

II-423 都市下水の嫌気性処理に関する研究

日本大学生産工学部 ○ 学会員 奈良 光範
 早稲田大学理工学部 正会員 遠藤 郁夫
 日本大学生産工学部 正会員 永田 伸之

1. 緒論

希薄有機性廃水の嫌気性処理法について最近種々の処理プロセスによる研究が行われている。本研究は都市下水の嫌気性処理法について処理水の性質、汚泥増加量およびSVIなどの諸点より検討を行ったものである。さらに動力学的解析から嫌気性処理法の温度依存性を明らかにした。これらの総合的な観点より嫌気性処理法の特性を明らかにしようとするものである。

2. 実験方法

嫌気性処理の実験装置を図-1に示した。反応槽の温度は恒温水槽を用いて、それぞれ10℃、20℃および25℃として実験を行った。有機性廃水としてF市の都市下水を用いた。反応槽へは下水を定量ポンプにより連続的に供給し、反応槽内は連続攪拌により完全混合状態とした。

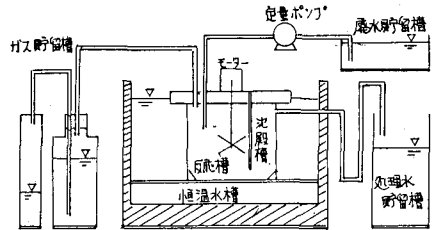


図1 実験装置

3. 実験結果および考察

(1) 実験結果

1) 処理水の性質

反応槽のMLSS濃度は3000-10000 ppmの範囲について10℃-25℃の温度範囲について実験を行った。滞留時間は6-24時間の範囲とした。処理水のBODおよびCODが20 ppm以下になった場合の各温度における滞留時間を表-1に示した。また図-2および図-3に8000 ppmの場合の処理水のBODおよびCODを示した。実際の処理プロセスを考えた場合、図-2、図-3および表-1からわかるようにMLSS 8000-10000 ppmの範囲で、10℃では24時間、20℃では18時間、25℃では14時間以上が必要であることがわかった。この際の処理水の特性として活性汚泥法と比較して著しく低いCODが得られた。また処理水の透視度も多くの場合30以上であった。このように嫌気性処理による処理水は無臭で、PHは7.2-7.5の範囲にあり、CODが小さい極めてきれいな処理水であることが認められた。

さらにMLSS 8000-10000 ppmの範囲における汚泥の沈殿率は動的平衡状態において40-60%の範囲であった。このことから嫌気性処理プロセスにおける沈殿槽の滞留時間は3から4時間、特に4時間が望ましいものと考えられる。この場合、標準活性汚泥法のSVIと対比すると、200-300に相当する値である。またガスの発生量は8000-10000 ppmの範囲では投入有機物当り12-20 cc/vs.gramの範囲で、ガスの組成はメタンが

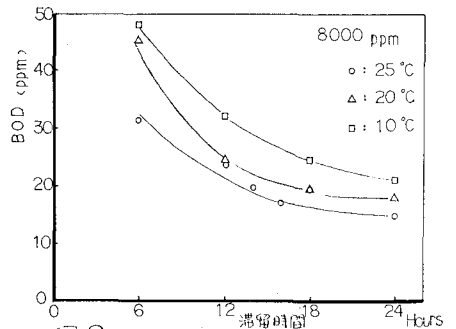


図-2 処理水BODと滞留時間の関係

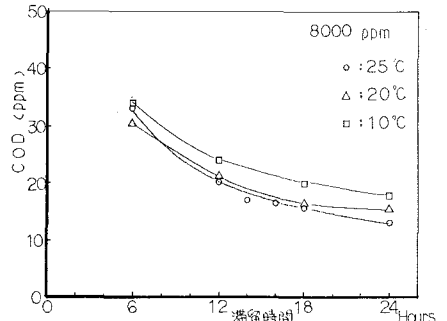


図-3 処理水CODと滞留時間の関係

表-1 動力学的モデル定数

Y^0 mg vs. mg BOD	K^d day ⁻¹	K^m day ⁻¹	K^s mg/l	T °C	$K(X^s=20 \text{ ppm})$ day ⁻¹
0.642	0.0127	0.131	57.3	25	0.0339
0.638	0.0157	0.129	79.6	20	0.0259
0.543	0.0098	0.118	127.2	10	0.0160

スル主成分で40-60%の範囲であつた。またガスの臭気について明らかに認められる程度であつた。

2). 汚泥の増殖

汚泥の増殖量を図-4に示した。MLSS 8000-10000 ppmの範囲では12-16時間の範囲で汚泥の増殖量が零になることが認められた。ここで図-4と表-1を照合すると、10-25°Cの範囲でBODおよびCODと20 ppm以下になるように運転すれば、その時の滞留時間は14-24時間の範囲であるから、図-4の実験結果と合わせて考えると、10-25°Cの範囲において同じ運転操作をすれば余剰汚泥も発生しないことが認められた。対数増殖期は温度と汚泥濃度によるが、多くの場合6-18時間であつた。この対数増殖期における汚泥の増殖量は1日処理水量当り $6-154 \times 10^{-4} \text{ kg(dry)/m}^3$ であり活性汚泥法の $1/13$ 以下であることが認められた。

