

活性汚泥法における余剰汚泥量は経験的に流入下水量の約1%であると与えられている。ばっ気そうと正常に運転するに要する活性汚泥量を除けば、すべて余剰汚泥であると考えられるが、ばっ気そう内での汚泥量の増減、最終沈殿池での放出量に関連することは論を待たない。ここでは、余剰汚泥量は理論的にどのように表示されるかを検討し、経験的に示されてきた値と比較検討している。

1) ばっ気そうにおける活性汚泥量収支

ばっ気そうでの汚泥量の実質変化は溶解性基質もしくは固形性基質を分解し、そのエネルギーで合成される汚泥量と自酸化による分解量との差であり、溶解性基質を中心にこの過程を考察するとき、一般に次式で示される。

$$(d\delta/dt) = -a(dL/dt) - k_3\delta \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 δ : 代謝可能と考えられる汚泥の活性部分、 L : 基質濃度、 k_3 : 自酸化速度、 a : 常数。著者らの検討では、基質濃度が低い場合には基質代謝速度は次式で近似しうるので、これを式(1)に代入する。

$$(dL/dt) = -k_1\delta \{L_b - (bk_3/k_1)\} \exp[-k_1\delta t]$$

$t=0$ で $\delta=\delta_0$ として式(1)を積分すると、

$$\delta = \delta_0 \exp[-k_3 t] + \{a k_1 \delta_0 / (k_3 - k_1)\} \{L_b - (bk_3/k_1)\} (\exp[-k_1 \delta_0 t] - \exp[-k_3 t]) \quad \dots\dots\dots (2)$$

をうる。ここで、 k_1 : 基質代謝速度、流入下水固形物のうち代謝可能物の%を x_{03} 、返送汚泥のうち活性部分を x_{06} %とすると、 δ_0 値は $\delta_0 = (x_{03} \delta_i + x_{06} r \delta_r) / (1+r)$ となる。ここで r は返送率、 δ_i は流入水汚濁性固形物濃度、 δ_r は返送汚泥濃度。式(2)よりばっ気そう内汚泥の活性部分(M_v)は

$$M_v = (1+r) \delta Q \quad \dots\dots\dots (3)$$

となる。一方、初期における不活性固形物量(M_{i0})は

$$M_{i0} = (1-x_{03}) \delta_i Q + (1-x_{06}) r \delta_r Q \quad \dots\dots\dots (4)$$

となり、反応の進行とともに増加すると考えられる不活性量(ΔM_i)を次式で近似する。

$$\Delta M_i = d \{L_b - (bk_3/k_1)\} (1 - \exp[-k_1 \delta_0 t]) (1+r) Q \quad \dots\dots\dots (5)$$

ここで、 d は除去されたBODのうち不活性VSSや不活性基質に変換された割合を示す係数である。

以上から、ばっ気そうを流出する総固形物量($M_T = M_{i0} + M_v + \Delta M_i$)は次式で表される。

$$M_T = (1+r) \delta Q + (1-x_{03}) \delta_i Q + (1-x_{06}) r \delta_r Q + d \{L_b - (bk_3/k_1)\} (1 - \exp[-k_1 \delta_0 t]) (1+r) Q \quad \dots\dots\dots (6)$$

ばっ気そう流出水VSS濃度(δ_f)で示すと次のようになる。

$$\delta_f = \delta_0 + \left\{ L_b - \frac{bk_3}{k_1} \right\} \left\{ d + \frac{a}{1 - \frac{\delta_0}{\delta_i}} e^{-k_3 t} - \left(\frac{a}{1 - \frac{\delta_0}{\delta_i}} + d \right) e^{-k_1 \delta_0 t} \right\} - \delta_0 (1 - e^{-k_3 t}) \quad \dots\dots\dots (7)$$

ここで、 $\delta_c = (k_3/k_1)$ 。さらにばっ気そう操作条件、汚泥の性状と関連する因子を次のようにする。

$$A_1 = 1 - \exp[-k_3 t]$$

$$A_2 = \left(d + \frac{a}{1 - \frac{\delta_0}{\delta_i}} e^{-k_3 t} \right) - \left(\frac{a}{1 - \frac{\delta_0}{\delta_i}} + d \right) e^{-k_1 \delta_0 t} \quad \dots\dots\dots (8)$$

