

沈殿池およびばっ気槽効率におよぼす流体混合度の影響

EFFECTS OF FLUID MIXING ON THE REMOVAL EFFICIENCIES OF SEDIMENTATION VESSEL AND AERATION TANK

高松 武一郎*・内藤 正明**

By Takeichiro Takamatsu and Masaaki Naito

1. 緒言

流通系における混合現象が、そのプロセスの効率におよぼす作用としては、

- i) 装置内の滞留時間分布を変えることによる、流れ様相に対しての直接的な作用
- ii) 装置内で目的としている移動現象の進行速度に対する作用

の2つが考えられる。しかしながら、ii)の作用というのは、どのような移動操作を対象にするかによって、その重要性も、様相も大いに異なるものであるが、この点に関しては、これまで特に取り上げて論じられた例は少ない。ただ物質移動操作についてみると、実験結果は物質移動度を流量等をパラメーターとして示すことにより、混合のii)の作用を間接的に考慮していると考えられる。ところが、ここで対象として取り上げた沈殿池およびばっ気槽については、それら両流れ系内で目的としている、それぞれの移動現象（沈降と生物化学反応）の速度過程に対し、混合度の影響を考慮して解析された例は少ないようである。しかしこの場合のii)の作用というものは無視し得ぬほど大きく、しかもその作用の仕方は両対象について様子がまったく異なると考えられるため、連続操作として取り扱う場合には、i)のみならずii)の作用も同時に考慮に入れた上で解析しなければ全体としての混合度の影響は知り得ないであろう。このような考えの下に上記移動現象と混合度との関係を検討し、沈降および生物化学反応の進行速度をそれぞれ、混合度の関数として表示した。さらに、これらを導入した一次元拡散モデルにもとづき、近似的に流通系プロセスとしての沈殿池およびばっ気槽をモデル表示し、その効率表示を理論的に考察した。最後に、この結果について若干の数値解析を行ない、これら沈殿池、ばっ気槽効率におよぼす総合的な混合度の影響について検討を加えた。

2. 沈殿池、ばっ気槽効率表示に関する理論的考察

沈殿池およびばっ気槽、ともに連続流入のく型池を対

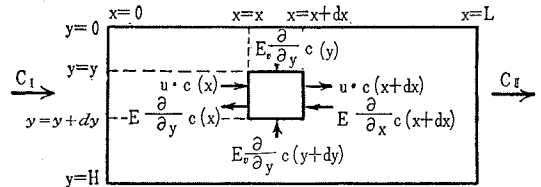
* 正会員 工博 京都大学教授 工学部衛生工学教室
 ** 学生会員 京都大学大学院学生

象にした場合、二次元流表示の基礎方程式は式(1)のようになる(図-1参照)。

$$\frac{\partial C}{\partial t} = E \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - u \frac{\partial C}{\partial x} + E_V \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} - \psi(C, M) \dots\dots\dots(1)$$

ここに t : 時間, x : 入口からの距離, C : 対象物質濃度, u : 流速, M : 流体の乱れを表わすファクター, E, E_V : それぞれ流れ方向および上下方向の対象物質の混合拡散係数

図-1 二次元拡散モデルの物質収支

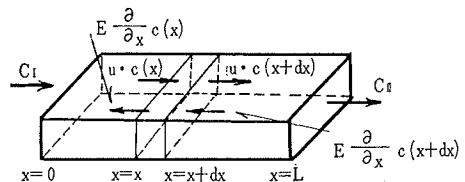


ここに $\psi(C, M)$ という項は除去過程（沈降による浮游粒子の除去速度または生物化学反応による BOD 除去速度）を意味し、これは一般的には濃度 C と流体の乱れを表わす factor M とのなんらかの関数として表示されるもので、これを以下に沈殿池、ばっ気槽それぞれの場合について検討しようとする。

大容量な流れ系については本来、式(1)で与えた表示が現象により忠実な取り扱いであるのは当然であるが、この解は非常に複雑になり¹⁾ 実際的な適用は困難である。そこで、この困難を避けるための便法として、近似的な一次元拡散モデル^{2),3)} で次式のように表示することを考えてみる(図-2参照)。

$$\frac{\partial C}{\partial t} = E \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - u \frac{\partial C}{\partial x} - \phi(C, M) \dots\dots\dots(2)$$

