

1. まえがき

我国の多目的ダムは、洪水調節、用水供給、発電等の様々な目的をもって建設される。このようなダム貯水池の建設は、治水・利水の両面にわたり大きな効用をもたらす一方、自然の流況も変化させるためにその利水・環境機能に様々な影響を与える。当所では、このような影響のうち貯水池の冷濁水現象をとりあげ、その機構解明、予測・評価に資するための貯水池水理解析モデルを従来より提案してきたが、今回は今年の検討結果¹⁾を踏まえて、モデルの実貯水池への適用性について報告するものである。

2. 基礎式

基礎式は昨年と同様、貯留水を非圧縮性流体として取り扱い、エネルギー保存則において運動エネルギーに基づく項は無視されるとして以下の5式とした。ここでy方向の運動方程式は静水压近似したものであり、各式は貯水池幅方向の諸量の一樣性を仮定して貯水池幅方向(z方向)に積分したものである。

$$1) \text{ 水の連続式 } \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad \dots\dots\dots (1)$$

2) 運動方程式

$$x \text{ 方向 } \frac{\partial M}{\partial t} + u \frac{\partial M}{\partial x} + v \frac{\partial M}{\partial y} = -\frac{1}{\rho_0} b \frac{\partial P}{\partial x} + \nu \left(\frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M}{\partial y^2} \right) \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$y \text{ 方向 } \frac{\partial P}{\partial y} = \rho g \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$3) \text{ 水温収支式 } b \frac{\partial T}{\partial t} + M \frac{\partial T}{\partial x} + N \frac{\partial T}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} (K_{Tx} b \frac{\partial T}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (K_{Ty} b \frac{\partial T}{\partial y}) + \frac{Hb}{\rho c_w} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$4) \text{ 濃度収支式 } b \frac{\partial C}{\partial t} + M \frac{\partial C}{\partial x} + (N+v_0 b) \frac{\partial C}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} (K_{Cx} b \frac{\partial C}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (K_{Cy} b \frac{\partial C}{\partial y}) \quad \dots\dots\dots (5)$$

ここに、M: x 方向線流量, N: y 方向線流量, u: x 方向流速, v: y 方向流速, t: 時間, b: 貯水池幅, ρ_0 : 基準密度, ρ : 密度, P: 圧力, ν : 渦動粘性係数, g: 重力加速度, T: 水温, C: 濃度, H: 単位容積・単位時間あたりの発生熱量, c_w : 水の比熱, v_0 : 沈降速度, K_{Tx} , K_{Ty} : 水温に関する各方向の拡散係数, K_{Cx} , K_{Cy} : 濃度に関する各方向の拡散係数

これらの基礎式を有限要素法の中でも変分原理が存在しなくても定式化が可能なGalerkin法を用いて数値解析のための離散化式を作成する。この離散化式、境界条件等の詳細については別著²⁾を参照されたい。

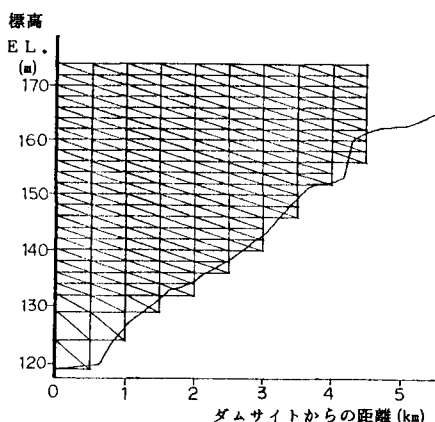


図-3 貯水池の有限要素分割図

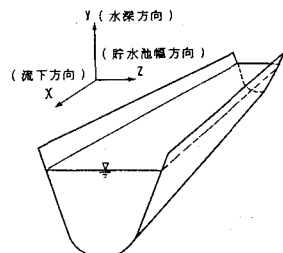
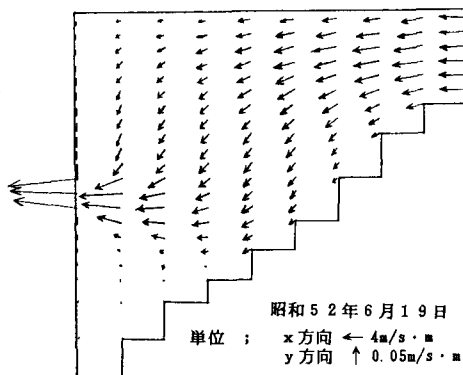


図-1 座標軸の方向



図-2 対象貯水池の平面図

図-4 貯水池内流速分布図
(流量フラックスベクトル図)

