

国立公害研究所 正員 ○津野 洋  
京都大学 正員 宗宮 功  
国立公害研究所 正員 合田 健

### 1. はじめに

大規模な都市下水処理場から団地下水処理場にいたるまで、活性汚泥法が広く用いられているが、これら処理場に流入してくる下水の水量および水質は一定でなく、一日のうちでも時間を変って変化する。この変動割合はBOD負荷変動で日平均の2倍程度であり、小規模下水処理場におけるほどその割合は大きい。下水処理場においては、この変動により処理水質の変動・悪化、汚泥沈降特性の悪化や最終沈殿池からの汚泥の流失等の問題が生じる場合もある。水質制御や後に続く三次処理プロセスの機能を考慮すると、安定した二次処理水を得るための操作・設計法の検討が必要であり、活性汚泥による有機物質の摂取・代謝機構および活性汚泥性状などを考慮した動力学モデルによる活性汚泥法のシミュレーションが必要となる。本研究は、活性汚泥内蓄積物に注目した基質の摂取・代謝に関する一連の動力学モデル<sup>(1)</sup>を用いて、完全混合型ばう気槽を有する活性汚泥法における流入水質負荷変動に対する系の応答のシミュレーションを試みるものである。

### 2. 数理モデル式

我々の提案した一連の動力学モデル<sup>(1)</sup>を用いると、完全混合型ばう気槽における基質、細胞内蓄積物および微生物量に関するつぎのような物質収支式が成立する。なお、最終沈殿池における汚泥の滞留時間は考慮に入れず、また、流入基質は分解性のもののみであると考えた。

$$\frac{dX}{dt} = \frac{1}{T} \left( \frac{X_0 + rX}{1+r} - X \right) - \alpha_2 K_2 \left[ \frac{X}{X^*} \right] \left( \frac{S_T}{M} - \frac{S}{M} \right) M + \alpha_5 K_4 M \quad \text{---(1)}$$

$$\frac{dS}{dt} = \frac{1}{T} \left( \frac{r}{1+r} bS - S \right) + K_2 \left[ \frac{X}{X^*} \right] \left( \frac{S_T}{M} - \frac{S}{M} \right) M - K_3 S \quad \text{---(2)}$$

$$\frac{dM}{dt} = \frac{1}{T} \left( \frac{r}{1+r} bM - M \right) + \alpha_2 \alpha_3 K_3 S - K_4 M \quad \text{---(3)}$$

$$MLSS = S + M \quad \text{---(4)}$$

$$\lambda = 1 - (S/M) / (S_T/M) \quad \text{---(5)}$$

これらの式において、 $b$ は最終沈殿池における汚泥の濃縮係数を表わすが、まず、汚泥の沈降特性に支配される場合として次式を与えた(図-1参照)。

$$1/b = 15 (S/M)^2 + 0.15 \quad \text{(6)}$$

また、最終沈殿池での汚泥の収支より、次の条件が成立する。

$$b \leq (1+r)/(r+w) \quad \text{(7)}$$

式(7)の等号で $b$ が示される場合は、汚泥の沈降性は良好であり、式(6)で $b$ が与えられる場合は、汚泥沈降性に支配され、汚泥の流出が生じると考えられる。

### 3. 実験について

完全混合型ばう気槽および最終沈殿池を有する活性汚泥プラントに様々な流入水質負荷変動を与える実験を行な、たが、装置や実験手法等については既報<sup>(2,3)</sup>を参照されたい。ここでは、二例につ

$X$ ; 基質濃度 (mg/L)

$\left[ \frac{X}{X^*} \right] = \begin{cases} 1 & X \geq X^* \text{ のとき} \\ X/X^* & X < X^* \text{ のとき} \end{cases}$

$\alpha_2$ ; 換算係数 ( $X_{mg}/S_{mg}$ )

$K_2$ ; 基質摂取速度定数 (1/hr)

$S$ ; 蓄積物濃度 (mg/L)

$M$ ; 微生物濃度 (mg/L)

$S_T$ ; 飽和蓄積物濃度 (mg/L)

$K_3$ ; 代謝速度定数 (1/hr)

$\alpha$ ; 細胞合成割合

$\alpha_3$ ; 換算係数 ( $M_{mg}/S_{mg}$ )

$K_4$ ; 自己分解速度定数 (1/hr)

$\alpha_5$ ; 換算係数 ( $X_{mg}/M_{mg}$ )

$\lambda$ ; 基質除去活性度

$T = V / (1+r) \alpha$  (hr)

$V$ ; ばう気槽容積 (L)

$Q$ ; 流入水量 (L/hr)

$r$ ; 汚泥返送率

$w$ ; 汚泥引振率

$X_0$ ; 流入基質濃度 (mg/L)

いてのシミュレーションを示す。

#### 4. 系の挙動のシミュレーション

式に示されている各係数の値として表-1に示す値を用い、 $X^*=150 \text{ mg/l}$ として、定常操作の代表値(表-2)より、 $S$ 、 $S_T$ (表-2)および $Q_0=2.0$ が得られた。これらの係数値を用いて水質負荷変動に対する系の応答のシミュレーションを試みた。図-2は、急激に負荷を上昇した後に徐々に下げた場合の応答である。細胞外基質のない場合の酸素消費速度は細胞内蓄積物量

に比例することと我々は既に示しているが、このシミュレーションの例においても、蓄積物の変動は内生呼吸速度の変動をよくシミュレートしていると考えられる。式(6)は、汚泥の沈降性を示す一つの指標と考えられるが、SVIのデータの变化傾向をシミュレートしていると考えられる。