図-2 一次元拡散モデルの物質収支



こうしたとき $\phi(C, M)$ とおいた項は式(1)の $\psi(C, M)$ 項に対応する移動過程の表示である。この2つは数学的には本質的に異なるものであるが、近似的に式(1)の上下方向の混合現象と移動過程の両方を加味したこの

$\phi(C, M)$ という項が沈殿池、ばっ気槽それぞれについてどう表示されねばならないかを以下に検討する。

(1) 沈降による浮游粒子の除去速度

沈殿池内での浮游粒子は、沈降によって底面に達したことにより流体中から除かれるものとし、これが再浮上することがないものとするれば除去の度合の表示 $\phi_S(C, M)$ は粒子の下方移動速度 v と底面のすぐ近傍の濃度 C_B とによって、 $\phi_S(C, M) = vC_B$ と表わせる。そこで、この除去度合というものの性質を知ることは、2つの変数 v と C_B に対する M の影響を調べることに帰せられる。そのため流れ系の混合度の両極限を考えてみると、まず流れ方向にも上下方向にもまったく混合のない押し出し流れ状態では、流下につれて上部に清澄層ができ、その層より下部での濃度は一定であるから除去すべき底面近傍濃度 C_B はつねに一定となる。一方これとは逆に槽内で上下方向に完全混合が起こっていれば除去された残りの残留浮游粒子はいつも均一に上下に分散するから C_B はその断面内での平均濃度と等しい。すなわち C_B は混合状態によって変化し、押し出し流れでは $C_B(x) = C_1$ (入口濃度)、完全混合では $C_B(x) = C(x)$ となる。そこで $\phi_S(C, M) = K_S C_1 (C/C_1)^r$ と表現してみれば r という係数は混合度の関数と考えることができ、完全混合では $r=1$ 、完全押し出し流れ⁴⁾ では $r=0$ となることを意味し、一般の混合状態のもとでは混合度の増大につれて $r=0 \rightarrow 1$ の間の値をとると考えられる。つぎに比例係数 K_S は浮游粒子の見かけ沈降速度を示すパラメーターであり、静水中での沈降速度と、この沈降効果を相殺する上下方向の混合、さらには濃度分布を変動させる流れ方向の混合等、あらゆる作用の合成された結果として現われるものであり、再浮上のある場合にはその影響もふくめたものとして考えればよいであろう。しかしいずれにしても、この K_S は r と同様混合度のなんらかの関数として表現されるべきものである。

このように、混合度の関数と考えられる K_S, r という2つの係数を導入したが、ここでいう混合度とは主として式(1)における E_V で表わされる上下方向の作用が大きいかと考えられ、この E_V と K_S, r との関係は表-1に示すようでないといけない。

表-1に示した関係を一応つぎの式で簡単に表示することを試みる。

$$K_S = \frac{1}{t_0} (1 - e^{-B_1/E_V}) \dots\dots\dots (3)$$

$$r = 1 - e^{-B_2/E_V} \dots\dots\dots (4)$$

表-1 パラメーター K_S, r と上下方向混合拡散係数との関係

E_V	$0 \rightarrow \infty$
K_S	$1/t_0 \rightarrow K_0$ 単調減少
r	$0 \rightarrow 1$ 単調増大

T : 理論滞留時間
 t_0 : 沈降時間
 $K_0: 1/t_0 > K_0 > 0$ なる定数

ここに、 t_0 : 水面から底面まで粒子沈降に要する沈降時間 $B_1, B_2 > 0, 1 > \epsilon > 0$, なる定数

式(3), (4)の関係は単に表-1を満足するように決めたもので、沈降に対する現象論的な解明によって導いた関係式ではない。

これまで混合度として流れ方向、上下方向という表現を用いたが、このような乱れの方向による区別は単にモデル表示のための便宜的なものであって、実際にはその間にはなんらかの相関があり、さらに一般には、あらゆる方向にその度合が等しい等方性乱れの状態にあると考えてもよからう。この場合には流れ方向の混合度パラメーター E をもって他の方向の混合度 E_V をも代表させることができることとなり解析が容易になる。3. では以上の仮定の下に式(3), (4)の E_V を E と置き代えて用いている。

