

山口大・工 正○石川 泉孝
 〃 正 中西 弘
 宇都興産 伊藤 利男

1. はじめに

好気性消化槽内の窒素の挙動については筆者等は既報している。⁽¹⁾⁽²⁾ そこでも述べた様に好気性消化槽においてもある条件とすれば好気性槽内でも容易に脱窒が起きることがわかった。(しかも単一槽内で80~90%除去できることがわかった。この好気条件下での脱窒現象は(Ⅰ)活性汚泥フロック中心部が嫌気状態となり、そこを通過する $\text{NO}_2\text{-N}$ は還元され N_2 あるいは N_2O ガスとして飛散する。(Ⅱ)反応槽内部が局部的に嫌気状態となり脱窒するといういわゆる部分的嫌気説。以上二通りの説がいわれているが、これまでの実験においては半連続式の実験を繰り返した結果、(Ⅱ)の部分的嫌気説がある程度裏付できた。本報においてはこの部分的嫌気説を発展させ、バッチ実験においても半連続実験と同様な結果が得られるのかどうか検討した。また、反応速度定数も求めたので報告する。

表1 模擬し尿の成分と測定項目

成 分	mg/L	測定項目	No.1 (mg/L)	No.2 (mg/L)	No.3 (mg/L)	No.4 (mg/L)
Pepton	Variable	BOD	320	677	962	1385
Heat Ex	"	COD _{Cr}	288	473	697	985
Urea	100	Kj-N	76.0	86.5	95.0	107.8
NH_4Cl	2500	$\text{NO}_2\text{-N}$	92.0	82.0	82.0	82.0
$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$	100	$\text{NO}_3\text{-N}$	24.0	24.0	24.0	24.0
NaCl	3000	BOD/Kj-N	0.421	0.706	1.013	1.285
K_2HPO_4	140	COD/Kj-N	0.379	0.547	0.727	0.914
KH_2PO_4	110					
$\text{CaCl}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$	100					
KCl	500					
H_3BO_3	260					
$\text{H}_2\text{SO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$	100					
NaNO_2	400					
KNO_3	150					

2. 実験方法

2-1. 実験条件 半連続式での結果を参考とし、原水は投入後直ちに滞留日数分程残っている処理水に希釈されるので、希釈されたものを実際の原水として作製した。その模擬し尿尿水の成分と測定項目を表1に示す。その内訳はC/N比を変え、N分は各々同量とし、ペプトン(7X330mg/L, Nは倍量)、肉エキス(7X340mg/L)を変えて添加している。また、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 源として亜硝酸ナトリウム、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 源として硝酸カリウムを使用した。

2-2. 実験方法 半連続式で高除去率を示した30°C(水温)、1000mg/L(曝気量)の条件でバッチ実験した。上述の模擬し尿を設定MLSS 2500, 5000 ppmの各槽へ投入し、Fill & Draw方式で十分馴致した後、経時変化を追った。分析項目はKj-N(ケルダール法)、 $\text{NO}_2\text{-N}$ (N-1-ナフチルエチレンジアミンスルホン酸変法)、 $\text{NO}_3\text{-N}$ (ティンソン法)、pH、アルカリ度、DO、ORPである。

3. 実験結果

図1-3にKj-N, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ の経時変化を示す。DO, ORPの経時変化を図4に示す。

