

II-513

廃水処理メンブレンリアクターの透過抵抗に及ぼす膜付着物の影響

長岡技術科学大学 学○山崎慎一

長岡技術科学大学 正 原田秀樹 正 桃井清至 正 滝沢智

1. はじめに 活性汚泥法のような浮遊増殖型リアクターの固液分離能の問題を解決する有効手段として、高濃度の汚泥を保持し、しかも再生可能な処理水を得ることのできるUF膜などによる膜分離技術が、近年注目されている。この膜分離技術を生物学的排水処理プロセスの固液分離操作として適用する際、最も大きな問題点は、膜面汚れによる透過流束の減少がある。そこで、膜透過抵抗に及ぼす膜面付着物の形成効果を、固形物によるもの(ケーキ層)、溶解性有機物によるもの(ゲル層)に分けて評価し、どちらが支配的なのかを検討した。

2. 実験方法 膜透過システムを図-1に示す。実験で用いた限外濾過膜モジュールは、東ソー製平膜型モジュールでポリスルホン製の膜を使用した。膜の分画分子量は300万、有効膜面積200cm²である。透過実験には、長期間ショ糖基質で培養した(負荷1kg COD/m³/day)嫌気性汚泥混合液を用い、遠心分離し、20,000、10,000、5,000、1,000、0mgMLSS/lに、その遠沈上澄液で希釈して調整した。次に、膜循環液自体の粘度が透過抵抗に及ぼす効果を評価した。透過実験には、溶解性有機物のみからなる(固形物フリー)模擬廃水として、上記嫌気性汚泥のオートクレイブ処理(104°C、30min)した液の遠沈上澄液と、廃糖蜜溶液を用いた。オートクレイブ処理液と廃糖蜜溶液は、蒸留水で希釈し、溶液粘度を0.91~1.90cpの範囲で3段階に調整した。粘性度は、25°Cの恒温室内で、オストワルド粘度計で測定した。透過実験は、膜面流速 1.0、0.2m/s、操作圧力 0.5、1.0、1.5 kgf/cm²を操作パラメータとして回分的に行い、90分間の透過時間で平衡透過流束を評価した。透過実験中、膜循環液の固形物濃度、溶解性有機物粘度を一定とするために、予め採取した透過液を補給液とした。90分透過後、循環混合液を回収し、膜表面を約30分間蒸留水で洗浄後、さらに、洗浄しきれない粘着物の残留付着層の影響を検討した。

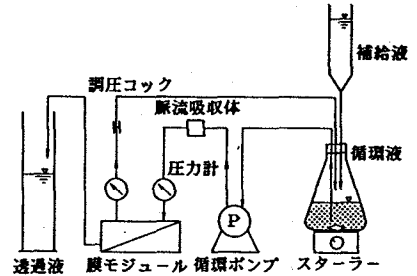


図-1 膜透過実験システム

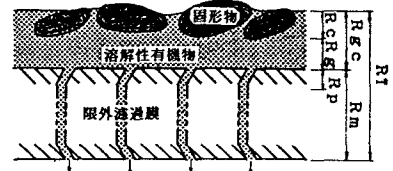


図-2 膜透過抵抗モデル

透過抵抗に及ぼす膜面付着物の影響を評価するために、図-2の膜透過抵抗モデルを用いた。ここで、付着層抵抗Rgcは、全透過抵抗Rt(90分間透過後の平衡透過流束から求めた)から、膜自体の抵抗Rm(透過実験前の蒸留水の透過流束から求めた)を差し引いたものである。ゲル層抵抗RgはMLSS 0 mg/lの平衡透過流束から求め、RgcからRgを差し引いたものを、ケーキ層抵抗Rcとした。また膜細孔への目詰まり抵抗Rpは膜面を完全に洗浄した後の蒸留水の透過流束から求めた。

