

京都大学工学部 (正員) 高松武一郎 (正員)[○]内藤 正明
(学員) 池田 有光

§1. はじめに

活性汚泥法は現在、都市下水や各種の工場廃水の処理に最も広範に採用されている方法である。従って、その機構の解明には多くの努力がなされてきた。しかし活性汚泥法を含め一般に衛生工学の分野で対象とする水処理装置につき、これを定式化するには次のような大きな困難が伴う。それは、第一に水処理装置が他の化学プラント等と比して大規模で、しかも自然環境の影響を直接受けるためその流れの様相が複雑であること。第二に汚染除去の酸化反応に主役となる微生物は挙動が定量的に捉えにくく、再現性に乏しいことである。この為、従来から多大の努力にも拘らず、まだ生物酸化水処理プロセス全体の数学的取扱いが出来るまでには到っていない。本研究は活性汚泥プロセスの諸機構を出来るだけ簡単なモデルで数式表示し、これに基づいて設計及び操作の指針を探ると同時にプロセス全体の最適化について検討することを目的とする。ここでは先づ「Iプロセス全体の数式表示」について説明し、これに引続き発表される「II実験的検討」とこれらに基づく「III一般化活性汚泥法の提示とその最適化」の考察という最終目標に到る数式的な根拠と仮定について概説する。

§2. 活性汚泥諸変法の統一的表示の検討

古くから用いられてきた所謂 conventional法に対し、それを Modify した各種の変法が考案され、それぞれが特徴を有している。これらすべてを比較検討し、最適プロセスを探る為には、すべての変法を包括しうよう「曝気槽」「沈殿池」「再曝気槽」から図-1の様なシステムを構成する。これらの流動状態を表現することは簡単な問題ではない。

曝気槽についてはこれまで、単一完全混合ないしは押出し流れという極端な状態を仮定している。再曝気及び曝気槽では曝気操作のため、可成りの混合が流れ方向に均一に生じているとみなせるので、ここでは流式の一次元流れ拡散方程式で表示する。

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{1}{Pe} \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} - \frac{\partial C}{\partial t} - \phi \cdot T \quad (1)$$

ここに z : 流れ方向座次元距離 L : 座次元時間
 Pe : 混合のし数 T : 理論滞留時間
 ϕ : 対象成分の Source term, 次下式を
速度過程の項とみなし流れ場内で
変化するものに表現される重要な
問題となる。

沈殿池に関しては、これを本研究室で

理論的・実験的に検討し、上記(1)式の中へ項を適当に Modify することによりうまく表現しうることを

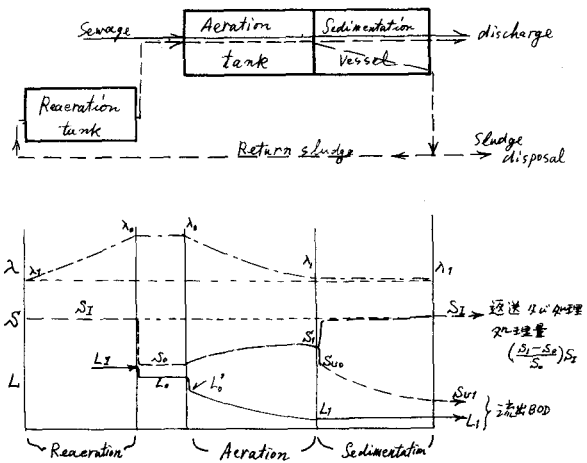


図-1. Typical schematic diagram と
三つの状態変数の変化の様子。

認めた(41年度本会発表)従って活性汚泥プロセスを構成する三つの流系には①式が適用しうるものとする。パラメーター μ と T はまた混合特性と大きさを表わし、これを適当に選べば、各種変法を分類し、統一的に表示しうることを(表-1)に示す。この様に全体を包含した定式化により、一見無関係に見える各変法を同一の規準で比較しうる。

