

京都大学工学部 正員 岩佐義朗
 京都大学工学部 正員 〇松尾直規
 東急不動産 有馬 修

1. はじめに

ダム貯水池の水温予測を行なうには、まず、対象とする貯水池の水理・水文的環境を充分に把握し、それに適した予測モデルを用いる必要がある。さらに、水温成層の形成ならびに破壊の過程における、水理学および熱力学的条件の変化の影響、また、貯水池の地形的な影響をも明らかにしなければならない。本報では、以上のことから、淀川水系天ヶ瀬貯水池を対象とし、二次元数値解析モデルを用いて、取水水温ならびに貯水池内水温分布の数値解析を行ない、実測値および従来の一次元モデル(M.I.T.モデル)による計算結果と比較、検討し、貯水池の水温予測に関する諸問題について考察したものである。

2. 数値シミュレーション

天ヶ瀬貯水池は、水理・水文的には“run of the river”の性格を有し、流出入に伴う移流熱量が支配的な成層型貯水池である。Fig-1 に示すような貯水池の分割のもとでは、水温変化は次式によって計算される。

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{E_x}{A} \frac{\partial}{\partial y} \left(A \frac{\partial T}{\partial y} \right) - \frac{v}{A} \frac{\partial}{\partial y} (A \cdot T) - \frac{1}{\rho C_w A} \frac{\partial}{\partial y} (A \cdot \rho_f) + \frac{1}{A} \left[E_x \cdot B \frac{\partial T}{\partial x} \right]_{x_i}^{x_{i+1}} - \frac{1}{A} \left[U \cdot B \cdot T \right]_{x_i}^{x_{i+1}} \dots (1)$$

ここで、Aは標高yにおけるx_i≦x≦x_{i+1}区間の貯水池面積、Bは標高yにおける貯水池幅、u, vは水平、鉛直方向流速、E_x, E_yは水平、鉛直方向の熱分散係数、ρは水の密度、C_wは水の比熱、ρ_fは気象要因による熱フラックスである。流入・流出流速は非対称な正規分布型で仮定

し、貯水池内で流体は常に安定状態になるように位置するものとする。上述した天ヶ瀬貯水池の成層特性から、気象要因による熱フラックスは無視し、また、水平方向の熱分散は無視されるものとした。計算は昭和41年から49年(45年を除く)の各年について3月1日を計算開始日として、8月中旬までの期間を対象とし、Δy=2m、Δx=1km、Δt=1日として行なった。水温変化を支配する要因とその影響を明らかにするため、取水層厚流入混合率、熱分散係数といったパラメータの値をいろいろ変

化させ、同時に、M.I.T.モデルを用いて同様の計算をした。Fig-2の(a)~(c)は、取水水温の数値計算結果の一例であるが、これらと比較

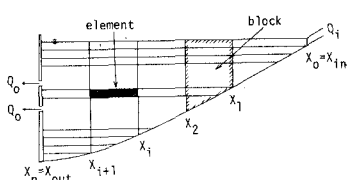


Fig-1

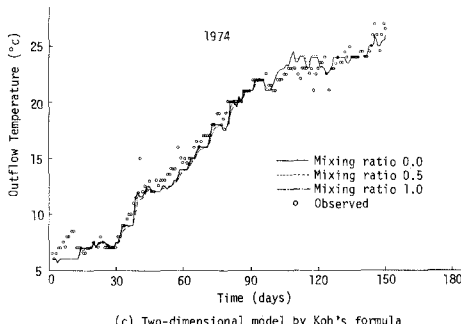
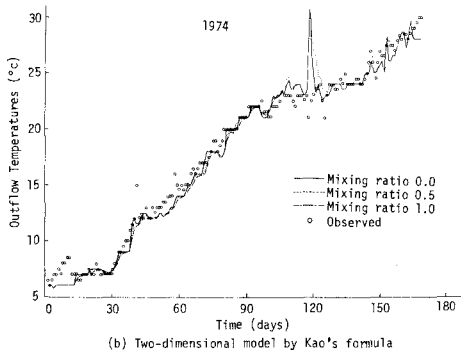
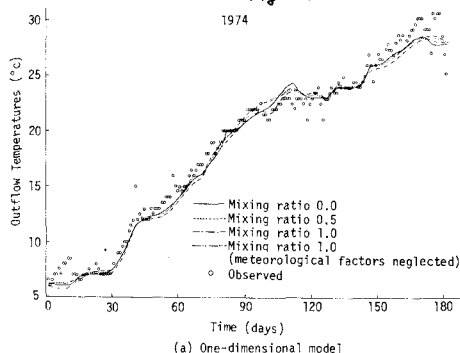


