

貯水池における濁度物質の流下形態について

名古屋大学 正員 ○中村 俊六
名古屋大学 正員 足木 昭平

[1] 緒言 本研究は、貯水池における濁度物質の貯留機構を解明することを目的として、河道部および貯水池部における濁度物質の流下形態を、実験的に考察したものである。

[2] 実験方法 実験水路は、全面透明アクリル製にて、長さ4mの背水側成河道部と、長さ6mの貯水池部とから成り、両者の境界では30cmの段落ちによって水深が急変する。水路中は両者共に30cmであり、河道部始点には流量測定用の10センチメートル管が、貯水池部水路底には冷却用配管工が、それぞれ埋設されている。

本実験では、各実験毎に流量を一定に保ち、 2.5×10^6 ppmのカオリン溶液500ccを10センチメートル管部分に瞬間的に投入して、その流下形態を観察した。濁度測定は、段落ちの上流30cmの断面において、水路底から高さ2cmの点で10秒間隔で採水した試料および貯水池下流端の堰を越流したものを30秒間隔で採水した試料について、積分球式濁度計を用いて測定した。以下前者の濁度をC1、後者のそれをC2の記号であらわす。なお貯水池下流端の堰は、表面取水を想定して、全幅月形堰の越流方式を採用した。

[3] 河道部における濁度物質の流下形態

水路の上流部に投入された濁度物質は、沈降、再浮上をともなうながら、移流・拡散される。河道部においても定量的な挙動は全く無いわけでは無いが、それは顕著ではない。河道部終点断面を代表する濁度の時間変動として、C1の測定結果を示せば図-1のようである。(図の時間軸は、濁度物質投入点から採水点までの距離を平均速度で割った平均流下時間T1を時間尺として無次元化してある。)

この測定結果によれば、ピーク濁度は流量が大きい程大きく、濁度低減期の低減率も、流量が

大きい場合ほど大きくあらわれる傾向が見られる。しかし、本実験の範囲内では、濁度の時間曲線は、ほぼ一定の形状をもつものと思えることが許される。

こうした濁度物質の移流・拡散を定量的にとらえるために、1次元拡散方程式を考えると、

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - \alpha C \quad (1)$$

ここに、uは平均流速、Dは拡散による効果をあらわす係数、 α は沈降による効果をあらわす係数である。

いま、地点 $x=0$ を瞬間点源として濁度物質が投入され、時刻 $t=0$ において $x=0$ から微小水路長さ Δx の間の濁度がある一定濁度 C_0 を示したとしよう。

この場合の式(1)の解は

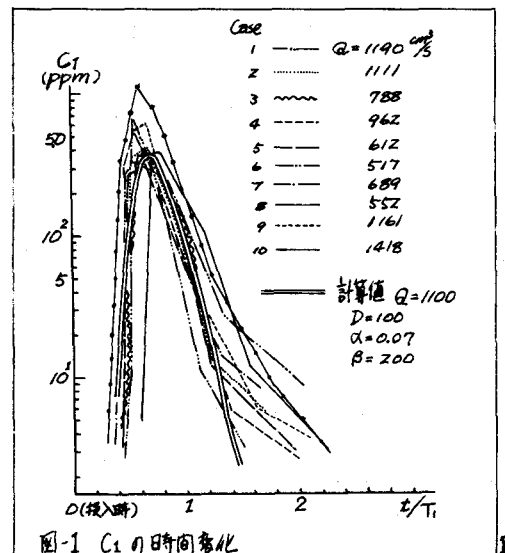
$$C(x,t) = \frac{C_0}{2} \left\{ \Phi \left(\frac{x-\xi}{\sqrt{4Dt}} \right) - \Phi \left(\frac{-x}{\sqrt{4Dt}} \right) \right\} \exp(-\alpha t) \quad (2)$$