表-1 活性汚泥法各種変法の分類

Elementary Process Modification	Aeration tank				Sedimentation vessel		Recirculation tank		Sludge: BOD ratio
	Y_L	Y_S	T_A	P_{ea}	T_S	P_{es}	T_R	P_{er}	
(1) Conventional method	$F S(1)$	$r F S(1)$	$\frac{C_a}{3-4 \text{ hrs}}$	P_{ea}	$\frac{C_a}{3 \text{ hrs}}$	P_{es}	0	—	Moderate
(2) Super aeration	"	"	"	$P_{ea}(x)$	"	"	0	—	"
(3) Step aeration	$\frac{F}{n} S(1 - \frac{1}{n})$	"	"	P_{ea}	"	"	0	—	"
(4) High rate	$F S(1)$	"	T_A	"	T_S	"	0	—	Low
(5) Biorotation	"	"	$\frac{C_a}{0.5-1 \text{ hrs}}$	"	$\frac{C_a}{1 \text{ hr}}$	"	long	P_{er}	High
(6) Complete mixing	"	"	short	0	T_S	"	0	—	Moderate
(7) Total oxidation	"	"	long	P_{ea}	"	"	0	—	"

Y_L, Y_S : 各流入廃水及び汚泥の分配配量

②. 速度過程の重要な装置変数の相互関係について (Smith, A.S.R. は各曝気、沈殿、再曝槽を収め、 F : feed rate of sewage)
①式で問題となる中の項が三つの系でそれぞれ異なるが、又それらに含まれる操作、設計変数間の interaction がどうであるかを検討する。

再曝気槽について……他の二つに比べて再曝気槽の働きについての定式化はみられない。ここでは汚泥表面に Active site を仮定し、これで表現しようとした。即ち先で汚染質は active site に吸着された後、酸化反応で消滅するとし、再曝気槽の働きは二の active site を増やすことにありとして次の様に表現した。

$$\frac{d(1-\lambda)S}{dt} = -k_1(1-\lambda)S \cdot T_R \quad (1) \quad \text{if } \frac{\partial S}{\partial t} = 0 \quad \text{は、汚泥濃度の増減がないなら、}$$

$$\lambda = 1 - (1-\lambda)e^{-k_1 T_R} \quad (2) \quad \text{と容易に与える。}$$

ここに λ : active site / total site k_1 : 附着率係数。

曝気槽について…… 活性BOD、及び汚泥 S に対する基礎式は、次

$$\frac{\partial L}{\partial t} = \frac{1}{P_{ea}} \frac{\partial L}{\partial t} - \frac{\partial L}{\partial t} - \phi_{LA} \cdot T_A \quad (3) \quad \text{or} \quad \frac{\partial S}{\partial t} = \frac{1}{P_{ea}} \frac{\partial S}{\partial t} - \frac{\partial S}{\partial t} - \phi_{SA} \cdot T_A \quad (4)$$

$$\text{ここ} \quad \phi_{LA} = k_2 \lambda S \cdot \frac{\beta L}{\beta + L} \quad (5), \quad \phi_{SA} = -\alpha \phi_{LA} + k_3 S \quad (6).$$

$$\frac{d(1-\lambda)S}{dt} = -k_1 T_A (1-\lambda)S - \phi_{LA} \cdot T_A \quad (7), \quad \lambda = \lambda_0 \quad \text{at} \quad z=0$$

ここで k_2 は反応速度係数であるが、これは曝気槽の混合状態と関数と考え $k_2 = f_{\text{mix}}(P_{ea})$ とし、沈殿池について……沈殿池で対象となるのは、流入直後に沈降する大部分を除いた残留浮遊物質 S_u であるとして、

$$\frac{\partial S_u}{\partial t} = \frac{1}{P_{es}} \frac{\partial S_u}{\partial t} = \frac{\partial S_u}{\partial t} - \phi_{S_u} \cdot T_S \quad (8)$$

$$\text{ここ} \quad \phi_{S_u} = K_{S_u} (1 - \varepsilon_1 e^{-\alpha_1/E_1}) (1 + \varepsilon_2 e^{-\alpha_2 T_A}) S_u \quad (9).$$

(9)式は沈降除去速度の項であり、これは沈殿池混合度 $E_s (= \frac{u_{Ls}}{P_{es}})$ 及び曝気槽での滞留時間の関数と仮定する。更に(8)式の境界条件 S_{u0} (流入浮遊物濃度)は、汚泥負荷率と曝気槽混合状態の何らかの関数で $S_{u0} = f_{\text{mix}}(P_{ea}, r)$ と仮定する。(r: 返送率)

これらの諸式を解くと三つの流系系内の状態変数の値が分る。これを模式的に図-1に示した。しかし以上の基礎式に含まれる、いくつかの仮定式及びその未知係数は従来のデータからは決定し得ないものが多い、これを新たに実験室テストで調べた結果を、次の「実験的検討」で引続き報告する。