

および膜間距離の違いが透過流量に及ぼす影響

武蔵工業大学 大学院 ○加藤 敬幸

武蔵工業大学 工学部 長岡 裕, 村井 康一

1. はじめに

浸漬型膜分離活性汚泥法は、混合液を膜により直接固液分離するため、汚泥の付着、膜孔の目詰まり等による、膜のファウリングが起こる。そこで本研究において、モジュールタイプ、膜間の違いが透過流量に及ぼす影響について実験的に検討した。

2. 実験装置と方法

実験装置の概略をFig.1に示す。エアレーションタンクは塩化ビニール製直方体(400×400×800mm)で有効容積は115Lである。実験に用いた膜モジュールの形状をFig.2に、膜仕様をTable1に示した。中空系膜モジュールは、中空系をループ状にし、末端をまとめたものである。チューブラータ

イプは、気泡が通るように立てて設置した。

平膜固定タイプは、四辺が塩ビ板によって固定された平膜を用いるのに対し、平膜自由タイプは、四隅を釣り糸で留めただけであり、膜が揺動するように設置した。実験は第1期と第2期に分かれており、第1期では中空系膜、チューブラ型、平膜固定、平膜自由タイプの4種類を、第2期では中空系膜、平膜固定、平膜自由の3種類について実験を行った。なお平膜は、第1期と第2期ではTable2に示したように膜間を変えている。透過水は10分間運転5分間休止で間欠的に吸引を行い、水位の低下はフロートバルブを用いて水位が一定になるように水道水を供給した。人工基質はTable2に示したものを、第1期ではTOC容積負荷が1.0(g/L/day)になるように、第2期では流入水のTOCが1350mg/Lで一定となるように、連続的に投入した。

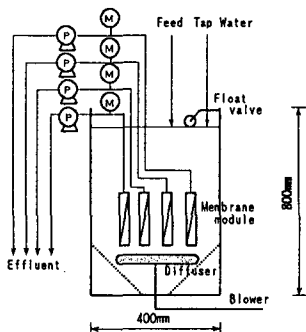


Fig.1 Experimental Setup

Table1 Specification of Module

	Hollow Fiber Membrane	Tubular Membrane	Flat Membrane (Fixed)	Flat Membrane (Free)
Membrane Material	Polyethylene	Polypropylene	Polysulfonate	Chloroethylene
Membrane Type	MF	UF	MF	MF
Pore Size (μm)	0.3	—	0.1	0.4
Division molar weight	—	10000	—	—
Total Area (m ²)	0.3	0.117	0.08	0.386
Module Volume (cm ³)	First Turn	750	7475	16100
	Second Turn	750	1345.5	2898
Interval Membrane (cm)	First Turn	—	5.0	5.0
	Second Turn	—	1.5	1.5

Table2 Composition of Influent Substrate (Unit:mg/L)

CH ₃ COOH	12.7	MgSO ₄	0.18
NH ₄ Cl	8.0	CaCl ₂	0.18
KH ₂ PO ₄	1.25	KCl	0.18
FeCl ₃ 6H ₂ O	0.09	NaHCO ₃	14.75
NaCl	0.18		

