

ダム貯水池の濁度分布について

京都大学防災研究所 正会員 芦田和男

京都大学防災研究所 正会員 江頭進治

山口県

正会員 古谷 健

1. まえがき 貯水池濁度の解析方法は貯水池の規模や予測の目的によつて異なり、一般に鉛直一次元的な扱いと二次元的な方法に大別される。後者の方法は、貯水池長が比較的長く、規模の大きな貯水池に対して有効であり、濁度を的確に予測するには流れの場の設定や流速分布および拡散係数の分布の推定が重要な課題となる。ここでは、成層期の貯水池を対象として提案されている芦田・江頭の二次元モデルに対して、とくに流れの場の設定法に関して重要な修正を加えた新たな方法を提案するとともに、これを実際の貯水池に適用した結果について述べる。

2. 解析モデルの概要 躍層の発達した成層期の貯水池において、流入水は、一般に、貯水池上流部の流水断面の小さい領域では池水とよく混合して流下し、流水断面積が増加すると表面下に潜入して河床面と表面の一次躍層の間を流下する。さらに下流では二次躍層が形成されるため、流入水（主流）は河床面から離れ一次躍層と二次躍層の間を流下する。

このように、流れは、潜入点を境に上流側で開水路流（領域U）、下流側で密度流の形態をとる。さらに後者では、河床面上の流れ（領域D_p）と密度境界面上の流れ（領域D）に分類される。したがって、濁度物質の輸送現象を解析する際は、それぞれの流れの形態に応じた取り扱いが必要であり、潜入点より上流側では濁質は断面内で十分一様化し、下流側では鉛直方向の輸送特性が顕著に変化するため、濁度もそれに応じた分布形になることが推察される。以上のことより、濁質の輸送方程式として、上流側では一次元分散方程式、下流側の密度流の形態をとる領域では二次元拡散方程式がそれぞれ採用される。図-1には、上述した流れの形態変化に基づいた貯水池の領域区分と、輸送方程式の境界条件が示されている。領域区分をいかに的確に行うかは、潜入水深と二次躍層の位置の推定の問題と等価であり、これらについてはつぎのようである。潜入水深の推定には、実験室および野外規模の現象を検証されている次式が採用される。

$$H_p = 0.362 \cdot g^{2/3} (\Delta \rho / \rho \cdot g \cdot l)^{-1/3} \dots \dots (1)$$

ここに、 H_p ：潜入水深、 g ：単位幅流量、 $\Delta \rho$ ：流入水と貯水池表層水の密度差、 g ：重力加速度、 l ：河床こう配。ただし、流量がかなり大きい場合には(1)式から推察されるように、潜入水深が大きくなり、潜入点が領域Dに現れることも考えられる。この場合は、

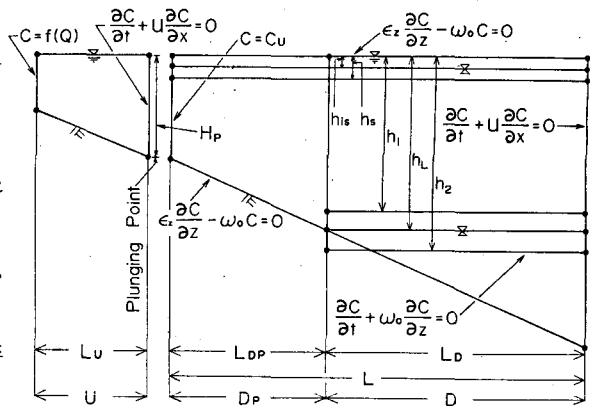


図-1 領域区分と境界条件

L_u, L_{dp}, L_p : それぞれ領域U, D_p, Dの長さ, h_1 : 自由表面から躍層領域上面までの厚さ, h_2 : 自由表面から躍層領域下面までの厚さ, h_3 : 躍層の厚さ, h_1, h_2 : 自由表面から躍層面までの厚さ, h_3 : 一次躍層の厚さ

図-1 領域区分と境界条件

領域 D_p の区間がないものとするばよい。躍層の位置は、連行現象による界面低下議論した次式³⁾によつて推定することにする。

$$h_L = (h_{L0}^5 + 5K \cdot g^3 / (\Delta \rho / \rho) / g \cdot t)^{1/5} \dots (2)$$

