

VII-92

回転平膜モジュールを用いた分離膜と生物膜の一体化（II）

学生員 北海道大学大学院 木村 克輝

正員 北海道大学工学部 渡辺 義公

日立プラント建設 大熊那夫紀

1.はじめに

浄水処理における膜処理の適用が1980年代後半から欧米において実用化され、我が国でも今年度簡易水道で実用化される見込みである。しかし、膜処理では発癌性物質であるトリハロメタンの生成、カルキ臭に関係するアンモニア性窒素（ $\text{NH}_4^{+}\text{-N}$ ）の除去は不可能である。浄水処理への膜処理適用において $\text{NH}_4^{+}\text{-N}$ は大きな障害となるが、 $\text{NH}_4^{+}\text{-N}$ による水源の汚染は下水道の普及とも相まってさらに進行していくことが予想される。前報¹⁾では、上記の問題を解決するための一方策として、回転平膜の表面に生物膜を保持しながら膜ろ過を行う分離膜・生物膜一体化リアクターを提案した。この分離膜・生物膜一体化リアクターでは、分離膜による除濁・除菌と同時に $\text{NH}_4^{+}\text{-N}$ の硝化を行うことが可能であり、従来の生物膜処理以上の効率的な $\text{NH}_4^{+}\text{-N}$ 処理が行われることを演者らは明らかにしている。

昨年度までの実験を継続した結果について報告する。

2.実験方法

実験には回転平膜モジュールを用いた。Fig.1に構造を示す。円形のディスク両面に膜を貼り合わせ、回転させながら回転軸を通じて吸引ろ過するものである。膜材質はポリスルホン、分画分子量750000のUF膜を用いた。ろ過原水としては本学市水に塩化アンモニウム、無機炭素を主体とする基質を混合したものをを用いた。 $\text{NH}_4^{+}\text{-N}$ の硝化に必要な酸素を補給するため、膜分離槽内においてエアレーションを行った。ろ過運転形式は定流量運転とした。ろ過流量と同量の原水を供給することにより、膜分離槽からのオーバーフローは発生しない。

3.実験結果・考察

実験開始に先立ち、下水処理場のエアレーションタンクから採取した活性汚泥をMLSS換算で450mg/l膜分離槽内に投入し、設定Flux0.8m/d、膜回転数50rpmで運転を開始した（Run2とする）。前報で示した実験（Run1）同様に、膜の洗浄は吸引ポンプを停止し、一時的に膜回転数を400rpmに上昇させることにより行った。吸引圧力の変化をFig.2に示す。Fig.2には、Run1における圧力変化も合わせてプロットした。微生物の分離膜への付着（生物膜の形成）が主な原因となり、運転の継続につれて吸引圧力は上昇してゆく。設定Fluxを0.5m/dから0.8m/dに変化させたことにより、圧力の上昇が速くなっていることがわかる。Run2における $\text{NH}_4^{+}\text{-N}$ 処理水質の経時変化をFig.3に示す。Run1の場合と同様に、硝化の立ち上がりに10日ほど要するが、以後は安定した処理水質が得られた。Run2終了時に、付着生物膜中

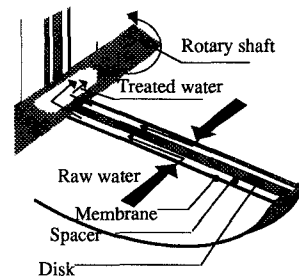


Fig.1: Water collection mechanism of rotary disk

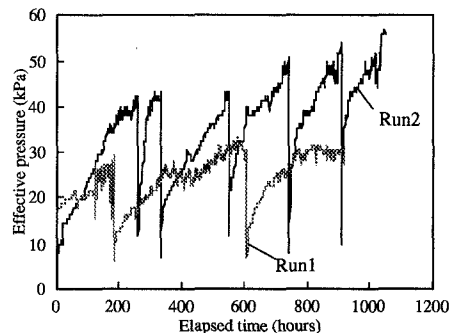


Fig.2: Changes in effective pressures

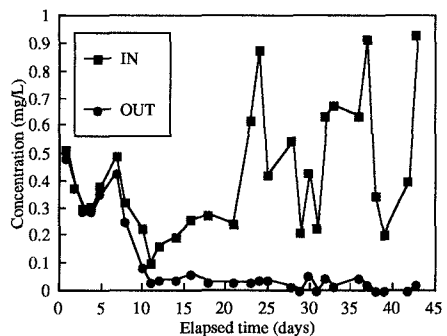


Fig.3: Change in concentration of $\text{NH}_4^{+}\text{-N}$ (Run 2)

