

# [35] 余剰汚泥制御における最終沈殿池滞留汚泥量演算

(株)明電舎 水処理技術部 富士元 英二 ○後 藤 啓 介

## 1 はじめに

活性汚泥処理システムにおいて、処理系内に存在する活性汚泥量を適切に管理することは良好、かつ、安定した処理水を得るうえで重要である。近年は系のメインユニットであるエアレーションタンクに対して、活性汚泥の増殖や代謝活性の解析が進み、これに基づく質的な制御もMLSS計やDO計等の計測器により一部実用化されるに至っているが、もう一方の重要なユニットである最終沈殿池に対しては、固液分離の理論的な解析に比べて最終沈殿池の情報を与えることのできる計測器が少ないため、余剰汚泥量制御の一つであるSRT制御など系の総汚泥量を算出する必要がある制御においては、最終沈殿池滞留汚泥量の項を省略したり、汚泥滞留時間を設定し押し流れとして取扱う場合が多いようである<sup>(1)(2)</sup>。

本報告では、この最終沈殿池における滞留汚泥量を沈降汚泥容量計(SV計)により得られる汚泥沈降曲線に基いて容易に推定できるモデルを開発し、実データとの同定を行い、モデルの有効性について検討した。

## 2 最終沈殿池演算モデル

SV計による汚泥沈降曲線を図1に示す。

回分的に、かつ、連続的に汚泥沈降曲線が得られ、また、管径170mm、初期界面高さ600mmの大形管を用いているため壁効果の影響や初期界面高さの影響をほとんど無視することができると思われる<sup>(3)</sup>。

このSV計に基く最終沈殿池モデルについて以下に示す。

最終沈殿池をN個に分割し単位時間に流入する活性汚泥が時間の経過とともに沈降して行く過程を模式的に表現したものを図2に示した。

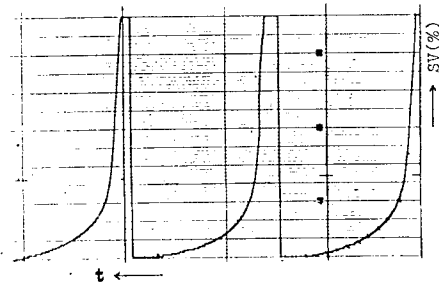


図1 SV計による汚泥沈降曲線

本モデルは、図2の各段において、①沈降汚泥量、②沈降汚泥量のうち返送および余剰汚泥として引抜かれる汚泥量、の要素をそれぞれ持つものとして論じた。ここに、各段における上澄水中の浮遊物質はないものとした。

汚泥が重力により沈降して行く過程では、等速で沈降する層、圧密への過渡状態として減速しつつ沈降する層および圧密しつつ沈降する層を含み、時間が経過するに従って後者の領域へと移行する現象を示すため、これまでの沈降モデルでは界面沈降速度に基いて論じたものが多い<sup>(4)(5)</sup>。しかし、本モデルでは層沈降による汚泥濃度勾配はないものとし、沈降汚泥は均一に混合されているものとした。この理由は、SV計の信号が連続であるにもかかわらず界面のゆらぎ現象により不定期にまた、小刻みに沈降するため、界面沈降速度のバラツキが大きく

