II-219　貯水池からの放流濁度について

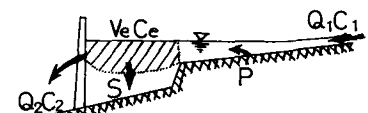
名古屋大学　正員　○足立　昭平
名古屋大学　正員　　中村　俊六

貯水池に課せられた主要な役割りは、河水を貯留して河川流量を調節・制御することにあるが、河水の貯留は河水中の懸濁物質も貯留することになり、長期濁水放流という問題を生ずる。貯水池の濁水貯留は、放水条件だけでなく、温度躍層の形成による季節的変化、貯水位の変動、さらに洪水の規模あるいは発生頻度などにも影響されるものと考えられ、貯水池内の濁度分布を微細に追求することはかなりの難問である。ここでは、貯水池の濁水貯留を概括的にとらえて、放流濁度を予測する方法について若干の考察を試みた。

流入濁度を C_1、放流濁度を C_2、流入流量を Q_1、放流量を Q_2 とし、貯水池のたん水領域において取水口を通る流跡線の包絡容積を V_e、その容積内の平均濁度を C_e、単位時間当りの濁度物質の沈降量を S とおき、背砂領域で生産される単位時間当りの濁度物質量を P とすれば、濁度物質の保存方程式は

$$\frac{d}{dt}(V_e C_e) = Q_1 C_1 - Q_2 C_2 - S + P \tag{1}$$

で与えられる。図－1は式(1)の説明図として、たん水領域と背砂領域を掃流砂の堆積によって形成される段丘で区分したが、たん水領域を概念的に抽象化して、放水濁度を決定づけるような領域を考えてもよい。すなわち、V_e を



図－1

$$C_e = \alpha C_2 \quad (\alpha：無次元係数) \tag{2}$$

とおくことが許されるような容積と定義してもよい。このような V_e は、放水流量 Q_2 と貯水池内の密度勾配および重力の加速度 g に関係づけられるものと推察されるから、次元解析的に

$$V_e = \beta\,(Q_2^2 / g)^{3/5} \approx k_V Q_2 \tag{3}$$

が期待される。ここに、β は貯水池の幾何学的特性および密度勾配に関する無次元係数であり、k_V は実用上の便宜さを考慮して、$\beta Q^{1/5} g^{-3/5}$ を定係数と見なしたものである。

また、V_e 内の流水の乱れは微弱と考えられるから、濁度物質の沈降速度を w_0 とおけば、S は $(w_0 C_e)$ とたん水領域の水面積との積で与えられることになり、式(2)の関係式を考慮すれば、

$$S = k_S C_2 \tag{4}$$

の形式であらわすことができよう。さらに、P については、背砂領域における摩擦速度 u_* および貯水位によって変動するその区間長 L に対して、$P = u_* L\, f(w_0/u_*)$ の形式が考えられるが、式(2)が成立するものとして V_e を定義するとすれば、P の解釈も背砂領域における濁度生産というよりも、むしろ流入濁度 C_1 から V_e の平均濁度 C_e へ移行する濁度の混合過程としてとらえる方がより適切であろう。そこで、いまは P の形式として次式を仮定することにしよう。

$$P = k_P (C_1 - C_e) = k_P C_1 - \alpha k_P C_2 \tag{5}$$

以上、式(2)、(3)、(4)および(5)を式(1)に代入すれば、C_2 に関する微分方程式

$$\alpha k_v \frac{d}{dt}(Q_2C_2) = Q_1C_1 - Q_2C_2 - (k_s+\alpha k_p)C_2 + k_pC_1 \qquad (6)$$

が得られる。式(6)を差分方程式におき代え、上記のように定義した諸係数をまとめ、

$$K_1=\alpha k_p/\Delta t \ (\Delta t：差分時間間隔)、K_2=k_s+\alpha k_p、K_3=k_p \qquad (7)$$