3. 実験結果と考察

3-1. 嫌気性培養液を用いた透過抵抗に及ぼす固形物濃度の影響 図-3に1.0m/s、1.5kgf/cm²の場合の透過時間と透過流束の関係を示す。各MLSS濃度に対する透過流束は、透過時間90分間ではほぼ平衡に達する。図-4にMLSS濃度と平衡透過流束の関係を示す。

平衡透過流束は、操作圧力による影響は小さく、膜面流速に主に支配される。またMLSS濃度5,000mg/lで平衡透過流束が最小になる。これは、供試循環液の固形物濃度が増加するに従い、付着層が圧密蓄積してより大きな透過流束の低下を招くためである。さらにある固形物濃度以上(ここではMLSS5,000mg/l)になると、付着層のせん断力によるはぎ取り効果が卓越してきて平衡透過流束の低下は小さくなると思われる。固形物濃度 1,000~20,000mg/lの範囲では、平衡透過流束に対する固形物濃度の影響はさほど大きくなかった。

図-5及び図-6に90分間透過後と洗浄後の膜透過抵抗を示した。全透過抵抗を、膜自体の抵抗Rm、ゲル層Rg(溶解性有機物の膜面での濃縮不溶化による付着層形成)、ケーキ層Rc(固形物自体の膜面蓄積)の3成分に分けて評価した。

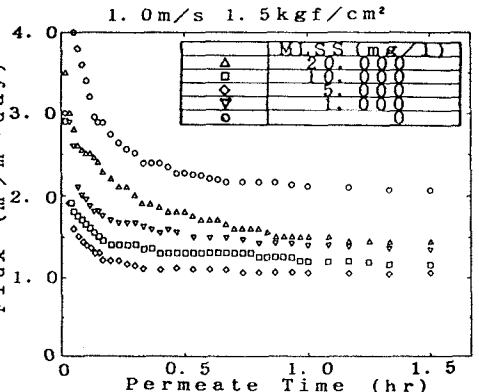


図-3 透過時間と透過流束の関係

透過実験後、膜をモジュールから取り出し表面を拭き、蒸留水の透過流束を測定した結果はほぼ実験前の透過流束に回復したため、この嫌気性培養液では目詰まり抵抗は起こらなかったと判断される。図-5において、膜面流速 1.0、0.2m/sのいずれの場合も、操作圧力の大きい程、全透過抵抗も大きい。Rm自体は、全透過抵抗の1割にも満たない。そしてRcは、MLSS5,000mg/lの時最大となる。両図の比較から、90分間透過後の全透過抵抗は、付着層を洗浄することによって、1オーダー減少する。またその洗浄効果は、ケーキ層抵抗Rcよりもゲル層抵抗Rgによるものの方が大きい。

3-2. 膜循環液自体の粘度が透過抵抗に及ぼす影響

図-7にオートクレイブ処理液(固形物フリー)の平衡透過流束と粘度の関係を示す。粘度度の増加は、平衡透過流束を減少させる濃度極限現象によって形成されたゲル層においては、平衡透過流束は、操作圧力の影響は小さく、膜面流速と膜循環液自体の粘度に支配されている。

図-8にオートクレイブ処理液と廃糖蜜溶液を用いた膜透過抵抗を示す。洗浄後は、オートクレイブ処理液では全透過抵抗に対してゲル層抵抗が2割程度残存するが、一方廃糖蜜溶液ではすべて消失し、代わりに膜細孔内目詰まり抵抗Rpが1割程度残存した。目詰まり抵抗Rpは溶液粘度には依存せず、溶質の分子量の大きい成分により生じたものと思われる。従って、高分子溶液の膜細孔内目詰まり抵抗は、溶質の分子量、分子形状が大きな影響を及ぼすと考えられる。

4. まとめ

- 1) 嫌気性汚泥培養液の平衡透過流束に影響を与えるのは、浮遊物質濃度でなく溶解性有機物粘度である。
- 2) 膜表面の付着層を洗浄する効果は、ケーキ層抵抗よりもゲル層抵抗によるものの方が大きい。
- 3) 高分子溶液の平衡透過流束は、溶液中の溶質の分子量、分子形状が大きな影響を与える。