(2) 従来の効率表示式との比較検討

いま与えた式(3), (4)を式(2)に代入して解き、その結果を要約して表-2に示す。さらにこの結果と、従来示されているいくつかの代表的な効率表示式⁵⁾とを比較し、その問題点を指摘してみよう。

表-2 種々の混合状態における残留率表示

混合状態	混合度 E, E_V	残留率表示式 (2), (3), (4)より	従来の諸モデル表示域
[Case I] 完全押出	$0 \rightarrow 0$	$1 - T/t_0$ (A)	(イ) 理想沈殿池
		$1 - r \sqrt{K_S(1-r) + 1}$ (B)	
[Case II] 半完全押出	$0 \rightarrow \infty$	$e^{-K_0 T}$ (C)	(ハ) Hazen (2)
		$(\alpha - \beta) e^{P_0/(\alpha^2 \cdot e^\alpha - \beta^2 e^\beta)}$ (D)	
[Case III] 完全混合	$\infty \rightarrow \infty$	$1/(1 + K_0 T)$ (E)	(ニ) Fair
			(ロ) Hazen (1)

備考: $K_S = \frac{T}{t_0} (1 - e^{-B_1/E_V})$

$$K_0 = \frac{1}{t_0} (1 - \epsilon)$$

$$\alpha, \beta = \frac{P_0}{2} \left[1 \pm \sqrt{1 + \frac{4K_0}{P_0}} \right]$$

表-2では混合度を流れ方向と上下方向に分け、その値に対する沈降除去速度を式(3), (4)によって求め、これを基礎式(2)に代入して、それぞれの場合の残留率表示がどのように得られるかを要約表示した。これを混合度によって [Case I], [Case II], [Case III] に区分し、各場合について以下に計算の過程を示す。

[Case I] $E = E_V = 0$ なる場合で、このときを完全押し出しと名づける。

式(3)より $K_S = \frac{1}{t_0}$ 式(4)より $r = 0$

基礎式(2)は

$$-u \frac{dc}{dx} - \frac{1}{t_0} C_1 = 0$$

ゆえに $\int_{C_1}^{C_{II}} dc = - \int_0^L \frac{1}{u} \left(\frac{1}{t_0} \right) C_1 dx$

したがって残留率表示は

$$\frac{C_{II}}{C_I} = 1 - \frac{T}{t_0} \dots\dots\dots (A)$$

ここに C_I : 入口濃度, C_{II} : 出口濃度, t_0 : 沈降時間, L : 池長さ, T : 理論滞留時間 $\left(\frac{L}{u}\right)$

[Case I] ~ [Case II] $E=0, E_V = \text{有限値}$, なる場合で

式 (3) より $K_S = \frac{1}{t_0}(1 - \epsilon e^{-B_1/E_V})$

式 (4) より $r = 1 - e^{-B_2 E_V}$

基礎式 (2) は $\frac{dc}{dx} + \frac{1 - \epsilon e^{-B_1/E_V}}{t_0} \cdot \frac{1}{u} C_1^{1-r} \cdot C^r = 0$

ゆえに $\int_{C_I}^{C_{II}} \frac{dc}{C^r} = \int_0^L \frac{1 - \epsilon e^{-B_1/E_V}}{t_0} \cdot \frac{1}{u} \cdot C_1^{(1-r)} dx$

したがって残留率表示は

$$\frac{C_{II}}{C_I} = \frac{1-r}{1-r} \sqrt{\frac{T}{t_0} (1 - \epsilon e^{-B_1/E_V}) (1-r) + 1} \dots\dots\dots (B)$$

