

大阪大学工学部 正員 橋本 奨  
 大阪大学工学部 古川 憲治  
 大阪大学工学部 尾崎 保夫

嫌気・好気式高濃度活性汚泥法では、嫌気と好気の両槽の間を高SS濃度の混合液が、循環され、又活性汚泥の平均細胞滞留時間( $t_s$ )は極めて長く保持されるので、窒素と難分解性物質等の有機物が、除去できる。従って、この方法で窒素およびポリビニールアルコール(PVA)等難分解性物質を効率よく除去するため、数年前より種々研究を積み重ねている。<sup>(1,2)</sup> ここでは、本法の新しい動力学式を提出し、これを用いて解析された実験結果と至適運転法について報告する。

### 1. 嫌気・好気式高濃度活性汚泥法の動力学的解析;

図-1に基づき嫌気槽の窒素、TOC、PVAの物質収支をとると(1)式で表わされる。本法は、活性汚泥濃度を高濃度に保ち、低負荷運転されているので、槽内の活性汚泥の増殖はないものと仮定する。

$$V_1 \left( \frac{dl_1}{dt} \right)_m = Q_r l_2 + Q_s l_s - Q_r l_1 - Q_s l_1 - V_1 \left( \frac{dl_1}{dt} \right) \quad \text{---- (1)}$$

同様に、好気槽の物質収支をとると(2)式が得られる。

$$V_2 \left( \frac{dl_2}{dt} \right)_m = Q_r l_1 - Q_r l_2 - V_2 \left( \frac{dl_2}{dt} \right) \quad \text{---- (2)}$$

ここで、 $\left( \frac{dl_1}{dt} \right)_m$ : 嫌気槽内の窒素、TOC、PVA 除去速度 (mg/l/日)

$\left( \frac{dl_1}{dt} \right)_m$ : 嫌気槽内の窒素、TOC、PVA の濃度変化 (mg/l/日)

$\left( \frac{dl_2}{dt} \right)_m$ : 好気槽内の窒素、TOC、PVA 除去速度 (mg/l/日)

$\left( \frac{dl_2}{dt} \right)_m$ : 好気槽内の窒素、TOC、PVA の濃度変化 (mg/l/日)

合成PVA廃水の場合; 基質除去は、零次反応に従うので(1)式、(2)式の $\left( \frac{dl_1}{dt} \right)$ と $\left( \frac{dl_2}{dt} \right)$ は、次式で示される。

$$\left( \frac{dl_1}{dt} \right) = K_1 S_1 \quad \text{---- (3)}, \quad K_1: \text{嫌気槽の基質除去速度恒数 (1/日)}$$

$$\left( \frac{dl_2}{dt} \right) = K_2 S_2 \quad \text{---- (4)}, \quad K_2: \text{好気槽の基質除去速度恒数 (1/日)}$$

定常状態では、(1)式、(2)式の左辺は、零となるので、(1)式、(2)式、(3)式、(4)式より(5)式が得られる。

$$Q_s l_s - Q_s l_1 = V_1 K_1 S_1 + V_2 K_2 S_2 \quad \text{---- (5)}$$

$S_1 = S_2 = S$ ,  $Q_r/Q_s = r$  (汚泥循環比) とすると、定常状態では(1)式と(5)式より(6)式が導かれる。

$$\left( \frac{1}{r} + 1 \right) \frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{K_2} \frac{Q_s (l_s - l_2)}{S} - \frac{K_1}{K_2} \quad \text{---- (6)}$$

合成し尿の場合; この場合の嫌気槽の基質除去は、%比が著しく低いので、一次反応に従い(1)式の $\left( \frac{dl_1}{dt} \right)$ は(7)式で示される。

$$\left( \frac{dl_1}{dt} \right) = k_1 S_1 l_1 \quad \text{---- (7)}, \quad k_1: \text{嫌気槽の基質除去速度恒数 (1/ppm/日)}$$

2. 実験方法; 図-1の模式図に従い実験方法の概略を説明する。種々な%比の合成廃水は、流量 $Q_s$ で嫌気槽(V<sub>1</sub>)に加える。嫌気槽の混合液は、汚泥ポンプ(P)により循環流量( $Q_r$ )で好気槽に送られると共に嫌気槽に装着したフ

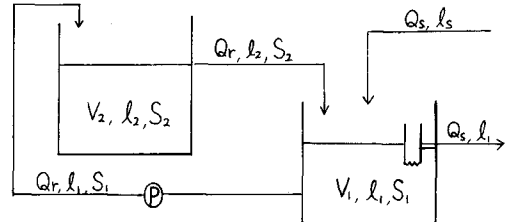


図-1. 嫌気・好気式高濃度活性汚泥法の模式図

$l_s$ : 廃水の基質濃度 (ppm)  $l_1$ : 嫌気槽内の基質濃度 (ppm)

