

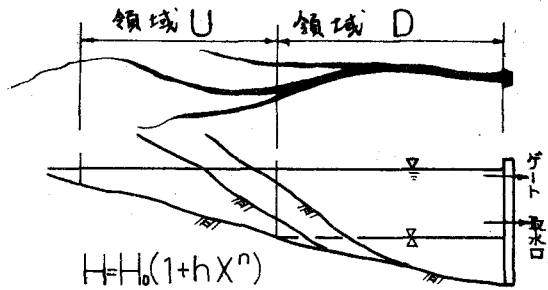
非一様密度場における濁水の挙動

京都大学防災研究所 正会員 荻田和男
京都大学防災研究所 正会員 江頭遊治

1. まえがき 温帯地方の夏期貯水池, とくに大容量の貯水池においては, 大洪水を伴う泥水による下層密度流や大流量の放流などにより, 躍層が消滅する場合を除いて, 洪水流入後, 顕著な二次躍層が形成されるとともに, 一次躍層も速やかに形成される。しかも, 洪水後, 長時間密度(水温)分布の変化が停滞状態が続く。したがって, この期間においては, 取水放水等による密度分布の変形を考慮しなくともよく, 実際, このような条件下において濁水長期化の肉頭が発生している例が多い。本研究においては, 上述のように, 密度分布の変化を考慮する必要のない場合を対象とし, 実際の貯水池における濁度の物質の挙動を解析するための解析モデルを提示する。

2. 解析モデル 上述のような貯水池において, 洪水流入後の貯水池内の濃度分布を詳細に検討すると, つぎのような興味深い事実が認められる。すなわち, 貯水池上流部の二次躍層が存在しない領域と, 二次躍層が存在する下流部の領域とでは, 濃度の鉛直分布が非常に異なる(図-1参照)。上流部(領域U)においては, 二次躍層が十分発達してはいない時点で, 濁度の質はほぼ一様に分布しており, また, 一次躍層が顕著に発達した段階においても, 自由表面近傍を除いて, ほぼ一様に分布している。一方, 下流部(領域D)においては, 二次躍層上に濁水が流入するため, 鉛直拡散や, 粒子沈降による移動によって, 躍層下方へ濁度物質の輸送があり, また, 一次躍層の存在などのため, 非常に特徴的な濃度の鉛直分布形が形成される¹⁾。このような鉛直分布形の違いは, 一方が固定床あるいは移動床の上の流れであり, 一方は, 躍層面上の流れであることや, 両領域において流水断面積が異なることに起因している。

以上のような考察から, 領域Uにおいては, 濃度の鉛直分布は議論する必要がなく, 領域Dにおいては, その鉛直分布を議論する必要のあることが明らかになった。つぎに, 貯水池幾何学的形状について若干検討する。一般に, 貯水池は, 本川と多数の支川からなっており, 複雑な形状をしている。したがって, 濁水現象の解析に当り, 貯水池形状を簡単な肉頭で表示する必要がある。領域Uにおいては, 流水断面積や水深は流下方向にかなり変化する。領域Dにおいては, 流水



$$H = H_0(1 + hX^n)$$
$$A = A_0(1 + \alpha X^m) \quad H_2 = \text{Const.} \quad B = \bar{B}$$

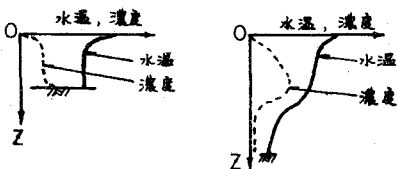


図-1. 貯水池の平面および縦断形状と上・下流部における濃度, 水温分布

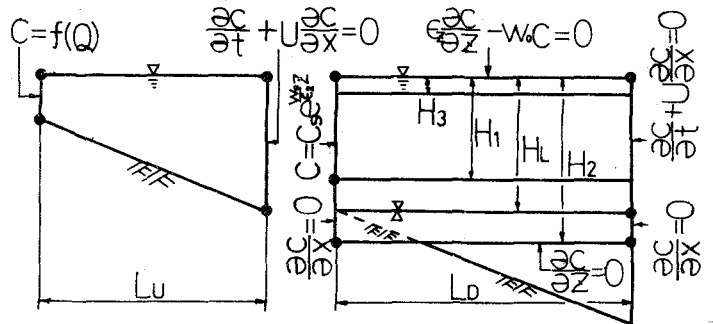
が二次躍層面より上方に制限されるとともに、河道幅は著しく変化しない。したがって、ここではそれぞれ領域において、図-2に示すような内教形（X：流下距離，H：水深，A：流水断面積，B：河道幅，HL：自由表面から躍層面までの厚さ）で貯水池形状を近似する。なお， $n=1$ ， $n=2$ 程度の貯水池が多いようである。

上述のように，領域Uと領域Dにおける濁度物質の挙動特性が明らかになれば，それぞれの領域の幾何学的形状が示されたので，ここで基礎式を提示し，境界条件を図-2を検討するとともに，諸木理量についても若干の検討を加える。横方向の濃度分布を無視すると，領域Uおよび領域Dにおいては，それぞれ(1)式および(2)式で示される一次元移流分散方程式と二次元移流分散方程式が適用される。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} = \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} (A K_x \frac{\partial C}{\partial x}) \dots\dots (1), \quad \frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + \omega_0 \frac{\partial C}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} (\epsilon_x \frac{\partial C}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial z} (\epsilon_z \frac{\partial C}{\partial z}) \dots\dots (2)$$

ここに， t は時間， x は水面に沿って流下方向に， z は水面から鉛直下向きにとった座標である。また， u は流速の x 成分， A は流水断面積， K_x は分散係数， ω_0 は粒子沈降速度， ϵ_x ， ϵ_z は拡散係数の x 成分と z 成分で， C は濃度である。上式の境界条件は図-2に示すように，黒点向の領域で，それぞれの条件式が用いられる。領域Uの上流端における条件式は，流入濃度と流量の内係を子としたもので，領域Dの上流端における C_s は濁度輸送の連続内係から求められる表面濃度である。他の境界条件が流達分布に関しては講演時に述べることにし，つぎに， K_x ， ϵ_x ， ϵ_z に肉して若干検討する。

K_x は複雑な流水の場合理論的に推定することは困難であるが，貯水池形状および流量によって



Lu：領域Uの長さ，Ld：領域Dの長さ，H2：自由表面の躍層領域上面までの厚さ，H2：自由表面の躍層領域下面までの厚さ，H2-H1：躍層の厚さ，HL：自由表面から躍層面までの厚さ，H3：一次躍層の厚さ

図-2. 境界条件

によって流水の性状が変化しなければ，実状に合うような物理変数を同じで決められた K_x は一様性がある。拡散係数については，つぎの方法¹⁾，すなわち，拡散係数と連行係数との内係から，二次および一次躍層の ϵ_x が推定され，領域 $H_3 \leq z \leq H_2$ (図-2参照)においては，内水路および平行平板間の流れが流れる類推により推定される。また， ϵ_x については，Richardson数の大小により， $\epsilon_x > \epsilon_z$ あるいは $\epsilon_x \approx \epsilon_z$ として推定することが可能である。このように，諸木理量を推定し，初期および境界条件を用いて(1)，(2)式を解けば，貯水池内における濁度物質の挙動および流出濃度が算定される。

3. おまけ 実際の貯水池における濁度物質の挙動に肉する解析モデルを提示するにとり，境界条件および流達分布などの諸木理量について，また，本モデルの適用結果については講演時に述べる。

参考文献 1) 菅田江頭：非一様密度場における濁度物質の貯留機構と拡散機構，第20回水質，1976，2