

京都大学工学部 ○正 河村清史
 京都大学工学部 正 泉宮 功
 京都大学工学部 戸島 透

§1 はじめに

活性汚泥法の機能把握と合理的操作法の確立に関する研究の一環として、改良型活性汚泥法によって都市下水中の窒素の生物学的硝化脱窒について検討しているが、今回は、ここで重要な役割をこなす硝化菌の挙動について報告する。

§2 実験方法

2-1 実験装置

図-1に実験装置図を示す。通常は種単法で運転している曝気槽頭部の20%弱の部分を攪拌のみを行なう脱窒槽としていた。流入水流量1m³/hrに対して返送率を200%としていた。

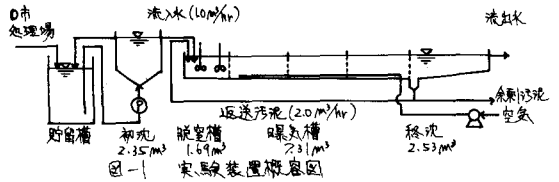


図-1 実験装置概略図

2-2 実験方法

D市終末処理場沈砂後水を導き、最初沈殿池經過後、下水道連続的に処理した。この間、約1ヶ月間をわたって、処理成績、DNAで把握した微生物生命体量とMPN法による硝化菌数の挙動、活性汚泥の硝化能力の把握を行なった。各種水質項目の分析方法を表-1にまとめる。

表-1 分析項目と分析方法

分析項目	分析方法
SS	マンゲリンフィルター法
COD	重クロム酸カリウム法
Kjeld-N	ケルダール法
NH ₄ -N	ネスラー法
NO ₂ -N	N-(1-ナフチル)エチレンジアミンスルホニル試薬法
NO ₃ -N	2,2-ジメチル-5-ジホスホン酸法
DNA	Barton変法

表-2 培地組成

薬品	量	薬品	量
(NH ₄) ₂ SO ₄	0.5g	KNO ₂	0.006g
NaCl	0.3	NaCl	0.3
K ₂ HPO ₄	1.0	K ₂ HPO ₄	1.0
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.3	MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.1
FeSO ₄ ·7H ₂ O	0.03	FeSO ₄ ·7H ₂ O	0.03
CaCO ₃	7.5	CaCO ₃	1.0
蒸留水	1000ml	CaCl ₂	0.3
		蒸留水	1000ml

MPN法 MPN法については、培地組成、培養温度、培養日数が種々提示されているが、表-2に示した培地組成を利用し、培養温度を30℃、培養日数を4週間とした。

硝化能力把握実験 MPN法で計数された硝化菌数とその活性汚泥の硝化能力との対応を明らかにするため、以下の方法で、適宜曝気槽内の活性汚泥の硝化能力を把握した。活性汚泥を水洗し、p-CODで約4000mg/lをなすように調整し、50mg/lのNH₄-Nを加え、硝化過程を追跡した。混合液はソル酸緩衝液による中性付近に保ち、NaHCO₃でpHカサ度の補強をした。

§3 結果と考察

処理成績を表-3にまとめる。SS、T-COD、S-CODはいつれも平均で85%前後の除去率を得、水質的にも良好な処理水を得ている。窒素については、T-Nで80%近い平均除去率を得、従来の活性汚泥法での除去率

表-3 処理成績

	SS		T-COD		S-COD		T-N		Inorg-N	
	範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均
流入水 (mg/l)	76~418	116	171~477	292	600~1600	92.1	18.8~36.9	26.2	9.2~22.5	15.3
流出水 (mg/l)	9~41	2.1	18.9~61.9	34.5	79~209	13.7	3.7~10.0	5.9	1.9~7.5	3.9
除去率(%)	68.6~93.4	85.6	76.9~94.2	87.8	73.6~91.6	84.4	59.0~85.9	77.2	37.0~88.8	73.6

()は流入水についてはNH₄-N、流出水についてはNO₃-Nを示す。80%前後であることは考えられ、大巾に改善されている。Inorg-Nについては、流入水の大半がNH₄-Nであり、流出水の大半がNO₃-Nとなっていることから、ほぼ完全な硝化と良好な脱窒が生じ、Inorg-Nで73.6%の平均除去率を得た。

硝化菌の挙動 流入水、曝気槽混合液、流出水に含まれる硝化菌のMPNを図-3に示す。これにはあわせて、DNA、SS、p-CODを示した。MPNの変化パターンは、2~3のピークを呈し、(11月23日の値がいつれも小さい)、DNA、SS、p-CODの浮遊性成分の変化パターンに近い。MPNが細菌数そのものを表わしているからだと

ついで問題があるが、曝気槽混合液で $10^4 \sim 10^5$ 個/ml のオーガでアンモニア酸化細菌、亜硝酸酸化細菌が存在しているのに対し、流入水、流出水でも $10^2 \sim 10^3$ 個/ml 程度のものが存在している。

流入水について、ある1日のMPNの変動を4時間おきに調べたが、図-3に示すように、SS等と同様なパターンで変動している。下水や地下水等から混入したものや下水管内で生成したものかSSに付着する形式で、流入するものと思われるが、詳細は不明である。

