

(財)電力中央研究所 正員 白砂孝夫
同 上 正員 ○宮永洋一

1. 概 要

貯水池の建設による下流の水温・濁度への影響を評価するため、貯水池内の水温・濁度分布を的確に予測（う）る実用的な計算手法の確立が望まれる。著者は安芸・白砂の一次元モデル¹⁾を基礎に、濁度分布の予測精度の向上を目的として二次元モデルの開発をすすめており、ここでは計算方法の概略と東貯水池への適用例について述べる。

2. 二次元モデル

図-1に示すように貯水池を鉛直方向はN個の層に（層番号n, 層厚 Δy ）、水平方向はM個の区間に（区間番号m, 区間距離 Δx ）分割し、流量と濁度の連続式から流速分布・濁度分布を計算する。二次元の運動方程式を直接解くのではなく、複雑な計算を避けるため、水温分布・鉛直流速・取水流動層は水平方向に一樣と仮定し、従来の一次元モデルで計算した。

流入、流出端における流速分布 u_n^b を与えると、貯水池内の流速成分は次式によって求められる。

$$u_{n,n+1} = \frac{u_{n,n} \sum \bar{B}_{n+1,n}^m \Delta x + A_n^b u_n^b}{\sum \bar{B}_{n,n+1}^m \Delta x} \quad (1)$$

$$u_n^{m,m+1} = \frac{\bar{B}_n^{m+1,m}}{\bar{B}_n^{m,m+1}} u_n^{m-1,m} - \frac{\bar{B}_{n-1,n}^m \Delta x}{\bar{B}_n^{m,m+1} \Delta y} u_{n-1,n} - \frac{\bar{B}_{n,n+1}^m \Delta x}{\bar{B}_n^{m,m+1} \Delta y} u_{n,n+1} \quad (2)$$

ここに、 $\bar{B}_{n,n+1}^m = (B_{n,n+1}^{m+1} + B_{n,n+1}^{m,m+1})/2$, $\bar{B}_n^{m,m+1} = (B_{n-1,n}^{m+1} + B_{n,n+1}^{m,m+1})/2$ である。

つぎに流入端の濁度分布 C_n^b を与え、濁度の時間変化を次式によって計算する。

$$\begin{aligned} C_{nm}^{t+\Delta t} = & C_{nm}^t + (C_{n\lambda}^t \bar{B}_n^{m,m+1} u_n^{m,m+1} - C_{n\lambda}^t \bar{B}_n^{m-1,m} u_n^{m-1,m}) \frac{\Delta t}{\bar{B}_{nm}^m \Delta x} + (C_{ym}^t \bar{B}_{n+1,n}^m u_{n+1,n} - C_{ym}^t \bar{B}_{n,n+1}^m u_{n,n+1}) \frac{\Delta t}{\bar{B}_{nm}^m \Delta y} \\ & + (C_{nm}^t \bar{B}_{n,n+1}^m - C_{nm}^t \bar{B}_{n-1,n}^m) \frac{w_0 \Delta t}{\bar{B}_{nm}^m \Delta x} + C_{nm}^t (\bar{B}_{n,n+1}^m - \bar{B}_{n-1,n}^m) \frac{w_0 \Delta t}{\bar{B}_{nm}^m \Delta y} + (\alpha + K) \{ (C_{nm+1,m}^t - C_{nm}^t) \bar{B}_{n,n+1}^m - (C_{nm}^t - C_{nm-1,m}^t) \bar{B}_{n-1,n}^m \} \frac{\Delta t}{\bar{B}_{nm}^m \Delta x} \quad (3) \end{aligned}$$

ここに、 $\bar{B}_{nm}^m = (B_{n+1,n}^{m+1} + B_{n+1,n}^{m,m+1} + B_{n,n+1}^{m+1} + B_{n,n+1}^{m,m+1})/4$, w_0 は濁度の沈降速度, α , K はそれぞれ分子, 渦動拡散係数である。濁度の添字 (X, X', Y, Y') はその濁度の輸送速度が正のとき $(m+1, m, n-1, n)$, 負のとき $(m, m-1, n, n+1)$ をとる。(3)式右辺第2項は水平移流, 第3項は鉛直移流, 第4項は沈降, 第5項は沈積, 第6項は拡散による濁度変化をあらわす。またこのモデルでは図-1にハッチで示した要素内を横流させることによって、流入水が上流端から貯水池内の等密度標高に達するまでの遅れ時間を考慮することができる。