$l_2$ : 好気槽内の基質濃度 (ppm)  $V_1$ : 嫌気槽の容積 (l)

$V_2$ : 好気槽の容積 (l)  $S_1$ : 嫌気槽のMLSS (ppm)

$S_2$ : 好気槽のMLSS (ppm)  $Q_s$ : 廃水の流量 (l/日)

$Q_r$ : 汚泥循環流量 (l/日)  $r = Q_r/Q_s$  (汚泥循環比)

定常状態では、 $\left( \frac{dl_1}{dt} \right)_m = 0$  となり、 $V_1/Q_s = t_1$ ,  $Q_r/Q_s = r$  とすると、(1)式、(7)式より(8)式が導かれる。

$$\frac{1}{S_1 t_1} \left( \frac{l_s}{r} + r \frac{l_2}{l_1} \right) = \frac{1}{S_1 t_1} (1+r) + k_1 \quad \text{---- (8)}$$

同様に、好気槽内の基質除去も一次反応とみなすと(2)式より(9)式が得られる。

$$k_2 S_2 l_2 = \frac{Q_r}{V_2} (l_1 - l_2) \quad \text{---- (9)}$$

ここで、 $k_2$ : 好気槽の基質除去速度恒数 (1/ppm/日)

$V_2/Q_r = t_2$ ,  $l_r = l_1 - l_2$  とすると(9)式より(10)式が得られる。

$$\frac{l_r}{l_1} = \frac{k_2 S_2 t_2}{1 + k_2 S_2 t_2} \quad \text{---- (10)}$$

(10)式を変形すると(11)式が得られる。

$$\frac{S_2 t_2}{\frac{l_r}{l_1}} = S_2 t_2 + \frac{1}{k_2} \quad \text{---- (11)}$$

(8)式と(11)式より、嫌気槽と好気槽の基質除去速度恒数  $k_1$ ,  $k_2$  を求めることができる。

1ルターで濾過され、極めて透明な処理水を得た。PVA 500ppm (TOC 257ppm),  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  285ppm を含んだ合成PVA廃水-I (SN=293) と PVA 1,000ppm,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  385ppm を含んだ合成PVA廃水-II (SN=546) の処理は、 $V_1+V_2=9.5\text{L}$ ,  $Q_S=6.05\text{L/日}$ ,  $Q_R=14\sim104\text{L/日}$ , pH 6.8~7.6, 温度  $29\sim30^\circ\text{C}$ ,  $t_S=190\text{日}$ 以上, 平均MLSS 9,100ppmで行った。一方, 合成し尿 (SN=1.1) は, ペプトン 1.72g/L, 肉エキス 1.14g/L に  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  を 2.8g/L 加えて, TOC 1,000ppm, total-N 900ppm となるように調整し,  $V_1+V_2=12\text{L}$ ,  $Q_S=2.6\text{L/日}$ または  $6\text{L/日}$ ,  $Q_R=12\sim36\text{L/日}$ , pH 6.2~8.1 (平均 7.2), 温度  $25^\circ\text{C}$ , 平均MLSS 9,300ppmで処理実験を行った。いずれも好気槽は, DO 3ppm以上となるように曝気し, 嫌気槽は, 攪拌機で均一に混合して, 各運転条件で定常状態が得られるまで, 2~3週間連続処理を行った。

3. 実験結果と考察; 合成PVA廃水-Iの処理結果の一例を示すと,  $\frac{V_2}{V_1}=0.727$ ,  $r=4.76$  では, 窒素とPVA除去率は, それぞれ 94.6%と91.3%になり, 窒素とPVAが, 同時に効率よく除去できることが示された。

図-2は, 得られた実験結果をTOC除去について解析したものである。合成PVA廃水-Iの処理では,  $(\frac{1}{1+r})\frac{V_2}{V_1}=64.2\frac{Q_S}{S V_1}(l_S-l_2)-1.066$  ----(12), 合成PVA廃水-IIの処理では,  $(\frac{1}{1+r})\frac{V_2}{V_1}=26.3\frac{Q_S}{S V_1}(l_S-l_2)-0.758$  ----(13)という直線が得られた。

