

好気性脱窒現象に関する研究

山口大学 工学部 正員 中西 弘
 “ “ 正員 石川 泉孝
 山口大学大学院 “ “ 水船 清司

1. はじめに

筆者らは、活性汚泥法による屎尿処理プロセスにおいて好気条件下での脱窒現象について一連の基礎的研究を行ってきた。本報告は曝気槽における硝化および脱窒作用について実験的検討を行ない、最適 C/N 比を求めた。又、曝気槽内の N 挙動を把握する一方法として、単一曝気槽をモデル化し数値シミュレーションを試み、考察したものである。

表-1 模製屎尿測定項目

Run NO.	1	2	3	4	5
BOD (mg/l)	320	611	962	1385	1720
COD (mg/l)	288	473	691	985	1170
T-N (mg/l)	866	971	1056	1091	1266
NO ₂ -N (mg/l)	82	82	82	82	82
NO ₃ -N (mg/l)	24	24	24	24	24
BOD/T-N	0.370	0.629	0.911	1.269	1.359
COD/T-N	0.333	0.490	0.654	0.903	0.924

2. C/N 比と硝化、脱窒作用

(1) 実験方法；C/N を変えるため N 源は各々同量とし、C 源を変化させた模製屎尿を作成した。過去の半連続実験で高除去率を示した水温 30℃、曝気量 1000 ml air/min の条件でバッチ実験を行った。模製屎尿の測定項目を表-1 に示す。

(2) 実験結果および考察；図-1 に K_L -N、NO₂-N、NO₃-N の経時変化を示す。ここで、C は各 N 濃度、C₀ は模製屎尿投入量と投入 5 分後の各 N 濃度から試算した値である。NO₂-N、NO₃-N は模製屎尿投入直後、Run 1, 2 の実験では減少するが消滅せず、Run 3, 4, 5 では完全に消滅している。24 時間後には、Run 1 ~ 4 は模製屎尿投入前の状態にほぼ回復しているが、Run 5 ではほとんど消滅したままの状態である。 K_L -N をみると模製屎尿投入後数時間で C/N 比による差が生じており、Run 4 までは C/N 比が大きくなる程減少傾向にあるが、Run 5 ではその傾向は抑制されている。

C/N 比が大きくなることは有機炭素源（水素供与体）が大きくなることであり、それだけ NO₂-N の脱窒の可能性が高い。本実験において、C/N 比が高い程（Run 3~5）、NO₃-N は模製屎尿投入直後消滅している。これは BOD 酸化に必要な酸素が消費され、かつまだ不足分が NO₃-N の還元によって補われ、その時 N は N₂ ガスとして飛散するものと考えられる。又、単一槽における硝化作用、脱窒作用を同時に行なうプロセスでは脱窒のみならず硝化作用も行う必要から、その最適 C/N 比は BOD/T-N = 0.629 ~ 1.359, COD/T-N = 0.490 ~ 0.924 の範囲であることが判明した。

3. 脱窒機構

好気条件下での脱窒、いわゆる好気性脱窒は、

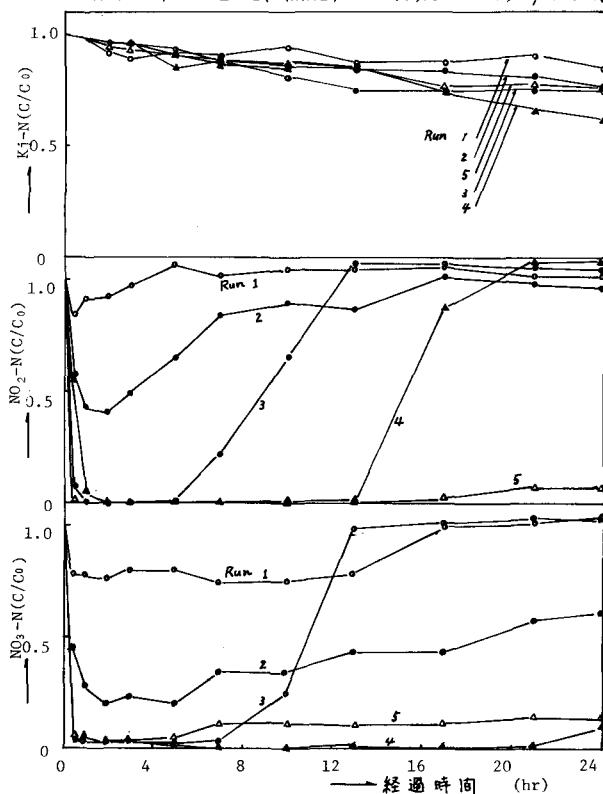
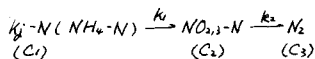


図-1 各 N 経時変化

単一槽内で硝化と脱窒両作用が並行して進行することであり、又、脱窒の起るべき条件は槽内の一部が嫌気状態を呈していることであり、適切な g/m 等であらねば起る。バッチ実験での反応経過時間を $NO_{3,5}-N$ の挙動に注目し、脱窒時、脱窒・硝化平衡時、硝化時に分けた場合、各々0次反応として直線にのぞくとわかり、これを次のように考えた。



$$\frac{1}{X} \frac{dC_1}{dt} = -R_1 \quad \text{--- (1)}$$

$$\frac{1}{X} \frac{dC_2}{dt} = R_1 - R_2 \quad \text{--- (2)}$$

$$\frac{1}{X} \frac{dC_3}{dt} = R_2 \quad \text{--- (3)}$$

ここに、 C_1, C_2, C_3 は各 N 濃度(mg/l)、 k_1, k_2 は各反応速度定数($mg/l \cdot mg/l \cdot hr^{-1}$)、 X は $MLSS$ 濃度(mg/l)である。