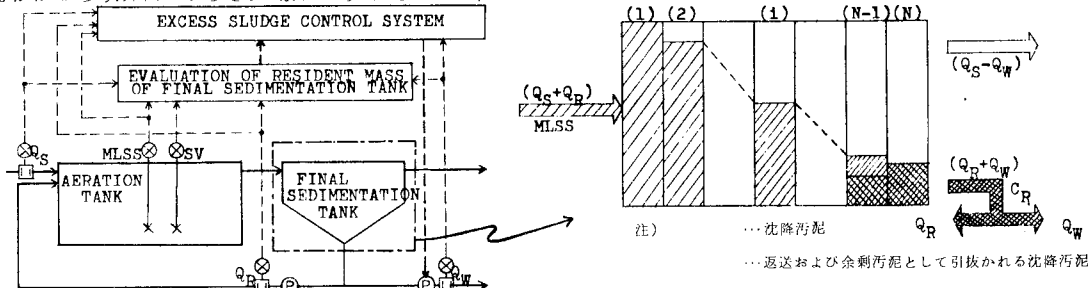


図2 活性汚泥処理システムと最終沈殿池モデルの概念図

複雑な統計処理が必要となるためである。

汚泥濃度と界面沈降高さの關係は、沈降部分の汚泥が均一に混合されているとき、汚泥の状態が変わらないものとすれば、物質収支より次の一般式が成立する。

$$C_1 V_1 = C_2 V_2 = \dots = C_i V_i = \text{const} \quad (1)$$

ここに、 $C_1, C_2 \dots C_i$  : 状態 1 ~ i における平均汚泥濃度 (kg/m<sup>3</sup>)

$V_1, V_2 \dots V_i$  : 状態 1 ~ i における汚泥の占める容積 (m<sup>3</sup>)

水面積が一定であれば、式-(1)より次式が成立する。

$$C_1 H_1 = C_2 H_2 = \dots = C_i H_i = \text{const} \quad (2)$$

ここに、 $H_1, H_2 \dots H_i$  : 状態 ~ i における界面沈降高さ (m)

式-(2)における各辺を初期界面高さ  $H_0$  で割ることにより、界面沈降高さ比と汚泥濃度の關係式が得られる。

$$C_1 S V_1 = C_2 S V_2 = \dots = C_i S V_i = \text{const}$$

ここに、 $S V_1, S V_2 \dots S V_i$  : 状態 0 ~ i における界面沈降高さ比

また、式-(1)と式-(3)より次式のようにも表すことができる。

$$(V_1 / S V_1) (V_2 / S V_2) = \dots (V_i / S V_i) = \text{const} \quad (4)$$

以上の基本的な關係式を用いることにより、図2に示す本モデルに適用することができる。以下はそのアルゴリズムである。

### 1) i 段目 (i = 2, 3, ... N)

t 時における i 段目の沈降汚泥量  $V_{Ft}(i)$  は、汚泥の混合が均一ならば、返送および余剰汚泥として引抜かれても汚泥濃度は変わらないので、式-(4)より、 $\Delta t$  時間前の同じ汚泥、すなわち、(t -  $\Delta t$ ) 時における (i-1) 段目の沈降汚泥量  $V_{Ft-\Delta t}(i-1)$  との間で次のような漸化式が成立する。

$$V_{Ft}(i) = \{ V_{Ft-\Delta t}(i-1) - V_{Rt-\Delta t}(i-1) \} \cdot S V_t(i) / S V_{t-\Delta t}(i-1) \quad (5)$$

ここに、 $V_{Rt-\Delta t}(i-1)$  : (t -  $\Delta t$ ) 時における (i-1) 段目の引抜汚泥量 (m<sup>3</sup>)

$S V_t(i)$  : t 時における i 段目の  $S V(t)$

$S V_{t-\Delta t}(i-1)$  : (t -  $\Delta t$ ) 時における (i-1) 段目の  $S V(t)$

また、t 時における i 段目の固形物量  $S_{Ft}(i)$  についても (t -  $\Delta t$ ) 時における (i-1) 段目の固形物量  $S_{Ft-\Delta t}(i-1)$

との間次式が成立する。

$$\begin{aligned} S_{Ft}(i) &= S_{Ft-\Delta t}(i-1) - S_{Rt-\Delta t}(i-1) \\ &= S_{Ft-\Delta t}(i-1) \cdot \{ V_{Ft-\Delta t}(i-1) - V_{Rt-\Delta t}(i-1) \} / V_{Ft-\Delta t}(i-1) \end{aligned} \quad (6)$$

ここに、 $S_{Rt-\Delta t}(i-1)$  : (t -  $\Delta t$ ) 時における (i-1) 段目の引抜固形物量 (kg)

### 2) 1 段目

1 段目は初期条件を考慮して、t 時における汚泥容量  $V_{Ft}(1)$  および固形物量  $S_{Ft}(1)$  が式-(7)、式-(8)でそれぞれ与えられる。

$$V_{Ft}(1) = (Q_{St} + Q_{Rt}) \cdot S V_t(1) - V_{Rt}(1) \quad (7)$$

$$S_{Ft}(1) = C_t(1) \cdot (Q_{St} + Q_{Rt}) \cdot \{ V_{Ft}(1) - V_{Rt}(1) \} / V_{Ft}(1) \quad (8)$$