図-3は, 同様に  $\text{NH}_4\text{-N}$  除去について解析したものである。合成PVA廃水-Iでは,  $(\frac{1}{1+r})\frac{V_2}{V_1}=386\frac{Q_S}{S V_1}(l_S-l_2)-1.42$  ----(14)となり, 合成PVA廃水-IIの処理では,  $(\frac{1}{1+r})\frac{V_2}{V_1}=137\frac{Q_S}{S V_1}(l_S-l_2)-0.898$  ----(15)となった。

一方, 合成し尿を処理したところ, TOC除去率は, いずれも94~98%と高かったが, total-N除去率は, 亜硝酸型になった一例(92.9%)を除き, 55~63%の範囲に止まった。

図-4は, 嫌気槽内の total-N 除去を(8)式を用いて解析したものである。図より,  $\frac{1}{S_1 t_1}(\frac{l_2}{x_1}+\frac{l_2}{x_1}r)=\frac{1+r}{S_1 t_1}+7.3\times 10^{-5}$  ----(16) が得られ, total-N 除去速度恒数  $k_1=7.3\times 10^{-5}(\text{1/ppm日})$  が求まる。

図-5は, 好気槽内のTKN除去を(11)式を用いて解析したものである。図より,  $\frac{S_2 t_2}{x_1}=S_2 t_2+\frac{1}{7.87\times 10^{-3}}$  ----(17) が得られ, TKN 除去速度恒数  $k_2=7.87\times 10^{-3}(\text{1/ppm日})$  が求まる。

4. まとめ; (1)本法により, 窒素とPVA等難分解性物質が, ほぼ完全に除去されることが示された。(2)動力学式を用い, 合成PVA廃水の最適処理条件を求めると  $V_1=5.29\text{L}$ ,  $V_2=4.21\text{L}$ ,  $r=3.80$  となり, 合成し尿の total-N を 80% 除去するための最適条件を求めると,  $V_1=15.3\text{L}$ ,  $V_2=17.6\text{L}$ ,  $r=4.05$  になった。

#### 参考文献

- 橋本, 古川; 下水道協会誌 Vol. 14, No. 152, 16~23 (1977), Vol. 14, No. 153, 21~25 (1977)
- 橋本, 尾崎, 古川; 第14回, 下水道研究発表会講演集 P. 299~301 (1977)

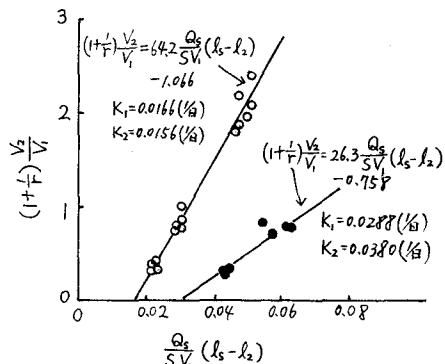


図-2, (6)式によるTOC除去の解析(合成PVA廃水)

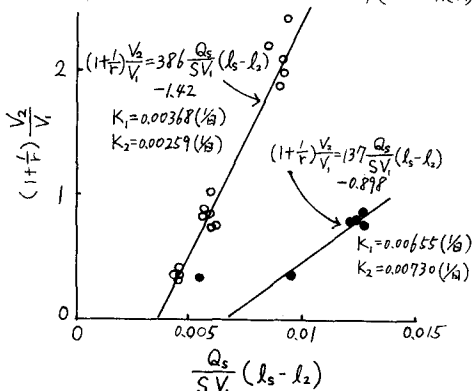


図-3, (6)式による  $\text{NH}_4\text{-N}$  除去の解析(合成PVA廃水)

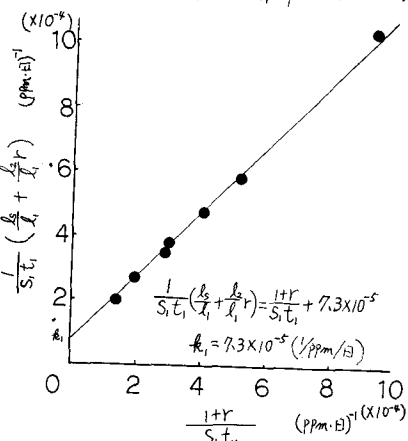


図-4, (8)式による total-N 除去の解析(合成し尿)

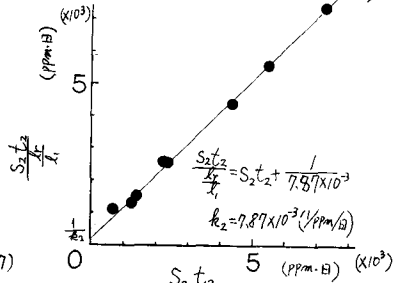


図-5, (11)式によるTKN除去の解析(合成し尿)