、水路内にはトレーサ (コピー用修正液) を投入した。FFT (高速フーリエ変換) 法によりスペクトル解析を行い、コヒーレンス法を用いて流速変動の波動成分、乱れ成分に分離した。

3. 2 カオリンをモデル濁質とした吸引実験

水路内をイオン交換水で満たし、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、吸引実験を行った。水路内水濁度は 150NTU で一定に保ち、必要に応じてカオリンあるいはイオン交換水の投入により調整した。

また、フラックスも一定 (各モジュール、A=0.3m/day, B=0.2m/day, C=0.1m/day) になるように吸引ポンプにより調節した。測定項目として水温、吸引圧、膜透過流量、処理水濁度を経時測定し、これらの測定値からフラックスおよびろ過抵抗を算出した。

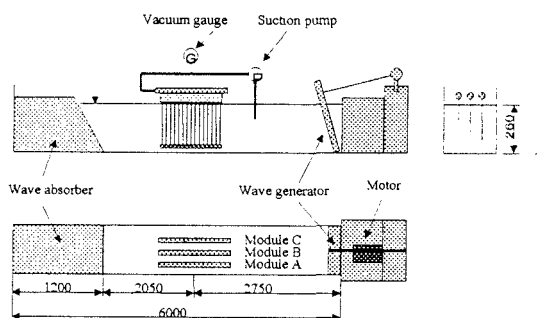


Fig.1 Experimental channel (unit:mm)

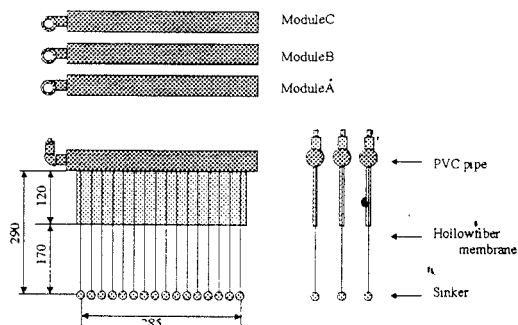


Fig.2 Membrane module (unit:mm)

Table 1 Wave condition

	Case0	Case1	Case2
Depth(cm)	26	26	26
Wave height(cm)	-	3	8.7
period(s)	-	0.9	1.0
Wave length(cm)	-	69	132

4. 実験結果及び考察

4. 1 膜モジュール近傍の流れ

Fig. 3 に流速変動の分布を示す。Case 1 に比べ Case 2 の方が乱れ成分は大きな値となり、特に膜の自由端部付近で大きな値を示した。これらは膜の揺動振幅が大きくなったことにより、膜近傍における乱れの生成が活発になったと考えられる。Fig. 4, Fig.5 に流速変動エネルギーのパワースペクトルの一部を示す(Case1 底面から 1cm, Case2 底面から 4 cm)。Case 1 はパワースペクトルが周波数の $1/3$ 乗に比例しておりモジュール内は平衡領域に、Case 2 は $-5/3$ 乗に比例していることから慣性小領域（慣性力が支配的な領域で粘性の作用は無関係）となっている。したがって、膜面への乱れの影響を無視することはできないと思われる。

4. 2 膜モジュールのろ過特性

Fig. 6 に設定フラックスが 0.2m/day のときのろ過抵抗の経日変化を示す。Case0, Case1 は吸引開始後、急激かつ直線的に上昇する傾向がみられた。一方、Case2 では揺動による剥離効果が顕著に現れ、急激な上昇に対する抑制作用が働き、フラックスの長期維持ができた。

ろ過抵抗の上昇傾向を検討するうえで、連続吸引による付着堆積層の形成が要因の 1 つとして考えられるが、モデル濁質として用いたカオリンは粒径が微細で透水性が低いため、Case2 のような長期吸引を行う場合、堆積層の圧密によるろ過抵抗上昇傾向の変化についても考慮する必要がある。

5. まとめ

波高が大きいほど、膜の揺動が大きく乱れの生成が活発になり、膜の自由端付近で特に大きな値を示した。揺動を大きくすることにより、付着濁質の剥離効果が期待でき、ろ過抵抗の急激な上昇を抑制するため長期間フラックスを維持することができた。しかし、吸引が長期になると圧密が

進行してしまうため、水路条件に適したフラックスを設定することが必要である。

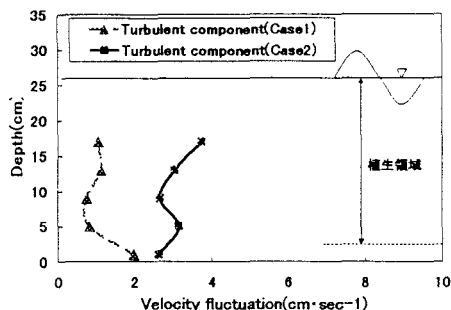


Fig.3 Profile of velocity

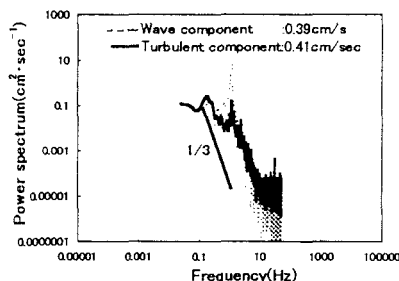


Fig.4 Power spectrum of velocity(Case1)

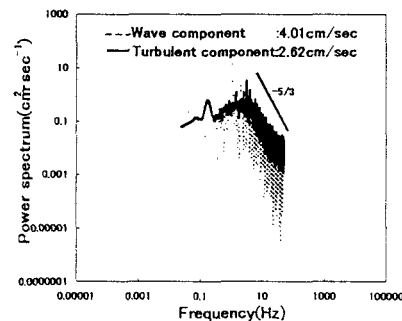
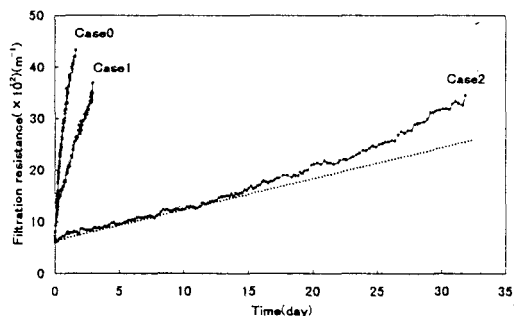


Fig.5 Power spectrum of velocity(Case2)

Fig. 6 Variation of filtration (flux: 0.2m/day)