

○ 北海道大学工学研究科 正員 木村 克輝
北海道大学工学研究科 正員 渡辺 義公
日立プラント建設 大熊那夫紀

1. はじめに

アンモニア性窒素 ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) は、浄水処理において塩素要求量の増大・カルキ臭の原因となる物質であり、何らかの対処が必要である。次世代の浄水処理プロセスとして膜処理が注目されているが、膜を用いても水に近い分子サイズを持つ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 除去は困難である。

著者らは、回転平膜の表面に微生物を保持しながら膜ろ過を行う分離膜・生物膜一体型リアクターを開発¹⁾、従来の生物膜処理に比べて効率的な $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 酸化が可能であることを明らかにしている。本報では、回転平膜の表面に付着させる微生物の量・種類を変化させて実験を行い、吸引圧力の上昇・ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の処理性・膜閉塞の状態との関連性を考察した。

2. 実験方法

実験に用いた回転平膜の構造を図-1に示す。用いた膜は材質がポリスルホン、分画分子量が75万のUF膜である。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。流入 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度は全実験期間を通じて1mg/l未満とした。ろ過運転形式は定流量運転・全量ろ過とした。一ヶ月間程度のろ過実験を四回 (Run1-4) 行った。各々の実験開始に先立ち、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の酸化を行わせる微生物を膜分離槽内に投入した。Runs1&2では、下水処理場から採取後、無機基質で馴養した活性汚泥を用いた。実験開始時の膜分離槽内SS濃度はRun1では20mg/l、Run2では25mg/lであった。Runs3&4では純粋培養細菌を用い、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 酸化細菌と亜硝酸酸化細菌をほぼ同程度のオーダー (約 10^6 cells/ml) になるように膜分離槽内に投入した。

3. 実験結果・考察

図-2にRuns1-4における吸引圧力と $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度の経時変化を示す。各Runとも吸引圧力の上昇は緩やかで、実験期間中は一切の洗浄をせずに運転の継続が可能であった。活性汚泥を用いたRuns1&2と

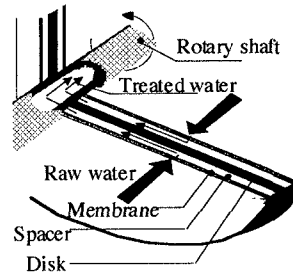


図-1 回転平膜構造

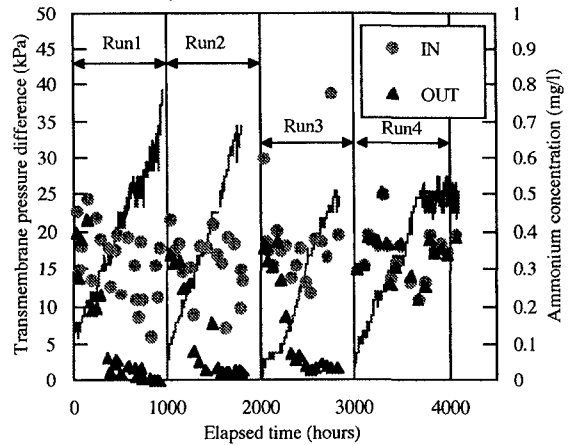


図-2 吸引圧力・アンモニア濃度経時変化

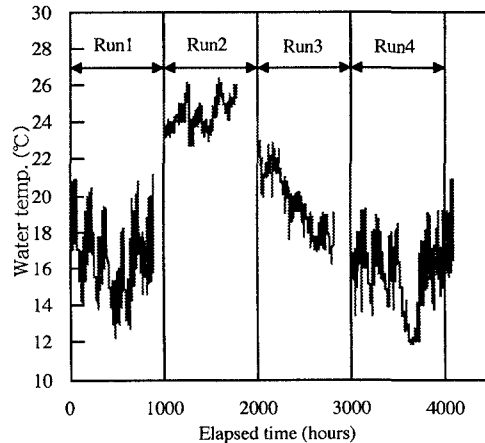


図-3 水温経時変化

キーワード：回転平膜、生物膜、アンモニア性窒素、ろ過抵抗

連絡先 (〒060 札幌市北区北13条西8丁目 北海道大学大学院工学研究科 Tel. 011-706-6275)

