

1. はじめに 活性汚泥の浄化モデルは、現在までに数多く発表されている。本研究では、実験値とともに、特に汚泥中炭素と窒素濃度の着目した浄化モデルにより、実験値とどの程度説明し得るかを試みた。更に、反応温度が与える影響についても考察した。

2. 実験方法 <汚泥の培養> 実験に使用した汚泥は表-1に示す組成をもつ人工下水とリン酸緩衝液を用い、1日1回給餌の fill and draw 方式により、3ヶ月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、30分間沈殿させ、10mlを残して上澄を捨て、20mlまで水道水を加えて、人工下水とリン酸緩衝液を与えた。培養槽内汚泥のMLSSは約5,000mg/l、SVIは約40と安定していた。

<区分実験> 実験は区分法による。5.5lの小型曝気槽を2個用意し、一方をDO測定用、他方をサンプリング用とした。実験条件を表-3に示す。MLSS濃度はほぼ一定とし、人工下水(表-1)を20ml投入した。ここで温度の影響を知る為、10℃～35℃までの6段階で実験を行なった。<実験項目・分析方法> 以下に示す通りである。MLSS(ガラスフィルターを用いた濾過法)、炭水化合物(アンスロン法)、 $\text{NH}_4^+$ (イオンメーター法)、汚泥中炭素・窒素濃度(柳本と・Nコーダー(MT-500))、DO及び酸素消費速度(DOメーターと記録計連結による方法)。

3. 実験結果 実験結果の一部(T-2, T-6)を図-2～図-6に示す。上澄中 $\text{NH}_4^+-\text{N}$ ( $\text{NH}_4^+$ からの換算値)の減少と、汚泥中窒素の増加はほとんど直線近似でき、その傾きと $\text{NH}_4^+-\text{N}$ の減少速度、汚泥中窒素の増加速度として図-1に示す。それらの速度は温度の上昇に伴って直線的に増加し、互いにほぼ等しい値を示した。このことから減少した $\text{NH}_4^+-\text{N}$ 量は、汚泥中に吸着・吸収される窒素量にほぼ等しいと考えられた。

4. 浄化モデルと計算結果 以上の実験結果とともに、モデルの定式化を試みた。その結果を(1)～(7)に示す。

表-1 人工下水・リン酸緩衝液組成

| 人工下水組成                              |           |
|-------------------------------------|-----------|
| $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ | 200.0 g/l |
| $\text{NH}_4\text{Cl}$              | 30.8 g/l  |
| $\text{NaCl}$                       | 20.0 g/l  |
| $\text{MgSO}_4$                     | 6.8 g/l   |
| $\text{CaCl}_2$                     | 10.0 g/l  |
| リン酸緩衝液組成                            |           |
| $\text{KH}_2\text{PO}_4$            | 50.0 g/l  |
| $\text{K}_2\text{HPO}_4$            | 200.0 g/l |

表-2 培養条件

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

表-3 実験条件

| 実験<br>No. | 温度<br>(℃) | MLSS<br>(mg/l) | 投入炭水化合物<br>(mg/l)                           |
|-----------|-----------|----------------|---------------------------------------------|
| T-1       | 10        | 600            | 727<br>(投入人工下水(表-1)<br>の20ml/5.5l<br>中の計算値) |
| T-2       | 15        | 572            |                                             |
| T-3       | 20        | 564            |                                             |
| T-4       | 25        | 600            |                                             |
| T-5       | 30        | 468            |                                             |
| T-6       | 35        | 592            |                                             |

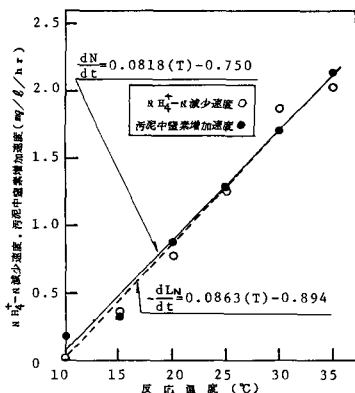


図-1 窒素の変化速度

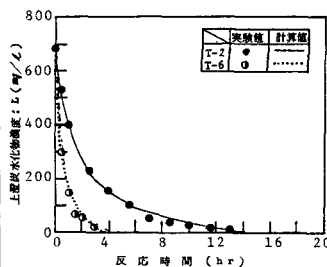


図-2 上澄炭水化合物濃度の時間変化

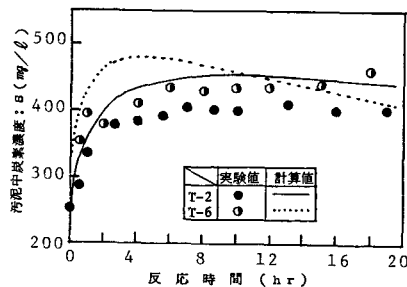


図-3 汚泥中炭素濃度の時間変化

(1) 基質の除去(L)

$$-\frac{1}{N} \frac{dL}{dt} = \left[ k_1 + k_2 \left( \frac{S_{max}}{N} - \frac{S}{N} \right) \right] \left( \frac{L}{K_L + L} \right)$$

N: 汚泥中窒素濃度(mg/l) L: 基質(上澄中炭水化物)濃度(mg/l)

$k_1, k_2$ : 速度定数(1/hr)  $K_L$ : 定数(mg/l)  $S_{max}$ : 飽和蓄積物

(汚泥内炭素)濃度(mg/l) S: 蓄積物(汚泥内炭素)濃度(mg/l)

