

中部工業大学 正員 牧尾直規  
 京都大学工学部 正員 岩佐義朗  
 (株)大林組 正員 川那部嘉彦

1. はじめに； 貯水池に支川の流入があり、その影響を無視し得ない場合には、これを単純に上流端での流入に含めて考えることはできない。このため、著者らは従来、これを横流入として取り扱いその影響を考慮した水理解析を行ってきたが、実際現象をより正しく明らかにするには、支川の合流に伴う貯留水の水理学的挙動をより現実に忠実に取り扱う必要があろう。そこで、本研究では、著者らの貯水池水理モデル<sup>2)</sup>に改良を加え、合流部を有する貯水池での水理解析法を開発するとともに、それを実際の貯水池における渇水現象の解析に適用してその結果を考察した。

2. 支川合流を考慮した貯水池の水理解析モデル； 数学モデルは、貯水池を水深方向ならびに流下方向に図-1のように分割し、本川貯留部、合流部及び支川貯留部でそれぞれ図中に示すようなコントロール・ボリュームを考え、それらについて、水の連続式、運動量保存則、水温収支則及び濁度収支則を展開したものである。すなわち、貯水池水理に肉する著者らの従来のモデルを支川部にも適用し、合流部で本川部のもれと結合したものである。したがって、合流部を除く本川及び支川貯留部のコントロール・ボリュームについて得られる数学モデルは従来のものと同等に表される。そこで、ここでは、合流部のものについてのみ示すと以下のようである。

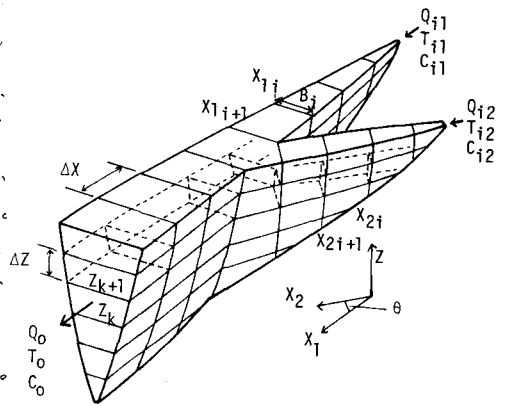


図-1 貯水池分割法ならびにコントロール・ボリューム

- ・水の連続式：
$$|UB|_{x_g}^{z_{g+1}} \cdot \Delta z + |WA|_{z_g}^{z_{g+1}} - (UB)_{x_g} = 0 \quad \dots\dots\dots (1)$$
- ・運動量保存則差分値：
$$\frac{\partial U}{\partial t} = -\frac{1}{A} |UUB|_{x_g}^{z_{g+1}} - \frac{1}{A \cdot \Delta z} |UWA|_{z_g}^{z_{g+1}} - \frac{1}{A} \left( \frac{P}{\rho} B \right)_{x_g}^{z_{g+1}} + \frac{1}{A} |Pm \times B \frac{\partial U}{\partial z}|_{x_g}^{z_{g+1}} + \frac{1}{A \cdot \Delta z} |Pm \times A \frac{\partial U}{\partial z}|_{z_g}^{z_{g+1}} + \frac{1}{A} (U \omega \omega \theta B)_{x_g} + \frac{1}{A} \left( \frac{P}{\rho} \omega \theta B \right)_{x_g} + \frac{1}{A} (Dm \times B \frac{\partial U}{\partial z} \omega \theta)_{x_g} \quad \dots\dots\dots (2)$$
- ・運動量保存則差分値：
$$p = \int_z^{z_{g+1}} \rho g dz \quad \dots\dots\dots (3)$$
- ・濁度(濃度)収支則：
$$\frac{\partial C}{\partial t} = -\frac{1}{A} |CUB|_{x_g}^{z_{g+1}} - \frac{1}{A \cdot \Delta z} |CWA|_{z_g}^{z_{g+1}} + \frac{1}{A} |Dm \times B \frac{\partial C}{\partial z}|_{x_g}^{z_{g+1}} + \frac{1}{A \cdot \Delta z} |Dm \times B \frac{\partial C}{\partial z}|_{z_g}^{z_{g+1}} - \frac{1}{A \cdot \Delta z} |CWA|_{z_g}^{z_{g+1}} + \frac{1}{A} (CUB)_{x_g} + \frac{1}{A} (Dm \times B \frac{\partial C}{\partial z})_{x_g} \quad \dots\dots\dots (4)$$
- ・水温収支則：
$$\frac{\partial T}{\partial t} = -\frac{1}{A} |TUB|_{x_g}^{z_{g+1}} - \frac{1}{A \cdot \Delta z} |TWA|_{z_g}^{z_{g+1}} + \frac{1}{A} |Dm \times B \frac{\partial T}{\partial z}|_{x_g}^{z_{g+1}} + \frac{1}{A \cdot \Delta z} |Dm \times B \frac{\partial T}{\partial z}|_{z_g}^{z_{g+1}} + \frac{1}{A} (TUB)_{x_g} + \frac{1}{A} (Dm \times B \frac{\partial T}{\partial z})_{x_g} + H \quad \dots\dots\dots (5)$$

ここに、 $x_1, x_2$  は本川、支川の流下方向距離であり、添字の  $g, g+1$  は合流部ブロック上流側ならびに下流側境界面での値を表わす。また、 $\theta$  は  $x_1$  と  $x_2$  の方向かなす角度である。他の記号については従来と同様であり、説明を省略する。

3. 数値解析法； 2. で述べた数学モデルを図-1に示したような上下流端での境界条件ならびに貯水池表面、側面、底面での境界条件と前年の初期条件、さらに他の諸条件のもとで数値解析することにより、貯留水の運動及び水温、濁度の変化が求められる。この数値解析に用いる計算法は、図-2に示すようなマルチレベルの staggered scheme