ここに、 $Q_{St}$  : t 時における  $\Delta t$  時間の流入水量 (m<sup>3</sup>)

$Q_{Rt}$  : t 時における  $\Delta t$  時間の返送汚泥量 (m<sup>3</sup>)

$C_t(1)$  : t 時における初期汚泥濃度 (kg/m<sup>3</sup>)

### 3) 引抜汚泥量

各段からの引抜汚泥量の総和  $V_{TRt}$  は物質収支より、返送および余剰汚泥量の和に等しく次式で示される。

$$V_{TRt} = Q_{Rt} + Q_{Wt} = \sum_{i=1}^N V_{Rt}(i) \quad (9)$$

ここに、 $Q_{Wt}$  : t 時における  $\Delta t$  時間の余剰汚泥量

一方、各段における引抜汚泥量はその総和から求めることができる。

ここで、最終沈殿池に滞留する汚泥量  $V_{Ft}(1) \sim V_{Ft}(N)$  を考えると、1 ~ N 段のうち第 N 段目より数えて次の n 段は引抜汚泥量として流出するが、この n は次の関係を満足する場合に得られる。

$$\sum_{j=1}^{n-1} V_{Ft}(N-j+1) \leq V_{TRt} < \sum_{j=1}^n V_{Ft}(N-j+1) \quad (10)$$

したがって、式-10より、各段の引抜汚泥量  $V_{Rt}(1) \sim V_{Rt}(N)$  は次のようになる。

1 ~ (N - n) 段目：

$$V_{Rt}(j) = 0 \quad (j = 1, 2, \dots, N-n)$$

(N - n + 1) 段目：

$$V_{Rt}(N-n+1) = V_{TRt} - \sum_{j=1}^{n-1} V_{Ft}(N-j+1) \quad (11)$$

(N - n + 2) ~ N 段目：

$$V_{Rt}(j) = V_{Ft}(j) \quad (j = N-n+2, N-n+3, \dots, N)$$

つまり、式-9)に基き返送および余剰汚泥量から各段の引抜汚泥量を決定するのである。

これより、t 時における各段の固形物としての引抜汚泥量が得られる。

1 ~ (N - n) 段目：

$$S_{Rt}(j) = 0 \quad (j = 1, 2, \dots, N-n)$$

(N - n + 1) 段目：

$$S_{Rt}(N-n+1) = S_{Ft}(N-n+1) \cdot V_{Rt}(N-n+1) / V_{Ft}(N-n+1) \quad (12)$$

(N - n + 2) 段目：

$$S_{Rt}(j) = S_{Ft}(j) \quad (j = N-n+2, N-n+3, \dots, N)$$

また、式-12より t 時における総引抜固形物量  $S_{TRt}$  は次のとおりである。

$$S_{TRt} = S_{Rt}(N-n+1) + \sum_{j=N-n+2}^N S_{Rt}(j) \quad (13)$$

#### 4) 返送汚泥濃度

t 時における返送汚泥濃度  $C_{Rt}$  は式-10)のようになる。

$$C_{Rt} = S_{TRt} / V_{Rt} = S_{TRt} / (Q_{Rt} + Q_{wt}) \quad (14)$$

#### 5) 最終沈殿池滞留汚泥量

したがって、t 時における最終沈殿池滞留汚泥量は、その容量  $V_t$  および固形物量  $S_t$  として式-15)、式-16)のように与えられる。

$$\begin{aligned} V_t &= \sum_{j=1}^N \{ V_{Ft}(j) - V_{Rt}(j) \} \\ &= \sum_{j=1}^{N-n+1} V_{Ft}(j) - V_{Rt}(N-n+1) \end{aligned} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} S_t &= \sum_{j=1}^n \{ S_{Ft}(j) - S_{Rt}(j) \} \\ &= \sum_{j=1}^{N-n+1} S_{Ft}(j) - S_{Rt}(N-n+1) \end{aligned} \quad (16)$$