MLSSが4,000 mg/l 程度の維持した状態から、2,000 mg/l 程度に維持するべく余剰汚泥引抜きを強めた後半では、アンモニア酸化細菌と亜硝酸酸化細菌で差が生じ(図-2参照)、後者の方がwash outの効果が大きいと推測された。

表-4に各種種の系内存在量と流入負荷量の比を示すが、SS等は数日~数十日という値であるのに対し、硝化菌は数日~数百日があり、硝化菌の流入水からの持ち込み量は、生成量に比しはるかに少ないことがわかる。

活性汚泥の硝化能力 硝化能力把握実験の結果の1例を図-4に示す。NO₃-Nの蓄積のほとんどない硝酸型の硝化が進行している。NH₄-Nが10 mg/l以上存在し、基質濃度と成らない領域の酸化能率の生成温度を直線近似し、傾きを求め、(曝気槽P-COD) (硝化能力把握実験P-COD) により汚泥濃度補正して硝化能力とした。硝酸型であることより、アンモニア酸化細菌の能力を反映しているものと思われる。アンモニア酸化細菌のMPNに対して硝化能力をプロットすると図-5を得、データ数は少ないが、両者に相関があることが認められる。しかしながら、MPNが2倍になっても硝化能力が2倍になる関係にはならず、MPNが比例的に硝化能力を示すものではないと推定される。

5.4 おわりに

改良型活性汚泥法で良好に下水処理を行っているパイロットプラントにおける硝化菌の挙動を調べた。本法では、平均流入NH₄-N濃度は2.2 mg/lの都市下水を $10^4 \sim 10^5$ 個/ml 程度のアンモニア酸化細菌、亜硝酸酸化細菌が存在する程度の硝化を行なわせる。また、流入水による硝化菌の持ち込みは少ないが、系内にはこの量の数十日~数百日分存在するところや、流出水にも流入する量に近いものが流出することから、系内での生成量が大いであること、MPNが活性汚泥の硝化能力を反映するが比例の関係にはないこと等が明らかになった。最後に、実験遂行に多大の協力をいただいた有田一彦、児嶋崇之(京大、大学院生)、山下裕幸(京大、学部生)の各位に感謝する。

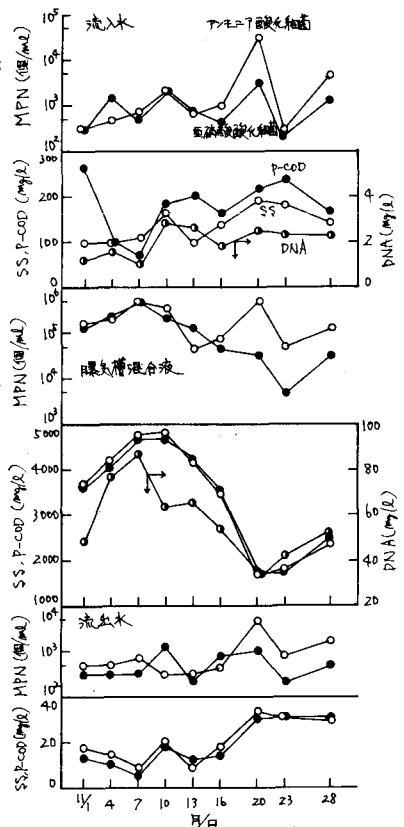


図-2 硝化菌と窒素性成分の変化

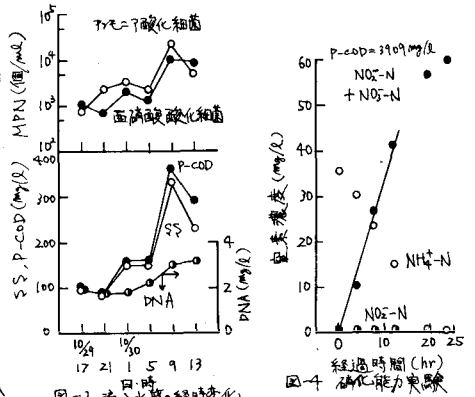


図-3 流入水質の経時変化

表-4 系内存在量/流入負荷量(日)

月/日	アンモニア酸化細菌MPN(個/ml)	亜硝酸酸化細菌MPN(個/ml)	SS	P-COD	DNA
11/1	277	228	19.8	7.9	2.1
4	242	73	22.2	22.0	25.0
7	334	539	23.3	35.8	42.8
10	82	54	15.0	13.9	12.1
13	38	89	21.9	11.3	12.3
16	45	57	13.1	11.7	15.4
20	8	5	4.7	4.4	2.4
23	80	115	5.3	4.1	9.8
28	15	14	8.9	8.2	12.3

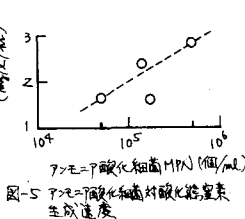


図-5 アンモニア酸化細菌の硝化能力と生成速度