

合流部をもつ貯水池における水温及び濁度の数値解析

京都大学工学部 正員 岩佐 泰朗
 中部工業大学 正員 松尾 直規
 (株)大林組 正員 〇川那部 嘉孝

1. はじめに; 従来、貯水池の水理解析は一般にコントロール・ボリューム法を用いて行われるが、このとき支川流入についてはコントロール・ボリュームへの横流入として考え、その影響を厳密には取扱っていなかった。本研究は、著者らの貯水池水理の数値解析モデルを改良して、支川合流部を有する場合の数値解析モデルを考案し、それを実際の貯水池に適用して、その妥当性を検討するものである。

2. 数値解析モデル; 解析モデルは貯水池を本川と支川に分割するとともに、合流部において図-1に示すようなコントロール・ボリュームを考え、本川部、支川部それぞれに岩佐・松尾らの二次元貯水池水理モデルを適用するものである。ただし、このとき1)本川と支川の水値は、合流ブロックの中心 h_g で一致するものとする。2)合流部における運動量

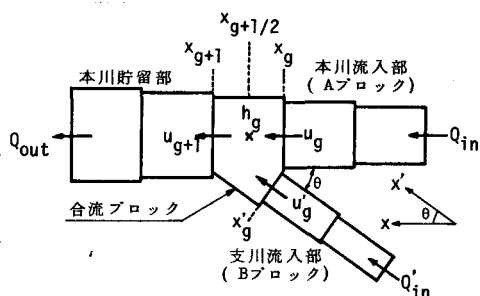


図-1 支川合流を考慮した計算モデル

解析では、貯水池流下方向の成分と幅方向の成分の両者を考慮する必要があるが、貯水池幅方向の水理量の変化は流下方向、水深方向の変化に比べ微小であるため、ここではそうした変化は考えず、流下方向の成分のみを取扱うものとする。すなわち、合流部を除く貯水池本川の各コントロール・ボリューム(中間層)に対しては、以下の数学モデルを適用する。

$$\text{水の連続式; } |u \cdot B|_{x_i}^{x_{i+1}} + |v \cdot A|_{y_i}^{y_{i+1}} = 0 \quad (1)$$

$$\text{運動量保存式; } \left(\alpha \text{ 分値} \right) \frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{1}{A} |u \cdot u \cdot B|_{x_i}^{x_{i+1}} - \frac{1}{A \Delta y} |u \cdot v \cdot A|_{y_i}^{y_{i+1}} - \frac{1}{A} \left| \frac{p}{\rho} \cdot B \right|_{x_i}^{x_{i+1}} + \frac{1}{A} |D_{ux} \cdot B|_{x_i}^{x_{i+1}} \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{A \Delta y} |D_{uy} \cdot A|_{y_i}^{y_{i+1}} \frac{\partial u}{\partial y} \quad (2)$$

$$\left(\gamma \text{ 分値} \right) p = \int_{\gamma} \rho g dy \quad (3)$$

$$\text{濁度収支則; } \frac{\partial c}{\partial t} = -\frac{1}{A} |c \cdot u \cdot B|_{x_i}^{x_{i+1}} - \frac{1}{A \Delta y} |c \cdot v \cdot A|_{y_i}^{y_{i+1}} + \frac{1}{A} |D_{cx} \cdot B|_{x_i}^{x_{i+1}} \frac{\partial c}{\partial x} + \frac{1}{A \Delta y} |D_{cy} \cdot A|_{y_i}^{y_{i+1}} \frac{\partial c}{\partial y} + \frac{1}{A \Delta y} |c \cdot v \cdot A|_{y_i}^{y_{i+1}} \quad (4)$$

$$\text{水温収支則; } \frac{\partial T}{\partial t} = -\frac{1}{A} |T \cdot u \cdot B|_{x_i}^{x_{i+1}} - \frac{1}{A \Delta y} |T \cdot v \cdot A|_{y_i}^{y_{i+1}} + \frac{1}{A} |D_{Tx} \cdot B|_{x_i}^{x_{i+1}} \frac{\partial T}{\partial x} + \frac{1}{A \Delta y} |D_{Ty} \cdot A|_{y_i}^{y_{i+1}} \frac{\partial T}{\partial y} + H \quad (5)$$

各式の記号は岩佐・松尾らより説明されているとおりであり、ここでは省略する。また、支川部の各コントロール・ボリューム(中間層)についても(1)~(5)式の x を x' とした各式が適用される。一オ、合流部のコントロール・ボリュームについては、連続式として、

$$u \cdot B_{x_g}^{x_{g+1}} + v \cdot A_{y_g}^{y_{g+1}} - u' \cdot B_{x'_g}^{x'_{g+1}} = 0 \quad (6)$$

