

# 最終沈殿池における滞留汚泥量の予測制御

㈱明電舎開発本部 ○津倉 洋 関根 孝夫 富士元 英二  
 金沢大学工学部 松井 三郎

## 1. はじめに

活性汚泥プロセスにおける最終沈殿池の役割は、①ばつ気槽から流入する活性汚泥混合液を沈殿分離し清澄な処理水を得ることおよび②沈殿汚泥を汚泥ブランケットに集中して濃縮汚泥のばつ気槽への円滑な返送を図ることである。ところが、汚泥の沈降性悪化に伴い汚泥の沈殿・濃縮操作に支障をきたし、返送汚泥濃度が低下すると共にMLSS濃度が減少し、最終沈殿池における汚泥界面の上昇が起こる。したがって、SVIの変化に伴う池内の汚泥滞留状態を把握し、返送汚泥量を制御することにより汚泥界面の上昇を防ぐことが、最終沈殿池の効率的な運用を行ううえで極めて重要である。ところが、最終沈殿池の滞留汚泥量を推定する場合、矩形沈殿池の複雑な構造形式等により、池内の流体挙動を正確にモデル化することは困難である。

したがって本論文では、SVI計の回分沈降現象を実際の円形沈殿池へ応用したマクロモデル<sup>1)</sup>および最終沈殿池内の汚泥濃度分布測定を用いて、池内滞留汚泥量を求めモデル推定値と実験値について比較検討し、滞留汚泥量とSVI、汚泥返送率、SRT等の関係について検討を行ったので報告する。

## 2. 実験方法

最終沈殿池における滞留汚泥量を調べるために、SVIとデータ解析装置を組合せた汚泥沈降特性解析システム<sup>2)</sup>にモデル式に基づく滞留汚泥量演算機能を追加した形で、活性汚泥処理の下水処理場へ導入し、種々の条件下で、汚泥界面汚泥試験の回分沈降現象を実際の沈殿池へ応用したモデル式による理論推定値と、採泥器を用いた最終沈殿池内の汚泥濃度分布測定からの実験値を求めた。

### 2.1 モデル式による推定方法

本推定方法では、汚泥沈降特性解析システムを用いて、初期沈降速度、Roberts定数、最終汚泥界面高および圧密点から決定される汚泥沈降曲線に対して圧密点接線方程式を求め、沈殿池へ流入するMLSS濃度 $C_0$ および流量 $Q_0$ 、返送汚泥濃度 $C_u$ 、濃縮時間 $t_u$ 、スケールアップ係数 $\beta_0$ および補正係数 $\alpha$ の各パラメータを式(1)に示すモデル式に代入し、計算機によるオンライン処理で最終沈殿池滞留汚泥量 $V_F$ を推定した。本滞留汚泥量算定システムは、図-1に示すようにSVI計とデータ解析用計算機を組合せたシステムであり、さらにMLSS濃度計、返送汚泥濃度計および最終沈殿池流入流量の計算機への入力信号が必要となる。

$$V_F = \alpha \cdot \beta_0 (C_0 / C_u) Q_0 t_u \dots\dots\dots(1)$$

### 2.2 汚泥濃度分布測定による推定

本法による滞留汚泥量の推定値は、図-1に示す沈殿池内の流下方向にそった7ヶ所のサンプリング位置(S

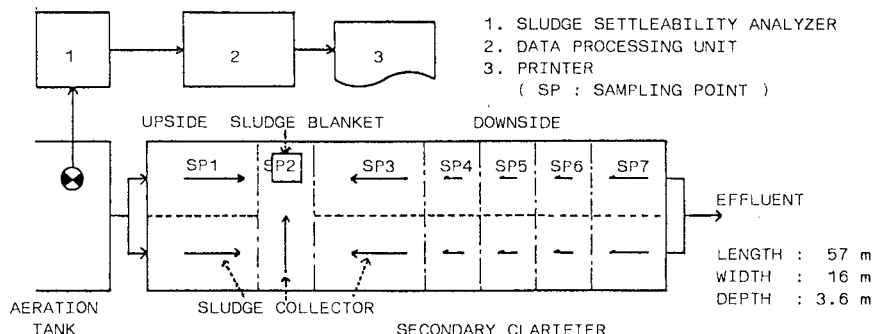


図-1 実験システムの概要

P1～7)で0.5～1mおきに採水した活性汚泥のMLSS濃度の手分析値から汚泥濃度分布を測定し、得られた汚泥濃度について沈殿池全体にわたって5cmの計算きざみで体積積分を行うことにより求めた。

