

VII-60

生物膜法における硝化・有機物分解に及ぼす微小動物の役割

東北大学工学部 学生員○長井史彦

東北大学大学院 正会員 金主鉉 正会員 西村修

正会員 須藤隆一

1. はじめに

生物処理施設の反応槽内では、栄養段階の異なる様々な微生物によって一つの微生物生態系が構成され、有機物およびデトリタスの分解は細菌から原生動物、さらには微小後生動物へとつながる腐生連鎖が機能している。この腐生連鎖中で原生動物は細菌の現存量および群集構成、群集の性状、さらにそれらの活性にも影響を与えることが知られている。この場合、原生動物の役割は分散状細菌やフロック形成細菌の捕食に伴う微生物生態系のバイオマスの減量化、細菌フロックの凝集性の向上等が挙げられ、特殊な場合は、原生動物の分泌物や捕食そのものが細菌を活性化させるとの報告もある。

しかし、既往の研究成果のほとんどは現場レベルでの評価が多く、原生動物の変遷による解析がほとんどである。しかも近年導入されるようになった高度処理を視野にいたれた原生動物の役割については研究例が少ない。

そこで本研究では、生物膜法において原生動物の出現個体数を阻害剤添加により選択的に制御し、原生動物が有機物分解および硝化に及ぼす影響について実験的検討を試みた。さらに、異なる C/N 比の人工排水を用い、原生動物の存在が性状の異なる人工排水の処理においてどのような役割を果たすのかに関しても検討を加えた。

2. 実験方法

2-1 適正阻害剤添加条件の検討

混合培養系において、原生動物を抑制しかつ細菌には影響を及ぼさない阻害剤の適正な添加濃度を得るため、半回分実験を行った。実験には下水処理場の活性汚泥 100ml を 500ml の三角フラスコに添加し 4 日間、20℃暗条件で振とう培養を行った。阻害剤として Nystatin を用い、添加濃度を 0, 5, 10, 15, 20, 30mg/l の 6 系設けた。24 時間毎に活性汚泥を 25ml 引き抜き、代わりに基質として人工排水を添加した。

測定項目は ATP 活性、DOC、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、pH、原生動物数である。

2-2 原生動物制御による連続実験

異なる C/N 比で作成した人工排水を流しながら予備運転を 2 週間行った後、Nystatin を 20mg/l になるよう添加し、定期的にサンプリングを行った。水温は $20 \pm 2^\circ\text{C}$ で pH は 6.5~8.0 になるよう NaOH, HCl をそれぞれ加え、調整を行った。反応槽にはひも状担体を 34 本 (15cm) ずつ充填して、曝気を行った。表 1 に運転条件を示す。

表 1 運転条件

	RUN1	RUN2	RUN3	RUN4
BOD負荷(kg/m ³ /day)	0.20		0.21	
TOC負荷(kg/m ³ /day)	0.10		0.14	
T-N負荷(kg/m ³ /day)	0.005		0.031	
TOC/T-N比	20		4	
HRT(day)	4		4	
Nystatinの添加	添加	無添加	添加	無添加

測定項目は DOC、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 E_{260} 、ATP 活性、硝化細菌数、及び原生動物数等である。pH、水温についてはほぼ毎日モニタリングを行った。

3. 結果と考察

3-1 適正阻害剤添加条件の決定

Fig.1 に示すとおり Nystatin の添加量を増加させるに伴い、原生動物(繊毛虫類)の個体数は減少し、30mg/l 添加系においては約 7~9 割が減少した。

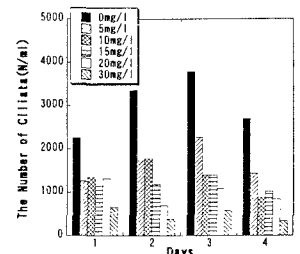


Fig.1 繊毛虫類の個体数変動に及ぼす Nystatinの添加効果

また Fig.2, 3 に示すように硝化及び有機物分解に影響を与えない添加条件は 20mg/l であった。また全ての実験において 20mg/l の添加条件では、水質のみならず細菌の ATP 活性は無添加系とほぼ同じであり、細菌の活性に対する

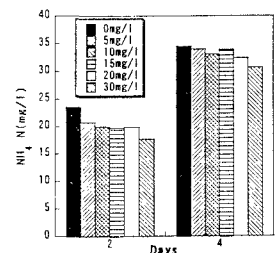


Fig.2 $\text{NH}_4\text{-N}$ の濃度

悪影響はないものと考えられる。したがって原生動物の出現個体数を 50% 以上削減でき、なお細菌には影響を与えない適正な阻害剤 (Nystatin) の添加濃度は 20mg/l と決定した。

