

東北工業大学 正員 中山 正子
東北工業大学 正員 江成 敏太郎

1. はじめに 活性汚泥と窒素を含む養水とが混合曝気される際には、活性汚泥により窒素の摂取が行なわれる。この摂取の速度は、汚泥の性状とはじめ、与えられる窒素の形態など種々の因子に左右される。ここでは窒素の摂取速度に及ぼす、汚泥の初期C/N比(回分実験による)窒素濃度と与えられた前の活性汚泥のC/N比と、温度の影響について考察したものである。

2. 実験方法 初期汚泥C/N比(C_0/N_0)の影響を知るための実験 シリーズA と、温度の影響についての実験 シリーズB の2種類の回分実験をそれぞれ6回ずつ行なった。回分実験に使用した汚泥は表-1に示す組成とマフスエ下水(A)(B)(C)とリン酸緩衝液を用い、1日1回粉餌の fill and draw 方式により、25日間以上培養して培養したものである。培養条件を表-2に示す。汚泥引き抜き後に30分間放置させ、10mlを残留して上澄を捨て20mlほど水道水を加え、エ下水とリン酸緩衝液とを与えた。培養槽内汚泥のMLSSは約4,000mg/l、SVIは約40であった。実験は、シリーズA、Bとも、容量5.5lの角型曝気槽を用い、回分法による。

〈シリーズA〉C/N比が異なる汚泥を作るために、グルコースのみエ下水(A)と適量与え、 C_0/N_0 を表-3に示す実験条件のように、5.24~10.19までの6段階に変化させた。グルコースがほぼ除された後に、エ下水(B)(C)と表-3に示す量、及び、リン酸緩衝液と培養槽内濃度と等しくなるよう添加し実験を開始した。

表-1 エ下水、リン酸緩衝液組成

エ下水組成	
(A) $C_6H_{12}O_6$	200.0 g/l
(B) NH_4Cl	30.8 g/l
NaCl	20.0 g/l
(C) $MgSO_4$	6.8 g/l
$CaCl_2$	10.0 g/l
リン酸緩衝液組成	
KH_2PO_4	50.0 g/l
K_2HPO_4	200.0 g/l

開始した。〈シリーズB〉これは温度の影響を知るための実験である。実験条件を表-4に示す。MLSS濃度とほぼ一定に、エ下水(A)(B)(C)を20mlずつ、リン酸緩衝液と培養槽内濃度と等しく添加した。温度は10℃~35℃までの6段階に変化させた。シリーズA、Bの分析項目と方法を以下に示す。MLSS(ガラスフィルターを用いた遠心分離法)、 NH_4^+ (イオンメーター法、 NH_4^+-N は NH_4^+ からの換算値)、 $C \cdot N$ (樹本 $C \cdot N$ コーダー〈MT-500〉)。

3. 結果と考察

3-1. 活性汚泥による窒素の摂取速度について 唯一の窒素源として与えられた NH_4^+ 中の窒素は、活性汚泥の働きにより摂取され、活性汚泥中の窒素量が増加する。実験結果によると、シリーズA、Bとも、 NH_4^+-N (L_N (mg/l))が反応時間の経過とともに減少していく過程と、汚泥中窒素濃度(N (mg/l))が増加していく過程は、ともに直線近似することができた。汚泥中窒素の増加過程の一例を図-1に示す。これより NH_4^+-N の減少速度($-dL_N/dt$ (mg/l/h))と汚泥中窒素濃度の増加速度(dN/dt (mg/l/h))は、この回帰した直線の傾きにより表示し得ると見られる。以下の考察では、実験時のMLSS濃度の違いを考慮し、それぞれの速度は初期汚泥中窒素濃度(N_0 (mg/l))で除して、基準化した値を用いた。

3-2. 初期汚泥C/N比(C_0/N_0)と摂取速度との関係 シリーズAは、

実験条件として C_0/N_0 を変えたものである。この実験結果を用いて、失い求めた NH_4^+-N 減少速度($-dL_N/dt$)/ N_0 ($1/h$)、汚泥中窒素増加速度(dN/dt)/ N_0 ($1/h$)の値と、 C_0/N_0 との関係を図-2に示す。 NH_4^+-N 減少速度、汚泥中窒素増加速度とも、 C_0/N_0 が増加するに伴い、ほぼ直線的

表-2 培養条件

培養槽	20 l
エ下水(表-1)	100 ml/日
リン酸緩衝液(表-1)	130 ml/日
汚泥引き抜き量	2000 ml/日
培養温度	約25℃

表-3 実験条件(シリーズA)

実験 No.	C_0/N_0 (-)	MLSS (mg/l)	エ下水(B)(C) (ml/5.5 l曝気槽)
A-1	5.24	876	各20
A-2	6.44	836	
A-3	7.02	1140	
A-4	8.72	1140	
A-5	9.45	1130	
A-6	10.19	1284	

表-4 実験条件(シリーズB)

実験 No.	温度 (℃)	MLSS (mg/l)	エ下水(A)(B)(C) (ml/5.5 l曝気槽)
B-1	10	600	各20
B-2	15	572	
B-3	20	564	
B-4	25	600	
B-5	30	468	
B-6	35	592	