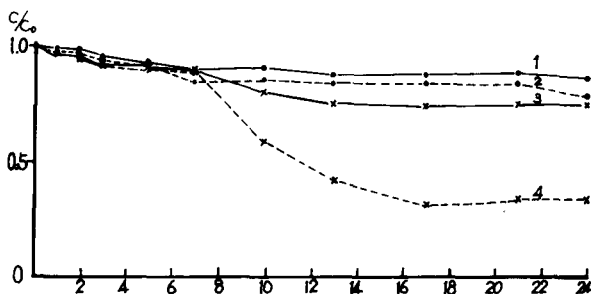


図1 Kj-Nの経時変化

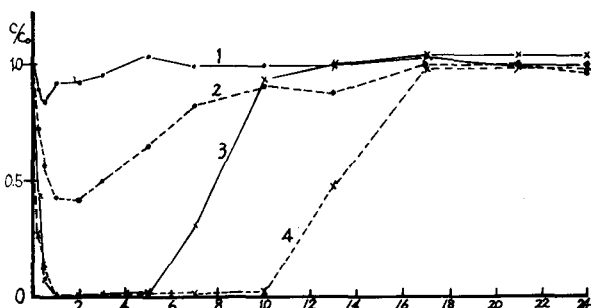


図2 $\text{NO}_2\text{-N}$ の経時変化

4. 結果の考察

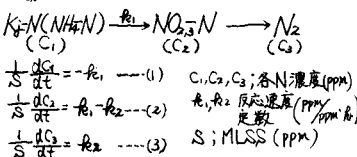
4-1 C/N 比について C/N 比が大であることは有機炭素源(水素供与体)が大きくなることであり、それだけ NO_{2,3}-N の脱窒の可能性が高い。本実験においても C/N 比が高い程、例えば No.3, 4 の実験では NO_{2,3}-N は添加直後に消滅している。これは BOD 酸化に必要な酸素が消費され、かつまだ不足分が NO_{2,3}-N の還元によって補われ、その時 N は N₂ ガスとして飛散するものと考えられる。以上から C/N 比は BOD/K_N-N=0.706, COD/K_N-N=0.547 以上が必要と考えられる。

4-2 DO, ORP について

図4に示すように DO は No.2, 3, 4 においては添加直後 O₂ ppm の状態が数時間続き、ORP も(一)側に進行しており、半連続実験で高除率を示す時の DO, ORP 変動と同様の結果が得られた。これは投入直後の還元状態を示すものであり、槽内に部分的嫌気状態を作るいわゆる部分的嫌気説が裏付けられるものと考えられる。

4-3 脱窒機構 好気条件下

での脱窒いわゆる好気性脱窒は同一槽内で硝化と脱窒が並行して進行することであり、また、脱窒の起きやすい条件は槽内の一部が嫌気状態を呈している時である。パッチ実験での反応経過時間を硝化時、脱窒時、硝化・脱窒平衡時に分けた場合、各々 0 次反応として直線になることがわかった。これを次のように考えた。



(1), (3) 式より r_1, r_2 を決定し、(2) 式に代入した。(2) 式を検証するため、計算結果と NO_{2,3}-N の速度定数の実際値を比較した。この表にも示されるように初期の反応においてはある程度の一致をみており、これは好気性脱窒が逐次反応であることがわかる。また、長から投入直後は r_2 が優先し、その後 r_1, r_2 の平衡状態が続いた後、 r_1 が優先しており、脱窒、脱窒・硝化、硝化作用の順に反応が進むものと考えられる。

参考文献 1) 中西, 石川, 末国; 好気性消化槽における窒素の挙動 (No.4), 土木学会年次講演集, (1978)
 2) 中西, 石川; 好気性脱窒に関する基礎的研究, 衛生工学研究シンポジウム (京大・衛生), (1978)