とおいて、K_1、K_2およびK_3について整理すれば

$$a_iK_1+b_iK_2+c_iK_3=d_i \qquad (8)$$

ここに、$a_i=(Q_2C_2)_{i+1}-(Q_2C_2)_i$、$b_i=1/2\{(C_2)_i+(C_2)_{i+1}\}$、$c_i=-1/2\{(C_1)_i+(C_1)_{i+1}\}$

$d_i=1/2\{(Q_1C_1-Q_2C_2)_i+(Q_1C_1-Q_2C_2)_{i+1}\}$

となる。また、時刻iにおける流量および濁度に対応する時刻$i+1$の放流濁度$(C_2)_{i+1}$は、

$$(C_2)_{i+1}=\{(C_2)_i\eta_i+\zeta_i\}/\xi_i \qquad (9)$$

ここに、$\xi_i=(2K_1+1)(Q_2)_{i+1}+K_2$、$\eta_i=(2K_2-1)(Q_2)_i-K_2$

$\zeta_i=\{K_3+(Q_1)_i\}(C_1)_i+\{K_3+(Q_1)_{i+1}\}(C_1)_{i+1}$

で算定されることになる。

K_1、K_2およびK_3は放流、貯水池および流入条件によって変動するものと考えられるが、想定される特定の条件に対して、これらを定係数として与えることができれば、式(9)によって放流濁度は逐次予測できることになる。K_1、K_2およびK_3を経験係数として推定する際に、観測資料から複数の未定係数を同時に見出そうとすることは、かならずしも容易ではないが、流量および濁度の一連の観測値に対応する式(8)の$\{a_i, b_i, c_i, d_i\}$から、最小2乗法によって

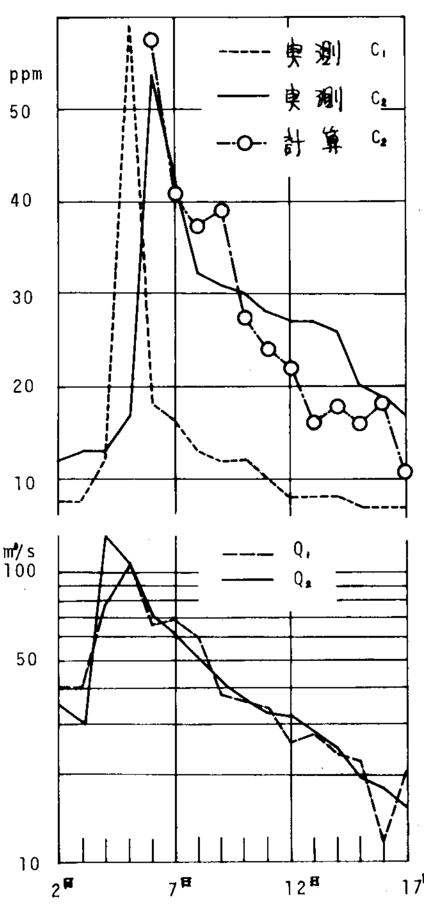
$$\begin{pmatrix} \sum a_i^2 & \sum a_ib_i & \sum a_ic_i \\ \sum a_ib_i & \sum b_i^2 & \sum b_ic_i \\ \sum a_ic_i & \sum b_ic_i & \sum c_i^2 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} K_1 \\ K_2 \\ K_3 \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} \sum a_id_i \\ \sum b_id_i \\ \sum c_id_i \end{pmatrix} \qquad (10)$$

を解いてK_1、K_2およびK_3を求めるのも一法であろう。

右図は、建設省中部地方建設局横山ダム管理事務所における昭和46年5月の観測資料に対して、上記の試みを適用した結果の一例である。同図の場合、$\Delta t=1$日の観測値15個を対象とし、式(10)から求めた係数値は、

$K_1=1.90\times10\ (sec^{-2})$、$K_2=1.07\times10^3\ (m^3/sec)$および$K_3=2.44\times10^3\ (m^3/sec)$である。

これらの係数値の季節的変動については、なお検討を要するけれども、これらを定係数とする放流濁度の計算値と実測値との対応は一応満足できるものと考えられる。



図－2 揖斐川横山ダム 昭46.5.3～17