

下水処理場における物質収支に関するシミュレーション

九州大学工学部 学生員○藤 慎治

九州大学工学部 正 員 楠田哲也

九州大学工学部 学生員 綿引綾一郎

1. はじめに

下水処理場における最初沈殿池、反応槽および最終沈殿池等の各プロセスの機能については多くの報告がなされている。さらに各プロセスにおける化学的因子、物理的因子および生物化学的因子の評価も数多くなされている。しかしながら、各プロセスを連続的に考慮した総合的観点からの機能評価の報告は少ない。この点からも下水処理場における全プロセスの総合的物質収支の解明が必要である。そこで本報では、下水処理場各プロセスの化学的因子、物理的因子および生物化学的因子の時間的変動が全システムの物質収支にいかに関与するかについての各プロセスモデルの展開を行った。

2. 下水処理場システムのモデルの展開

図-1 は本報に用いた下水処理場のシステムならびに各プロセスである。このシステムでは、余剰汚泥を最初沈殿池に戻し、汚泥処理過程には最初沈殿池からの引抜き汚泥のみが送られるものとした。

2-1 最初沈殿池 最初沈殿池(図-2)をモデル化するに当たって次のような仮定をした。1.流れは押し出し型である。2.生物化学的反応は起こらない。3.沈殿後のSSとBOD濃度は一定。4.SSの沈降によりBODの低下が生じる。5.水深hは一定。

$$\frac{\partial S_p}{\partial x} + \beta \frac{Q_i + Q_r}{A_v} \frac{\partial S_p}{\partial t} + W_o \frac{S_{p0}}{h} + \frac{Q_w S_{p0}}{A_r h} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial X_p}{\partial t} + \alpha \frac{Q_i + Q_r}{A_v} \frac{\partial X_p}{\partial x} + W_o \frac{X_{p0}}{h} + \frac{Q_w X_{p0}}{A_r h} = 0 \quad (2)$$

2-2 反応槽 反応槽(図-3)をモデル化するに当たって次のような仮定を行った。1.前記処理場が7槽であったので以下の式で示す完全混合槽列モデルを用いた。2.式(3)と(4)の右辺第2項の生物化学的反応はmonod型である。3.式(3)と(4)の定数は各槽ともそれぞれ同じ値である。4.返送汚泥のBODは式(5)で表される。

$$V_n \frac{dS_n}{dt} = (Q^* + Q_1 R)(S_{n-1} - S_n) - \frac{K_s S_n X_n V_n}{Y(K_m + S_n)} \quad (3)$$

$$V_n \frac{dX_n}{dt} = (Q^* + Q_1 R)(X_{n-1} - X_n) + \frac{K_s S_n X_n V_n}{Y(K_m + S_n)} - K_d X_n V_n \quad (4)$$

$$BOD = 0.45SS \quad (5)$$

2-3 最終沈殿池 最終沈殿池(図-4)では槽の上方に清澄層、中間に分離層、および下方に汚泥の濃縮層の3つに分割されると考えた。分離層では流入水に対して完全混合が行われ、濃縮層へと均等に粒子が沈降すると仮定する。また清澄層への粒子の流出は分離層

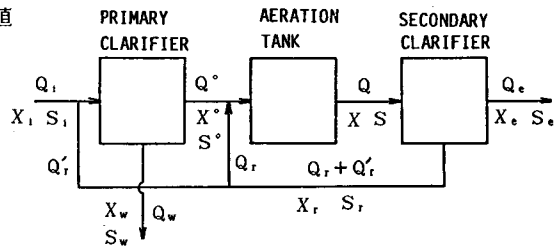


図-1 下水処理場システム

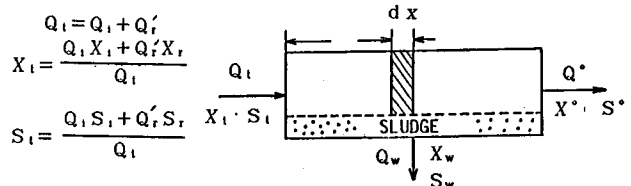


図-2 最初沈殿池モデル

の濃度に比例して一定の割合の流出が起

こるものとする。濃縮層については圧縮
沈降の理論³⁾をもとにし、分離層からの
粒子が堆積すると同時に必要な汚泥量が
引き抜かれることにより界面が変化する

モデルを考えた。

$$\frac{\partial P_1}{\partial x} + \frac{\mu}{K} \left(V_1 - \frac{\varepsilon}{1-\varepsilon} V_s \right) = 0 \quad (6)$$

$$\frac{\partial P_s}{\partial x} - \frac{\mu}{K} \left(V_1 - \frac{\varepsilon}{1-\varepsilon} V_s \right) + (1-\varepsilon)(\rho_s - \rho_l) = 0 \quad (7)$$

$$V_1 + V_s = q$$

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \frac{\partial V_1}{\partial x} = 0 \quad (9)$$

