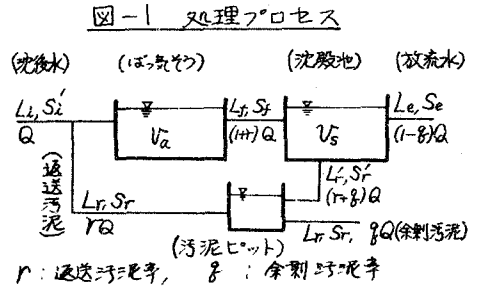


京都大学工学部 工博 正会員 会田 健
 京都大学工学部 工修 正会員 ○宗宮 功
 京都大学工学部 工修 正会員 藤原正弘

1 概要 活性汚泥法における活性汚泥の操作の良否が下水浄化に対し、非常に大きな影響を与えることは自明である。活性汚泥管理には各種の問題を対象とせねばならないが、ここでは汚泥の管理に主点をあいている。全酸化法のごとく、Aeration Tank と沈殿池とが一体となっていて流動様式も完全混合そうに近い場合には、浄化度や操作因子に対する検討はかなり進められているが、既存の都市下水処理施設のごとく、長水路を有する場合には、流れの型式や微生物反応の表示がより複雑なため、各プロセスを表わす数式の誘導はみられず、各種操作因子の意義も必ずしも明らかでない。ここでは、(1)浄化機構、(2)活性汚泥の増減、(3)主要操作因子の適値などの問題を検討しつつ、活性汚泥量の管理を考察した。

2. 処理プロセス 図-1に示すような処理プロセスを対象とする。使用記号で、 L は溶解性基質濃度を、 S は固形物濃度を示し、各単位操作に対し添字で区別する。数式化に際し、(1)流入水量一定、(2)流動型式は押し出し流れ、(3)基質と活性汚泥とは同じ流動を示すとする。



3. 基質の挙動と汚泥量 活性汚泥に関連する水質は、最初沈殿池以後のもので、水質示標には、 BOD_5 , SS を取扱うが、表-1のような構成になっていると考える。

(1) Aeration Tank における基質と汚泥の挙動 溶解性基質は、沈後水中 L_i と返送汚泥中 L_r とである。除去反応式には、各種の式が示されているが、反応を簡明に表示し検討するため、溶解性基質が吸収により水塊から消滅する速度を次式で表わす。

$$\left(\frac{dL}{dt}\right) = -KSL \quad (1)$$

流入する溶解性基質の初期濃度は、 $L_0 = (L_i + rL_r) / (1+r)$ (2) と表示される。一方、返送された活性汚泥のうち一部分は自家呼吸により分解してゆき、その一部分は水塊中に放出され、溶解性基質濃度を増加させるはずである。自家呼吸が $\left(\frac{dS}{dt}\right) = -K_3S$ (3) に従うとし、水塊中に還元される基質量を分解汚泥量の b に相当する量とすれば、水塊中における溶解性基質濃度の時間変化は次式で示される。

$\left(\frac{dL}{dt}\right) = -K_d L + b K_3 S_0 \exp[-K_3 t] \quad (4)$
 ここで、 S_0 は Aeration Tank 中の初期汚泥の活性部と貯蔵部との和で、 $(X_{06} S_r r + X_{03} S_i) / (1+r)$ で示される値である。式(4)を積分すると、 $t=0$ で $L = L_0$ 、 $t=t$ で $L = L_t$ として、

表-1 溶解性基質と浮遊固形物

・沈後水	溶解性基質 L_i	不活性SS $(X_{01} S_i)$ 揮発性SS 不活性部分 $(X_{02} S_i)$ 代謝可能物 $(X_{03} S_i)$
	浮遊固形物 S_i	
・返送汚泥	溶解性基質 L_r	不活性SS $(X_{04} S_r)$ 揮発性SS 不活性部分 $(X_{05} S_r)$ 活性部分 $(X_{06} S_r)$ 貯蔵部分
	活性汚泥 S_r	

$L_f(t) = \{(L_i + rL_r)/(1+r)\} \exp[-K_d t] + \{b d_0 K_3 / (K_{A_0} - K_3)\} \{ \exp[-K_3 t] - \exp[-K_{A_0} t] \} \quad (5)$
 となる。これより $t = t$ で Aeration Tank を流出する溶解性基質濃度を求める。