いまばっ気そうを一過するごとに生ずる汚泥の増減率を $N(\%)$ と示すと、

$$N = \{ (S_f / S_a) - 1 \} \times 100 = 100 A_2 \{ L_b - (b k_3 / k_1) \} / S_a - (100 A_1 a_0 / S_a) \dots (9)$$
となる。いま A_1, A_2 の a, b および k_3 に対し、標準活性汚泥法でえられる平均的な値、 $k_3 \div 4 \times 10^{-3}$ (1/hr), $b_3 \div 5.16 \times 10^{-4}$ (1/hr mg SS/l)を代入してみると、 A_1, A_2 はそれぞれ次のようになる。

$$A_1 \div 4 \times 10^{-3} t, \quad A_2 \div 0.574 (1 - \exp[-5.16 \times 10^{-4} S_a t]) - 2.2 \times 10^{-3} t$$

ここで式(9)における (a_0 / S_a) 値をMLSSのVSS%でまた $\{L_b - (b k_3 / k_1)\}$ 値を $L_i / (1+r)$ と近似し、汚泥のVSS%, 基質初期濃度 L_i に対する N 値を図-1に示した。都市下水処理においては、流入基質濃度は高々200 (mg/l)であり、VSS%も60~70と考えると、 N 値はまず5%をこえることはないと考えられる。この図はまたばっ気そう内での汚泥増加量を制御する操作図として利用しうるものである。

2) 最終沈殿池固形物除去率を考慮した場合

最終沈殿池における固形物除去率により、余剰汚泥量は大きく左右される。いま最終沈殿池内での微生物作用による汚泥の質および量の衰化は少ないものと仮定し、固形物除去率は一定であると仮定する。

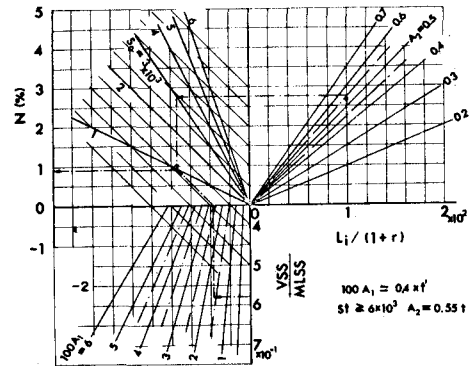


図-1 流入水基質濃度 L_i とMLSS中VSSの割合から増加指数 N を求める操作図

最終沈殿池に出入する汚泥濃度および量に関する記号を下图のように示す。最終沈殿池における浮遊固形物の除去率を $\eta' = \{1 - (S_e / S_f)\}$ と示す。一方、汚泥除去量から定まる除去率を η と示すと、次式をうる。

$$(1 - \eta) S_e Q = (1 - \eta') (1 + r) Q S_f \dots (10)$$

いま、ばっ気そう・最終沈殿池・返送プロセスを通じて増加した汚泥量を ΔM とすると、

$$\Delta M = (1 + r) Q S_f - (1 - \eta) S_e Q - r Q S_r$$

となり、これを式(9)で与えた N' 値($N' = N/100$)および η で表すと、

$$\Delta M = Q \{ (N' + \eta) S_f + (N' + \eta - 1) r S_r \} \dots (11)$$

となる。この値は余剰汚泥量と与えると考えられ、 $\Delta M \div \eta Q S_r$ となる余剰汚泥率 η を求めると、

$$(\eta / r) = (N' + \eta) S_R + (N' + \eta - 1) \dots (12)$$

となるが、 η 値自体式(10)で示すごとく η の関数であり、 η' で表しなおすと次式がえられる。

$$(\eta / r) = \{ (r + \eta') (1 + S_R) (1 + N') / (1 + r) \} - 1 \dots (13)$$

ここで、 $S_R = (S_e / r S_r)$ 。標準法でえられる η 値を上式より概算してみる。返送汚泥率は通常 $r = 0.25$ が標準とされ、また最終沈殿池除去率 η' は $\eta' = 0.98$ 前後である。また流入水質より定まる S_R, N' 値についても、右々0.05, 0.03を代入してみると、 $\eta = 0.0158$ をうる。結局、この場合には流入下水量の約1.58%の余剰汚泥が発生され、一般概念とされる約1%という値に近い。

以上、ばっ気そう内での汚泥の増減量を理論的に考察し、汚泥を制御する操作図を制作したうえで、標準活性汚泥法において生ずる余剰汚泥率 η を算出する式を求め、経験的な概略値と比較検討した。