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \frac{\partial V_s}{\partial x} = 0 \quad (10)$$

図-3 反応槽モデル

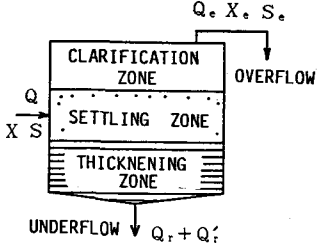
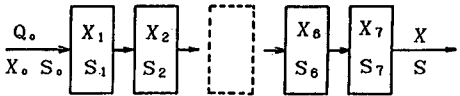


図-4 最終沈殿池モデル

P_1 : 間隙水圧, P_s : 有効応力, μ : 粘性係数, ε : 間隙率, V_1 : 液相の体積フラク

クス, V_s : 固相の体積フラックス, ρ_s : 汚泥密度,

ρ_l : 液相の密度, K : 透水係数, q : 単位面積当り

の汚泥全体の体積フラックス, t : 時間.

3. 物理、化学および生物化学的因子の評価

3-1 最初沈殿池 表-1 はモデルに用いた下

水処理場(F市T下水処理場)の最初沈殿池およ
び曝気槽における各定数である。最初沈殿池の
水深、断面積は水量により若干変動するが日平
均値とした。沈殿後のSS濃度およびSSの沈降速
度(返送汚泥)は実験値を適用した。 α および β は文献(1)から定め、SS濃度から引き抜きBOD濃度を推定した。
引き抜きBOD濃度は適当に定めた。

表-1 プロセスの定数

最初沈殿池	曝気槽
沈降性に関する係数 $\alpha=0.9, \beta=0.95$	タンク1槽あたりの体積 $V=600\text{m}^3$
沈降速度 $w_0=0.288 \text{ m/h}$	収率係数 $Y=0.5\text{mgMLSS/mgBOD}$
沈殿池断面積 $A_v=37.5 \text{ m}^2$	自己分解係数 $K_d=0.003 \text{ 1/h}$
沈殿池表面積 $A_s=450 \text{ m}^2$	最大比増殖速度 $K_s=0.45 \text{ 1/h}$
水深 $h=2.5 \text{ m}$	飽和定数 $K_m=70 \text{ mg/l}$
引き抜きSS濃度 $S_{p0}=14000\text{mg/l}$	
引き抜きBOD濃度 $X_{p0}=6020 \text{ mg/l}$	

3-2 反応槽 処理場データから Y, K_d を決定し、また K_s, K_m を文献(2)から定めた。 V は処理場の実測値である。

3-3 最終沈殿池 分離層からの沈降速度をSS濃度の関数として濃縮理論に適用し、物質収支から濃縮層での粒
子の沈降速度を計算した。透水係数および有効応力と固体分率の関係は既存の実験値を用いている。また固体分
率は湿潤状態での固形分の体積フラックスとした。

4. 終りに

本報では下水処理場における物質収支をシミュレーションにより行うため、下水処理場全システムならび各ブ
ロセスを仮定し、各モデルにおけるモデル式を展開した。更にそのモデル式の物理、化学および生物化学的因子
の評価を行った。シミュレーションの結果については講演時に発表を行う予定である。

<参考文献>

- 1) 森山克美: 活性汚泥法の浄化機構に関する基礎的研究、九州大学工学博士学位論文、1985年2月。
- 2) V.A.Vavilin & V.B.Vasilyev: Mathematical Models of Biological Waste Treatment Processes for the Design of Aeration Tanks, Water Research, Vol.12, pp491-501, 1978.
- 3) 楠田哲也、古賀憲一、栗谷陽一: 汚泥の沈降濃縮に関する研究、土木学会論文報告集、第249号、1980。