### 2.3 実験条件

本活性汚泥プロセスに対する実験条件としては、プロセスコントローラと8ビット計算機を用いて、①汚泥返送率Rがばつ気槽流入流量に対して一定比率(0.2～0.4)になるような返送汚泥量制御と、②汚泥滞留時間SRTが5, 7, 10日となるような余剰汚泥引抜制御を適用した。また、コントローラによるばつ気槽出口のDO濃度一定(2mg/l)制御もあわせて行った。本滞留汚泥量算定システムに必要な水質計測器(MLSS濃度計, 返送汚泥濃度計等)は、実験開始前に手分析値と比較校正を行い実験期間中も1週間に1回程度の頻度で手分析値と比較対照した結果、両者の間にはかなり良い相関関係が認められた。

## 3. 実験結果および考察

### 3.1 沈殿池滞留汚泥重量比(MF/MA)の影響因子に関する検討

ばつ気槽汚泥量MAに対する最終沈殿池滞留汚泥量MFの重量比(MF/MA)とSV<sub>30</sub>の関係を汚泥返送率0.4の場合について示したのが、図-2である。SV<sub>30</sub>が50%以下では(MF/MA)比が原点を通る直線で近似でき、それ以上ではSV<sub>30</sub>の増加に伴って(MF/MA)比は一定値(0.5程度)に飽和してくると予想される。一方、SV<sub>30</sub>にかわってSVIに対する(MF/MA)の重量比の関係を図-3に示す。図-2の場合と同様、SVIが330以下では(MF/MA)比は原点を通り直線的に変化し、それ以上では一定値へ漸近してくるものと思われる。また、図-2および3の近似式から左辺が同一の値をとるので右辺同志等しいとおくと、返送率R=0.4およびSRT=7～10日の運転条件では、MLSS濃度の平均値は1600mg/l程度となると推定できる。図-2と図-3を比較した場合、SV<sub>30</sub>よりSVI値の方が(MF/MA)比との相関が高いので、SVI値で汚泥量の関係を評価する方が適当であると考えられる。

そこで、汚泥返送率をパラメータとしてSVIと(MF/MA)重量比の関係を求めると、図-4の通りである。本図からわかるように、汚泥返送率が増加するにつれて、(MF/MA)比は増大してくる。また、各曲線はSVIの上昇に伴い一定の飽和値に漸近し、飽和開始時のSVI値は汚泥返送率の増加に伴って高SVI領域へ移動してくるものと推定される。したがって、返送率が小さいほどSVIに対する(MF/MA)比の変化率および変化幅は大きい、飽和開始時のSVI値は小さい。逆に、返送率が大きいほどSVIに対する(MF/MA)比の変化率および変化幅は小さいが、適用SVI範囲は広い。よって、広範なSVI値に対して、(MF/MA)比を低く保つためには、できるだけ高い汚泥返送率で運転することが望ましいと考えられる。

次に、図-4とは逆にSVIをパラメータとして汚泥返送率と(MF/MA)重量比の関係をプロットすると、図-5が得られる。本図からわかるように、SVIが低いほど(MF/MA)比は汚泥返送率の影響を受けにくい、

