

し尿の好気性脱窒について

山口大・工 中西 弘
 〇字部興産 石川 泉孝
 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、ある条件を手入れれば槽内で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。この条件下での脱窒作用は(Ⅰ) 活性汚泥フロック中内部が嫌気状態となっており、そこで硝化された $\text{NO}_2\text{-N}$ が還元され N_2 あるいは N_2O ガスとして飛散する。(Ⅱ) 反応槽内が局部的に嫌気状態となり脱窒するという2通りの説がいわれているが、本好気性消化槽内での脱窒は(Ⅱ)の部分的嫌気説が、ある程度の裏付けができた。本論文においてはこの部分的嫌気説を進展させ、バッチ実験においても半連続実験と同様の結果を得ることができた。また、反応速度定数も決定したので報告する。

2. 実験方法

既に行なっている半連続方式で得られた結果を参考として、高除去率を示している水温 30°C 、曝気量 1000ml air/min の条件でバッチ実験を行なった。模擬し尿は表1に示すように3通り作成した。その内訳はC/N比を変化させるため、N分は同量として、pepton、肉エキスをNo.1模擬し尿ではそれぞれ 330mg/l 、 340mg/l 、No.2では 660mg/l 、 680mg/l 、No.3では 990mg/l 、 1020mg/l 程添加している。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。Fill and Draw方式で十分に馴致した後、模擬し尿投入後の経時変化を追った。分析項目は $\text{K}_2\text{-N}$ (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ファニル酸変法)、 $\text{NO}_3\text{-N}$ (アムリン法)、pH、アルカリ度、DO、ORPである。

3. 実験結果

図1~3に $\text{K}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の経時変化を示す。No.3の実験では $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ は投入直後 Oppm となり、その状態が数時間続いている。また、DO、ORPの経時変化を図4に示す。DOもNo.3の実験では投入直後 Oppm となり数時間その状態が続いている。

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

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)
Pepton	Variable	BOD	495.0	740.0	1368.0
Meat Ex	〃	CODmn	627.5	1000.0	1470.0
Urea	100	T-N	866.0	971.0	1056.0
NH_4Cl	2500	$\text{NO}_2\text{-N}$	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
NaCl	3000	BOD/K ₂ -N	0.651	0.855	1.440
K_2HPO_4	140	COD/K ₂ -N	0.825	1.156	1.548
KH_2PO_4	110				
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	100				
KCl	500				
H_3BO_3	260				
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	100				
NaN_2	400				
KNO_3	150				

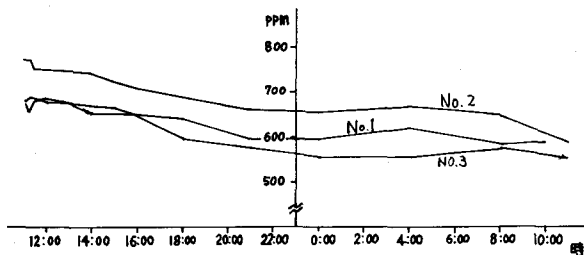


図1 $\text{K}_2\text{-N}$ の経時変化

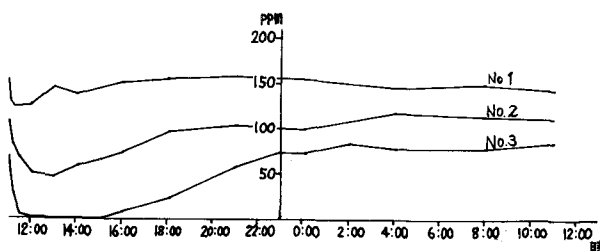


図2 $\text{NO}_2\text{-N}$ の経時変化

ことであり、それだけ $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ の脱窒の可能性はある。本実験においても C/N 比が高いほど、すなわち、No.3 の実験において $\text{NO}_{2,3}\text{-N}$ が実験開始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 $\text{NO}_{2,3}\text{-N}$ の還元によって補はわれ、その時 N は N_2 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 $\text{BOD}/\text{kg-N} = 0.855$, $\text{COD}/\text{kg-N} = 1.156$ 以上が必要と考えられる。

