

京大工学部 正員 高松武一郎

京大工学部 正員 内藤正明

京大工学部 正員 〇芝 定孝

1. はじめに

沈澱池の設計では通常その処理の対象となる汚水の水量あるいは水質の時間的な変動は殆んど考慮されていないようである。しかし実際の沈澱池への流入水については周期的あるいは非周期的な負荷の変動が存在する。従って、このような流入水の時間的な負荷変動に対しても十分対処しうるような沈澱池の設計が望まれる。このような観点から濃度が時間的に変動を始めた場合の矩形沈澱池の非定常特性を1次元拡散モデルを用いて解析した。

2. 基礎方程式と濃度分布式

流れの方向を x 軸にとった1次元非定常拡散方程式を水深 H 、長さ L の矩形沈澱池に適用すると、

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} = E_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - \frac{w_p}{H} (1 - \epsilon) C \quad (1)$$

ここに、 u は池内平均流速、 w_p は粒子沈降速度、 E_x は流れ方向の拡散係数、 ϵ は沈澱物の再浮上を示すパラメータで $0 \leq \epsilon < 1$ である。また濃度 C は流れに垂直な断面における平均濃度で

$$C(x, t) = \frac{1}{H} \int_0^H C(x, z, t) dz \quad (2)$$

で与えられる。ただし、 z は沈澱池を2次元モデルで考えた場合の鉛直方向の座標である。(1)式に対する初期条件および境界条件を

$$\left. \begin{aligned} t = 0 \quad & \text{で} \quad C = 0, \\ x = 0 \quad & \text{で} \quad C = C_0 f(t), \quad x = L \quad \text{で} \quad \frac{\partial C}{\partial x} = 0 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

とする。この場合、(1)式を解いて得られる濃度分布式は

$$C(x, t) = \frac{2 C_0 E_x e^{\mu x}}{L^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{y_n^2 \{ \mu L \sin y_n (1 - \frac{x}{L}) + y_n \cos y_n (1 - \frac{x}{L}) \}}{(\mu L)^2 + (\mu L) + y_n^2 \sin y_n} \times \int_0^t f(t') \exp \left\{ - \left(\frac{u^2 L^2}{4 E_x^2} + y_n^2 \right) \frac{E_x}{L^2} + G \right\} (t - t') dt' \quad (4)$$

となる。ただし y_n は

$$\tan y_n = - \frac{y_n}{\mu L}$$

の正根であり、 μ 、 G はそれぞれ

$$\mu = u/2 E_x, \quad G = w_p/H(1 - \epsilon)$$

である。とくに入口における濃度分布のように入正弦波動的な変動をした場合を変える。

$$C(0, t) = C_0 \{ \sin(\omega t + \phi) + S \} \quad (5)$$

ここに、 ω は周波数、 ϕ は位相角、 S は $S \geq 1$ なる正の定数である。この場合(4)式は

$$\frac{C}{C_0} = 2\gamma e^{\alpha\mu} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{y_m^2 \{ \alpha \sin y_m(1-\lambda) + y_m \cos y_m(1-\lambda) \}}{(\alpha^2 + \alpha + y_m^2) \sin y_m} \times \left[\frac{1}{A^2 + \omega^2 \tau^2} \{ A \sin(\omega \tau + \phi) - \omega \tau \cos(\omega \tau + \phi) - (A \sin \phi - \omega \tau \cos \phi) e^{-A\tau} + \frac{S}{A} (1 - e^{-A\tau}) \} \right] \quad (6)$$

ただし、 $A = \{ (\alpha^2 + y_m^2) + \beta \} \tau$ で α 、 β 、 γ 、 λ 、 τ は次のような無次元数である。

$$\alpha = \frac{\mu L}{2E_x}, \quad \beta = \frac{2\gamma}{H} (1-\epsilon) \frac{L^2}{E_x}, \quad \gamma = \frac{E_x \tau}{L^2}, \quad \lambda = \frac{x}{L}, \quad \tau = \frac{t}{T}$$

ここに、 T は沈澱池の理論滞留時間である。

3. 非定常特性の解析例

入口における濃度変動が(5)式のような正弦波動的な変動を始めた場合の池内濃度分布の時間的な変化は図-1、3、5のように、また出口における濃度の時間的な変動は図-2、4、6のようになる。図-1と図-2は周波数が $\omega = 0.1/\text{sec}$ の場合で図-3と図-4は $\omega = 0.05/\text{sec}$ の場合である。周波数 ω が小さいほど池内濃度分布は大きく波うっており、また出口における濃度の変動も ω が小さいものの方が大きいものよりも変動の振幅は大きくなっている。このことは流入水の濃度変動の沈澱池における平滑のされ方は、変動が短い周期で小さくむに起るものの方が、長い周期でゆっくりと変動するものよりも、よりよく平滑されることを示すものである。図-5、6は沈澱物の底面からの再浮上を記述するパラメータ k に対して池内の濃度分布の時間的な変化および出口濃度の時間的な変化を示したものである。池内の濃度分布については経過時間 τ の小さい間は再浮上パラメータ k の値による差はあまり大きくないが τ が大きくなるにつれその差は大きくなり k が大なるものの方が濃度は高くなる。また出口濃度の時間的な変動は k が大なるほどその振幅は大きく、また入口濃度に対する位相のずれも k が大なるほどわずかなではあるが大きくなっている。沈澱物の再浮上は濃度を高めて除去効率を低下せしめるとともに濃度変動をも大きくせしめ沈澱池操作上も好ましくないようである。

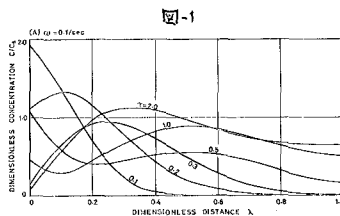


図-1

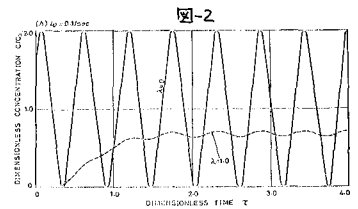


図-2

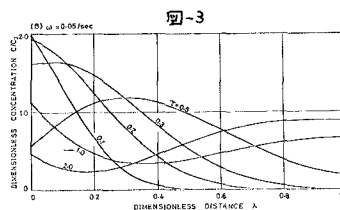


図-3

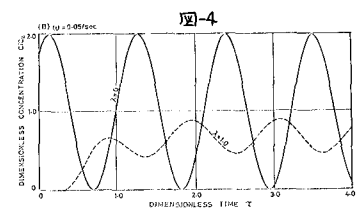


図-4

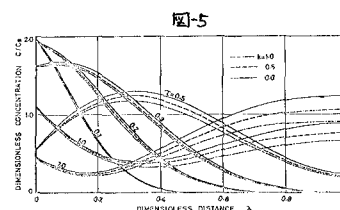


図-5

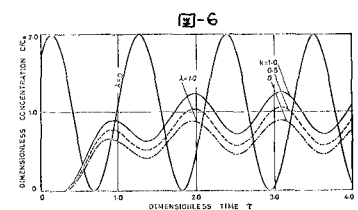


図-6