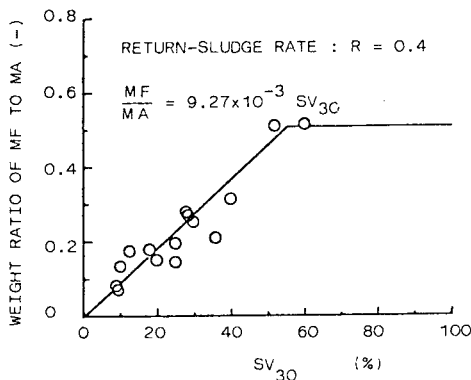


図-2 (MF/MA)比とSV<sub>30</sub>の関係

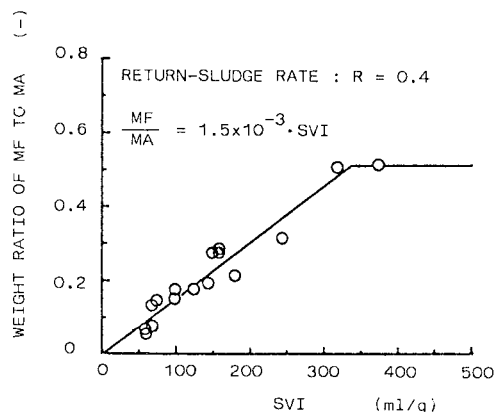


図-3 (MF/MA)比とSVIの関係

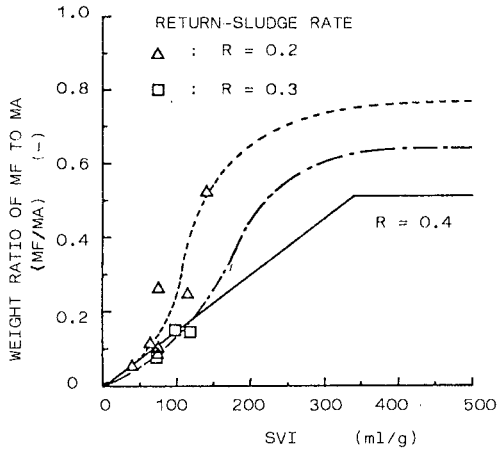


図-4 (MF/MA) 比の返送率による変化

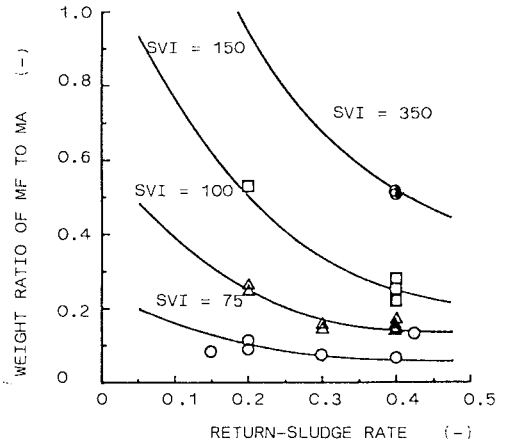


図-5 (MF/MA) 比の SVI による変化

SVI が上昇するにつれて汚泥返送率に対する減少率（傾き）が増大している。したがって、高 SVI 領域における活性汚泥プロセスの運転方法としては、汚泥の返送率を 0.5 以上に増加して沈殿池における汚泥の滞留時間を短縮し、汚泥界面位置による滞留汚泥容量も考慮に入れた設定値以下に維持することが肝要である。

### 3.2 滞留汚泥容量に関する検討

最終沈殿池の汚泥濃度分布測定より求めた汚泥ブランケットにおける平均汚泥濃度  $C_p$  の汚泥返送率による変化を図-6に示す。汚泥沈降性が非常に良好である  $SVI = 75$  程度では、平均汚泥濃度  $C_p$  は返送率に関係なく  $500 \text{ mg/l}$  前後で一定している。これは、活性汚泥の沈降フラックス（または汚泥供給フラックス）が汚泥ブランケット底部からの引き抜きフラックスより大きいためであると考えられる。一方、 $SVI$  が  $100 \sim 150$  と比較的安定している場合、活性汚泥の沈降フラックスよりも底部からの引き抜きフラックスの方が大きいため、汚泥返送率が増加するにつれて平均汚泥濃度  $C_p$  は減少傾向を示している。また、矩形沈殿池は、円形沈殿池と異なり水平方向流が動き沈殿池底部に設置してある汚泥かき寄せ機等の影響を受けるため、平均濃度  $C_u$  による仮想界面は必ずしも実際の矩形沈殿池のものとは一致せず、滞留汚泥容量の取扱いは円形沈殿池の場合よりも一層複雑である。

そこで、円形沈殿池を仮定して導出した式-(1)による滞留汚泥容量の理論値と、汚泥濃度分布測定より求めた実験値との比較検討を行った。その結果を図-7に示す。スケールアップ係数  $\beta_0 (=H_p/H_0=6, H_p$  : 沈殿池水深、