図-3は、急激にStep関数的な高負荷を与え、

汚泥の沈降性が悪化し、汚泥の流失現象が生じた場合を示してある。本論文のシミュレーションモデルでは、最終沈殿池での汚泥の滞留による時間遅れや汚泥の回復等を考慮しなかったために、実験データに比し、より急激な系の破壊が示されているが、汚泥の沈降性の悪化、汚泥の流失によるMLSSの低下およびこれに伴う放流水BODの上昇の状態を現象的にはシミュレートしていると考えられる。

#### 参考文献

1) 合田 健, 宗宮 功, 津野 洋; 土木学会論文報告集第213号(1973)

2,3) 宗宮 功, 津野 洋他; 土木学会関西支部年次学術講演会(1970)および土木学会第25回年次学術講演会(1970)

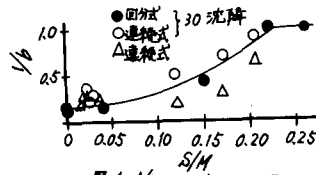


図-1  $1/b$  と  $S/M$  との関係

表-1 係数値 (1)

| 係数                    | 値    | 係数                          | 値     |
|-----------------------|------|-----------------------------|-------|
| $Q_0 (X_{mg}/S_{mg})$ | 1    | $K_2 (1/hr)$                | 0.002 |
| $K_2 (1/hr)$          | 0.24 | $\alpha$                    | 0.68  |
| $K_3 (1/hr)$          | 0.63 | $Q_3 (1 \text{ mg}/S_{mg})$ | 0.62  |

表-2 定常操作

| RUN | Q (L/hr) | r    | $X_0$ (mg/L) | T (hr) | MLSS (mg/L) | BOD <sub>5</sub> (mg/L) | DO (mg/L) | SS <sub>R</sub> (mg/L) | X (mg/L) | Y <sub>T1</sub> (mg/g) | Y <sub>T2</sub> (mg/g) | S/M   | S <sub>T</sub> /M |
|-----|----------|------|--------------|--------|-------------|-------------------------|-----------|------------------------|----------|------------------------|------------------------|-------|-------------------|
| 1   | 280      | 0.27 | 140          | 3.0    | 4300        | 0.19                    | 3.0       | 20000                  | 5.0      | 5.2                    | 5.5                    | 0.021 | 0.34              |
| 2   | 410      | 0.22 | 90           | 2.2    | 1200        | 0.63                    | 1.8       | 6600                   | 3.7      | 7.1                    | —                      | 0.025 | 0.55              |

SS<sub>R</sub>: 返送汚泥濃度, Y<sub>T1</sub>: 空気槽内酸素消費速度, Y<sub>T2</sub>: 内主酸素消費速度

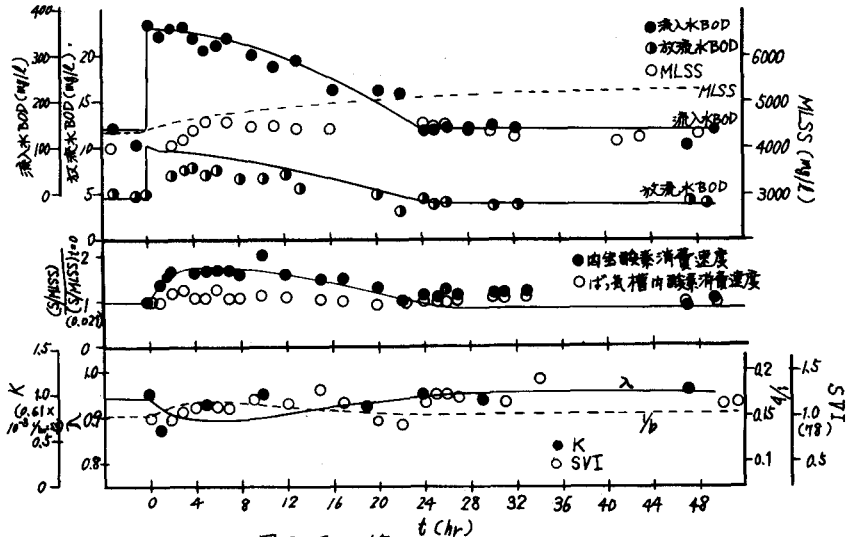


図-2 系の応答のシミュレーション (RUN 1)

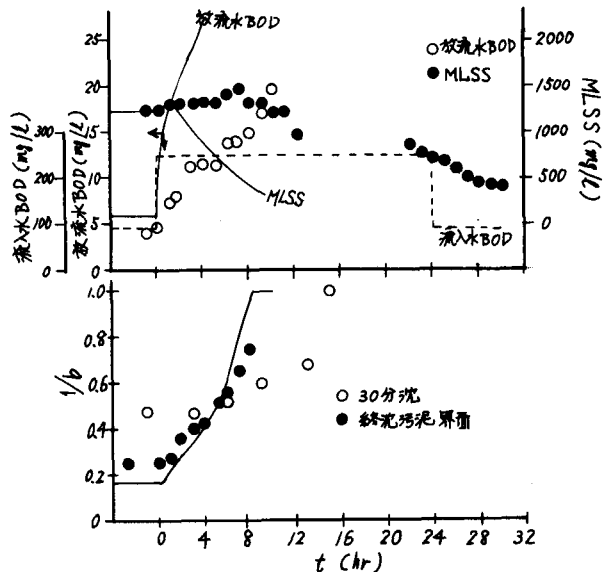


図-3 系の破壊のシミュレーション (RUN 2)