

河川直接浸漬型浄水装置の開発

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

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、ろ過抵抗および経過時間を無次元化して、解析し、上部懸垂型水草状中空糸膜モジュールの膜目詰まりにおよぼす影響因子について考察した。

2. 実験概要

2.1 実験装置

Case 1（植生密度:2.94）における実験水路の概略をFig.1に示す。実験水路は全部で4本用いる。中空糸膜部分は、1列3穴、1穴につき3本、流下方向1.0cm、横断方向2.0cm間隔で15列を塩化ビニル板に植生した。模擬部分は1列5穴、1穴につき5本、流下方向に1.0cm間隔、横断方向1.0cm間隔で塩化ビニル板に植生した。模擬中空糸膜としては釣り糸を使用した。実験水路上から中空糸膜部分、模擬部分合わせて114列懸垂した。新しい中空糸膜と1年間活性汚泥法に使用した古い膜で製作したモジュールの2つずつを使用した。

Case 2（植生密度:6.24）における実験水路の概略をFig.2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4cm、内径13mm、外径18mm）に膜を120本植生したものを水路全体に流下方向に合計28個を設置した。

Case 1, Case 2ともに水深は10cmとした。中空糸膜はポリエチレン製MF膜（内径0.28mm、外径0.39mm [Case 1] , 0.41mm [Case 2]）を用いた。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、ピロリン酸ナトリウムにより分散処理を施したカオリンを用いた。カオリンを水路に投入後、吸引圧、水温、透過流量を測定した。濁度は 140mg L^{-1} の前後になるように調整しカオリン投入前後の濁度を測定した。初期設定透過流束を 0.3m day^{-1} (Case 1) , 0.5m day^{-1} (Case 2) とした。

L.D.V.（レーザードップラー流速計）を用いて水路の流速および乱れ強度分布を測定した。測定ポイントを確保するために水路中央部の間隔を約10cm開けた。測定は実験終了後にカオリンが膜に付着している状態でいった。

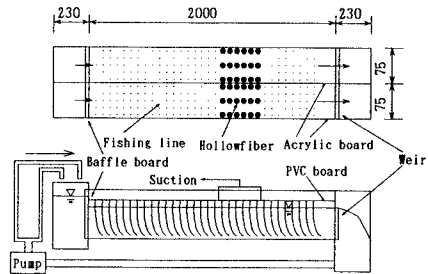


Fig.1 Experimental channel (unit:mm)

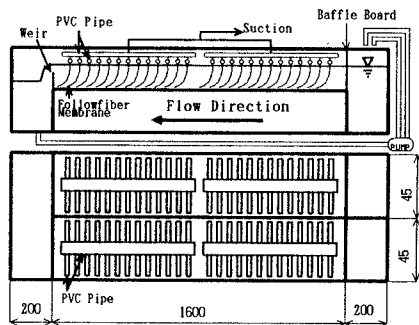


Fig.2 Experimental channel (unit:mm)

Table 1 Experimental conditions

Case	1				2	
Channel	NO. 1	NO. 2	NO. 3	NO. 4	NO. 5	NO. 6
Flow rate of the channel (L/min)	60	45	25	15	45	15
Averaged velocity (cm/s)	13.3	10.0	5.6	3.3	16.7	5.56
Hollowfiber kind	new	old	old	new	new	new
Membrane area density (cm^2/cm^2)	2.94				6.24	
Length of hollowfiber(cm)	20				18	

3. 実験結果

透過流束（フラックス）の経時変化をFig.3 (Case 1), Fig.4 (Case 2) に示す。Case 2における水平方向流速および乱れ強度分布図をFig.5～Fig.6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。中空系膜の揺動はCase 1ではNO.1～NO.3で揺動が観られ、特に流速の速いNO.1, NO.2できれいな穂波現象が観察された。Case 2ではNO.5でわずかに確認された。

