

ダム貯水池の成層破壊について

京都大学 正員 岩佐 義朗
 ○京都大学 正員 松尾 直規
 東北電大 正員 遠藤 正昭
 大阪ガス 小川 安雄

1. はじめに：洪水時における成層変化は、貯水池水の挙動に重大な影響を及ぼし、濁水の長期化、ならびに貯水池水質の保全等に関連して、重要な問題と考へられる。本研究では、この問題を具体的かつ実地的見地より取り扱い、貯水池の成層流の安定性に関する実用的な判定基準を水理・水文パラメータ等によって明らかにし、さらに数値シミュレーションによって現実の境界条件に対する貯水池水の挙動を調べようとするものである。

2. 洪水時における成層変化：洪水時における水温成層の変化について、貯水型貯水池で、気象、流出入要因により水温成層が形成されるA貯水池と、河川型貯水池であり、流出入要因により水温成層が形成されるB貯水池を対象として調べ、成層の低下、あるいは破壊といった現象の実態を究明するとともに、それが水理・水文パラメータによってどのように表わされるかを調べた。図1～3はA貯水池の成層変化の水温イソプレット図と、流入流出流量、 Q_0/V （一日の総流入量/総貯水容量）、 Q_0/Vt （一日の総流入量/その日の貯水量）、流入水温、 F_0 、の洪水前後の変化を示したものである。 F_0 は $F_0 = (\Delta Q / \Delta t) \cdot \sqrt{(\rho_0/g) / (-\frac{d\rho}{dz})}$ と：貯水池、 Q ：一日の流入流量、 D ：平均水深、 V ：総貯水容量、 ρ_0 ：基準密度、 g ：重力加速度、 $\frac{d\rho}{dz}$ ：平均密度勾配である。図1は、密度勾配の減少を伴なわない成層の低下の例、図2は、密度勾配の減少を伴う成層低下の例、図3は、成層

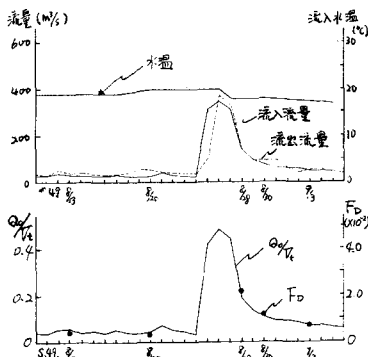
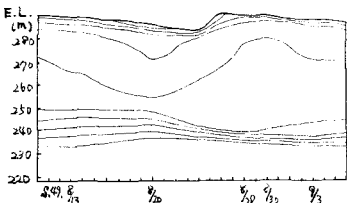


図 - 1

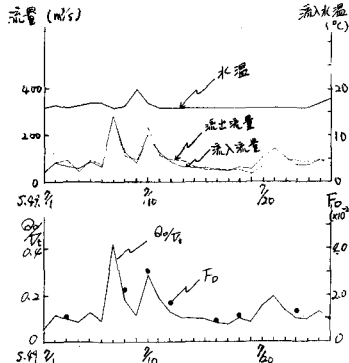
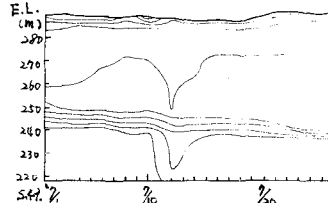


図 - 2

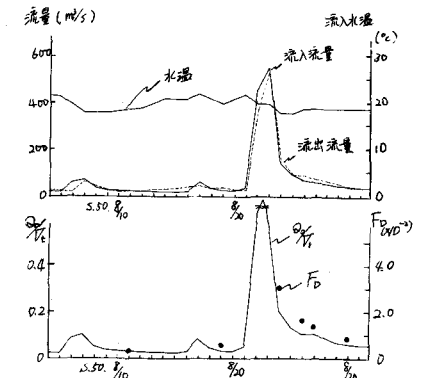
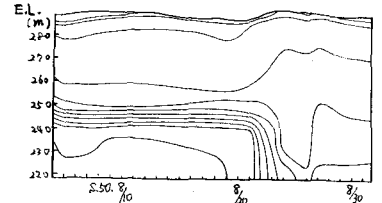


図 - 3

破壊の例であり、成層変化の形態としてはこの3形態がみられる。これはB貯水池においても同様である。図-1の例では、洪水開始から変化終了までの累積流入量 ΣQ は、 $82 \times 10^6 \text{ m}^3$ 、ピーク流量 Q_{max} は $375 (\text{m}^3/\text{s})$ であり、洪水前の F_0 は、 0.0035 であり、図-2の例では、 $\Sigma Q = 82 \times 10^6 \text{ m}^3$ 、 $Q_{\text{max}} = 288 (\text{m}^3/\text{s})$ 、 $F_0 = 0.011$ 、図-3では、 $\Sigma Q = 92 \times 10^6 \text{ m}^3$ 、 $Q_{\text{max}} = 538 (\text{m}^3/\text{s})$ 、 $F_0 = 0.032$ である。洪水時のデータが欠測のため、成層の安定性についての判定基準は明確でないが、A貯水池では成層破壊時は Q_0/V_0 が1以上となり、ピーク流量が他のケースと比べて大きいこと、また変化は短期間で起こることがわかる。図-1と図-2のケースでは、 ΣQ が同じであり、ピーク流量は図-2のケースの方が大きい。洪水前の F_0 は図-1の方が非常に小さく、このため成層が安定であったことを示しているといえよう。図-4～6はB貯水池の成層破壊の例について、一時間ごとの変化を示したものである。これから、成層破壊の変化は短時間のうちにおこる急激な変化であること、また、どのケースもほぼ F_0 の値が0.4を超えるあたりで変化が始まっているのが興味深い。その他詳細については、講演時に述べる。

