

ばっ気そうにおける酸素収支の問題

京都大学工学部 正会員 工博 合田 健
 京都大学工学部 正会員 工修 宗宮 功
 京都大学工学部 学生員 本業 佳成

はじめに ばっ気そうにおける酸素収支の検討には、供給された酸素がいつ、どのくらい、またどの部分で消費されるかを把握するの一手法であるが、ここでは活性汚泥による酸素消費量を操作因子である空気量と関係づけるという意味から、より大まかに脚眼点を把握し、これを理論的に考察し、酸素消費特性を検討する。

ばっ気そうにおける酸素濃度変化と酸素消費量とについて ばっ気そうにおいて押し出し流水型や流入基質・吹込空気量を一定と仮定すると、一般にばっ気そう内の酸素濃度変化は次式で示される。 $(dO/dt) = k_a(O_s - O) - r_r \dots\dots\dots (1)$

ここで、 O : 酸素濃度、 O_s : 飽和濃度、 k_a : 総括酸素移動容量係数、 r_r : 汚泥による酸素消費速度、 t : 時間。右辺第1項は酸素供給項、第2項は消費項である。式(1)で k_a が一定で操作されていけば、酸素濃度変化は r_r によって定まる。 r_r については、 L : 基質濃度として、 $r_r = k_r S - a'(dL/dt) \dots\dots\dots (2)$

なる関係が示されている。 r_r は (dL/dt) に支配される。式(2)を(1)に代入すると、

$$(dO/dt) = k_a(O_s - O) - k_r S + a'(dL/dt) \dots\dots\dots (3)$$

となり、 (dL/dt) の変化は同時に (dO/dt) の変化を意味すると受けとられやすい。もし、 $a'(dL/dt)$ の変化は同時に(時間的にずれがなくという意味で) (dO/dt) の変化と不ずものとする、 (dL/dt) に1次反式を代入して考えると、式(3)は

$$(dL/dt) = -k_1 S_0 L_0 \exp[-k_1 S_0 t]$$

$$(dO/dt) = k_a(O_s - O) - k_r S_0 - a'(1-a)k_1 S_0 L_0 \exp[-k_1 S_0 t] \dots\dots\dots (4)$$

となる。初期条件として、 $t=0$ で $L=L_0$ 、 $S=S_0$ とし、1度積分すると、

$$O = O_0 e^{-k_a t} + (O_s - \frac{k_r S_0}{k_a})(1 - e^{-k_a t}) + \frac{a'(1-a)L_0 k_1 S_0}{k_1 S_0 - k_a}(e^{-k_1 S_0 t} - e^{-k_a t}) \dots\dots\dots (5)$$

をうね。いま、 $\eta' = (O/O_s)$ 、 $\eta'_0 = (O_0/O_s)$ 、 $\tau_k = k_a t$ 、 $\alpha_1 = (k_r S_0/k_a)$ 、 $\alpha_2 = \{a'(1-a)L_0/O_s\}$ 、 $\alpha_3 = (k_1 S_0/k_a)$ と無次元化すると、式(5)は

$$\eta' = \eta'_0 e^{-\tau_k} + (1 - \alpha_1)(1 - e^{-\tau_k}) + \frac{\alpha_2 \cdot \alpha_3}{\alpha_3 - 1}(e^{-\alpha_3 \tau_k} - e^{-\tau_k}) \dots\dots\dots (6)$$

となる。実験データや処理場データから、 $\alpha_1 = 0.3$ 、 $\alpha_2 = 5.0$ および $\eta'_0 = 0.2$ と与え、 τ_k と η' の関係を図示すると図-1となる。図-1では α_3 がパラメーターであるが、 τ_k が小さい部分で急激に η' が低下し、 $\eta' \leq 0$ の部分でばっ気開始直後に起ることがわかり、これは実際のばっ気そうにおいてあまりみられない現象である。結局、BOD除去速度にむずる代謝に要する酸素消費量(代謝呼吸量)があることに起因すると考えられる。これより、代謝呼吸量は常にBOD除去速度に対処しないことが予想されるので、代謝呼吸量に

関し、つぎのようなモデルを作製した。いま、 N_r , k_n は汚泥の性状により定まる値とし、
 $(dO/dt) = -N_r S_o \exp[-k_n S_o t] \dots\dots\dots (7)$