図-1 C1の時間変化

のようにならわされる。二に $\varepsilon = \alpha - \alpha t$, また中は誤差関数である。

実験番号2の場合を例として, $Q = 1,100 (\text{cm}^3/\text{s})$
 $\alpha = U/(1\text{sec}) = 5.8 \text{ cm}$, $C_0 = \frac{2.5 \times 10^8 \times 500 / (1\text{sec})}{Q} = 1.14 \times 10^8 \text{ ppm}$
 $D = 1.0 \times 10^{-2} (\text{cm}^2/\text{s})$, $\alpha = 0.07 (U_0 = 0.5 \text{ cm/s})$ を代入し, 流水断面の平均濃度 $\bar{C}$ と C_1 との対応関係が $C_1 = \beta \bar{C}$: β = 定数 (200 を採用) を与えられるものとすれば, 式(2)による計算値は, 図-1に示した C_1 の測定値とよく合致する。上記の β の値は濃度の鉛直分布によるものであるから $\beta = 200$ は過大と考えられ, また式(2)は再浮上に対する考慮, あるいは $\alpha < 0$ の領域に対する配係が省略されてゐる点など, なお問題は残されてはゐるが, この結果は, 河道部における稀釈拡散の量的評価が式(1)によつて十分可能であることを示すといつてよいであらう。

[4] 貯水池部における濁度物質の流下形態

貯水池部における濁度物質の流下経路はかなり複雑であるが, 大別すればおよそ3つの経路に分類される¹¹⁾。すなわち, (i) 密度流となつて密度躍層上を前進し, 最も早く放流口下に達するもの, (ii) 段落ち終流域で拡散してほぼ平均流速で前進するもの, (iii) 段落ち直下にうつたん貯留されるもの, である。各経路における濃度をそれぞれ C_I , C_{II} および C_{III} であらわしておけば, 放流水濃度 C_2 は

$$0 < t < T_2: C_2 = f_1(C_I)$$

$$T_2 < t < 2T_2: C_2 = f_1'(C_I) + f_2(C_{II})$$

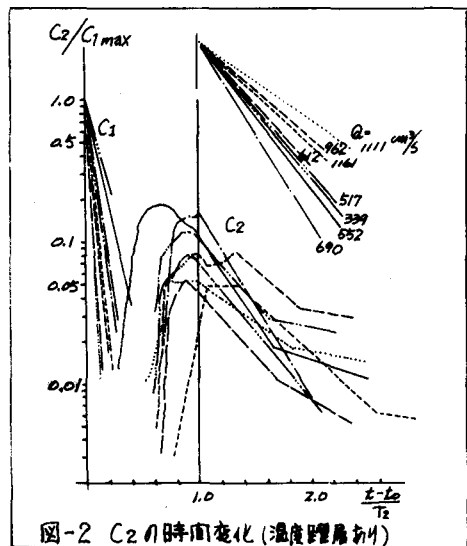
$$2T_2 < t: C_2 = f_1''(C_I) + f_2'(C_{II}) + f_3(C_{III})$$

のようにならわされることになる¹¹⁾。二に T_2 は(貯水池の長さ)/(平均流速)である。もし T_2 が密度流速および拡散速度に対して充分大きければ, f_1' , f_2' および f_1'' は小さいものと考えてよいであらう。

図-2は, C_2 の時間変化を示したものであり, 上記の推論がほぼ妥当なものであることがわかる。

いま, $T_2 < t < 2T_2$ における C_2 の時間変化 ε , 時間軸として t/T_2 をとつて考えれば, 式(1)にあつて河道部における現象との差異は沈降に関する項のみと見られる。沈降に關する係数 α は, 長関数であるから, Q により α (貯水池部にあつては躍層までの深さ)が大きく変化する貯水池部にあつては, 拡散に対する沈降の相対的影響が卓越するであらう。すなわち Q が大きう程, C_2 の低下勾配は小さい(時間軸 t/T_2 の時)ことが予想される。図-2上部に, 流量の差異による C_2 の低下勾配の差異を示したが, これは見ると若干の例外を除けば上記の傾向を示しており, これらの考察はほぼ妥当と考えられる。

[5] おすぐ 以上, 河道部における濁度物質の稀釈拡散が式(1)によつてある程度の量的評価が可能であることがわかった。また, 貯水池部におけるこれについても, 定性的にはその特性の一端を指摘することができた。なお量的評価については, C_I , C_{III} の検討を必要とし, 次につづきこれらの解明を課題として研究を進展させたいと考えてゐる。



[謝辞] 計算は名古屋大学大型計算機センター FACOM 230-60 を使用, 実験経費の一部は昭和49年度文部省科学研究費の補助を受けた。末尾にあら謝意を表する次第である。

[参考文献] ① 星と, 中村: 貯水池における濁度貯留機構について, 土木学会年報第2部, 昭和49年