

限外ろ過膜を用いた活性汚泥の膜分離特性

宇部高専 正会員 深川勝之 正会員 村上定暲
山口大工 正会員 中西 弘 学生員○河本 務

1. はじめに

最近、し尿処理システムに限外ろ過膜を応用することが試みられている。その特徴として沈殿池の省略、高濃度な汚泥の維持などができる。つまり安定した固液分離が可能であり、システムの高効率化が期待できる。しかし膜の選択、膜の処理特性、活性汚泥および処理水への影響など、未解決の部分が多い。そこで活性汚泥による膜の透過実験を行い、同時に分画分子量との関係について検討した。

2. 実験装置および方法

図1に装置の概略を示した。膜分離槽は有効ろ過面積 $1.26 \times 10^{-2} \text{ m}^2$ 、溶液量約 600ml である。ラボスター（かい型、翼径 $6 \times 10^{-2} \text{ m}$ ）で攪はんし膜に対する平行流速を得た。膜分離槽と反応槽はチューブポンプで連結し、溶液量を一定とした。MLSSは一部を除いて約 7,000mg/l で統一して行った。限外ろ過膜は推進力に圧力差を利用して分離する膜であるが、本実験では真空ポンプなどを用いて、減圧による膜透過実験を行った。膜面に平行な溶液の流速を平行流速と呼び、攪はん翼の回転数 rpm で表現する。

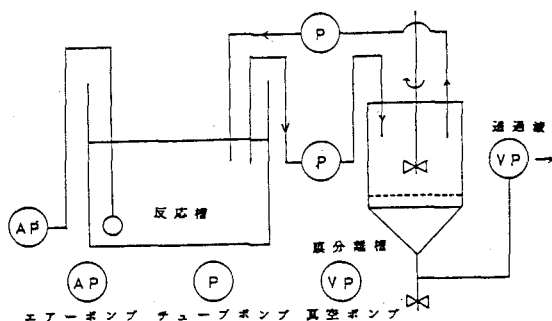


図1 膜分離システム概略図

平行流速は 0~700rpm、真空度は 0~53 kPa で変化させ、透過量を測定した。膜は分画分子量 1000, 1万, 2万, 5万, 10万, 20万, 300万のものを用いた。

3. 実験結果および考察

3-1 平行流速と透過量の関係

図2に分画分子量 1万, 2万, 5万の場合の平行流速と透過量の関係を示した。2万以下の膜は透過量の影響は極めて小さいか、ないと考えてよい。この場合、透過量は差圧が一定であれば、一定の値をとることが分かった。分画分子量が 5万を越えると 0~200rpm の範囲で平行流速は下に凸の曲線を描き 200rpm 以上ではほぼ一定の透過量となることが分かった。これは膜の表面では 0~200rpm の範囲では濃縮された汚泥が適度な平行流速と吸引圧によって、圧密化され抵抗が大きくなるものと思われる。200rpm 以上では平行流による剥ぎ取りの効果によって、最小のゲル抵抗となって透過量が一定となるものと思われる。しかし分画分子量が10万以上の膜では同様の傾向が見られたものの、透過量は5万の膜より小さい結果となった。

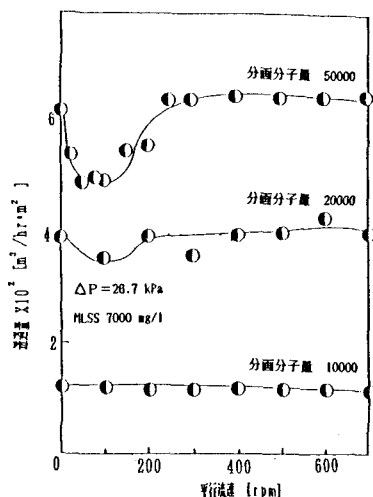


図2 平行流速と透過量の関係

3-2 真空度と透過量の関係

図3に分画分子量が 5万以下の膜を用いた場合の真空度と透過量の関係を示す。この範囲の分画分子量では真空度と透過量は比例する。すなわち、次式のように表される。

$$J_v = k \cdot \Delta P + a \quad (1)$$

Ruthのろ過方程式は

$$J_v = \Delta P / \mu (R_c + R_m) \quad (2)$$

であるから

$$k = 1 / \mu (R_c + R_m) \quad (3)$$

である。ここで、 J_v : 透過量、 ΔP : 差圧、 μ : 透過液粘度、 R_c : 膜抵抗、 R_m : 膜面ゲル蓄積による抵抗。

しかし図 4 に示すように分画分子量が 10 万以上の膜については J_v と ΔP の間には直線関係が認められず、透過量も減少している。2 万以下の膜では平行流速の影響は僅かであるため式(1)で表される直線は 1 本だけである。すなわち、 k の値は 1 つである。それに対して、5 万のものは平行流速により k は異なる。この様子を示したのが図 5 である。

