

II - 547

硝化菌と好気性他栄養細菌から成る生物膜の構造に及ぼす基質C/N比の影響

長岡技術科学大学 正員 大橋 晶良・原田 秀樹

Northwestern University: Bruce E. Rittmann, D.G. Viraj de Silva

1. はじめに

将来の水域保全を考える上において、従来の排水の二次処理に加えて高度処理の必要性は言うまでもない。生物学的な高度排水処理では、硝化・脱窒プロセスが重要であり、その硝化菌と脱窒菌の処理反応器内での動力学・ポピュレーションの把握は欠かせない。しかしながら、硝化菌は増殖速度が好気性他栄養細菌に比べて低いためにしばしば不安定で、このため硝化菌の挙動については十分に明らかにされていないのが現状である。

近年、16S-rRNA等のモレキュラプローブを用いて硝化菌の同定や定量化をする技術が確立されつつあり、混合微生物で構成された生物膜内での硝化菌の分布やその挙動が明らかにされてくるものと考えられる。本研究は、硝化菌と好気性他栄養細菌が混在している生物膜の形成・細菌の住み分けに及ぼす基質C/Nの影響について調べたもので、本報では反応器の処理パフォーマンス結果について述べ、これより混合生物膜の形成機構について検討した。

2. 実験装置および方法

生物膜型反応器として浸漬ろ床の一種であるBiological Aerated Filter (BAF)反応器を用いた。その概略をFig. 1に示す。BAF反応器は、生物膜厚さの制御や生物膜剥離生物量の測定が容易であるという特長を有している。すなわち、生物膜の増殖による反応器の閉塞が発生する前に洗浄により強制的に生物膜を剥がす必要があるが、この洗浄の強度とインターバルを変えることにより生物膜厚が制御できる。また、洗浄時の剥離余剰汚泥を捕獲し測定することにより生物膜の剥離量も把握できる。

反応器は直径5 cm、高さ120cmのPlexiglasカラムで、生物膜付着支持体として粘土ペレット（平均径3.6 mm）を78cmのベツト高さまで充填してある。基質は上向流で1 l/hの流量(HRT 1.5hr)で供給し、エアレーションもカラム底部から24 l/hの流量で行った。反応器内の生物膜を均一にする目的で流出水を7 l/hの流量（循環比7）で循環させている。基質成分は、グルコース、アラニン、酢酸ナトリウム、塩化アンモニウムの混合人工下水で、リン酸緩衝液とトレースエレメントが添加してある。

硝化菌を含有する混合生物膜の構造形成に及ぼす基質C/N比の影響を見るために2系列の運転を行った。Run 1は、流入COD濃度を300mg/lに一定にして約3ヶ月の運転をした。もう一方の系列（Run 2～5）は、流入COD濃度を段階的に増加させて生物膜を形成させたもので、流入COD濃度をRun 2は30mg/l（約2ヶ月）、Run 3は60mg/l（約1ヶ月）、Run 4は120mg/l（約1ヶ月）、Run 5は300mg/l（約1ヶ月）とした。流入NH₄-N濃度は全てのRunに対して60 mg/lと一定である。生物膜の増殖による反応器内の閉塞を防ぐために、反応器底部よ

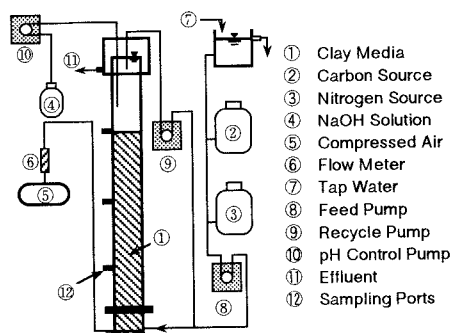


Fig. 1 Schematic of BAF reactor

Table 1 Biofilm Property at End of Each Runs.

Run No.	Time (days)	After Washing		Before Washing
		Thickness (mm)	density (mg COD/cu.cm)	Thickness (mm)
1	71	0.084	4.1	0.131
2	56	0.068	2.9	0.112
3	98	0.055	3.2	0.112
4	119	0.058	3.1	0.124
5	133	0.069	4.5	0.118

り洗浄水と空気を併用した洗浄を, Run 1 と 5 に対しては毎日 1 回, Run 2 と 3 は週 1 回, Run 4 は週 2 回行った。バッチ反応器での同一基質成分で馴養した硝化菌と好気性細菌の混合汚泥を接種してBAF反応器の運転を開始した。水質分析項目はT-COD, S-COD, K_{je}-N, NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N, pH, DOである。

