

VII-96

一方向流および波動条件下における直接浸漬型浄水装置の特性比較

武蔵工業大学大学院 学生会員 増田憲寿
 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 原 恒司
 同上 同上 山西 忍

1. はじめに

河川や水路等に直接上部より中空糸膜モジュールを浸漬させ、透過水を吸引することによる浄水装置の開発を目指している。本研究では、流下方向一定の水路と造波装置を持つ水路を用いて吸引実験を行った。

2. 実験概要

2.1 実験装置

流下方向一定の実験水路の概略をFig.1に示す。実験水路は全部で2本用いる。中空糸膜装置は水路全体に懸垂した。中空糸膜装置は塩化ビニル管（長さ3.5cm、内径13mm、外径18mm）に膜を45本植生したものを水路全体に流下方向に7cm間隔で合計22個を設置した。

造波装置を持つ実験水路の概略をFig.2に示す。水路上流側にアクリル製の造波板を設置し、造波板の周期を2秒に設定した。造波板の振幅は一定とした。下流側には反射波の影響を防ぐため、ゴム製の消波装置を設けた。中空糸膜装置はチューブネクター（S-2）に膜を50本植生したものを長さ60cmの塩化ビニル管に6cm間隔で直列に10個接続し、1モジュールとする。水路には4モジュールを上流側と下流側に2モジュールずつ分け接続して、設置した。

両実験水路ともに中空糸膜はポリエチレン製MF膜（内径0.28mm、外径0.41mm、孔径 $0.03\mu\text{m}$ ）を用い、膜の先端部の穴は全てエポキシ樹脂系接着剤で埋めた。吸引は可変ポンプで行った。実験条件はTable 1に示す。

2.2 実験方法

水路内水として蒸留水を使用し、モデル濁質として過酸化水素水、ヒドロリン酸ナトリウムにより分散処理を施したカオリを用いた。カオリを水路に投入後、定時毎に吸引圧、水温、透過流量を測定した。水路内濁度は $80\text{mg L}^{-1} \sim 120\text{mg L}^{-1}$ になるようにカオリまたは蒸留水を投入して調整し、投入前後の濁度を測定した。初期透過流量を設定し、その値を保つように調整した。

L.D.V.（レーザードップラー流速計）を用いて水路の流速を測定した。測定ポイントは、一定流水路では水路中央部、造波水路では水路上流（上端から60cm）、下流部（同120cm）の2ポイントでそれぞれ中空糸膜部分の後方を水路底面より上方に5mm間隔で測定した。測定は実験終了後に膜モジュールを洗浄し、水路内水も新たに入れ、中空糸膜を吸引している状態で行った。測定後にはFFT（高速フーリエ変換）法によりスペクトル解析を行い、流速変動を波成分と乱れ成分とに分離した。分離方法として境界ワースペクトルを $10\text{cm}^2\text{s}^{-1}$ とし、それ以上に卓越した周波数成分を波動成分、それ以外の周波数成分を乱れ成分とした。

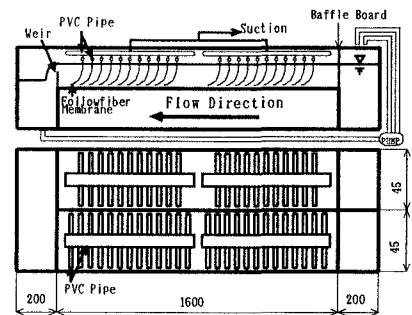


Fig. 1 Flow through channel (unit:mm)

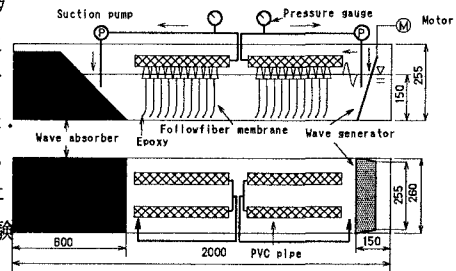


Fig. 2 Wave channel (unit:mm)

Table 1 Experimental conditions

Channel	Flow through		Wave
	NO.1	NO.2	NO.3
Flow rate of the channel(L/min)	45	20	-
Averaged velocity(cm/s)	16.7	6.37	-
Area of membrane(cm^2)		1530	3864
Membrane area density(cm^2/cm^2)		2.13	1.01
Length of hollowfiber(cm)		12	15
Depth of water(cm)		11	15

3. 実験結果

透過流束の経時変化を Fig.3（一方向流），

Fig.4（造波）に示す．一方向流水路における水平方向流速分布図をFig.5に流速変動乱れ成分分布図をFig.6（一方向流），

Fig.7（造波）に示す．流速分布は植生層内では変動が大きく，最大流速は主流部において観察された．乱れ成分分布は一方向流水路では中空糸膜の先端付近で最大となった．中空糸膜の揺動は一方向