また、運動量保存則 α 分値、濁度収支則として次式が適用される。

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{1}{A} |u \cdot u \cdot B|_{x_g}^{x_{g+1}} - \frac{1}{A \Delta y} |u \cdot v \cdot A|_{y_g}^{y_{g+1}} - \frac{1}{A} \left| \frac{p}{\rho} \cdot B \right|_{x_g}^{x_{g+1}} + \frac{1}{A} |D_{ux} \cdot B|_{x_g}^{x_{g+1}} \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{A \Delta y} |D_{uy} \cdot A|_{y_g}^{y_{g+1}} \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{1}{A} |u' \cdot u' \cdot \cos \theta \cdot B|_{x'_g}^{x'_{g+1}} + \frac{1}{A} \left| \frac{p'}{\rho} \cdot \cos \theta \cdot B \right|_{x'_g}^{x'_{g+1}} + \frac{1}{A} |D_{ux'} \cdot B|_{x'_g}^{x'_{g+1}} \frac{\partial u}{\partial x'} \cdot \cos \theta \quad (7)$$

$$\frac{\partial c}{\partial t} = -\frac{1}{A} |c \cdot u \cdot B|_{x_g}^{x_{g+1}} - \frac{1}{A \Delta y} |c \cdot v \cdot A|_{y_g}^{y_{g+1}} + \frac{1}{A} |D_{cx} \cdot B|_{x_g}^{x_{g+1}} \frac{\partial c}{\partial x} + \frac{1}{A \Delta y} |D_{cy} \cdot A|_{y_g}^{y_{g+1}} \frac{\partial c}{\partial y} + \frac{1}{A} |c \cdot u' \cdot B|_{x'_g}^{x'_{g+1}} + \frac{1}{A} |D_{cx'} \cdot B|_{x'_g}^{x'_{g+1}} \frac{\partial c}{\partial x'} \quad (8)$$

ここに x' は支川の流下方向距離であり、 x_{g+1} 、 x_g 、 x'_g は図-1に示した各断面を表している。また u_{g+1} 、 u_g 、 u'_g は上述の各断面における x 及び x' 方向の流速成分であり、 θ は x と x' のなす角度である。なお、水温収支則についても、濁度収支則と同様に考えればよい。

3. 数値解析法； 2.で示した数学モデルの数値解法としては、時間に関する前進差分法の一つで、水位、流速を求める位置、時刻が千鳥状に配置されるマルチ・レベルの staggered scheme を用いる。この方法による合流部以外での差分式は従来から用いられてきたものと同様であり、ここでは詳細の説明は省略する。また、合流部についても水の連続式、濁度収支則、水温収支則は、従来のものに支川の流出入に関する項を考慮するだけで良いことになる。さらに、運動量保存式を用いて流速を求める場合には、計算に用いる計算格子点での値を図-2に示すよう

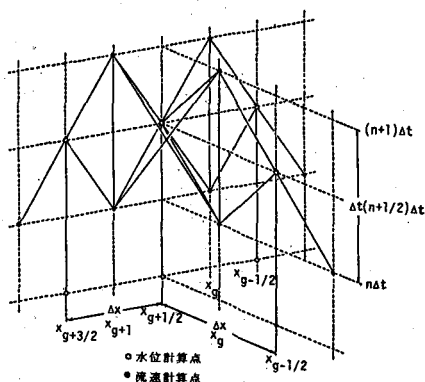


図-2 合流部の差分格子

に考えることにより、他のブロックと同様に計算を進めることができる。

4. 実際の貯水池への適用例； 対象とした貯水池は徳島県那賀川水系長安口貯水池であり、計算期間は昭和54年1月5日～12月31日の期間である。長安口貯水池は全長約11kmの貯水池で

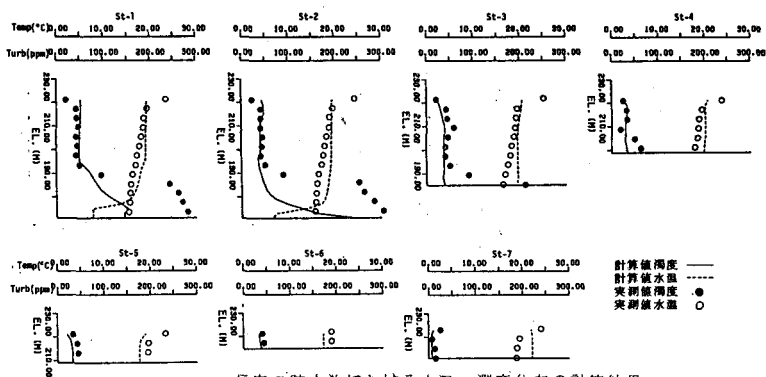


図-3

長安口貯水池における水温・濁度分布の計算結果
(昭和54年7月16日、 $\Delta x=500m$ 、 $\Delta y=2m$)

あるが、ダムより上流約5km地点に支川坂州本頭川が流入しており、その影響は無視できないものであることが既存の観測資料より得られている。計算にあたっては、従来の計算結果よりみた現象の再現性および計算期間が約1年間であることを考慮して、貯水池の分割を $\Delta x=500m$ 、 $\Delta y=2m$ とした。圧力項(水面勾配)は計算時間の関係から、平水時の計算ではこれを省略し、出水時は省略しないモデルを用いた。図-3は7月16日の水温及び濁度分布の計算結果の一例を示したものである。その他の計算条件及び計算結果については、紙面の都合より、講演時に述べることにする。

5. おわりに； 本研究では、支川流入を考慮した数値解析モデルを考案し、一応の計算を行うことはできたが、従来のモデルとの比較、支川の影響等についての詳細な検討は十分には行い得なかった。こういった点については、今後さらに検討を重ねた上で、実現象をより明らかにし得る解析法の開発を進めて行きたい。

《参考文献》1)岩佐・松尾・俞；貯水池水理の数値解析法とその適用について、京都大学防災研究所年報、第22号-B、pp 341～354、1979年4月、2)岩佐・松尾・遠藤；ダム貯水池の水温予測、京都大学防災研究所年報、第19号-B、1976年