一方、浮遊固形物については、表-1に示す不活性、活性の部分について考えねばならない。不活性量 Minert は沈後水中の $(X_0 + X_{02}) S_i'$ と返送汚泥中の $(X_{02} + X_{05}) S_r$ とより、流入する不活性量は次のようになる。

$$\text{Minert} = Q(1 - X_{03}) S_i' + r \cdot Q(1 - X_{06}) S_r \quad (6)$$

また Aeration Tank 中の汚泥活性部分は、汚泥に関する物質収支の式より、つぎのようになる。

$$(ds/dt) = -a(dL/dt) - K_3 s \quad (7)$$

ここで、 a は除去 BOD のうち汚泥に合成される割合を示す。 K_3 は自家呼吸係数である。 (dL/dt) は式(5)から求められ、 $K_{A_0} = K_0$ とおき、式(7)を積分すると、

$$s = \frac{1}{1+r} \left\{ (X_{03} S_i' + r X_{06} S_r) \exp[-K_3 t] + \frac{a(L_i + rL_r)}{1 - (K_3/K_0)} (\exp[-K_3 t] - \exp[-K_0 t]) \right. \\ \left. + \frac{b(X_{03} S_i' + X_{06} r S_r)}{(K_0/K_3) - 1} \right\} K_3 t \exp[-K_3 t] - \frac{1}{1 - (K_3/K_0)} (\exp[-K_3 t] - \exp[-K_0 t]) \quad (8)$$

となる。

これより、活性部分と貯蔵部分とは $M = (1+r) \cdot Q \cdot s \quad (9)$ として求められる。さらに微生物反応により、不活性量あるいは分解不可能な基質が汚泥中に増加するが、この量をエネルギーに変換された基質のうち $d\%$ に相当するとすれば、この量は、 $\Delta \text{Minert} = (1+r) Q \cdot d(1-a)(L_b - L_f) - (10)$ となる。結局 Aeration Tank を流出する総固形物質量 M_T は、式(6)、(9)、(10)から

$$M_T = M + \text{Minert} + \Delta \text{Minert}$$

$$(M_T/Q) = (1+r) s_0 \left\{ \left\{ 1 - (d(1-a) + (K_0/K_0 - K_3) - K_3 t) \frac{b K_3}{K_0 - K_3} \right\} \exp[-K_3 t] + (d(1-a) + \frac{K_3}{K_0 - K_3}) \frac{b K_3}{K_0 - K_3} \times \right. \right. \\ \left. \exp[-K_0 t] + (1+r) L_b \left[d(1-a) + \frac{a K_0}{K_0 - K_3} \exp[-K_3 t] - \left\{ d(1-a) + \frac{a K_3}{K_0 - K_3} \right\} \exp[-K_0 t] \right] \right. \\ \left. + (1 - X_{03}) S_i' + (1 - X_{06}) r \cdot S_r \right\} \quad (11)$$

となり、これを $(M_T/Q) = (1+r) s_0 A + (1+r) L_b B + (1 - X_{03}) S_i' + (1 - X_{06}) r \cdot S_r \quad (11')$ と示す。ここで、 A, B は a, b, d, K_0, K_3, t を与えれば求まる定数で水質には関係しない。式(11')を次のような指数で書きなおし、また $M = N - I$ とすると

$$N = \{(1+r) S_f Q / r Q S_r\}, S_R = (S_i' / r S_r), (L_i / r S_r) = B_{L_i}, (L_r / r S_r) = B_{L_r} \\ M = N - I = X_{06} (1-A) + S_R \{1 - X_{03} (1-A)\} + B(B_{L_i} + B_{L_r}) \quad (12)$$

となる。この式より、汚泥の性状から定まる A, B, X_{06}, X_{03} の値と流入水水質とにより Aeration Tank 中で増減する汚泥量を算定しうる。 S_R は Sludge Age に相当するものであり、 B_{L_i}, B_{L_r} は BOD 負荷に相当する指数である。

(ii) 余剰汚泥率について 式(11)から求まる汚泥量は沈殿地において完全には除去されない。いま沈殿地除去率を $R = 1 - (S_i' / S_e)$ として表示し、沈降した汚泥はすべて汚泥ボットに移送されたとすれば、汚泥ボットにおける物質収支より、 $\phi = \{M - S_R(1-R)\} r / \{1 - r S_R(1-R)\} \quad (13)$ なる関係が求まり、余剰汚泥率 ϕ は、 M, S_R, R, r の関数として示される。

なお、以上の各式および指数に対する検討ならびに考察は講演時に行なう。