表-2にバッチ実験による硝化・脱窒作用の反応速度定数を示す。式(1)(3)より R_1, R_2 を決定し、式(2)に代入した。

式(2)を検証するため、これを $NO_{3,5}-N$ の反応速度定数の実験値と比較した。模擬し尿投入直後、 R_2 が優先し、その後 R_1 と R_2 の平衡状態が続いた後、 R_1 が優先してゐる。

以上から、好気性脱窒は、脱窒、脱窒・硝化平衡、硝化作用の順に進行し、各状態とも硝化・脱窒両作用が内いており、硝化・脱窒の連続反応、すなわち $K_1-N \rightarrow NO_{3,5}-N \rightarrow N_2$ として表わさることができた。

4. 数値シミュレーションによる単一曝気槽内の N 挙動

過去の半連続実験、バッチ実験から実モデルの好気性脱窒現象を考えた場合、次の様なことが考えられる。1) 部分的嫌気状態が有力であり、このことから単一曝気槽の形状は完全混合槽型よりも、押し出し流れ型が有利である。

2) 単純な押し出し流れ型のみでは脱窒

素除去率90%の説明ができな。なぜなら、好気性脱窒現象は連続反応で明らかであり、部分的嫌気ゾーンのみでは硝化・脱窒作用を進め得る容積をもたない。3) 沈殿池から返送土壌の泥量内 $NO_{3,5}-N$ のみが嫌気ゾーン内で脱窒されるのではその量が少なり。

以上から、好気性脱窒現象の起る曝気槽内では硝化された窒素が部分的嫌気ゾーンを逆流する、いわゆる循環流が起るものと考える。この観点から、図-2に示すような単一曝気槽を考え、曝気槽内での各 N の挙動を次の様なことを考慮し試算した。1) 完全混合槽では R_1 のみ優先する。2) 押し出し流れ型では循環流の有無で各 N の挙動。3) 循環流の大小。4) 曝気槽の分割数。これらの考慮した試算結果の一例を図-3に示す。

これらの結果に示される様に、循環流を考えた曝気槽が好気性脱窒現象を最もよく表わすという結果となった。

- 参考文献 1) 中西、石川、末國：好気性硝化槽における窒素の挙動(その4)、土木学会年次講演集(1978)
 2) 中西、石川：好気性硝化槽における窒素の挙動に関する研究、昭和52年度 日本微生物資源研究所報告
 3) 中西、石川：し尿処理における好気性脱窒について、昭和53年度

表-2 反応速度定数

Run	NO ₃ -time (hr)	[K ₁]	[K ₂]	K ₁ -K ₂	NO ₃ -N	CO	X
			$\times 10^4 (hr^{-1})$			(mg/l)	(mg/l)
3 A	0-1	0.219	2.755	-2.536	-2.536	929.0	4790
	1-5	0.203	0.135	0.008	0.004		
	5-13	0.397	0.014	0.383	0.358		
	13-24	0.013	0.026	-0.013	-0.011		
3 B	0-1	0.114	1.392	-1.278	-1.278	779.6	6505
	1-4	0.077	0.077	0.0	0.0		
	4-12	0.210	0.043	0.167	0.166		
	12-24	0.006	0.017	0.023	0.024		
4 A	0-1	0.776	5.094	-4.318	-2.769	825.8	3035
	1-13	0.345	0.291	0.054	-0.004		
	13-22	0.535	0.012	0.523	0.523		
	22-24	0.0	0.0	0.0	0.0		
4 B	0-1	0.575	2.030	-1.455	-1.456	610.4	5133
	1-10	0.095	0.086	0.009	0.008		
	10-19	0.230	0.039	0.191	0.236		
	19-24	0.038	0.050	0.012	0.012		

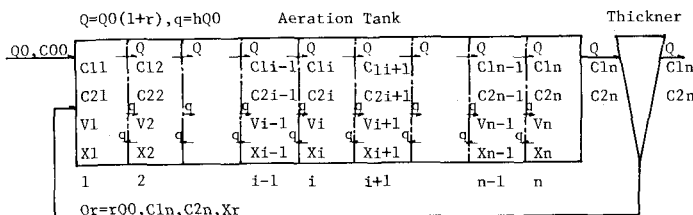


図-2 単一曝気槽の模式図

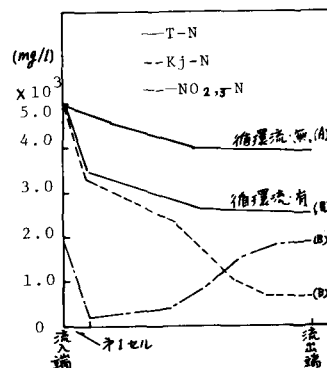


図-3 曝気槽内の各 N 濃度分布試算例