

II-387

クロスフロー外圧型中空糸膜による活性汚泥の濾過

膜間距離とモジュール内の汚泥堆積

東京大学工学部

学生員

尾崎則篤

正会員

鈴木 穰

正会員

山本和夫

1 はじめに

活性汚泥など高濃度の汚水に対して膜処理を適用しようとするとき、問題となることの一つに膜の表面への汚泥の堆積がある。特に外圧型中空糸膜を用いる場合には膜糸と膜糸との間の汚泥の堆積を防ぐことが重要である。

一定の汚泥濃度、操作圧力、操作時間、クロスフロー流速のもとでは膜モジュール内に汚泥が詰まるかどうかは膜間距離の大小によって決まると考えられる。膜間距離を充分大きくとれば膜モジュール内に汚泥が詰まることはないであろうし、互いの膜が接触するほどに距離を小さくとれば短い操作時間で汚泥の目詰まりが起こるのである。

本研究では膜間距離を変えて、クロスフロー外圧型中空糸膜を用いた活性汚泥の濾過実験を行い、膜モジュール内の水理特性と汚泥の堆積との関係を調べた。

2 実験方法

用いた膜は表1に示す使用のものである。膜モジュールの形状を図1に示す。実験装置の概要を図2に示す。装置は活性汚泥濾過時フラックスを測るためのものと純水フラックスを測るためのものと2つ用意した。活性汚泥はグルコース、ペプトンを中心とした基質を用い、Fill and Draw方式で汚泥滞留時間(SRT)は10日であった。実験装置が稼働中も汚泥の性状をできるだけ変えないようにするため、基質投与と汚泥引き抜きを継続しSRTを10日に保った。実験は表2のような操作条件で行った。

清水中での膜間の流速を測定するために、注射針の針先を利用した自作のピトー管（外径0.65mm）を用いた。

ピトー管の検定は、まず差圧が $\frac{1}{2}\rho v^2$ 比例することを確認、流量からピトー係数を求めて行った。

3 実験結果と考察

図3に膜に活性汚泥を通したときの処理水のフラックスの経時変化の例を示す。膜間距離が1.56mmの膜はそれ以外の膜に比べて定常フラックスがかなり高いのがわかる。1.56mmの膜モジュールは1週間活性汚泥を流した後も汚泥の堆積が起こっていないという分散状況にあった。それ以外の膜ではモジュール全体にわたった汚泥の堆積が認められた。

膜間距離0.45mm、0.29mmの膜モジュールを見ると、0.45mmの膜は3日間（72時間）程度、0.29mmの膜も12時間程度は膜間距離1.56mmの膜と同様の挙動をしているのが解る。若干でも膜間距離をとった場合は、すぐフラックスが落ちるのではなく、はじめは分散状況の膜モジュールのフラックスの変化と同じような変化を示し、ある程度時間が経ってから膜間距離0.00mmの膜モジュールの状態へと移行している様子が見てとれる。

図4に膜間距離と1週間後のフラックスとの関係をプロットしたグラフを示す。こ

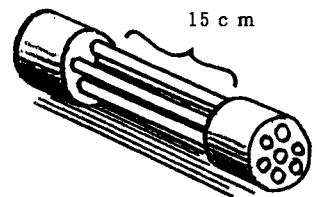


図1 膜モジュールの形状

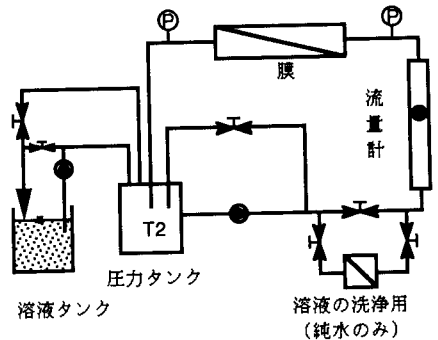


図2 実験装置

表1

サイズ	外径2mm、内径1.2mm
素材	ポリスルフォン系
分画分子量	約20,000、限外濾過膜
純水フラックス	約3.4m/day, hr at 98kPa, 25度
構造	外側に活性層、内側に支持層