[Case II] ~ [Case III] $E = \text{有限値}, E_V \rightarrow \infty$ なる場合で

式 (3) より $K_S = K_0 = \frac{1}{t_0}(1 - \epsilon)$, 式 (4) より $r = 1$

基礎式 (2) は $E \frac{d^2c}{dx^2} - u \frac{dc}{dx} - K_0 C = 0$

境界条件 $x=0$ で $E \frac{dc}{dx} = u(C - C_I)$

$x=L$ で $\frac{dc}{dx} = 0$

したがって残留率表示は

$$\frac{C_{II}}{C_I} = \frac{P_e(\alpha - \beta)e^{P_e}}{\alpha^2 e^\alpha - \beta^2 e^\beta} (= M_D)^{6), 7)} \dots\dots\dots (C)$$

ここに $\alpha, \beta = \frac{P_e}{2} \left[1 \pm \sqrt{1 + \frac{4K_0 T}{P_e}} \right]$

$P_e = \frac{uL}{E}$

(ペクレ数)

[Case II] $E=0, E_V \rightarrow \infty$ なる場合であるから

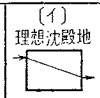



$$\frac{C_{II}}{C_I} = \lim_{E \rightarrow 0} M_D = e^{-K_0 T} \dots\dots\dots (D)$$

[Case III] $E \rightarrow \infty, E_V \rightarrow \infty$ なる場合であるから,

$$\frac{C_{II}}{C_I} = \lim_{E \rightarrow \infty} M_D = \frac{1}{1 + K_0 T} \dots\dots\dots (E)$$

つぎに, 沈殿池効率表示として, これまで知られている代表的なつぎの4つを取り上げて, 上記の解析結果と比較しながら検討してみよう。なお類似の検討が中川⁹⁾によってもなされている。

表-3 従来の沈殿池諸表示モデル

表示モデル	(イ) 理想沈殿池 	(ロ) Hazen表示(1) 	(ハ) Hazen表示(2) 	(ニ) Fair表示 
残留率表示	$1 - T/t_0$	$\frac{1}{1 + T/t_0}$	$\left(1 - \frac{T}{n t_0}\right)^n$	$\left(\frac{1}{1 + \frac{T}{n t_0}}\right)^n$

[イ] は表-2の [Case I] の結果と一致し, 完全押し出しという特殊な場合を表示している。

[ロ] は表-2の [Case III] に相当しているはずであるが, 上下に完全混合が起こっているから, 粒子は静水中の沈降速度と同じでないこと, したがってこの場合 t_0 はその混合状態における見かけ沈降時間とみなさなければならず, 単純定数は考えられない。

[ハ] は [イ] の直列結合系に相当し, Hazen はパラメーター n を静隠係数と称し, 混合度を示す Index と考えている。 n の両極限の場合を考えると残留率表示は $n \rightarrow 1$ で $1 - T/t_0$, $n \rightarrow \infty$ で e^{-T/t_0} となるから, これは一応 [Case I] ~ [Case II] の範囲を表現していると考えられる。しかし $n \rightarrow \infty$ の場合の残留率表示 e^{-T/t_0} は [ロ] と同様の理由により, 係数 T/t_0 に問題がある。

[ニ] は [ロ] の直列結合系であり, $n \rightarrow 1$ で $1/(1 + T/t_0)$, $n \rightarrow \infty$ で $1 - e^{-T/t_0}$ となる。これはやはり [Case II] ~ [Case III] の範囲を表現しているものであるが, この場合にも係数 T/t_0 がそのままでは認められぬことは [ロ], [ハ] の場合と同じである。

以上の検討でもわかるとおり, これら従来の諸表示式は緒言で述べた混合度の2つの作用をうまく表現しているとはいえないようであり, この点に関しては式 (2) で与えた一次元拡散モデルおよび式 (3), (4) による沈降度表示が合理的な表現といえるのではないかと考える。