3-3 分画分子量と透過量の関係

図 6 に示すように分画分子量と透過量の関係は 5 万以下の膜では分画分子量が大きくなると透過量は増大し、5 万から 10 万の間で不連続となる。10 万以上では透過量はあまり大きな変化は見られなかった。分画分子量が 2 万以下の膜では、平行流速の影響は認められず膜抵抗律速と考えられる。これは式(3)の透過比抵抗 k が 2 万以下では

$$R_c \ll R_m; \quad k \approx 1 / \mu \cdot R_m$$

と考えてよいことを示すものである。これに対し 10 万以上の膜では式(1)が成立しないのは膜そのものによる抵抗は小さく、膜の表面に蓄積するゲル層による影響が大きく、すなわち

$$R_c \gg R_m; \quad k \approx 1 / \mu \cdot R_c$$

と考えられる。しかし、 R_c は単に蓄積によるものだけではなく、透過量の減少に見られる通り、孔が大きいと活性汚泥中の高分子物質が孔の壁に付着することによる目詰まりも影響していると考えらるべきであろう。その結果、Ruth 式が成立しないものと考えられる。

5 万の膜では膜抵抗だけではなく、ゲル層の厚さに比例するものとかがえられる。すなわち

$$R_c \approx R_m; \quad k = 1 / \mu (R_c + R_m) \text{ である。}$$

4. まとめ

限外ろ過膜による活性汚泥の分離特性は複雑であり、精密ろ過膜の固液分離の考え方と溶解性高分子物質の問題とが絡み合ったものである。

これは活性汚泥が固体粒子性とゲル状溶液性の両方を持っているためと考えられる。本実験結果より、模擬し尿で馴致した活性汚泥の固液分離に対しては分画分子量 5 万の膜が適していることが明らかとなった。

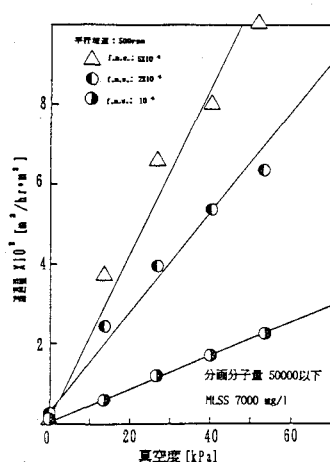


図3 真空度と透過量の関係

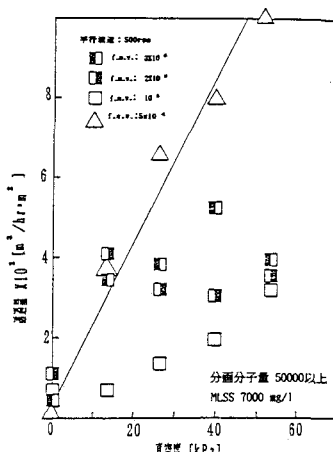


図4 真空度と透過量の関係

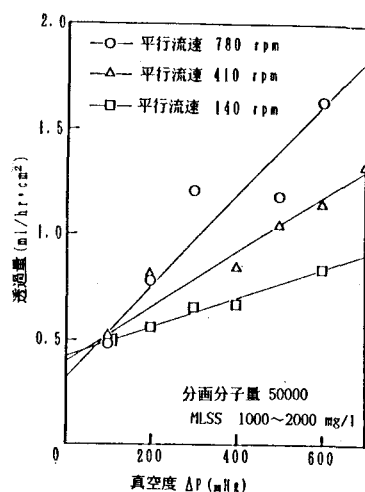


図5 真空度と透過量の関係

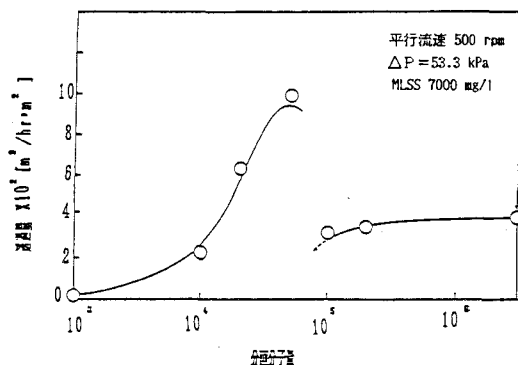


図6 分画分子量と透過量の関係