3. モデルの実貯水池への適用

昨年は模型貯水池に本モデルを適用しその妥当性について検討を加えたが、今回はその結果を踏まえて実貯水池に適用し、密度流現象、水温・濁度の移流拡散現象の再現計算を実施した。適用計算の概略と結果の一部を図-2～8に示すとともにその考案について以下に述べる。

3.1 対象貯水池と要素分割

対象貯水池は建設省所管の多目的ダムで図-2にその平面図を示す。図中のSt.1, St.2は水質調査地点である。貯水池の要素分割は流下方向500m, 水深方向には概ね2mピッチで174節点284要素の三角形要素とした。対象洪水は昭和52年6月洪水であり、実現象を24時間追跡した結果について考案する。

3.2 流速計算結果

図-4の流速（流量フラックス）分布図より流入端から放流口に向かう流れの状態が定性的には良好に再現されている。また貯水池底付近はほぼ静止状態となっており、これも通常言われている現象と良く合致している。

3.3 水温計算結果

水温の時系列的変動は小さく、1日程度の計算では結果の妥当性を論じるのは困難であるが、図-5, 6より計算結果は水温成層状況など実現象と良く一致している。従って、拡散方程式の展開と条件の設定は正しく行われているものと思われる。

3.4 濁度計算結果

濁度分布は実現象の定性的な変化傾向を概ね再現している。しかしながら、定量的にはSt.2において満足のいく結果になってはいない。その要因としては、①流入濁度、②沈降速度、③拡散係数などが正しく設定されていないことが考えられる。今後感度分析等を実施して適切なパラメータ値を設定していく必要がある。

4. あとがき

以上の計算結果より有限要素法を用いた貯水池水理解析モデルの妥当性が示されたと考える。しかしながら、現状では計算に相当の演算時間（土研HITAC M-280Hで上記計算にC. P. U. 2時間を要しており、本モデルの実用化にあたっての大きな制約となっている。今後は、プログラムのアルゴリズムの面も含めて演算時間を短縮できるよう検討していかなければならない。

最後に、本研究の遂行に際し、御協力をいただいた建設技術研究所阿部 寿、兪 朝夫の両氏に深く感謝の意を表します。

参考文献 1) 森北佳昭；FEMを用いた貯水池水理解析手法について，第39回土木学会年講，PP691～692，1984

2) 振井、森北；有限要素法の利用（その2）－密度流解析－，土木技術資料，Vol. 27, No. 5, 1985

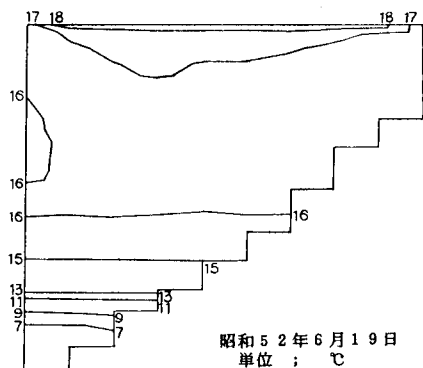


図-5 貯水池内等水温線図

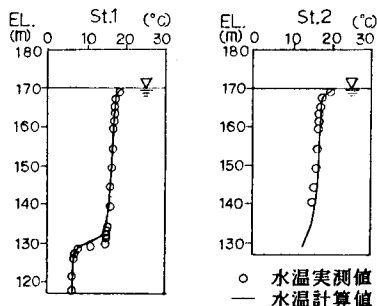


図-6 水温鉛直分布図

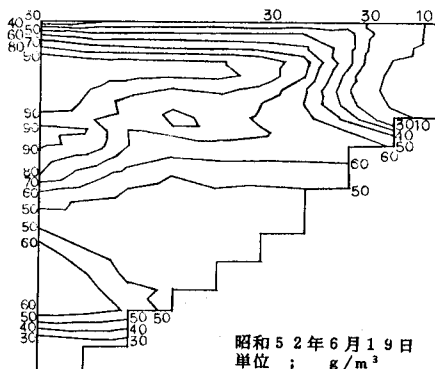


図-7 貯水池内等濁度線図

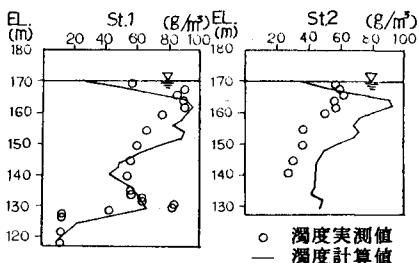


図-8 濁度鉛直分布図