

No.22 : 計算手法

TSchecker、TSanalyzer、など弊社の製品には、活性汚泥混合液を曝気したときの DO 変化を測定・解析するのがベース技術となっている。この計算手法を紹介する。

TSchecker の曝気容器内に採取した活性汚泥混合液をチャージし、曝気装置で曝気していくと廃水中の溶存酸素濃度 DO は曝気経過時間 t とともに上昇していくが、その変化は (7) 式で表される。

$$\frac{dDO}{dt} = K_L a (DO_{sat} - DO) - (AS_{act} + BOD_{act}) \quad (7) \text{ 式}$$

ここに DO_{sat} は飽和溶存酸素濃度 [mg/l]

DO は曝気槽内溶存酸素濃度 [mg/l]

$K_L a$ は総括物質移動係数 [1/min] [1/hr]

AS_{act} は活性汚泥が内生呼吸状態で使う酸素消費速度 [mg/l/min] or [mg/l/hr]

BOD_{act} は活性汚泥が BOD 成分の分解で使う酸素消費速度 [mg/l/min] or [mg/l/hr]

内生呼吸状態では $BOD_{act}=0$ 、 AS_{act} =一定なので、(7) 式は積分でき (8) 式となる。

$$DO = \alpha - (\alpha - DO_0) \exp(-K_L a \cdot t) \quad (8) \text{ 式}$$

ここに、 α は (9) 式で示される値である。また、 DO_0 は曝気を開始したときの初期値である。

$$\alpha = DO_{sat} - AS_{act}/K_L a \quad (9) \text{ 式}$$

(8) 式は、曝気経過時間 t が十分大きければ右辺第 2 項を無視でき、

$$DO = \alpha$$

の値で一定となる。この値を DO_{hf} と表せば、 DO_{hf} は BOD 成分が殆ど 0mg/l の混合液を曝気した場合の、最終的に到達する DO 値 (hf : high final) と定義できる。以上より、(8) 式は、

$$DO = DO_{hf} - (DO_{hf} - DO_0) \exp(-K_L a \cdot t) \quad (10) \text{ 式}$$

となる。

内生呼吸後の混合液に流入水を添加すると、流入水の BOD 成分が分解していく過程で酸素を消費するため、混合液の DO 値 (DO_2) は、BOD の消費とともに (7) 式を書き換えた (11) 式に従い変化する。

$$\frac{dDO_2}{dt} = K_L a (DO_{sat} - DO_2) - (AS_{act} + BOD_{act}) \quad (11) \text{ 式}$$

一方、同じ初期値 DO_0 を曝気した内生呼吸状態の活性汚泥混合液の DO 値 (DO_1) は (12) 式に従い変化する。

$$\frac{dDO_1}{dt} = K_L a (DO_{sat} - DO_1) - AS_{act} \quad (12) \text{ 式}$$

(12) 式から (11) 式を引くと、(13) 式となり、変数を (14) 式のように ΔDO とすることにより、(15) 式となる。

$$\frac{d(DO_1 - DO_2)}{dt} = -K_L a (DO_1 - DO_2) + BOD_{act} \quad (13) \text{ 式}$$

$$\Delta DO = DO_1 - DO_2 \quad (14) \text{ 式}$$

とおくと、(13) 式は、

$$\frac{d\Delta DO}{dt} = -K_L a \cdot \Delta DO + BOD_{act} \quad (15) \text{ 式}$$

(15) 式の両辺を積分すると (16) 式となる。

$$\int_{\Delta DO=0}^{\Delta DO=0} d\Delta DO = -K_L a \int_{t=0}^{t=t} \Delta DO dt + \int_{t=0}^{t=t} BOD_{act} dt \quad (16) \text{ 式}$$

(16) 式の左辺は、1,2 の曲線とも DO_0 から DO_{hf} までの積分であり、ともに $\Delta DO=0$ であるから

$$\int_{\Delta DO=0}^{\Delta DO=0} d\Delta DO = 0$$

となる。(16) 式の右辺第 1 項の積分は DO_1 と DO_2 の曲線で囲まれた面積 S を表す(後述の図 5 参照)。また、右辺第 2 項は消費速度×時間の積分であるから、 t 時間での BOD 成分の分解に要する酸素消費量となる。この量を BOD_{ts} で表せば、(16) 式は (17) 式となり、 DO_1 と DO_2 の曲線で囲まれた面積 S に $K_L a$ をかけた値が、BOD 成分分解に要する酸素消費量になる。この値は、測定汚泥の添加前の酸素消費速度と添加後の酸素消費速度とが等しくなるまでに、測定汚泥が消費した全酸素量から、内生呼吸による酸素消費量を控除した酸素量になる。

$$BOD_{ts} = K_L a \cdot S \quad (17) \text{ 式}$$

BOD 成分の分解速度(酸素消費速度)が、ある濃度範囲において、微生物の活性のみで決まり BOD 成分の濃度によらないとした場合、(7) 式は積分でき (18) 式となる。

$$DO = \beta - (\beta - DO_0) \exp(-K_L a \cdot t) \quad (18) \text{ 式}$$

ここに、 β は (9) 式で示される値である。また、 DO_0 は曝気を開始したときの初期値である。

$$\beta = DO_{sat} - (AS_{act} + BOD_{act}) / K_L a \quad (19) \text{ 式}$$

(19) 式は、曝気経過時間 t が十分大きければ右辺第 2 項を無視でき、

$$DO = \beta$$

の値で一定となる。この値を highDO と表せば、(18) 式は、

$$\text{DO} = \text{highDO} - (\text{highDO} - \text{DO}_0) \exp(-K_L a \cdot t) \quad (20)\text{式}$$

となる (図 3-2-1 の 3 の曲線)。

$t = \infty$ として、(10) 式から (20) 式を引けば、

$$\text{BOD}_{\text{act}} = K_L a (\text{DO}_{\text{hf}} - \text{highDO}) \quad (21)\text{式}$$

となり、ある濃度範囲における、分解速度 (BOD を分解するに要する酸素消費速度) を求めることができる。

図 3-2-1、3-2-1.2 は各式の DO 変化を示す例である。

図 3-2-1 : 初期値 DO_0 が低い場合

図 3-2-1.2 : 初期値 DO_0 が DO_{hf} の場合