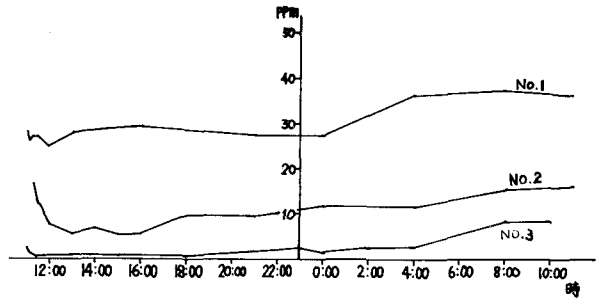


図3 $\text{NO}_3\text{-N}$ の経時変化

4-2) DO, ORP について

図4に示すように DO は実験 No.2, No.3 においては開始後 0ppm の状態が数時間続き、ORP も (-) 側に移行しており、半連続実験で高除率を示す時の DO, ORP の変化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たものと考えられる。

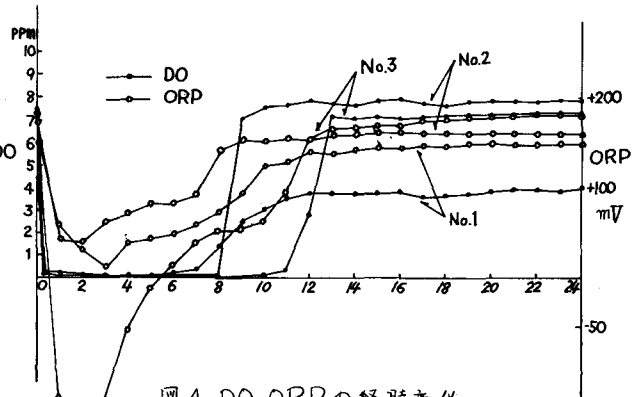
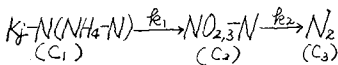


図4 DO, ORP の経時変化

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。

表2 反応速度定数

バッチ実験での反応経過時間を硝化時、脱窒時、硝化・脱窒平衡時とに分けた場合、各々 0 次反応として直線にのることがわかった。これを次のように考えた。



$$\frac{1}{S} \frac{dC_1}{dt} = -r_1 \quad \dots (1) \quad C_1, C_2, C_3; \text{各 N 濃度 (PPM)}$$

$$\frac{1}{S} \frac{dC_2}{dt} = r_1 - r_2 \quad \dots (2) \quad r_1, r_2; \text{反応速度定数 (PPM/h)}$$

$$\frac{1}{S} \frac{dC_3}{dt} = r_2 \quad \dots (3) \quad S; \text{MLSS (PPM)}$$

(1), (3) 式より r_1, r_2 を決定し, (2)

	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}	NO.1
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^{-2}	2.24×10^{-3}	3.60×10^{-4}	3.60×10^{-4}	
$\text{NO}_{2,3}\text{-N}$	-1.66×10^{-2}	2.64×10^{-3}	2.64×10^{-3}	3.68×10^{-4}	
K ₁	8.44×10^{-3}	8.44×10^{-3}	3.59×10^{-4}	3.59×10^{-4}	NO.2
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}	
$\text{NO}_{2,3}\text{-N}$	-1.14×10^{-2}	2.00×10^{-3}	2.00×10^{-3}	2.02×10^{-4}	
	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}	NO.1
K ₂	4.01×10^{-3}	6.00×10^{-4}	6.00×10^{-4}	6.00×10^{-4}	
K ₁ -K ₂	-3.89×10^{-3}	6.10×10^{-4}	3.52×10^{-3}	-4.77×10^{-4}	
$\text{NO}_{2,3}\text{-N}$	-3.97×10^{-3}	0.00	3.70×10^{-3}	-1.40×10^{-4}	
K ₁	8.46×10^{-4}	8.46×10^{-4}	1.80×10^{-3}	3.83×10^{-5}	NO.2
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}	
$\text{NO}_{2,3}\text{-N}$	-1.97×10^{-2}	0.00	1.47×10^{-3}	1.84×10^{-4}	

式に代入した。(2)式を検証するため、計算結果と $\text{NO}_{2,3}\text{-N}$ の速度定数の実験値を比較したのが表又の r_1, r_2 と $\text{NO}_{2,3}\text{-N}$ の項である。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た。これは好気性脱窒が逐次反応であることがわかる。また、表から投入直後は 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 が優先している。

参考文献 1) 中西, 石川, 木田; 好気性消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; 好気性脱窒の関する基礎的研究, 衛生工学研究シンポジウム(京大・衛生), (1978)