3. 成層変化の数値シミュレーション 貯水池を二次元に分割したモデルにおいて、従来の流体の連続式、熱量の連続式、濃度の連続式に加えて、流体の運動量保存式を加えたモデルを考え、これによって、洪水時の現実の境界条件に対する貯水池水の挙動を解析する。基礎式はコントロールボリュームで積分した形で次の様に表わす。

$$V_{n+1} = \frac{1}{A_{n+1}} [V_n \cdot A_n + \Delta y (U_n \cdot B_n - U_{in} \cdot B_{in,n})] \quad (1)$$

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{1}{A} [U \cdot U \cdot B]_{x_{i,n}}^{x_{i+1,n}} + \frac{1}{A \cdot \Delta y} [U \cdot v \cdot A]_{y_n}^{y_{n+1}} = -g \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{1}{A} [D_{mx} \cdot B \frac{\partial U}{\partial x}]_{x_i}^{x_{i+1}} + \frac{1}{A \cdot \Delta y} [D_{my} \cdot A \frac{\partial U}{\partial y}]_{y_n}^{y_{n+1}} \quad (2)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \frac{1}{A} [T \cdot U \cdot B]_{x_{i,n}}^{x_{i+1,n}} + \frac{1}{A \cdot \Delta y} [T \cdot v \cdot A]_{y_n}^{y_{n+1}} = \frac{1}{A} [D_{Tx} \cdot B \frac{\partial T}{\partial x}]_{x_i}^{x_{i+1}} + \frac{1}{A} [D_{Ty} \cdot A \frac{\partial T}{\partial y}]_{y_n}^{y_{n+1}} - \frac{1}{\rho C_p \Delta y} [qA]_{y_n}^{y_{n+1}} \quad (3)$$

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{1}{A} [C \cdot U \cdot B]_{x_{i,n}}^{x_{i+1,n}} + \frac{1}{A \cdot \Delta y} [C \cdot (v + w) \cdot A]_{y_n}^{y_{n+1}} = \frac{1}{A} [D_{Cx} \cdot B \frac{\partial C}{\partial x}]_{x_i}^{x_{i+1}} + \frac{1}{A \cdot \Delta y} [D_{Cy} \cdot A \frac{\partial C}{\partial y}]_{y_n}^{y_{n+1}} \quad (4)$$

ここで、 U ：水平流速、 v ：鉛直流速、 T ：水温、 C ：濃度、 A ：要素の水平断面積、 B ：貯水池幅、 g ：重力加速度、 n ：貯水池、 D_{mx} 、 D_{my} ：渦動粘性係数、 D_{Tx} 、 D_{Ty} 、 D_{Cx} 、 D_{Cy} ：分散係数、 ρ ：密度、 C_p ：水の比熱、 q ：大気との熱交換フラックス、 w_0 ：粒子沈降速度である。結果については講演時に述べる。

参考文献：佐佐木・渡辺、B貯水池の水温予測、昭和51年7月、京都大学防災年報

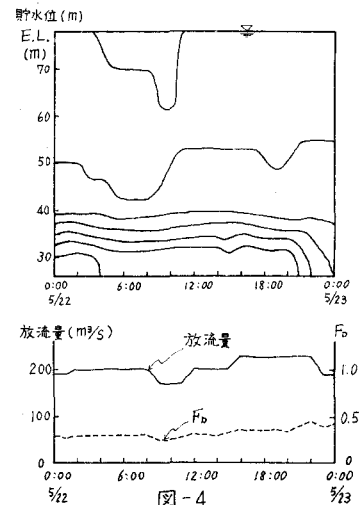


図-4

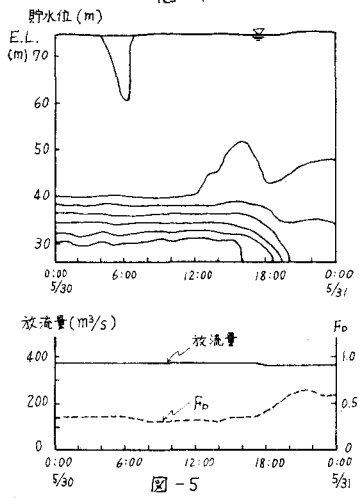


図-5

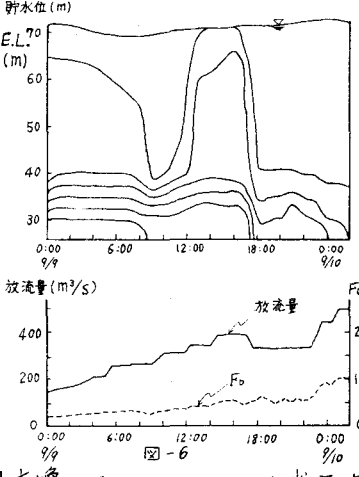


図-6