が増加する傾向になった。以上の結果をふまえて、汚泥のC/N比がとることのできる最少の値 $(C/N)_{min}$ を仮定し、式(1)の形に整理することと考える。

$$-\frac{1}{N_0} \frac{dN}{dt} \left(\text{or } \frac{1}{N_0} \frac{dN}{dt} \right) = a \cdot \left[\frac{C_0}{N_0} - \left(\frac{C}{N} \right)_{min} \right] + b \quad \text{--- (1)}$$

a, b : 定数(1/hr)

自家呼吸が通んだ状態での活性汚泥の組成は $C_5H_7O_2N$ だと考え、そのC/N比4.29を $(C/N)_{min}$ として、最少=乗法より直線回歸し、 a, b を求めた。(r: 相関係数)

○NH₄-N減少速度

$$a = 6.81 \times 10^{-3} (\text{1/hr}), b = 3.33 \times 10^{-3} (\text{1/hr}) \quad Y = 0.929$$

○汚泥中窒素増加速度(この計算にはA-5を除く)

$$a = 6.05 \times 10^{-3} (\text{1/hr}), b = -4.51 \times 10^{-3} (\text{1/hr}) \quad Y = 0.997$$

硝化がないと考えれば、NH₄-N減少速度と汚泥中窒素増加速度は一致するはずである。しかし実験結果は一致せず、

汚泥中窒素増加速度が小さい値を示した。この結果に関しては今後検討を要するが、C/N₀が増加すればNH₄-N減少速度、汚泥中窒素増加速度が直線的に増加し、式(1)の形に表せると推論できる。

3-3. 温度と採取速度との関係 シリーズBの実験結果から求めたNH₄-N減少速度、汚泥中窒素増加速度と温度(T(°K))との関係とArrhenius式により整理する。

$$k = A \cdot \exp\left(-\frac{EA}{RT}\right) \quad \text{--- (2)}$$

k: 反応速度 T: 絶対温度 A: 頻度因子

EA: 活性化エネルギー R: ガス定数

Arrhenius式の適合するならば、ln kと1/Tとは直線関係が成立する。これを図-3に示す。B-6のデータは高温による欠測のため直線からは乗らないが、B-1~B-5の5点は直線上に乗った。直線回歸した結果を示す。(r: 相関係数)

○NH₄-N減少速度

$$A = 5.12 \times 10^4 (\text{1/hr}), EA = 22100 (\text{cal/mole}) \quad Y = 0.999$$

○汚泥中窒素増加速度

$$A = 6.60 \times 10^3 (\text{1/hr}), EA = 20900 (\text{cal/mole}) \quad Y = 0.992$$

いずれも相関係数は0.99以上であることから、この培養条件によって得た活性汚泥のNH₄-N減少速度、汚泥中窒素増加速度は10℃~30℃の範囲内の温度に於てはArrhenius式に従うことがわかった。又、両者の値もほぼ等しいことから、減少したNH₄-N量の汚泥中に吸着・採取された窒素量に等しいと考えられる。活性化エネルギーの大きさは、活性汚泥の基質除去速度、酸素利用速度などに関して報告されているが、これらの値と比較すれば、本実験で得られた値は比較的大きな値を示していた。

4. まとめ 以上の結果より、NH₄-N減少速度、汚泥中窒素増加速度は汚泥のC/N₀に於て直線関係にあること、温度の影響については、10℃~30℃の範囲でArrhenius式に従うことがわかった。

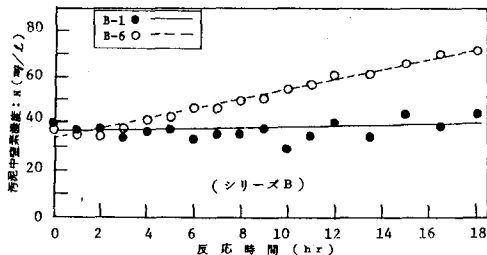
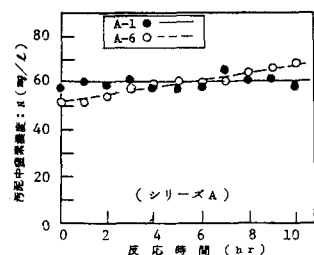


図-1 汚泥中窒素濃度の時間変化

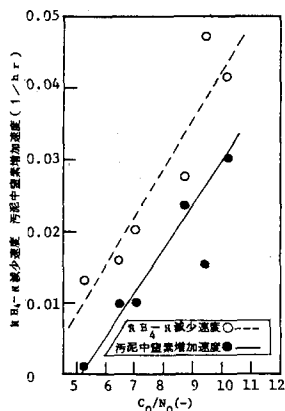


図-2 C_0/N_0 と窒素採取速度

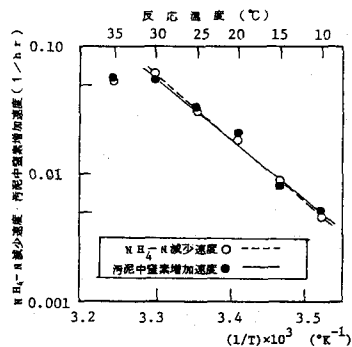


図-3 温度と窒素採取速度