以上の計算を繰返し行うことにより、連続的に最終沈殿池滞留汚泥量および返送汚泥濃度を

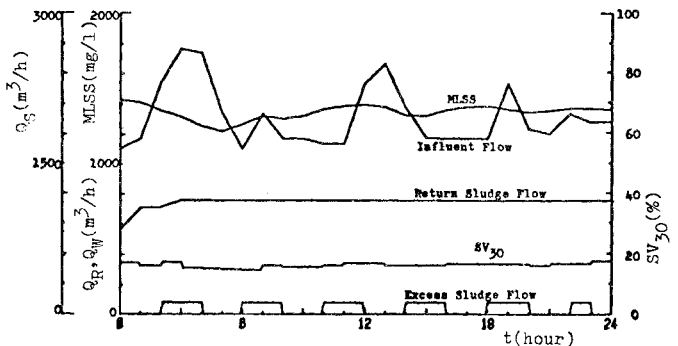


図3 実処理場におけるデータ

簡単に求めることかできる。

### 8. 結果および考察

実処理場におけるデータ図3を用いて返送汚泥濃度を計算した結果並びに実測値との比較を図4に示す。この処理場は矩形沈殿池であるが、大体良く一致している。また、このときの最終沈殿池に関する滞留汚泥量を図5に示す。エアレーションタンク内汚泥量および系内総汚泥量も同時に示したが最終沈殿池滞留汚泥量は系内総汚泥量の平均15%の割合を占め、余剰汚泥量制御によって安定した制御を行うためには、本モデルのようにオンラインで容易に最終沈殿池に滞留する汚泥量の演算ができる方法が将来的にも必要になっていくと思われる。

本モデルについては、今後更に実処理場でのデータとの比較検討を行いながら、余剰汚泥量制御への適合を図りたいと考える。

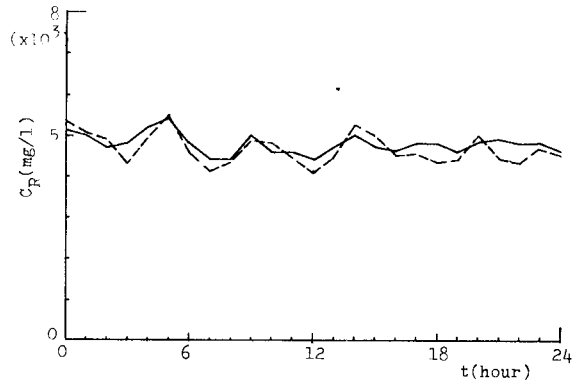


図4 返送汚泥濃度の比較

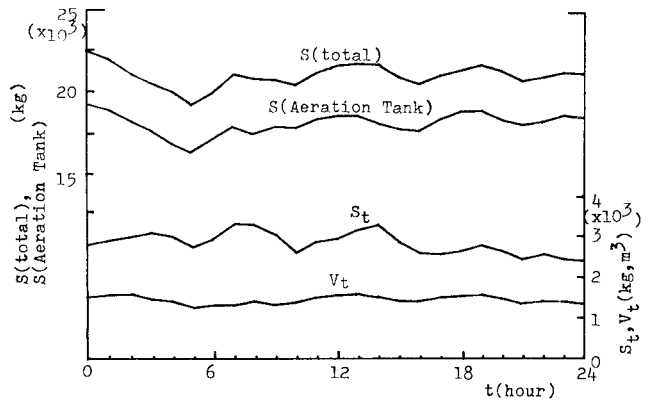


図5 滞留汚泥量および系内総汚泥量の経時変化

#### <参考文献>

1. 加藤、小出：「エアレーションタンクの余剰汚泥量制御」、第17回下水道研究発表会講演集、534(1980)
2. 古屋、秋田、今村、富士元：「エアレーションタンクの溶存酸素濃度一定制御に関する研究-1」、下水道協会誌、Vol.15, No.174, 99(1978)
3. Dick, R. I.: "Evaluation of Activated Sludge Thickening Theories", ASCE, 94, SA4(1967)
4. 真柄、南部：「限界沈降フラックスによる返送汚泥量制御の一考察」、下水道協会誌、Vol.14, No.153, 26(1980)
5. 野中：「下水道処理プロセスとプラントの設計」、日本下水道協会(1970)