のグラフからは膜間距離が大体1mm以上程度のところとそれ以下のところでフラックスが大きく異なっているのが分る。実際膜間距離1mm以上の膜モジュールは1週間経っても汚泥の表面堆積が殆ど観測されず逆に0.5mm以下の膜は汚泥が完全に詰まっていた。

次に清水を用いて膜と膜との間の流速を測定したのが図5である。フラックスが急激に落ちてしまうような膜間距離をもつ膜でも膜間流速は急激に落ちるわけではないのが解る。

そこでレイノルズ数を用いての比較を行った。そのために膜モジュールの中の汚泥が流れる部分を流路断面とし、また膜の表面を濡れ面積として径深を計算する。径深は膜間距離の2次関数として表される。この径深に基づきレイノルズ数を計算した結果を図6に示す。流速としては図5の測定値を用いた。図6の結果は、分散状況になるモジュールと汚泥が目詰まりを起こしてしまう膜モジュールとは上のやり方で求めた径深に基づいて出したレイノルズ数が、全く異なる値をとることを示している。分散状況のモジュールはレイノルズ数が2000より大きく、目詰まりを起こしてしまう膜モジュールが2000より小さい値をとったということは膜モジュールは膜間流速がそれほど落ちないにもかかわらず層流であるために目詰まりを起こしている可能性があるということを示している。

4 まとめ

膜モジュールは膜間距離がある程度以下のところで汚泥の堆積を起こしそれにより急激なフラックスの低下を示す。

汚泥の堆積を起こすような膜モジュールでも、その膜間距離によってはすぐにフラックスの低下を起こすわけではなく初めは分散状況のモジュールと同様の变化をし、ある程度時間が経ってから汚泥の堆積を起こしはじめる。

汚泥の堆積を起こすような膜モジュールはそれなりの膜間流速があるにもかかわらず膜間で層流になりそのために目詰まりを起こしている可能性がある。

表 2

MLSS	1800-2200mg/l
平均操作圧力	70kPa
水温	25℃
クロスフロー流速	1.1m/sec

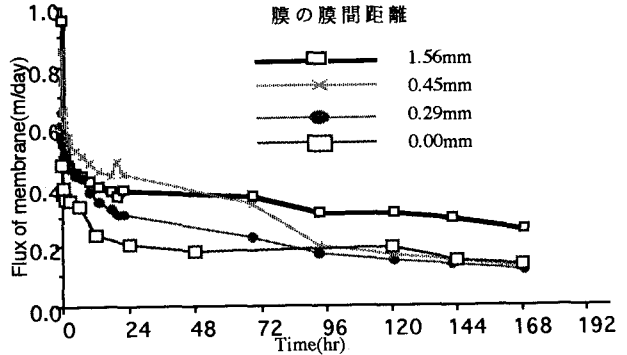


図 3 活性汚泥によるフラックスの変化

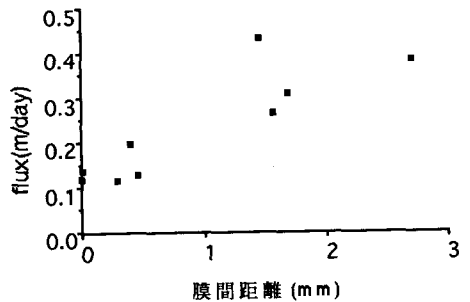


図 4 膜間距離とフラックス

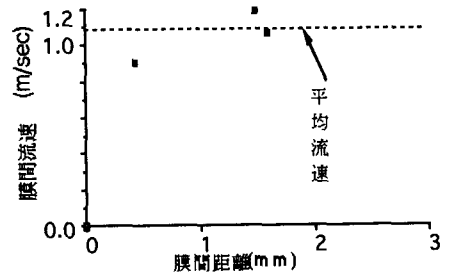


図 5 膜間距離と膜間流速

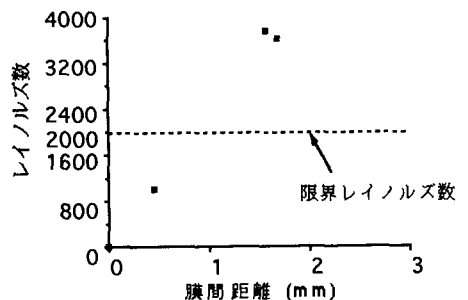


図 6 膜間距離とレイノルズ数