とする。これを式(3)に代入し、前記と同様に解析すると、

$$O = O_o e^{-k_a t} + (O_s - \frac{k_r S_o}{k_a}) (1 - e^{-k_a t}) + \frac{\alpha'(1-\alpha) k_n S_o L_o}{k_n S_o - k_a} (e^{-k_n S_o t} - e^{-k_a t}) \dots\dots\dots (8)$$

および、

$$\eta' = \eta_o' e^{-\tau_k} + (1 - \alpha_1)(1 - e^{-\tau_k}) + \frac{\alpha_2'}{\alpha_3' - 1} \times (e^{-\alpha_3' \tau_k} - e^{-\tau_k}) \dots\dots\dots (9)$$

となる。ここで、 $\alpha_2' = (N_r S_o / k_a O_s)$, $\alpha_3' = (k_n S_o / k_a)$ 。

いま、 $\alpha_2' = 1.0$, $\eta_o' = 0.2$ とす、 α_3' をパラメーターとして τ_k と η' との関係を求めると、図-2となる。図中各曲線の傾向は図-1に比し、よりなめらかになっており、突切値に近い傾向を示している。結局、BOD除去速度と酸素消費速度との間に時間遅れが存在すると考え方が妥当であるとの結果をえた。

以上は、ばっ気そう内の代謝呼吸量は連続的にしながら、 k_n 値はばっ気時間を通して変化しないとして解析を進めているが、汚泥の性状によっては必ずしも満足する仮定でない。たとえば、ある一定濃度以上の代謝可能基質が存在する限り、汚泥は最大能力でこれを代謝するとも考えられるので、式(7)における N_r 値は段階的に変化することが予想され、 k_n 値は0に近い値を示すと考えられる。こういった状態に関する実験値もすでにいくつかえられているが、 N_r 値はどのようなとき段階変化を示すかは、いまなお十分解析されていない。なお、この場合理論曲線は、式(9)において $k_n \neq 0$ とし、段階変化をおこす時間 τ_b 、そのときの濃度 O_b とし、

$$\begin{cases} 0 \leq t \leq \tau_b & \eta' = (1 - \alpha_1 - \alpha_2') + (\eta_o' - 1 + \alpha_1 + \alpha_2') e^{-\tau} \\ \tau_b < t & \eta' = (1 - \alpha_1 - \alpha_1') + (\eta_o' - 1 + \alpha_1 + \alpha_1') e^{-\tau} \end{cases} \dots\dots (10)$$

となる。ここで、 $\alpha_1 + \alpha_1'$ は変化点以降の酸素消費速度を $k_a O_s$ 値で除した値である。

考察結果 以上の検討よりえられた結果を列挙すると、1) 基質除去速度に比例した酸素消費速度が、基質の除去と代謝呼吸との間に時間的なずれがなく存在するとすれば、実際のばっ気そう内DO分布現象に合わない。2) ばっ気そう内DO分布の算定にあたり、 N_r , k_n なる2つのパラメーターを導入し、基質除去と代謝との時間的ずれを表現した。代謝呼吸速度 N_r は活性汚泥の性状により大きく変化し、画一して表示することは困難だが、ばっ気そうにおいて一様に変化する場合と段階的に変化する場合とがある。などである。

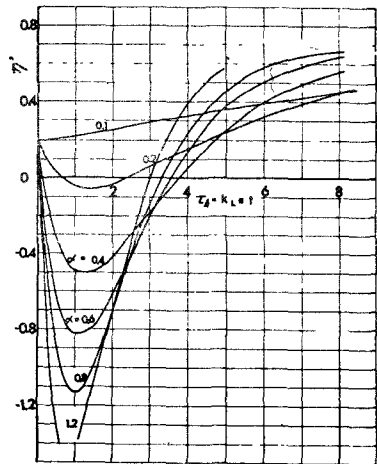


図-1 時間おくれのない場合の理論曲線

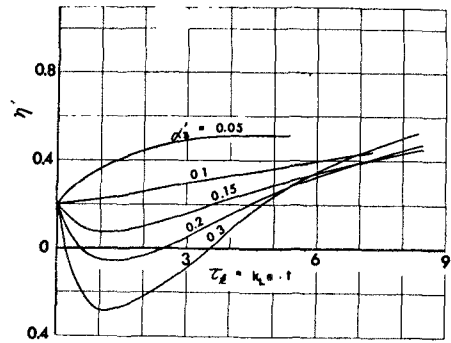


図-2 時間おくれを考慮した場合の理論曲線