の硝化細菌数をMPN法によって計測した。結果を **Table1** に示す。Run2では、上水道への適用を念頭においた $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度（1mg/l未満）で実験を行っていたが、Run2で形成された生物膜中の菌体密度は、渡辺らが下水高度処理を想定して行った実験における結果²⁾と大差はない。このことは、Run2では分離膜表面に必要な以上の生物量を保持していたことを意味する。しかし、前述したように、微生物の付着が膜ろ過の大きな抵抗となるので、保持する生物量は必要最小限であることが望ましい。そこで、実験初期に投入する活性汚泥量をMLSS換算で20mg/lに減らして行った実験結果（Run3）が **Fig.4** である。予想通り、吸引圧力の上昇は非常に緩やかなものとなった。 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 処理については、硝化の立ち上がりにかかるものの、400時間以降は非常に安定した処理水質が得られた。

Run1～3のいずれにおいても、従来の生物膜処理に比べて良好な処理結果が得られた。この理由としては、膜ろ過に伴う移流が生物膜への $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 輸送を増加させていることが考えられるが¹⁾、この他にもう一つの理由が考えられる。

通常の生物膜処理では、生物膜表面濃度よりも更に濃度が高くなっている液本体を処理水として得ているのに過ぎない。分子拡散に加えて膜ろ過に伴う移流を考慮に入れた定常拡散方程式を用いて、生物膜中の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度分布を計算すると、**Fig.5**中の曲線のようになる。分離膜・生物膜一体化リアクターにおいては、**Fig.5**に示すように除去対象成分濃度が低くなっている生物膜底部から処理水を得ているために処理効率が上がっていると考えられる。

4. 結論

本研究では回転平膜の表面に生物膜を保持し、低濃度 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の酸化処理を行いながら膜ろ過実験を行った。その結果得られた結論は、

1. 設定Fluxを上昇させることで吸引圧力の上昇も速くなるが、保持生物量の適正化によって圧力上昇を抑制できる。
2. 分離膜・生物膜一体化リアクターでは、基質濃度が低くなっている生物膜底部から処理水を得られるため、通常の生物膜処理以上の処理が可能である。

参考文献

- 1) 木村克輝、渡辺義公、大熊那夫紀（1995）回転平膜モジュールを用いた分離膜と生物膜の一体化、土木学会第50回年次学術講演集講演概要集、pp.1076-1077
- 2) S.Masuda, Y.Watanabe and M. Ishiguro (1990) Biofilm properties and simultaneous nitrification and denitrification in aerobic rotating biological contactors, Water Science and Technology, vol.23, pp.1355-1363

Table 1: Biomass density in the biofilm

Heterotrophs	3.2×10^8
$\text{NH}_4\text{-N}$ oxidizers	7.1×10^4
$\text{NO}_2\text{-N}$ oxidizers	1.7×10^6

unit=cells (cm³)⁻¹

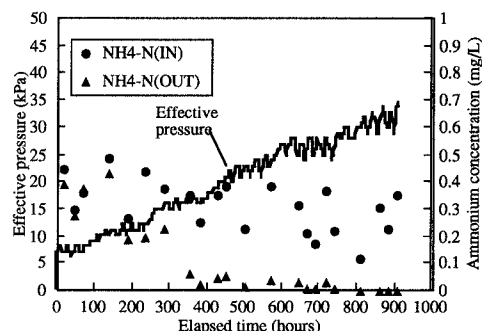


Fig.4: Changes in concentration of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ and effective pressure (Run3)

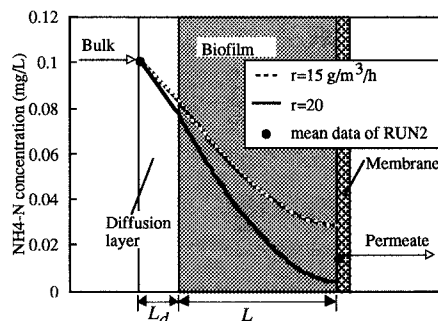


Fig.5: Change of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ profile in the biofilm