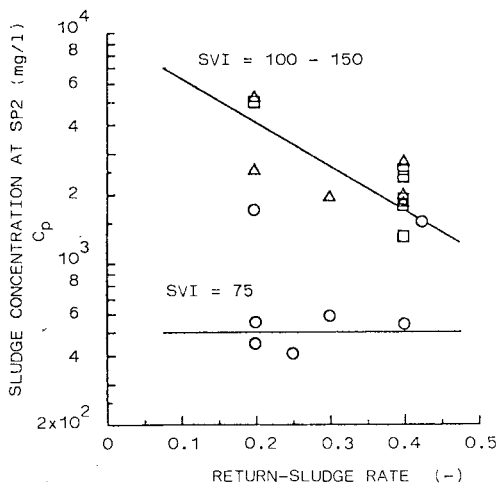


図-6 平均汚泥濃度  $C_p$  と返送率の関係

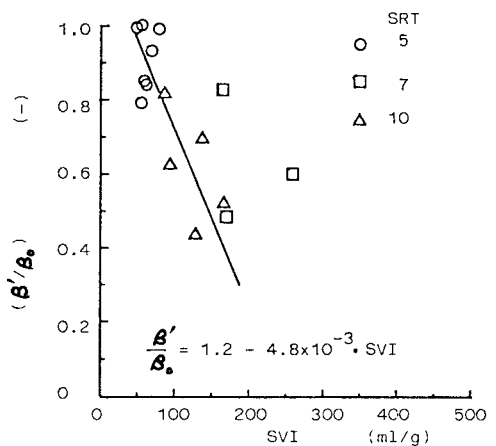


図-7 補正係数  $\alpha$  と SVI の関係

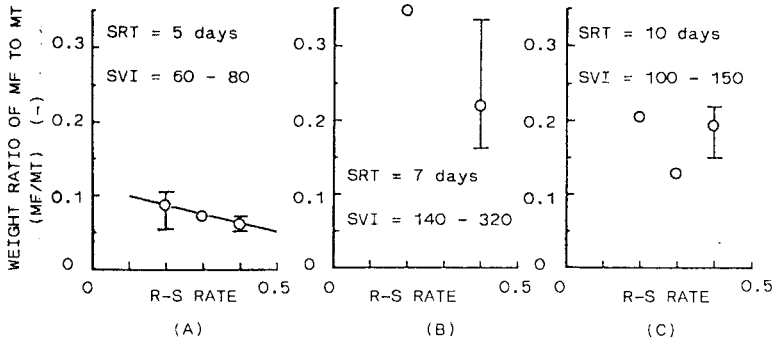


図-8 (MF/MT) 比の汚泥返送率 R による変化

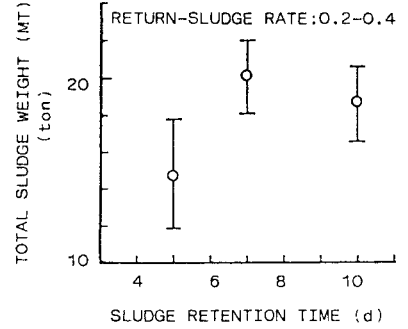


図-9 MT と SRT の関係

$H_0$ : 沈降管初高) 等のパラメータを用いて、滞留汚泥容量  $V_p$  は前述の式(1)で計算できる。

式(1)を変形して、

$$\beta' = \alpha \cdot \beta_0 = \frac{V_p}{(C_0 / C_u) \cdot Q_0 \text{ tu}} \dots \dots \dots (2)$$

式(2)の沈殿池内の汚泥濃度分布測定より算出した実験値を式(2)に代入して  $\beta'$  を計算し、SRT をパラメータとして  $(\beta' / \beta_0) = \alpha$  を SVI に対してプロットすると図-7 が得られる。本図から、 $\alpha$  と SVI の間には直線関係が存在することがわかる。ところが、実際に計算で使用されている  $\alpha$  値は、SVI の上昇に伴って 1.0 ~ 1.5 の値を示しているもので、低 SVI 領域ほど理論値と実験値が良く一致しており、SVI が上昇するにつれて誤差が増大する傾向にある。

### 3.3 系内総汚泥重量 MT に関する検討

各 SRT 設定値に対して SVI をパラメータにとり、(MF/MA) 比の汚泥返送率 R による変化は図-8 に示す通りである。なお、 $\bar{\square}$  の記号は上下の線が変動幅、 $\circ$  が平均値を表している。図-8 (A) では、汚泥返送率の増加に伴って (MF/MA) 比は直線的に減少している。同図 (B) および (C) では、その傾向が明確に現われていない。また、(MF/MA) 比值に比較して、(MF/MT) 比は約 0.2 程度ほど低い値をとるのが図-5 との比較からわかる。

最後に、系内総汚泥重量 MT と汚泥滞留時間 SRT の関係を図-9 に示す。本図から、SRT の増加に伴って総汚泥量 MT も増大していることがわかる。1 日当りの引き抜き汚泥量  $M_w$  は  $MT / SRT$  で与えられるので、SRT = 5 日で 2.46 ton、SRT = 7 日で 2.90 ton、SRT = 10 日で 1.95 ton の  $M_w$  値となる。以上のように、MT 値を正確に把握するには高 SVI 領域ほど問題があり、MT よりも MA に対する比として MF 値を評価し、MA と MF の和として MT 値を求める方が実用的であると考えられる。

## 4. まとめ

本論文では、滞留汚泥量のモデル推定値と実験値との比較検討を行い、滞留汚泥量と SVI、汚泥返送率、SRT 等の関係について評価した。その結果、ばっ気槽汚泥量に対する沈殿池汚泥重量比は SVI および汚泥返送率の関数であり、矩形沈殿池に対する補正係数も SVI の関数で表せることがわかった。

### <参考文献>

- 1) 松井, 田中, 柴田: 「活性汚泥法の運転管理に関する研究 (I)」, 下水道協会誌, Vol. 15, No. 171, pp. 33 ~ 39 (1978)
- 2) 富士元, 津倉, 岩堀, 松井: 「活性汚泥プロセスにおける沈殿特性の評価に関する研究」, 衛生工学研究論文集, Vol. 20, pp. 193 ~ 200 (1984)