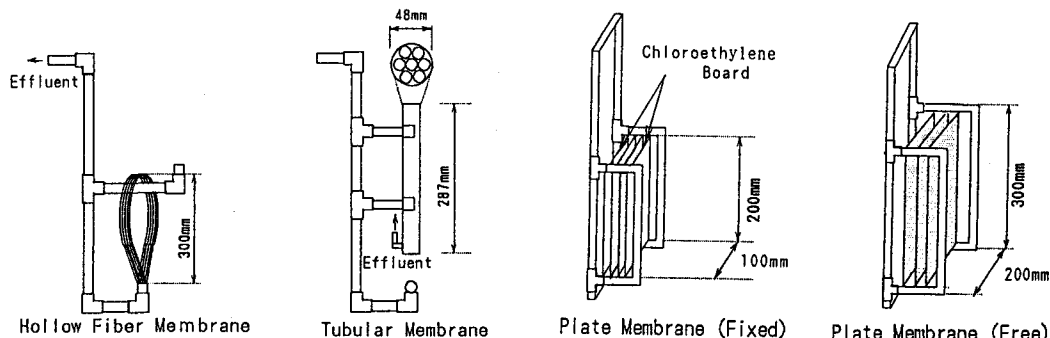


Fig.2 Form of Module

3. 実験結果

曝気槽内の粘性およびMLSSをFig.3に、各モジュールのフラックスの経日変化をFig.4～6に、吸引圧の経日変化をFig.7～9に示した。第1期、2期ともMLSSの上昇、最大値ともほぼ同一であった。粘性は第1期が15日過ぎから急激な上昇がみられたのに対し、第2期では、実験後半でT O C容積負荷が下がったため、粘性の上昇はほとんど見られなかった。フラックスは、第1期において、中空糸膜、チューブラー、平膜固定タイプとも40日以降処理水がほとんど得られなかったのに対し、平膜自由タイプは、40日以降も0.08m/day前後で安定して処理水が得られた。第2期において、中空糸膜は実験開始後40日で膜が破損したため、実験を中止した。平膜固定は60日、平膜自由は70日まで0.15m/day前後の透過流量が得られ、第1期より良好な結果が得られた。両期間とも実験終了後に膜を引き上げ観察したところ、中空糸膜タイプは内部に污泥の蓄積がやや観られた。チューブラーは内部に圧密した污泥が詰まっていた。平膜固定は所々筋状の污泥の剥離がみられたが、ほぼ全面に污泥の付着がみられたのに対し、平膜自由は、污泥の付着は見られたが、それは固定タイプよりかなり少なかった。また平膜固定、自由タイプの膜間隔を変えても污泥付着の状態は、ほとんど変わらなかった。

4. 考察

両期間とも、平膜自由は固定に比べ污泥の堆積が少なかったのは、4辺の拘束がないため平膜が污泥中で湾曲し、その部分に沿って気泡があたるため污泥の堆積が少なかったものと思われる。また第2期では第1期よりフラックスが良好だったのは、膜間距離を変えた影響というよりは、第2期の粘性が第1期程上昇しなかった事が原因と考えられる。膜分離モジュールを実用化する際の評価項目として、マクロな指標として式(1)のように透過流量容積効率係数 η を定義した。また、槽内MLSSが異なっている場合の比較を行うとき、この影響を考慮した指標が求められる。よって本研究では式(2)の通り除去粒子積算体積時間 θ を定義し、Fig.10～Fig.12に η と θ の関係を表した。

$$\eta = \frac{(Q\lambda - Q_b\lambda_b)\mu}{V \cdot \Delta P} \quad (1)$$

η : 透過流量容積効率係数 [—], λ : 吸引時間の割合 [—], λ_b : 逆洗時間の割合 [—],
 Q : 吸引時の透過流量 [$L^3 T^{-1}$], Q_b : 逆洗流量 [$L^3 T^{-1}$], μ : 透過液の粘性係数 [$ML^{-1} T^{-1}$], V : 膜モジュール占有容積 [L^3] ΔP : 膜間差圧 [$ML^{-1} T^{-2}$]

$$\theta = \int_0^t \frac{C(t)Q(t)}{\rho_s V} dt \quad (2)$$

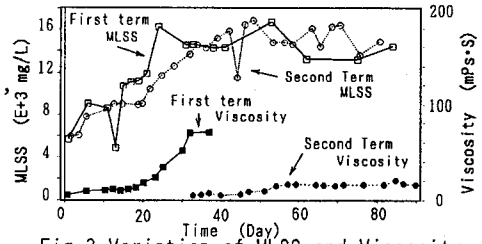


Fig.3 Variation of MLSS and Viscosity

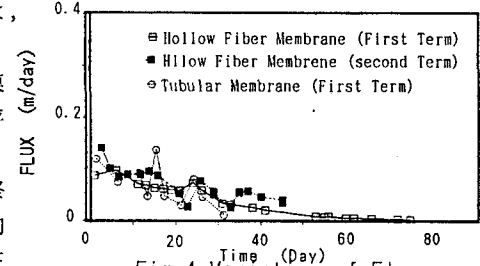


Fig.4 Variation of Flux

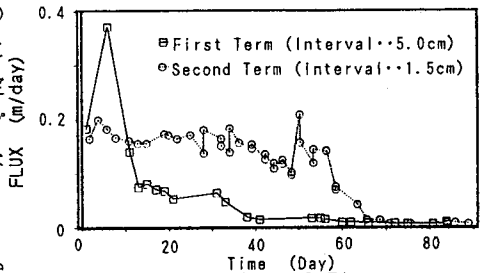


Fig.5 Variation of Flux (Plate Membrane, Fixed)

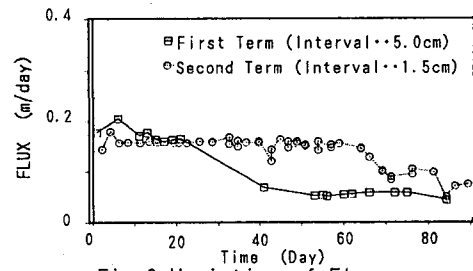


Fig.6 Variation of Flux (Plate Membrane, Free)