流水路の流速の速いNO.1で観られた．造波水路では往復流による膜の動きのみが確認された．

4. 考察

ろ過抵抗 R ，経過時間 t を以下のように R^* ， T^* に無次元化して解析した．

$$R^* = \frac{1}{\sqrt{\alpha}} \int_{R_0}^R \frac{1}{\sqrt{Ct}} dR, \quad T^* = \sqrt{\alpha} \int_0^T J \sqrt{Ct} dt$$

ただし， C ：循環水濁度（ ML^{-3} ）， α ：比抵抗（ $=1.39 \times 10^{14}$ ）（ $M^{-1}L$ ）， J ：膜透過流束（ LT^{-1} ）

R^* と T^* の関係

をFig.8（一方向流），Fig.9（造波）に示す．これらを線形回帰し，その傾きを β とおき β と乱れ成分の関係を

Fig.10に示す．また，乱れ成分は流速測定での中空糸膜部分の植生層内での平均値を用いた．水路毎の植生密度などが異なることにより多少の影響はあると思われるが，Fig.10で一方向流および波動条件の違いに関わらず，乱れ成分が大きい方が β （ろ過抵抗の増加傾向）が小さく，中空糸膜が膜目詰まりし難いことがいえる．これは中空糸膜が揺動すると乱れ強度が大きくなることによって中空糸膜への濁質の付着を妨げていると推定され，その結果としてろ過抵抗の増分を抑えていると考えられる．

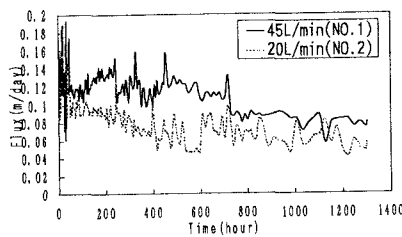


Fig.3 Variation of flux(Flow)

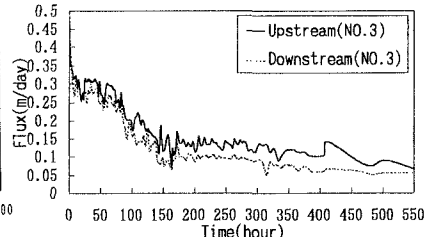


Fig.4 Variation of flux(Wave)

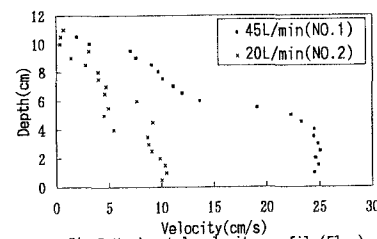


Fig.5 Horizontal velocity profile(Flow)

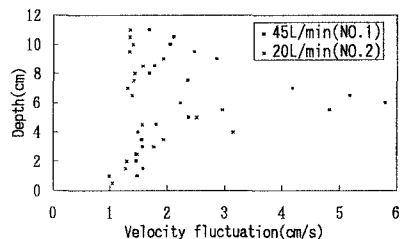


Fig.6 Horizontal turbulence component profile(Flow)

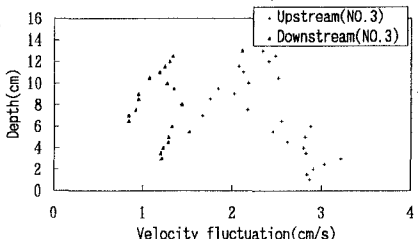


Fig.7 Horizontal turbulence component profile(Wave)

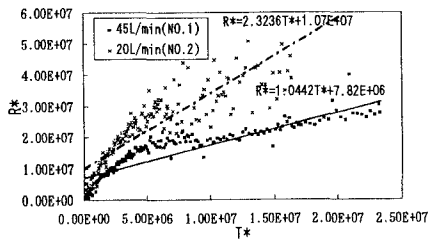


Fig.8 Relationship between T^* and R^* (Flow)

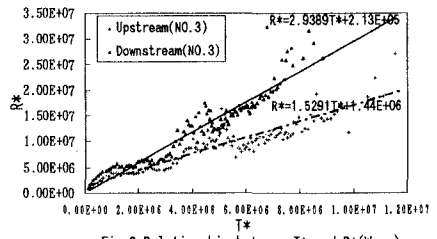


Fig.9 Relationship between T^* and R^* (Wave)

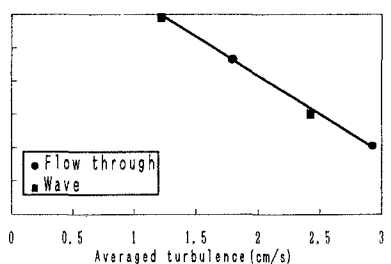


Fig.10 Relationship between turbulence component and β