

1. まえがき

沈澱池における浮遊物質濃度の算定の基礎式として拡散方程式がよく用いられるが、1次元非定常拡散モデルを矩形沈澱池に適用して、その濃度分布の非定常(過渡)特性の解析を試みた。沈澱池の設計とくに操作においては定常状態の特性のみならず、非定常(過渡)状態の特性を把握することが非常に重要である。流入水の濃度がステップ関数的に変化した場合の流出端における濃度変化の過渡特性について検討を行ったが、沈澱物の再浮上も考慮している。

2. 基礎方程式および濃度分布式

水底よりの沈澱物質の再浮上を考慮した浮遊物質の濃度分布を次の1次元非定常拡散方程式で記述する。すなわち x 軸を流れ方向にとると、

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

ここに、 ϵ は沈澱物質の再浮上を表わすパラメータで、 u は池内平均流速、 w_p は粒子沈降速度、 E_x は流下方向の拡散係数である。ただし、 C は x 軸に垂直な断面を運ばれる浮遊物質の断面平均濃度で H を沈澱池の水深とすると次のように定義される。

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

ここで、(1)式に対する初期条件および境界条件を次のように与える。

$$\left. \begin{aligned} x=0 \quad & C = C_0, \quad t=0 \quad & C = C_1, \\ x=L \quad & E_x \frac{\partial C}{\partial x} = 0 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

基礎方程式(1)を(3)の初期および境界条件のもとに解けば次のような濃度分布式が得られる。

$$\begin{aligned} \frac{C}{C_0} = & \frac{\exp(\alpha\lambda) \{ \alpha \sinh\{(\alpha^2 + \beta)^{1/2}(1-\lambda)\} + (\alpha^2 + \beta)^{1/2} \cosh\{(\alpha^2 + \beta)^{1/2}(1-\lambda)\} \}}{\alpha \sinh(\alpha^2 + \beta)^{1/2} + (\alpha^2 + \beta)^{1/2} \cosh(\alpha^2 + \beta)^{1/2}} \\ & + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{y_n^2 \{ C_1/C_0 [(y_n^2 + \alpha^2) + \beta] - (y_n^2 + \alpha^2) \} \{ \alpha \sin y_n(1-\lambda) + y_n \cos y_n(1-\lambda) \}}{(y_n^2 + \alpha^2) \{ (y_n^2 + \alpha^2) + \beta \} \{ (y_n^2 + \alpha^2) + \alpha \} \sin y_n} \\ & \times \exp \{ \alpha\lambda - \{ (y_n^2 + \alpha^2) + \beta \} \tau \} \end{aligned} \quad (4)$$

ただし、 y_n は次式を解いて得られる正根である。

$$\tan y_n = -y_n / \lambda \quad (5)$$

(4)および(5)式における α , β , τ , λ などはそれぞれ、

$$\left. \begin{aligned} \alpha &= \frac{uL}{E_x}, \quad \beta = \frac{L^2 W_p}{E_x H} (1 - \epsilon), \quad \gamma = \frac{E_x T}{L^2}, \\ \lambda &= \frac{x}{L}, \quad \tau = \frac{t}{T} \end{aligned} \right\} (6)$$

で与えられる無次元数である。ここに、 L は沈澱池の長さで、 T は理論滞留時間である。

3. 非定常（過渡）特性の例

濃度分布式(4)の計算に際しては、拡散係数 E_x とフルード数 F との間に、 $E_x = 3.59 \exp(58.5F)$ なる関係を用いた（実験により求めたもの）。沈澱池内の初期濃度がゼロ（最初、清水で満たされていて、 $t=0$ より一定濃度 C_0 の汚水が平均流速 u で流入をはじめる）、すなわち $C_i = 0$ の場合の沈澱池内の濃度分布の時間的な変化の様子を図示すると図-1、図-2のようになる。縦軸の C/C_0 は無次元濃度で横軸の λ は流下距離

を無次元化したものである。無次元時間 τ の増加とともに池内の濃度が $C/C_0 = 0$ より次第に定常状態($\tau = \infty$)の値にまで高まっていく様子かわかる。比較的初期の段階では再浮上パラメータ ϵ の値が0でも0.5でも濃度分布はあまり違わないが τ が大きくなるにつれてその違いがはっきりと出てくる。このことは、比較的初期の段階では沈澱物の再浮上の影響を論

ずるのは危険であることを示すものと思われる。図-3に沈澱池内の初期濃度が $C_i = 0$ の場合と $C_i = C_0$ の場合について流出端における濃度の非定常特性を示した。これを見れば、理論滞留時間($\tau = 1.0$)程度の時間経過では、まだ濃度は十分定常値に達してらず、定常状態とみなすには理論滞留時間の2倍程度の時間経過は必要であろうと考えられる。図-4に流量 Q を種々変えた場合の再浮上パラメータ ϵ に対する C_i/C_0 (C_i, C_0 はそれぞれ $\tau = 1.0$ と $\tau = \infty$ における出口濃度)の変化の様子を示す。図-5は ϵ をパラメータとして $W_p \sim C_i/C_0$ の関係を、図-6は ϵ をパラメータとして $H \sim C_i/C_0$ および C_0 の関係を図示したものである。いずれも ϵ が大きくなれば C_i/C_0 は小さくなり定常値に達するのが遅くなることを示している。

参考文献

- 1) 合田: 上水浄化における水理學上の基礎的諸問題, 京都大学学位論文, 昭31.
- 2) 高松・内藤・芝: 矩形水槽における浮遊物質の挙動について, 第24回土木学会講演集.
- 3) 高松・内藤・芝: 沈澱池最適水深に関する一考察, 第25回土木学会講演集.

図-1

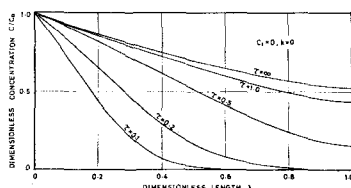


図-2

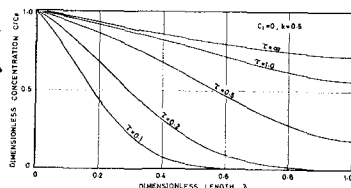


図-3

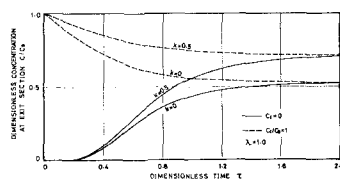


図-4

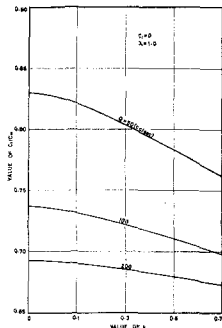


図-5

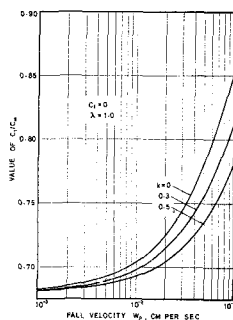


図-6