ここに、 h_L : 躍層の水深、 h_{L0} : 洪水前の躍層の水深、 $\Delta \rho$: 流入水と下層水の密度差、 K : 定数で $K=0.0015$ 。以上、貯水池濁度の解析モデルについて略述したが、二次元領域(領域 D_p , D)でとくに重要な流速および拡散係数の分布については、成層密度流に関する研究成果が用いられる。

3. 解析結果 図-2は、上流端で流入濁度 C_{inf} を流量 Q の関数で与え、濁度の沈降速度2種類に対して、前述の方法により算定される流出濁度と観測値と比較したものである。図から明らかなように、濁度のピークは計算値の方が3~4時間遅く現れるが、精度の点から見れば十分良好な結果といえる。また、沈降速度の流出濁度におよぼす影響は濁度ピーク時刻以後の遞減に現れ、 $W_0=0.00143 \text{ cm/s}$ ($d=4 \mu$) の場合は観測値より遞減こう配が若干大きく、沈降速度の小さい $W_0=0.00072 \text{ cm/s}$ ($d=2.8 \mu$) の方が観測値とよく一致する。これは、沈降速度が大きくなると濁度が二次躍層下方の自由沈降領域に捕捉される量が増加し、流出濁度の遞減率が大きくなるためである。なお、濁度ピーク前の初期の段階で計算値と観測値の

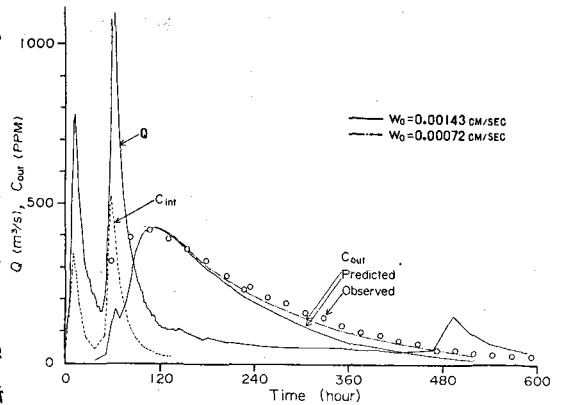


図-2. 流出濁度に関する観測値と計算値

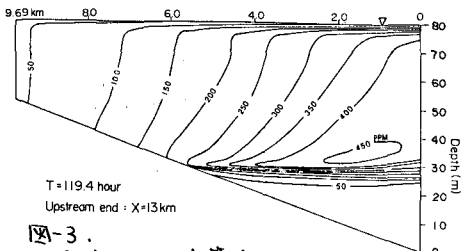


図-3. 濁度分布(計算値)

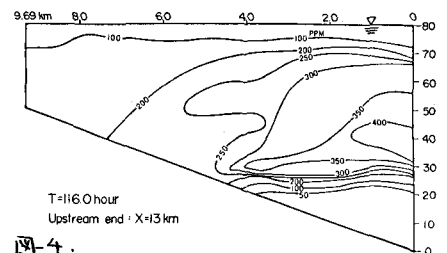


図-4. 濁度分布(観測値)

間にかなりの相違がある。これは、池内濁度の初期条件の問題や、流入濁度を本川と主要支川からのものに限り、これを領域 D の上流端で与えたことによるものと考えられる。図-3は、流出濁度がピーク値を示す時点の池内の濁度分布の計算値である。図-4は、計算結果を検証するため図-3とほぼ同時刻の観測値を示したものである。計算値において、領域 D_p 上流端の境界条件の影響が若干残っているが、全般に両者はよく一致しており、池内においても本報の方法による現象の再現が可能であることがわかる。

4. 結語 先のモデルでは、流出濁度のピーク時刻や池内の濁度分布を的確に推定することはかなり困難であった。しかし、潜入点水深および躍層の位置の推定式を用いて、池内の流れの場を設定する方法により、先のモデルを改良した結果、これらの問題点がかなり解消された。

参考文献 1) 芦田・江頭: 京都大学防災研究所年報、第19号、昭和51年9月。

2) 江頭・芦田: 水回災害科学シンポジウム、1978 3) Ashida & Egashira: 17th Cong. of I.A.H.R, Vol 2