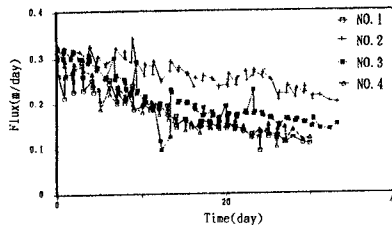


Fig.3 Variation of flux (Case 1)

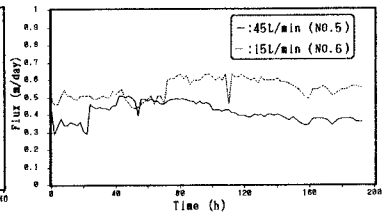


Fig.4 Variation of flux (Case 2)

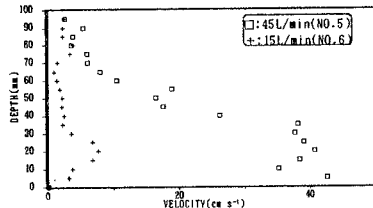


Fig.5 Horizontal velocity profile

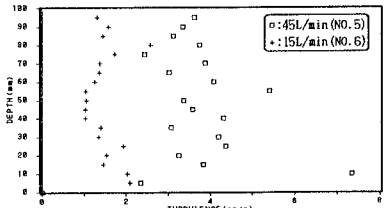


Fig.6 Horizontal turbulence intensity profile

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。

$$dR^* = \frac{dR}{\sqrt{C_i \cdot \alpha}} \quad , \quad dT^* = J \sqrt{C_i \cdot \alpha} \, dt$$

ただし， C_i :循環水濁度(ML^{-3})， α :比抵抗($=1.21 \times 10^{16}$)($M^{-1}L$)， J :膜透過流束(LT^{-1})

R^* と T^* の関係をFig.7 (Case 1), Fig.8 (Case 2) に示す。これらを線形回帰し，その傾きを β とおき， β と乱れ強度の関係をFig.9に示す。また，乱れ強度は流速測定での中空系膜部分の植生層内での測定値の平均値を用いた。Fig.9で植生密度が小さく，穂波現象が観察されたCase 1においては，中空系膜の新しい膜，古い膜に分けて考えれば，乱れ強度が大きい方が R^* と T^* の関係の傾き β が小さく，ろ過抵抗の増加傾向が小さいことがいえる。これは中空系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系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。また，植生密度の大きいCase 2においては穂波現象が起きなかったためかCase 1のようにはっきりとした結果は得られなかった。

謝辞

本研究において，多大なご助言，ご協力を頂きました中東賢司氏，天野義人氏に深く感謝致します。

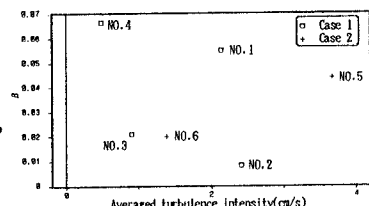


Fig.9 Relationship between turbulence intensity and β

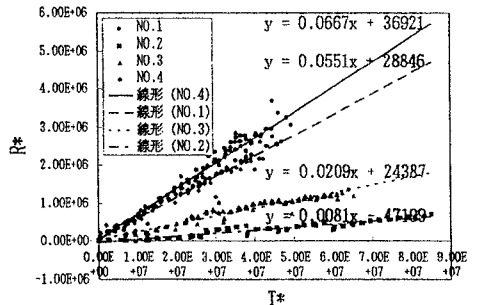


Fig.7 Relationship between T^* and R^* (Case 1)

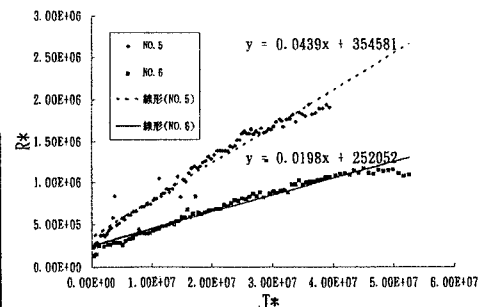


Fig.8 Relationship between T^* and R^* (Case 2)