尚、本実験の膜モジュールの御供与および御助言頂いた東ソー(株)科学計測事業部宮木義行氏に深謝申し上げます。

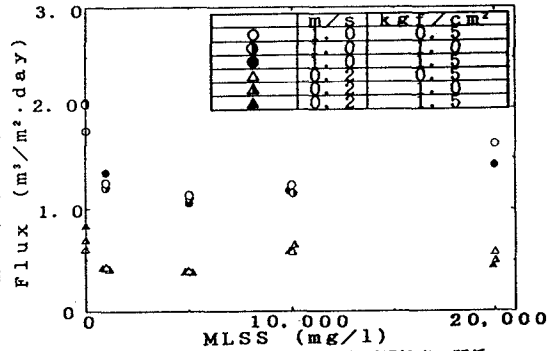


図-4 MLSS濃度と平衡透過流束の関係

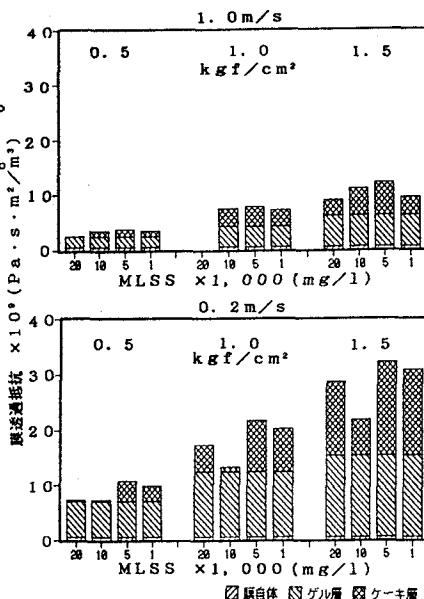


図-5 90分間透過後の膜透過抵抗

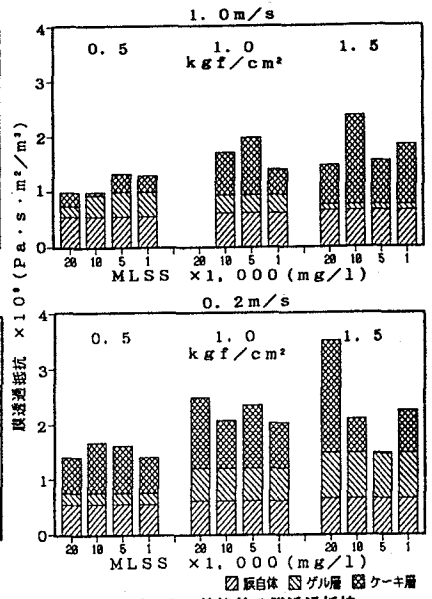


図-6 洗浄後の膜透過抵抗

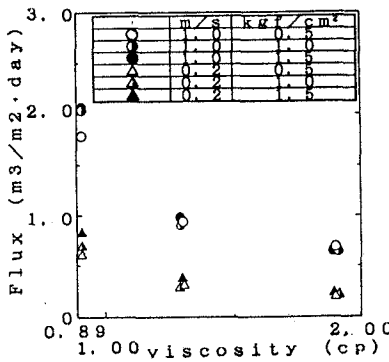


図-7 溶液粘度度と平衡透過流束の関係

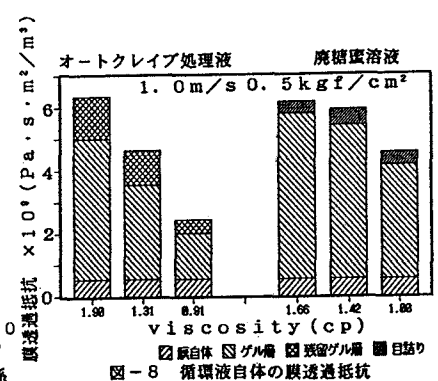


図-8 循環液自体の膜透過抵抗