ここで  $(S_{max}/N - S/N) \geq 0$  とする。

(2) 蓄積物(汚泥中炭素)濃度(S)

$$\frac{1}{N} \frac{dS}{dt} = \alpha \left( -\frac{1}{N} \frac{dL}{dt} \right) - \alpha' \left( \frac{1}{N} \frac{dO_2}{dt} \right)$$

$O_2$ : 酸素濃度(mg/l)  $\alpha, \alpha'$ : 定数(-)

(3) 汚泥中炭水化物濃度(S')

$$\frac{1}{N} \frac{dS'}{dt} = \alpha' \left( -\frac{1}{N} \frac{dL}{dt} \right) - \alpha' \left( \frac{1}{N} \frac{dO_2}{dt} \right) - \beta \left( \frac{1}{N} \frac{dN}{dt} \right)$$

S': 汚泥中炭水化物濃度(mg/l)  $\alpha', \alpha', \beta$ : 定数(-)

(4) 汚泥中窒素濃度(N)

$$\frac{dN}{dt} = \left[ k_N(T) - a_N \right] \left( \frac{L_N}{K_{LN} + L_N} \right)$$

T: 反応温度( $^{\circ}C$ )  $a_N$ : 定数(mg/l/hr)

$k_N$ : 速度定数(mg/l/hr)  $L_N$ : 溶液中の窒素濃度(mg/l)

$K_{LN}$ : 定数(mg/l)

(5) 溶液中の窒素濃度( $L_N$ )

$$L_N = L_{N0} - (N - N_0)$$

$L_{N0}$ : 初期の溶液中窒素濃度(mg/l)  $N_0$ : 初期の汚泥中窒素濃度(mg/l)

(6) 酸素消費速度

$$\frac{1}{N} \frac{dO_2}{dt} = \left[ \gamma \left( -\frac{1}{N} \frac{dL}{dt} \right) + \gamma_2 \left( -\frac{1}{N} \frac{dL_N}{dt} \right) + R \right] \left( \frac{C}{K_C + C} \right)$$

R: 自発呼吸速度(1/hr)  $\gamma, \gamma_2$ : 定数(-)

$K_C$ : 定数(mg/l) C: 溶解酸素( $DO$ )濃度(mg/l)

(7) 溶解酸素( $DO$ )濃度(C)

$$\frac{dC}{dt} = K_L a (C_s - C) - \frac{dO_2}{dt}$$

$K_L a$ : 総溶解酸素移動定数係数(1/hr)  $C_s$ : 飽和溶解酸素濃度(mg/l)

それぞれの反応定数を定めて、シミュレーション計算を行ない、浄化モデル式の妥否性を検討した。計算の一部を図-2~図-6に示す。この浄化モデルは、それぞれの実験値の変化パターンを示しているように思われたが、水質項目によらず若干、適合性に見られる部分もあった。反応定数の決定方法も含めて、今後の研究課題としたい。反応定数 $k_1, k_2, K_L$ を $20^{\circ}C$ の値を基準として、図-7に示す。 $k_1, k_2$ は、温度の上昇とともに同じような傾向で大きくなり、 $K_L$ は逆に減少した。 $k_N, a_N$ は、図-1に示す関係(図中の数式)より求めた。汚泥中窒素の増加速度も、温度に大きく影響されることがあった。最後に、実験に協力された梅津仁、石原裕之、伊藤正、遠藤直樹(いずれも本学4年次学生)の各氏に感謝の意を表します。

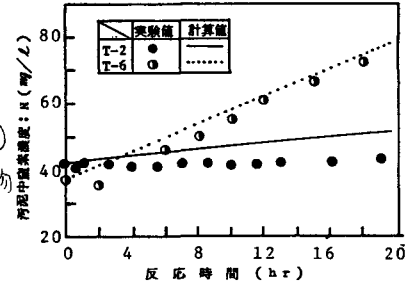


図-4 汚泥中窒素濃度の時間変化

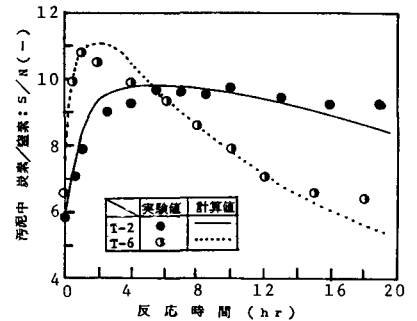


図-5 汚泥中 炭素/窒素 の時間変化

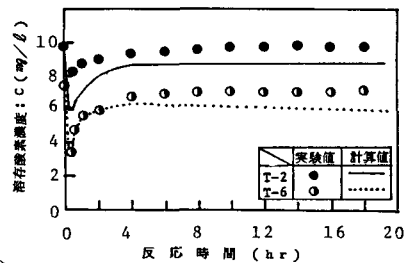


図-6 溶解酸素濃度の時間変化

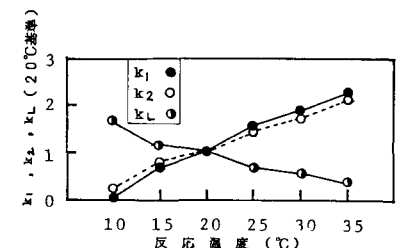


図-7  $k_1, k_2, K_L$  ( $20^{\circ}C$ 基準)