(3) 生物化学反応による BOD 減少速度

微生物反応による, ばっ気槽内の BOD 減少過程は, これまで数多くの BOD テストが行なわれ, その適切な表示として Bertalanfly⁹⁾ などの用いた一次反応形式, または触媒反応式に類似した表現が提示されている。これまでも解析上の利点から, 一次反応式表示がよく用いられており, ここでも以下この表示にもとづいて考察を進める。さてこの場合にも, その移動過程, すなわち, 生物化学反応による BOD 除去過程が混合のある流れ系内で進行する時, 流れの混合状態に左右されるであろうことが予想される。そしてその間の関係は, 後にも検討するように, きわめて例外的な混合状態でない限り, 混合が良好であるほど除去過程が進行しやすいと推測される。ここでいう混合とは, 沈殿池の場合と違って, 特にある一方向の混合が大きい作用をおよぼすというのではなく, あらゆる方向の局所混合がすべて同等に問題となる。したがって, この場合にも沈殿池に対してしたと同じく, 乱れの等方性を仮定し, 流れ方向混合拡散係数 E をもって代表混合度表示としてとるならば, 反応速度係数 K_A と混合との関係は一応つぎのように表現できよう。

$$K_A = K_0(1 + B_3 e^{-B_4/E}) \dots\dots\dots (5)$$

式 (5) の関係は, これを正しく定量的に記述するには

生物化学反応機構の今後の解明にまたねばならないが、現在までに得られている結果をもとに、以下に述べる考察によって得たものである。

① ばっ気槽における BOD 除去過程を活性汚泥が触媒的働きを行なう汚染物質と酸素との異相系反応と考えると、固体触媒異相系反応に対する速度表示¹⁰⁾が適用でき、この場合全過程の抵抗 R は Kinetics で得られる反応系固有の酸化反応過程、酸素供給および生成物質除去の物質移動過程のそれぞれの抵抗 R_R, R_0, R_P の直列結合として、

$$R = \alpha_1 R_R + \alpha_2 R_0 + \alpha_3 R_P$$

のように表現できよう。

② 上記の諸過程のうちで混合が影響をおよぼすのは主として物質移動の過程 (R_0, R_P) に対してであり、これについては従来から化学工学の分野で数多く行なわれた実験結果から推定できる。たとえば山口¹¹⁾によると通気かくはん槽における吹込ガス速度 u_G と物質移動抵抗 R_0 、または R_P との間に R_0 (または R_P) $\propto \alpha_4 u_G^{\alpha_0}$ という関係があることを示している。一方 u_G と混合拡散係数 E との関係の一例が bubble-cup 塔に対し $E^{0.5} = \alpha_5 + \alpha_6 \cdot u_G$ と与えられている¹²⁾。したがって E と R_0 の関係は $1/R_0 \propto E^{\alpha_0/2} + \alpha_7$ となり、これから物質移動過程の進行速度は混合の増大により単調に増大する関数であることがわかる。

③ 総括抵抗 R のうちどれが律速過程であるかを示す係数 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ について検討する。最近 BOD 除去に対する混合の働きを調べるために行なわれた実験例¹³⁾ から少なくとも混合がなんらかの影響をもつことだけは確認され、このことから R に占める R_0, R_P の割合は無視小ではないこと、すなわち $\alpha_2 + \alpha_3 \ll \alpha_1$ ではないことが認められたといえる。

以上の検討にもとづき

$$\frac{1}{K_A} = R \propto \frac{d_8}{E^{\alpha_0/2} + \alpha_7} + \alpha_9$$

したがって

$$K_A \propto \frac{1}{\alpha_9} \left\{ 1 - \frac{\alpha_8/\alpha_9}{E^{\alpha_0/2} + (\alpha_7 + \alpha_8/\alpha_9)} \right\} \\ \approx K_0 (1 + B_3 e^{-B_4/E})$$

ここに

B_4 : 上の近似式を成り立たせるように定めた係数

$$K_0 = \frac{\alpha_7}{\alpha_9 + \alpha_7 \alpha_9}, \quad B_3 = \frac{1}{\alpha_7 \alpha_9}$$

$\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_9$: 現象から定まる係数

このように多くの仮定の下に立てた式 (5) については種々疑問もある。たとえばあまり混合が強いと形成された汚泥塊が破壊され、かえって除去率の低下することも考えられ、これらに関しては、今後の実験的裏付けが必要であろう。

3. 沈殿池およびばっ気槽の統一的表示

式 (2) で示した一次元拡散モデルにもとづく基礎式を無次元化して、定常状態に対し表示すると次式のようになる。

$$\frac{d^2 c}{d\eta^2} - P_e \frac{dc}{d\eta} - P_e \varphi(c, M) = 0 \dots\dots\dots (6)$$