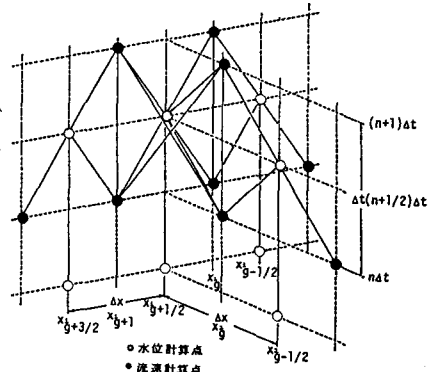


図-2 合流部での計算格子

による前進差分法であり、空間的には常に上流側差分をとるように流速の向きを考慮した計算法を使う。合流部の計算についても、本川部と支川部の水位が合流部(石が辻)で一致すると考え、他のブロックと同様に進められる。この計算法の詳細については著者の文献<sup>1)</sup>を参照されたい。

#### 4. 実際の貯水池における適用結果とその考察：

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～昭和54年12月25日の間である。長安口貯水池は全長約11kmの貯水池であるが、ダムより上流約5km地先に支川坂州木頭川が流入しており、その総流入量に占める割合はほぼ3割弱に達している。また、本川上流には小見野々貯水池があり、その影響を受ける本川水温及び濁度と坂州木頭川のそれらとはしばしば異なった特性を示す。このため、長安口貯水池においては、坂州木頭川よりの流入水が貯留水の運動及び水温、濁度の挙動に及ぼす影響は少ない。

計算は、昭和54年1月5日の実測値を初期条件とし、 $\Delta x = 500\text{m}$ 、 $\Delta z = 2\text{m}$ として上述の解析法を用いて進められた。なお、変化の緩慢な平常時においては、水面勾配を省略して流れを単純化した簡易計算を実施した。背水の影響など貯留水の運動学的挙動を厳密に明らかにするには、省略しない計算をしなければならないが、従来の経験に基づき、平常時にはこうした簡易計算でも所要の現象再現精度が期待できると考えられる。

図-3は、得られた放流水温及び濁度の再現結果であり、図-4、5は、その他の水温及び濁度分布の1例である。図-3では、一部に、資料の不備に伴う諸条件の単純化(特に水温及び濁度の流入条件)に主として起因すると思われる不一致はみられるが、計算値と実測値との一致の程度は概して良好である。図-4、5は7月初めの出水による水温成層破壊後の分布例であるが、日射による水面温度の上昇、ならびにダム直上表水層での濁度分布を除くと、少なくとも定性的には十分な精度で水温及び濁度分布の再現が行われているといえよう。以上の結果より、上述した解析法の適用性は実用上十分であると考えてよいであろう。その他の解析例ならびに長安口貯水池での濁水現象に及ぼす坂州木頭川の影響等についての詳細な考察は満腹時に述べることにする。

5. おわりに： 本研究では、支川合流のある貯水池を対象に、その水理学的影響を考慮した数値解析モデルを用いて、実際の貯水池に適用して所要の現象再現精度を得た。開発された解析法は貯留水の水理学的挙動とより正しくかつ詳細に知る上で有効であろう。もちろん、実用上はこうした詳細な解析を必要としない場合も少なくないであろうが、できるだけ現実に忠実な取扱いを行い得るようになることは、今後とも必要であろう。

(参考文献) 1) 岩佐・松尾・倉：貯水池水理の数値解析法とその適用について、東京大学学報22号-B, 1979  
2) 岩佐・松尾：貯水池水理の解析モデルとその水温・濁度の適用、土木学会論文報告集, 第308号, 1981

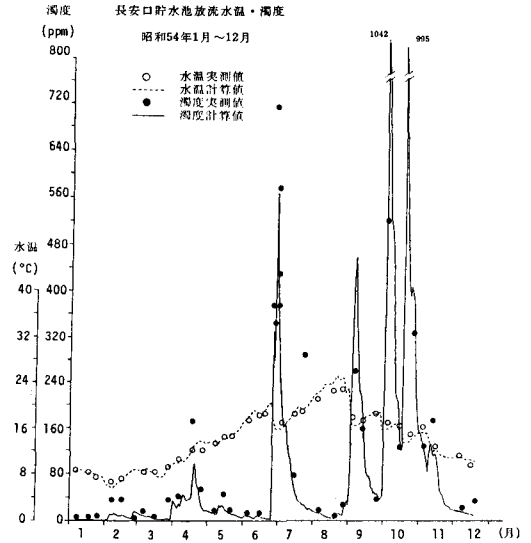


図-3 放流水温及び濁度の再現結果

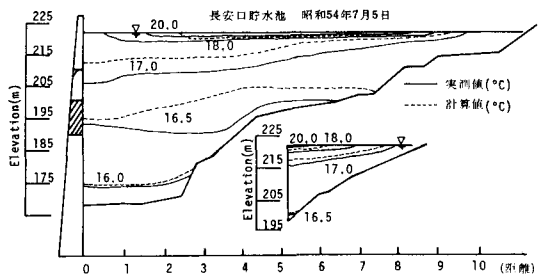


図-4 水温分布の再現例

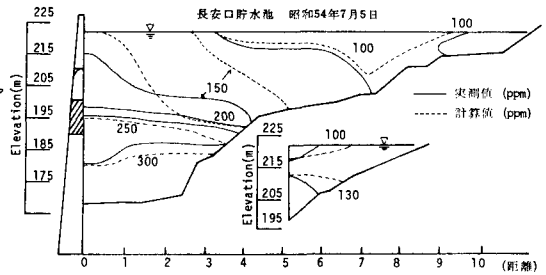


図-5 濁度分布の再現例