

II-139 沈殿池効率に及ぼす均一混合の影響

京都大学工学部 (田)高松武一郎, (学)内藤王明 (学)宮本佳紀

§1, 緒言

矩型沈殿池の重力沈降による浮游粒子の沈降除去効率というものは①粒子の沈降現象 ②流動現象 ③沈降に対する流動の作用, の三つに支配されると考える。①に関しては Stokes の式で与えられる終端定速度で重力方向に移動すると取扱っても問題はないが, ②③は複雑な多くの現象を含んでいる。これを大別すると池内全体で場所的に均一とみなせる乱れ 池内で場所的に不均一な Convective flow, である。実際には両方が同時に生じ不可分なものであるが解析上から ①, ②を分けて単独に扱う。沈殿池効率を左右するのはいずれよりむしろ前者であると言われているにも拘らずそれに対する定量的な解析は見られない。当研究室でこの両者を平行して検討し流動モデルの立場からの理論と実験をおこなった。本発表はそのうち②に関するものであるが, この乱れ混合場の流動を表わすには, 流れ方向一次元混合拡散方程式が簡単, 且つ適切であることを従来の研究との比較検討から認めた。この基礎式に新たに定義した沈降除去項を導入することにより上記①, ②の現象をうまく, 直感的にも認められるよう表示出来た。更にこの理論を実験的に裏付ける流動及び沈降実験をおこなった。

§2, 矩型沈殿池の均一混合に関する理論と検討

矩型沈殿池の除去効率を表わす式がこれまでいくつか提出されているがそれらに均一混合の影響をうまく説明していない。而して, 上述の新たに Model した一次元混合拡散方程式がそれを簡単且つうまく表示出来る事を, 従来の表示式と比較する事によって示す。(表-1)

一次元混合拡散方程式は沈降物質濃度 C について

$$\frac{1}{P_e} \frac{\partial C}{\partial z} - \frac{\partial C}{\partial z} - \phi(C, P_e) = 0 \quad \text{と表わす。}$$

境界条件

$$z=0, \frac{\partial C}{\partial z} = P_e(C-1), \quad z=1, \frac{\partial C}{\partial z} = 0$$

$$\text{ここに } z = z/L, \quad C = C/C_I, \quad P_e = UL/E$$

L : 槽長さ, U : 流速, E : 流れ方向混合拡散係数

x : 入口時, C : 出口濃度, C_I : 入口濃度

$$\text{沈降除去項 } \phi(C, P_e) = K C^r, \quad K = K_0(1 - e^{-AP_e}), \quad r = 1 - e^{-B/P_e} \quad (A, B > 0, 1 > r > 0)$$

(この沈降除去項の意味についてはすでに 40 年程 本学会で発表)

§3 一次元混合拡散方程式表示の実験的検討

表-1 を用いても均一な乱れ混合の流れ系沈降現象を表示するに一次元混合拡散式表示があらゆる混合状態を表現し得て且つ簡略である事が認められよう。そこでこの理論を実験的に調べる為以下の様な実験をおこなった。

①任意強さの均一乱れ混合場の発生

均一乱れ混合場を作り出す為に普通よく用いられている screen の Simple Harmonic Motion による撹拌装置

混合状態	一次元拡散混合表示式の解		従来の表示式	
	EL	Er		残留率表示
完全に流れ	0	0	$1 - T/t_0$	理想沈殿池
			$1 + \sqrt{K_0(1-r)} + 1$	Hazen の cell Model 表示
半完全混合	0	∞	$e^{-K_0 T}$	Fair 表示
			$\frac{P_e(1-r)e^{-K_0 T}}{K_0 e^{-K_0 T} - 1}$	Hazen の cell Model 表示
完全混合	∞	∞	$1 / (1 + K_0 T)$	Hazen の cell Model 表示

(EL, Er: 均一乱れ混合場の混合拡散係数)