境界条件は $\eta=0$ にて $\frac{dc}{d\eta} = P_e(c-1)$

$\eta=1$ にて $\frac{dc}{d\eta} = 0$

ここに $\eta = \frac{x}{L}$, $P_e = \frac{uL}{E}$, $\varphi = T\phi$, $c = \frac{C}{C_I}$

という無次元量である。ただし ϕ は式 (2) で用いたものの。

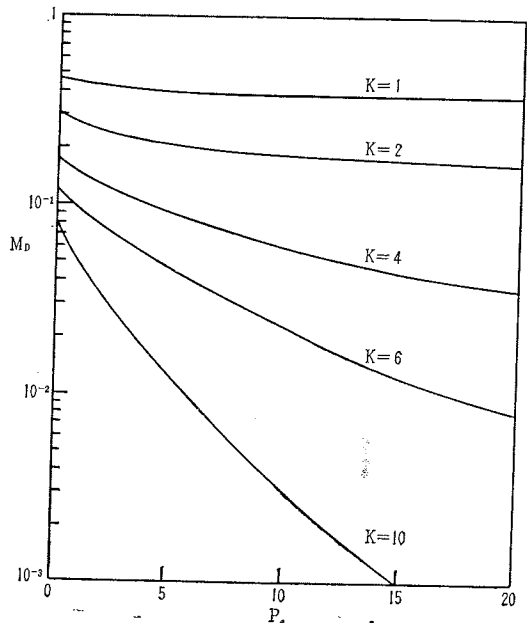
さて除去過程表示 $\varphi(c, M)$ については、これまでいろいろ検討してきたが、その際混合度のパラメーターとしては E を用いた。しかし無次元化した基礎式 (6) では、すでに E は $P_e(uL/E)$ の形で、無次元量としてまとめられているため、混合度パラメーターを一つに統一するのが取り扱いに便利である。そこで式 (3), (4) および (5) においても等方性乱れの仮定で E を代表パラメーターにとると、その局所的な混合度パラメーターとしての混合拡散係数 E を近似的に装置全体の総括的な混合度パラメーター P_e で表示することにすれば式 (3), (4), (5) は次式のように書き換えられる。

(沈降除去速度)

$$\varphi_S(c, M) = K_S C_I \dots\dots\dots (8)$$

$$K_S = \frac{T}{t_0} (1 - e^{-B_3 P_e}) \quad (B_3 > 0 \text{ なる定数}) \\ \dots\dots\dots (9)$$

図-3 移動速度を一定とした場合の残留率 (M_D) におよぼす混合度の影響



$$r = 1 - e^{-B_0/P_0} \quad (B_0 > 0 \text{ なる定数}) \dots\dots(10)$$

(生物化学反応速度)

$$\varphi_A(c, M) = K_A C \dots\dots(11)$$

$$K_A = K_0(1 + B_1 e^{-B_2 P_0}) \quad (B_1, B_2 > 0 \text{ なる定数}) \dots\dots(12)$$

もし式(8)で $r=1$ と近似できるならば、沈降および生物化学反応両方の速度過程 φ_S, φ_A はともに一次反応形式となり、基礎式(6)は両者に対して同一の線型微分方程式となる。そこで境界条件式(7)のもとに解くと残留率 C_{II}/C_I は次式で表わされる。

$$C_{II}/C_I = \frac{P_0(\alpha - \beta)e^{P_0}}{\alpha^2 e^\alpha - \beta^2 e^\beta} \dots\dots(13)$$

ここに $\alpha, \beta = \frac{P_0}{2}(1 \pm \sqrt{1 + 4K/P_0})$, $K:K_S$ または K_A

いま式(13)の性質を検討するため、 K を一定にした場合の P_0 と残留率式(13)の関係を示したものが図-3である。これは緒言で述べた混合の2つの作用のうちi)の作用について調べたもので、 P_0 の増大が滞留時間分布を分散の小さい形とし、その結果効率を上昇させる作用を示しているが、この間の事情は反応器の収率に対する滞留時間分布の関係としてすでに十分検討されてきたものと同様であることは φ_S, φ_A が一次反応式と同じであることからわかるので詳細は文献¹⁴⁾にゆずることとする。