(2) 動力学的解析

下水の嫌気性処理について動力学的解析を行つた。対数増殖期における菌体の増殖は嫌気性処理で滞留時間が長いことから比死滅速度を考慮して(1)式のように表すことができる。

$$\frac{dX_i^0}{d\theta} = (k - k^d)X_i^0 \quad \dots (1)$$

X_i^0 : 菌体濃度, θ : 時間
 k : 比増殖速度, k^d : 比死滅速度

また比増殖速度は(2)式で表すことができる。

$$k = \frac{k^m X_1^s}{K^s + X_1^s} \quad \dots (2)$$

k^m : 最大比増殖速度, X_1^s : 基質濃度
 K^s : k^m の1/2における基質濃度

菌体および基質の物質収支式を定常状態の条件のもとで解けば、菌体濃度および基質濃度は各々(3)および(4)式で表すことができる。

$$X_1^0 = \frac{Y^0(X_1^s - X_1^0)}{\alpha + k^d \theta^r} \quad \dots (3) \quad X_1^s = \frac{k^s(\alpha + k^d \theta^r)}{k^m \theta^r - (\alpha + k^d \theta^r)} \quad \dots (4)$$

θ^r : 滞留時間(反応槽容積(V)と流入水量(F)の比, $\theta^r = V/F$)

Y^0 : 菌体収率, X_1^s : 流入水中の基質濃度, X_1^0 : 流出水中の基質濃度, α : 流出水中と反応槽内の基質濃度の比。
(3)および(4)式を Lineweaver Burk Plot 法により次のように変形すれば動力学的モデル定数 Y^0, k^d, k^m および k^s をグラフから直接得ることができる。(5)および(6)式のプロットを図-5および図-6に各々示した。

$$\frac{X_1^s - X_1^0}{\alpha \cdot X_1^0} = \frac{1}{Y^0} + \frac{k^d \theta^r}{\alpha \cdot Y^0} \quad \dots (5) \quad \frac{\theta^r}{\alpha + k^d \theta^r} = \frac{1}{k^m} + \frac{k^s}{k^m X_1^0} \quad \dots (6)$$

さらに嫌気性処理における温度の影響について活性化エネルギーを(7)式より求めた。その結果 $A = 8660 \text{ cal}$ を得た。また(8)式で定義される温度係数を求め、 $K_2/K_1 = 1.69$ を得た。 $(T_1 = 283, T_2 = 293)$ k_1, k_2 : 各々絶対
 $\log k = \log C - \frac{A}{4.574 \cdot T} \quad \dots (7) \quad T$: 絶対温度, C : 積分定数
 $\log \frac{k_2}{k_1} = \frac{0.219A(T_2 - T_1)}{T_2 \cdot T_1} \quad \dots (8) \quad \log \frac{k_2}{k_1}$: 温度 T_1, T_2 における反応速度

4. 結論

都市下水の嫌気性処理を行い、温度10-20°C, MLSS 8000-10000 ppmの範囲で極めてすぐれた処理水を得ることができた。またこの範囲では余剰汚泥の発生がほとんどないことを確かめることができた。嫌気性処理における活性化エネルギー 8660 cal を得た。これは活性汚泥法と同等あるいはそれ以下であることが認められた。さらに温度係数についても活性汚泥法とほとんど同等であることが認められた。

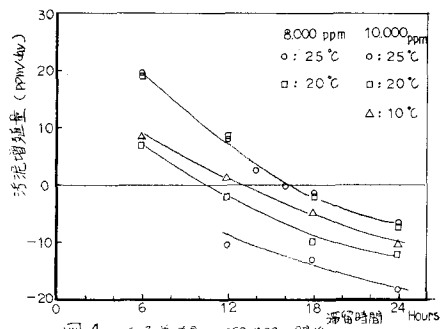


図4 汚泥増殖量と滞留時間の関係

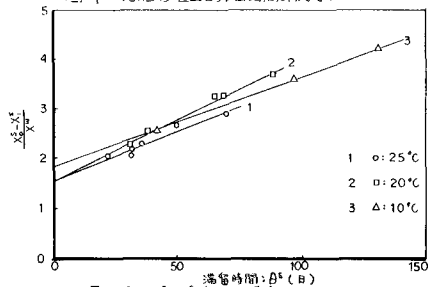


図5 θ^r と $(X_1^0 - X_1^s) / X_1^0$ の関係

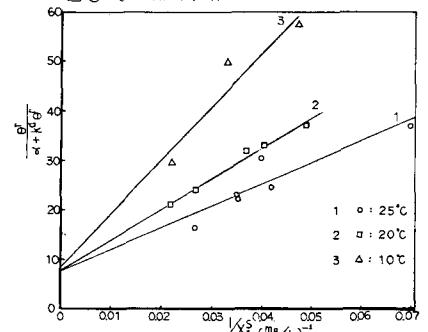


図6 $1/X_1^0$ と $\theta^r / (\alpha + k^d \theta^r)$ の関係