を製作し、それで第1図に示す縦型円筒槽に均一乱れを発生させ以下の事項を実測した。

(1) 人為的混合強さ ϵ ($\alpha^2 \omega$) とトレーサー混合拡散係数 E_T との関係

(2) 沈降粒子として用いる炭酸カルシウム粒子混合拡散係数 E_p と E_T との関係

以上の実験結果を(第2図)に示す。

(第2図)から分る通り、攪拌強さ ϵ とトレーサー混合係数とは直線関係にあり $E = \alpha^2 \omega$ の関係を満足している。更にトレーサーと粒子の混合係数との間には有意の差はみられない。すなわち $E_T \approx E_p$ とみさせる。

以上の事から Screen 振動法で任意の粒子拡散混合度を槽中 α と振動数 ω と組合せて人為的に発生させることが分った。

円筒型沈殿槽における沈降実験

(第3図)に示す如き矩型沈殿槽に Screen 振動装置ととり付けた槽で沈降実験をおこなない次の事項を調べた。

(1) 人為的混合強さ ϵ とトレーサー混合度 E_T との関係 (第4図)

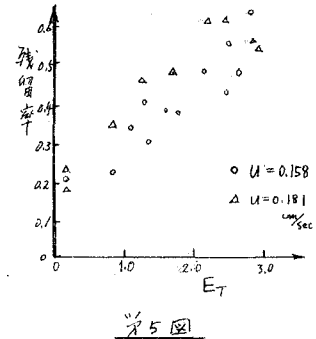
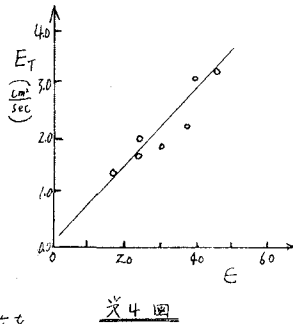
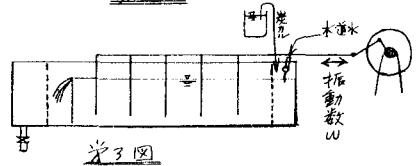
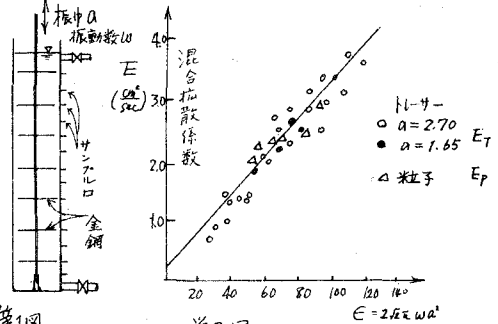
(2) 混合度 E_T と槽効率 η の関係 (第5図)

(第5図)の実験結果を基にして前述の一次元拡散混合方程式で提示した沈降除去率を検討し係数を決定する。

① γ は上下方向粒子分布から $\gamma = 1$ となることが予測される。

② $K = K_0(1 - \epsilon e^{-A/E_T})$ ($E_T = \frac{uL}{E_p}$)

α 関係は(第5図)より実証され、その係数を決定すると、 $K_0 = 6.0 \times 10^{-3}$, $\epsilon = 0.81$, $A = 1.20$ となる。



実験結果の検討及び考察

矩型槽沈降実験及び流動実験から、新たに提案した Modified One Dimensional Diffusion Model は Homogeneous 乱れ場の沈降池効率を表示するに適切なる事が認められ、その効率表示式は混合強さ E_T とセーラーから次の様に関係づけられる

$$\text{効率} = 1 - \frac{P_0(\alpha - \beta) e^{\alpha + \beta}}{\alpha^2 e^{\alpha} - \beta^2 e^{\beta}}$$

$$\left\{ \begin{aligned} \alpha, \beta &= \frac{Pe}{2} (1 \pm \sqrt{1 + 4KT}) \\ K &= 6.0 \times 10^{-3} (1 - 0.81 e^{-1.20/E_T}) \\ T &= L/u \text{ (滞留時間)} \end{aligned} \right.$$

実際の沈降池に適用するには、既に知られている種の α の手段で池内混合拡散係数を求めさせることが、その値を上式に代入する事により直ちに、効率が簡単に計算せ求まる事を示している。