この図-3の結果と、 K を混合度の関数と考へて ii) の作用をも考慮した場合のつぎの4. での数値解析結果とを比較することにより i), ii) 二つの作用が同時に働いた場合、その総合的な影響が、各対象(沈殿池およびばっ気槽)の効率にどう現われるかを知ることができる。

4. 沈殿池、ばっ気槽効率の数値解析による検討

装置効率におよぼす総合的な混合度の作用を調べるために残留率表示式(13)に対して、式(9)、(12)を代入して、それぞれについて若干の数値解析を行なったものを図示する。図-4は沈殿池効率に対する混合度の影響を示したもので、流れ方向の混合度パラメーター P_0 が増大するにつれ、すなわち、押し出し流れに近づくにつれて効率がいちじるしく増大することがわ

かる。これは混合度が小さいほど先に述べた i), ii) の2つの作用が同じく効率の上昇に働くためであり、これまで Fair が導入した静隠係数、Hazen が用いた Cell 数による混合度表示などが示し得なかった影響を、よりの確に与えており、直感的に予想される混合現象と効率の関係の定性的にはあるが、よく説明できる。

図-5は式(10)で与えた係数 r について、その性質を検討したもので、 $r=0.5$ と $r=1$ をとった場合、他のパラメーターを同一にしておいて、どの程度の差が基礎式(7)の解に生ずるものかを、解析的に解けぬため、数値解析によって示した。これは流入端から濃度 C_I で入ったものが流下していくにつれて次第に除去され減少していくようすを図示しているが、この両曲線はそれぞれ基礎微分方程式が非線型、線型の相違があることから、本質的に異なったもので、流出端における残留濃度にもまた相当の差がみられる。したがって先に行なった $r=1$ による理論解析はなお検討の余地があり、実験による式(10)の考察、および $r=1$ という近似解析の可否についてもさらに調べなければならない。

図-6は図-4と同様、 P_0 を変化させた場合のばっ気槽効率への影響を示したもので、これをみると、ある

図-4 沈殿池効率におよぼす混合度の影響

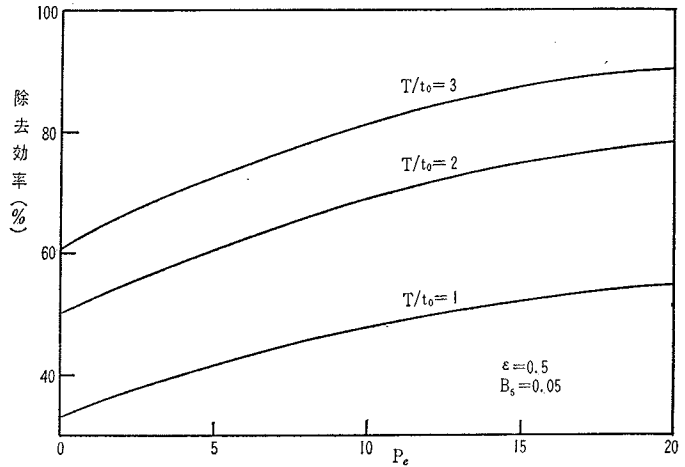
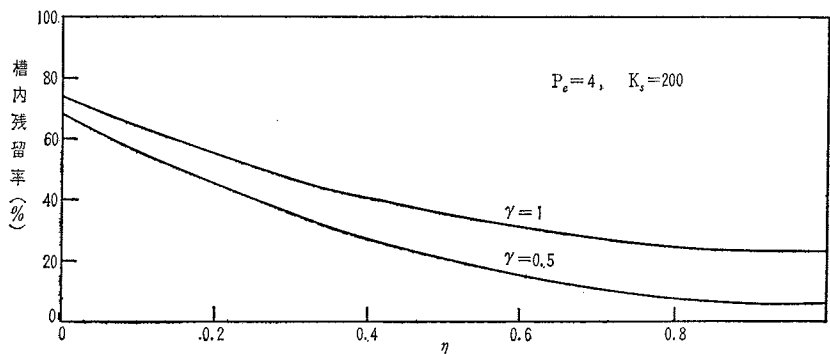