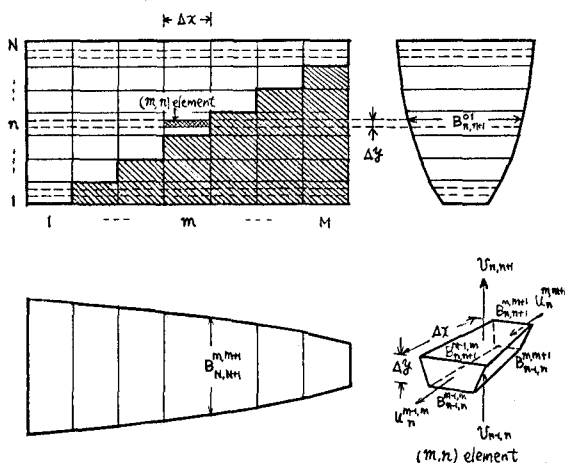


図-1 貯水池の分割

3. 実貯水池への適用例

図-2に示すA貯水池(総容量 $258 \times 10^6 \text{ m}^3$)における昭和49年9月の洪水に対して二次元モデルを適用した。貯水池の分割は $\Delta x = 2 \text{ m}$, $\Delta z = 2 \text{ km}$ である。流入量・流入濁度・流入水温を図-3に示す。流入水温および気象資料は同時観測されていなかったため、昭和47年の資料に代用し、また流入濁度は過去の観測記録から流入量に比例するものとして与えた。濁度の代表粒径は 3μ とした。

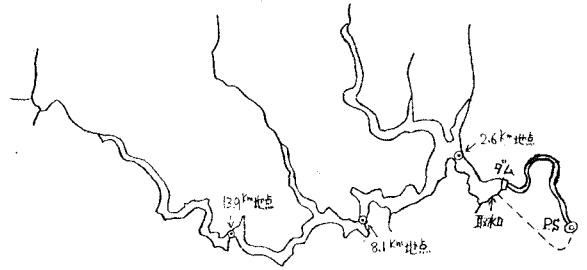


図-2 貯水池形状

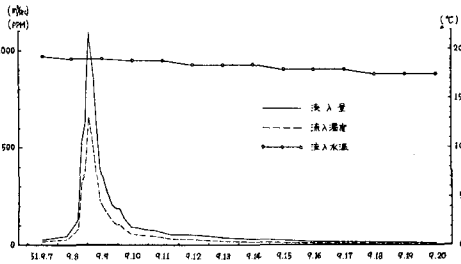


図-3 流入量・流入濁度・流入水温

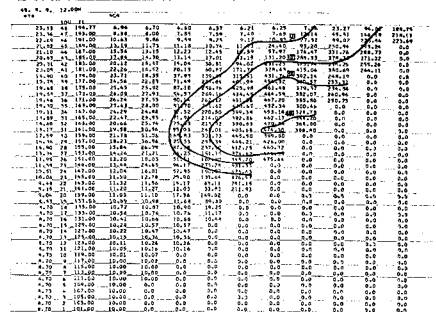


図-4 濁度分布の計算値と実測値 (a) 9月9日12時

洪水流入前の9月6日の実測分布を初期条件として与え、9月9日の洪水流入以後の貯水池内の濁度分布について実測値と計算値を比較したものが図-4である(実線が実測値。層番号の左は水温計算値)。

流入による流動層が水平方向に一樣とする仮定は、流入水が同一密度標高に達する地点より上流側では適当でないため、図-5, 6に見られるようにこの領域での実測値と計算値の対応はよくない。また流入濁度も図-4によれば計算値がやや大き過ぎるようであり、数値を直接比較することはできないが、全体として濁水塊の移動はよくとらえているといえる。

4. むすび

二次元モデルによって洪水時の濁水の挙動を巨視的にとらえることができた。実際の貯水池において堰取水などの運用面に利用するため、実測資料や室内実験と比較しつつ計算方法の改良を検討していくつもりである。

(参考文献)

- 1) 安芸・白砂; 発電水力, No.134, 1975

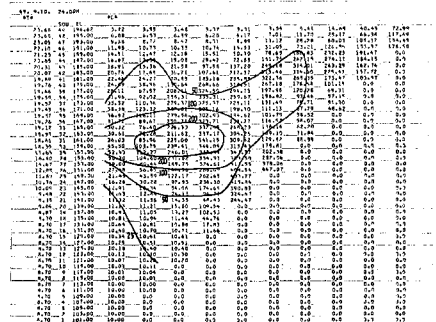


図-4 (b) 9月11日0時

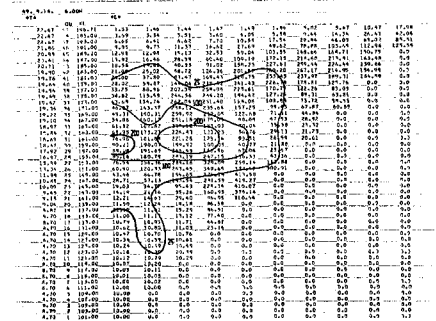


図-4 (c) 9月14日6時