θ : 除去粒子積算体積時間 [-], $C(t)$: 混合液中濃度, $Q(t)$: 膜透過流量 [$L^3 T^{-1}$], t : 運転開始からの経過時間 [T], ρ_s : 除去される物質の密度 [ML^{-3}], V : モジュール占有容積 [L^3] θ の表す意味は $\theta = 1$ が経過した時点で, モジュール占有容積と同一の体積の粒子をモジュールが除去したということである。C としては曝気槽内 MLSS 濃度を用い, ρ_s は汚泥の固形分密度を考えた。尚, ρ_s は実測していないため, $\rho_s = 1200000 mg L^{-1}$ とし, 積分に関しては台形法を用いて計算した。チューブラータイプはモジュール容積に対し膜面積を大きくとれなかったため, モジュール容積当たりの透過流量は最も劣っていた。また平膜, 膜間 5 cm の場合も同様であったが, 膜間を 1.5 cm にしたところ, 膜充填密度が大幅に改善され, モジュール容積当たりの透過流量は, 固定タイプでは中空糸膜と同程度に, 自由タイプではそれを上回る結果となった。

5. 結論

- ・平膜において膜間を, 5.0 cm から 1.5 cm に変えても透過流量に影響はみられなかった。
- ・平膜を用いる場合, 四辺の拘束を行わない方が汚泥の堆積を防ぐ事ができる。
- ・フラックスにおいて, 膜間に関係なく平膜自由タイプが長期間安定した処理水がえられた。
- ・膜間が 1.5 cm

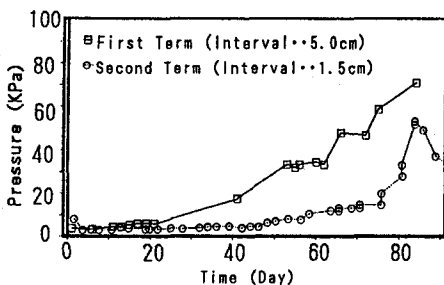


Fig. 9 Variation of Pressure (Plate Membrane Free)

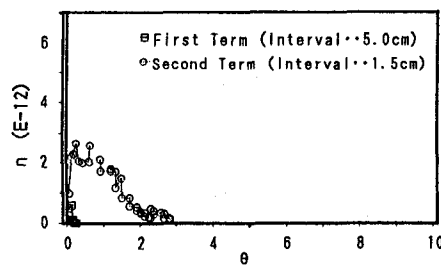


Fig. 11 Relationship between η and θ (Plate Membrane, Fixed)

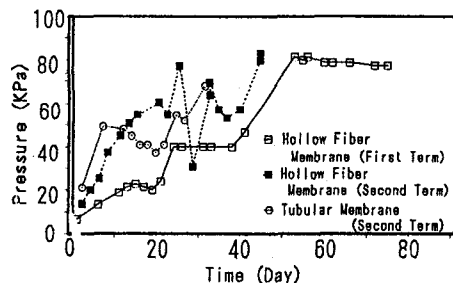


Fig. 7 Variation of Pressure

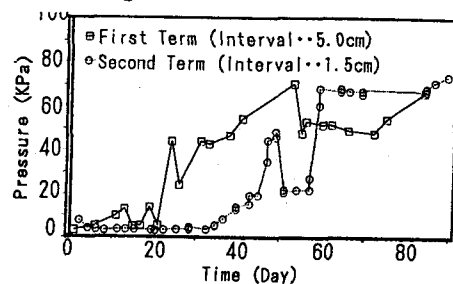


Fig. 8 Variation of Pressure (Plate Membrane Fixed)

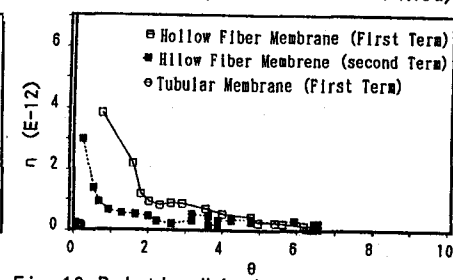


Fig. 10 Relationship between η and θ

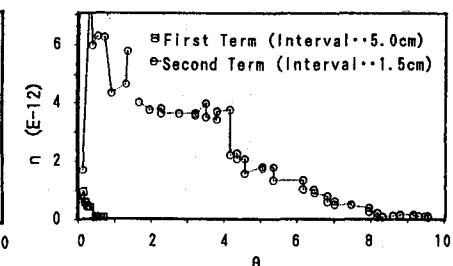


Fig. 12 Relationship between η and θ (Plate Membrane, Free)

の場合, 膜占有面積, 吸引割合を考慮した無次元指標を定義し解析を行ったところ, 平膜自由タイプがモジュール容積当たりの透過流量において最も良い結果となった。

<参考文献> 新井 一仁, 長岡 裕, 膜分離活性汚泥方におけるモジュール形状および吸引条件の影響, 第30回環境工学研究フォーラム講演集, pp67~69 1993