純粋培養細菌を用いたRuns3&4を比較すると、純粋培養細菌を用いたRuns3&4の方が吸引圧力の上昇が緩やかである。活性汚泥中には硝化細菌以外にも様々な細菌や代謝産物などの有機物が含まれているが、Runs3&4ではこれらの有機物が非常に少なかったために吸引圧力の上昇が抑えられたものと考えられる。 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 処理性を比較すると、Runs1-3では、硝化の立ち上がりに400時間ほどかかるものの、以後は $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度が0.01mg/l程度の処理水を得ることができた。Run4では $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の硝化がほとんど起こらなかった。同じ純粋培養細菌を用いたRun3と比較すると水温が低く変動が大きかったこと（図-3）が原因と考えられる。Run4と同様の水温条件であったRun1では硝化が起こっていたことを考えると、純粋培養細菌は活性汚泥のような混合系微生物群に比べて温度などの生息環境に敏感であるといえる。Run4では $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の硝化がほとんど起こっておらず、硝化細菌の増殖や代謝産物の放出は極めて少なかったはずである。したがってRun4における吸引圧力の増加は硝化菌の活動によるものではなく、原水に含まれる成分のみに起因するものであるといえるが、Run4における圧力の増加はRun3のそれとほぼ同等であった。これらのことから、本実験のような条件下では硝化細菌の活動は膜ろ過抵抗の増加への関与が小さいことが示唆される。

Runs2-4終了後に膜モジュールを分解し、平膜表面に付着したケーキを採取、分析した。付着有機物量（VSS）、無機物量（TSS-VSS）を表-1に示す。有機物量は活性汚泥を用いたRun2が最も多かったがこれは実験初期に投入した硝化細菌以外の微生物・またその代謝産物が多く残存していたためであると考えられる。無機物中の元素組成を蛍光X線分析（HORIBA MESA-500）した結果、鉄・アルミ・珪素で80%以上を占めていた。これらの元素は他の金属元素に比べて水道水中に多く含まれており、ろ過継続に伴って膜表面に蓄積する。どのRunでも無機物量が有機物量よりも多く、鉄・アルミなどが付着ケーキ全体中に占める割合は大きい。

付着ケーキをスポンジで洗い流し、ケーキ除去前後のろ過抵抗を求めた。図-4に結果を示す。 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の硝化が起こっていたRuns2&3では全体のろ過抵抗に対して付着ケーキ抵抗が卓越していたのに対し、微生物の活動が不活発であったRun4では全抵抗の約半分が付着物ではないもの、すなわち膜細孔内の目詰まりによるものであった。いずれのRunにおいても、膜細孔内の目詰まりは次亜塩素酸ナトリウムによる洗浄でほぼ完全に解消できたことから、膜細孔内の目詰まりは有機物によるものと考えられる。

4.おわりに

本研究では、回転平膜の表面に付着させる微生物の量・種類を変化させて実験を行った。得られた知見は以下の通りである。

1. 活性汚泥に含まれる硝化細菌以外の微生物・有機物は膜ろ過抵抗を増加させる。本実験のように少量の硝化細菌を付着させて低濃度の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ を処理する場合では、硝化細菌の代謝活動がろ過抵抗増加に寄与する割合は小さい。
2. 本研究で提案するリアクターにおいては、ろ過抵抗の大部分が付着ケーキによるものである。付着ケーキ中には無機成分が多く含まれているがこれらの無機成分はろ過抵抗・ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 処理性に大きな影響を及ぼしている可能性がある。

参考文献

- 1) 木村・渡辺・大熊（1996）：回転平膜表面に付着した生物膜による低濃度アンモニア性窒素の硝化特性、土木学会論文集 No.552 7-1, pp.43-52

表-1 膜面付着ケーキ量

	VSS (g/m ²)	TSS-VSS (g/m ²)
Run2	1.703	1.821
Run3	1.025	2.145
Run4	0.745	1.545

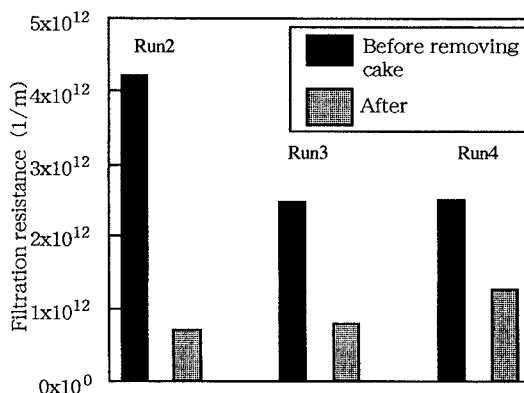


図-4 ケーキ除去によるろ過抵抗の減少