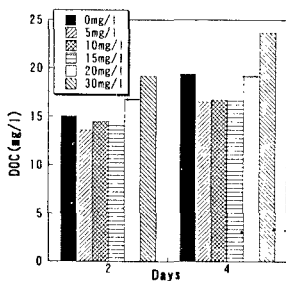


Fig. 3 半回分実験におけるDOC濃度の変化

約 70% となり硝化機能の向上がみられた。これは原生動物の存在により、生物膜表層の活性の高い硝化細菌が捕食されたためと考えられる。

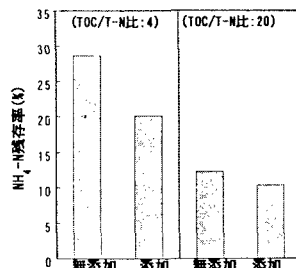


Fig. 6 Nystatinの添加・無添加系における処理水のNH4-N残存率

3-2 原生動物制御による連続実験結果

(1) TOC/T-N比: 4 の場合 (N が律速にならない場合)

Fig. 4 に示すように DOC 濃度は阻害剤無添加系では 12.5mg/l, 添加系では 19.9mg/l となり、無添加系では添加系の約 60% の値を示した。これは従属栄養細菌にとって好ましい栄養条件が得られたため、捕食者である原生動物が増加したこと、また原生動物相には多様性がみられたこと、その結果原生動物の存在により腐生連鎖による無機化の促進が生じ、有機物分解機能の向上が得られたものと考えられる。

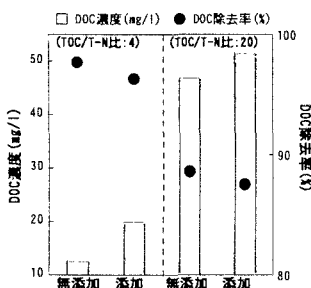


Fig. 4 有機物分解に及ぼす原生動物の影響

また E₂₆₀ の測定結果を Fig. 5 に示した。無添加系では 0.17, 添加系では 0.38 となり、無添加系では添加系の約 45% であった。これは原生動物の細菌捕食により、細菌の増殖段階への移行が促進され、対数増殖期の細菌相に変化したため、一般に対数増殖期では定常期に比べ代謝産物が減少することが知られており、E₂₆₀ が阻害剤無添加系で低くなったと推測される。

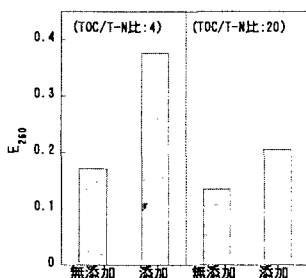


Fig. 5 処理水のE260に及ぼす原生動物の影響

さらに Fig. 6 に示すとおり NH₄-N 残存率は無添加系では 28.6%, 添加系では 20.2% となり、添加系は無添加系の

(2) TOC/T-N比: 20 の場合 (N 制限条件の場合)

Fig. 4~6 に示すように、DOC 濃度は無添加系、添加系ではそれぞれ 46.9, 51.4mg/l となり、無添加系は添加系の 90% であった。低 TOC/T-N 比の場合と比較すると、無添加系と添加系の差は高 TOC/T-N 比の方が小さかった。また E₂₆₀ についても無添加系、添加系ではそれぞれ 0.14, 0.21 となり、無添加系は添加系の 70% であった。低 TOC/T-N 比の場合と比較すると、無添加系と添加系の差は高 TOC/T-N 比の方が小さかった。さらに NH₄-N 残存率についても無添加系、添加系ではそれぞれ 12.3, 10.4% となり、添加系は無添加系の 80% であった。低 TOC/T-N 比の場合と比較すると、無添加系と添加系の差は高 TOC/T-N 比の方が小さかった。

これは、従属栄養細菌の増殖に対して直接的な因子となる N が制限されているため栄養不足となり、その結果捕食者である原生動物の数が低下し、阻害剤添加による原生動物数の違いにあまり効果が見られなかったためと考えられる。以上のことから高 TOC/T-N 比の場合、有機物分解機能、及び硝化機能への影響は、低 TOC/T-N 比と同様の傾向が見られたが、その効果は少なく、とりわけ硝化機能に関しては、ある程度の原生動物の数や種類が必要であるということが明らかになった。

4. まとめ

原生動物の存在によって、有機物分解機能が高められる。また硝化に及ぼす原生動物の影響は、硝化細菌を捕食可能な原生動物によりネガティブに働き、硝化機能を低下させる。