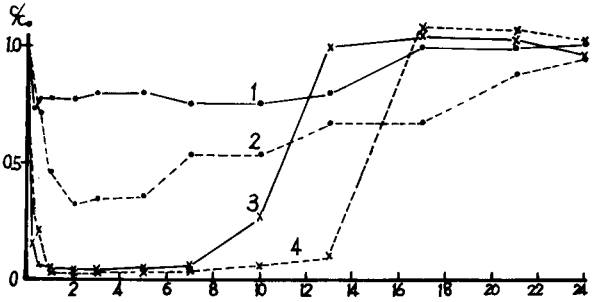


図3 NO₃-N の経時変化

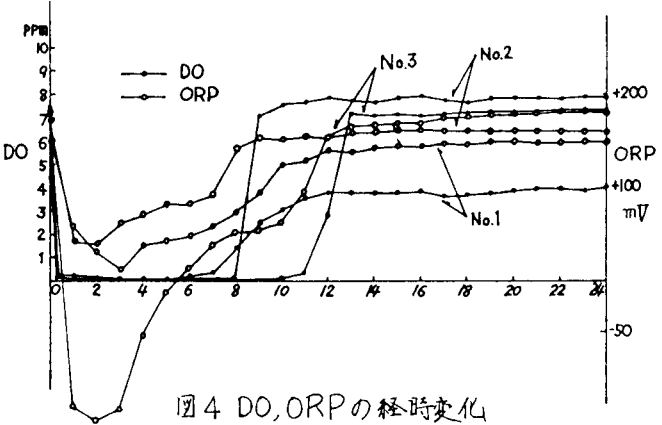


図4 DO, ORP の経時変化

表2 反応速度定数

	0-1	1-5	5-7	7-24 (HR)
K ₁	2.91 × 10 ⁻³	2.91 × 10 ⁻³	1.03 × 10 ⁻³	1.03 × 10 ⁻³
K ₂	2.31 × 10 ⁻²	6.70 × 10 ⁻⁴	6.70 × 10 ⁻⁴	6.70 × 10 ⁻⁴
K ₁ -K ₂	-2.02 × 10 ⁻³	2.24 × 10 ⁻³	3.60 × 10 ⁻⁴	3.60 × 10 ⁻⁴
NO _{2,3} -N	-1.66 × 10 ⁻²	2.64 × 10 ⁻³	2.64 × 10 ⁻³	3.68 × 10 ⁻⁴
NO.2 (MLSS 2500 ppm)				
K ₁	8.44 × 10 ⁻³	8.44 × 10 ⁻³	3.59 × 10 ⁻⁴	3.59 × 10 ⁻⁴
K ₂	3.23 × 10 ⁻²	5.49 × 10 ⁻⁴	5.49 × 10 ⁻⁴	5.49 × 10 ⁻⁴
K ₁ -K ₂	-2.33 × 10 ⁻²	7.89 × 10 ⁻³	-1.90 × 10 ⁻⁴	-1.90 × 10 ⁻⁴
NO _{2,3} -N	-1.14 × 10 ⁻²	2.00 × 10 ⁻³	2.00 × 10 ⁻³	2.02 × 10 ⁻⁴
NO.2' (MLSS 2500 ppm)				
	0-0.5	0.5-4	4-13	13-24 (HR)
K ₁	1.21 × 10 ⁻³	1.21 × 10 ⁻³	4.12 × 10 ⁻³	1.23 × 10 ⁻³
K ₂	4.01 × 10 ⁻²	6.00 × 10 ⁻⁴	6.00 × 10 ⁻⁴	6.00 × 10 ⁻⁴
K ₁ -K ₂	-3.89 × 10 ⁻²	6.10 × 10 ⁻⁴	3.52 × 10 ⁻³	-4.77 × 10 ⁻³
NO _{2,3} -N	-3.97 × 10 ⁻²	0.00	3.70 × 10 ⁻³	-1.40 × 10 ⁻⁴
NO.3 (MLSS 2500 ppm)				
K ₁	8.46 × 10 ⁻⁴	8.46 × 10 ⁻⁴	1.80 × 10 ⁻³	3.83 × 10 ⁻⁵
K ₂	1.88 × 10 ⁻²	2.32 × 10 ⁻⁴	2.32 × 10 ⁻⁴	2.32 × 10 ⁻⁴
K ₁ -K ₂	-1.80 × 10 ⁻²	6.14 × 10 ⁻⁴	1.57 × 10 ⁻³	-1.94 × 10 ⁻⁴
NO _{2,3} -N	-1.97 × 10 ⁻²	0.00	1.47 × 10 ⁻³	1.84 × 10 ⁻⁴
NO.3' (MLSS 2500 ppm)				