図-5 係数 r による沈降除去状態の相違



混合度において効率の最大になる点の現われていることがわかる。これは混合度の増大により i) の作用が図-3 に示すような状態で効率を低下させるに反して、一方 ii) の作用が沈殿池の場合とは逆に、ばっ気槽内生物化学反応を促進し、これが効率上昇側の働きをするため、この両作用の兼ね合いから生ずるものである。このことはばっ気槽混合について、最適な操作条件が存在するという興味ある可能性を示している。

5. 結 論

沈殿池およびばっ気槽を対象とし、その最適操作、さらには最適設計を行なう上にも不可欠な装置特性を導くために、それら両流れ系の混合特性を拡散モデルを用いて表示した。

それぞれの除去過程におよぼす混合の影響を検討して、沈降除去速度、生物化学反応速度を混合度の関数として表わすことにより、沈殿池、ばっ気槽の効率におよぼす流体混合の影響を総合的に解析検討した。

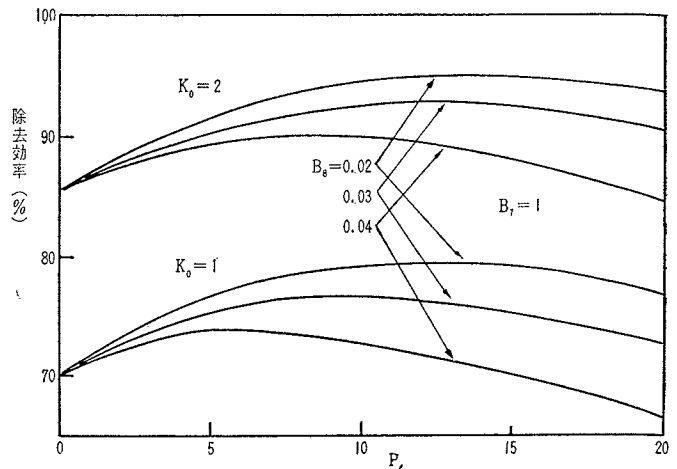
また沈殿池に対しては、拡散モデルとの対比から、従来の諸表示式の欠点を指摘し、一部 Modify した拡散モデルによれば、それらの問題点を補い、しかも簡単な表示ができることを示した。

一方、ばっ気槽に対しては、滞留時間分布および反応速度のそれぞれにおよぼす混合度の相反する作用の兼ね合いから、効率を最大にする混合度、すなわち、最適操作条件の存在する可能性を数値解析により例示した。

参 考 文 献

1) 土木学会水理公式集改訂委員会編：水理公式集，pp. 369 (昭和38年版)

図-6 ばっ気槽効率におよぼす混合度の影響



- 2) Danckwerts, P.V. : Chem. Eng. Sci., 2, pp. 1 (1953)
- 3) Octave Levenspiel and W.K. Smith ; Chem. Eng. Sci., 6, pp. 227 (1957)
- 4) 土木学会水理公式集改訂委員会編：水理公式集，pp. 368 (昭和38年版)
- 5) 土木学会水理公式集改訂委員会編：水理公式集，pp. 367 (昭和38年版)
- 6) Takamatsu, T. and E. Nakanishi : The Memoirs of the Faculty of Eng. Kyoto Univ. XXIV, Part 1
- 7) 高松・中西：用水と廃水, Vol. 5, No. 9, pp. 728(1963)
- 8) 中川義徳：日本水道協会雑誌，第333号(6月号)
- 9) Eckenfelder W.W. and D.J., O'conner; Biochemical Waste Treatment, pp. 25 (1961)
- 10) Levenspiel, O. : Chemical Reaction Engineering, pp. 413 (1962)
- 11) 山口 巖・森 俊郎：ケミカルエンジニアリング，pp. 89 (1965)
- 12) A.I.Ch.E. : A.I.Ch.E. Manual, pp. 47 (1958)
- 13) Fair, G.M. 外：第2回国際水質汚濁研究会議要旨集，pp. 86 (1964)
- 14) Levenspiel O. : Chemical Reaction Engineering Ch. 9 (1962) (1964.11.16 受付)