3. 実験結果および考察

各Runの最終日には, 粘土ペレットに形成される生物膜の付着量(反応器洗浄後のCODとして)および生物膜厚さを測定した。その結果をTable 1 に示した。洗浄する前の生物膜厚さは, 生物膜密度が反応器洗浄前後で変化しないと仮定し, 洗浄による剥離生物膜量の測定値から逆算して求めている。生物膜厚さは, 各Runによる違いはあまりなく, 洗浄前で約120 μ m, 洗浄後で55~84 μ mの範囲内である。一方, 生物膜密度は反応器運転時間と関係し, 経過と共に増大する傾向が見られる。

Fig. 2 に Run 1 の処理パフォーマンス(流入および流出水質)を示す。流入水質が安定した所定濃度になっていないが, これは濃縮した基質をタップ水で希釈するときのポンプの性能が良くなかったことに起因するものである。COD除去は運転開始20日目以降, 非常に優れている。一方, NH₄-N濃度は運転期間中, 流入と流出がほぼ同じであり, NO₂-NとNO₃-Nの蓄積も見られない。このことは, 硝化が起きていないことを示しており, 生物膜が形成される過程で硝化菌が反応器から流出してしまったと推測される。

Fig. 3 には Run 2~5 の処理パフォーマンスを示している。流出NH₄-N濃度は経過と共に低下し, 約30日目以降はほぼゼロになった。これに伴って流出NO₃-N濃度は流入NH₄-Nとほぼ同じ値に達している。これは硝化が完全に起こったが, 脱窒は起こらなかったことを示唆している。すなわち, Run 5 においても硝化菌と好気性他栄養細菌の共存する生物膜が形成されている。運転期間中, 一時的に流出NH₄-N濃度が下がらず, 硝化能力が低下したときが数回あるが, これは経過30日目以降に設置したNaOH溶液によるpH制御用のポンプの作動が悪かったためである。

同一の基質負荷にもかかわらず, Run 1 と Run 5 では異なる生物膜構造である。すなわち, 初期から高いC/N比で運転すると硝化菌が生物膜内に生存することができず, 一方, 段階的にC/N比を増加させると硝化菌と好気性他栄養細菌が共存できる生物膜が形成された。このことより, 硝化菌と好気性他栄養細菌のような増殖速度が大きく異なる混合生物膜の構造は, その形成過程が重要であると考えられる。

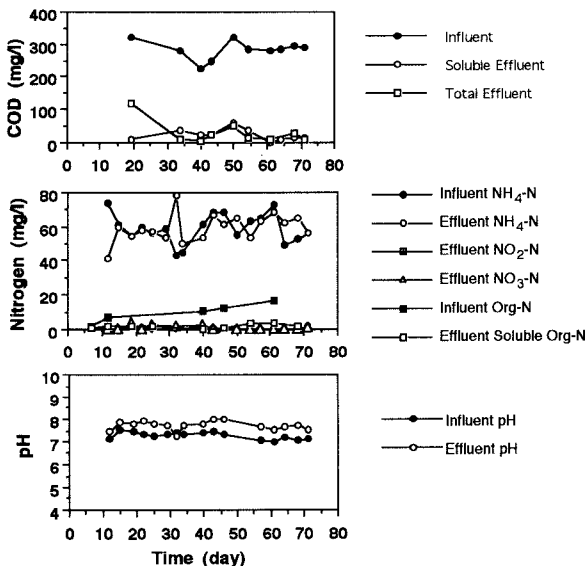


Fig.2 Time change of COD, Nitrogen, and pH on Run1 (Influent COD and NH₄-N are 300 mg/l and 60 mg/l, respectively).

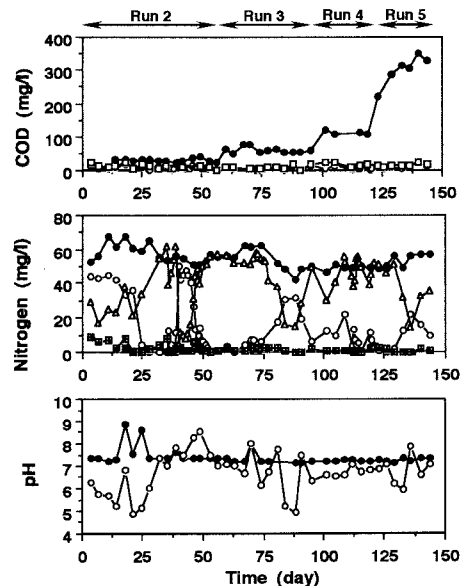


Fig.3 Time change of COD, Nitrogen, and pH on Run 2 to 5 (Influent COD is increased step by step at 60mg-N/l).