Fig-2

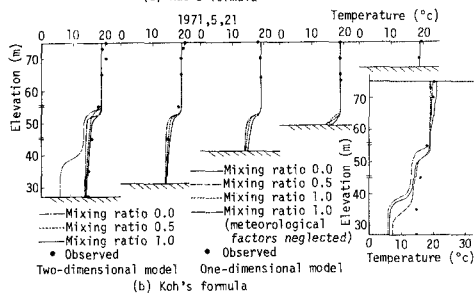
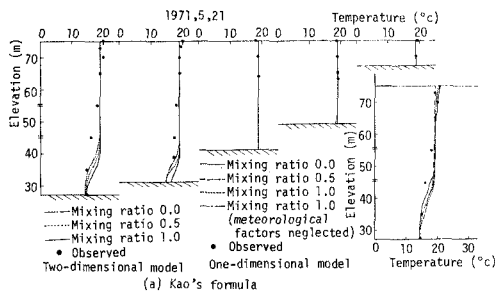


Fig-3

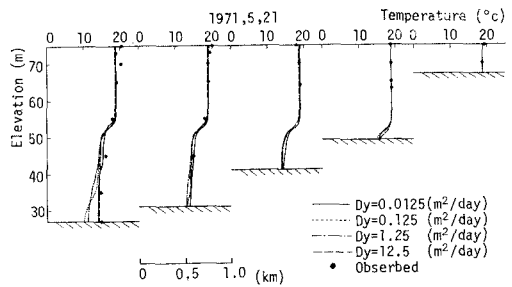


Fig-4

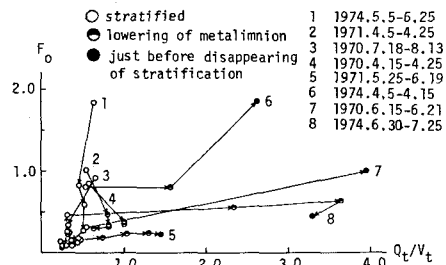


Fig-5

するとどのケースも、精度上、顕著な差は認められないことがわかる。Fig-3は水温分布の計算結果と実測値との比較例である。この図からわかるように、二次元モデルにおいて、取水層厚の算定にKohの式を用い、流入混合率 γ を、1.0としたときの結果が、実測値と最も良い一致を示している。このことは、流下方向に流水層が変化するという仮定が妥当であり、貯水池の性格上、流入混合の効果は大きく、また、貯水池形状の影響が無視できないことを示している。Fig-4は流水層における鉛直方向の熱分散の影響を調べたものであるが、その影響は小さく、終流熱量に比べて、熱分散による熱移動はきわめて小さなものであることが推察される。以上のことから、取水層内の平均的な水温を表わす取水水温の予測には、実用上、一次元モデルで十分であるが、水温成層の変化など、貯水池内の水温変化の機構を、水理学ならびに熱力学的条件と結びつけて考えてゆくためには、二次元モデル、あるいは、より詳細なモデルによる解析が必要であることがわかる。

3. 水温成層の変化について

受熱期における水温成層の形成とその洪水時の破壊の過程は、水温予測を行なううえで、また、貯水池の渇水問題を考えるうえで重要である。Fig-5は、それらの過程における、局所的な内部フルード数($F_0 = 4/\sqrt{g \cdot h \cdot \Delta \rho / \rho}$)と、一日の総流出量 Q_d とその時の貯水量 V_t との比 Q_d/V_t の変化を、数値計算の結果を用いて示したものである。これから、成層化過程では、安定な成層の発達とともに F_0 が低下し、洪水時には、 Q_d/V_t の増大とともに F_0 も増大し、躍層の低下を経て、全面的な成層破壊へ進むことを示している。しかしながら全面破壊の過程をたどるのは、 Q_d/V_t の値がほぼ1以上の日が数日以上続く場合であり、 Q_d/V_t の比が1以下の洪水では、躍層の低下のみみられるだけである。貯水池の水理・水文条件と水温成層の形成・破壊といった現象との関係については、今後、さらに検討を要する課題である。

4. おわりに

二次元モデルによる水温予測では、従来の一次元モデルによる方法よりも、その適用性は拡大されるが、終流熱量による水温変化が支配的であるため、貯水池内の流体運動を正確に把握することが肝要となる。貯水池内の水温変化ならびに濃度変化の機構を解明するためには、運動量保存則を導入したより詳細なモデルによる解析が必要であり、現在、その種のモデルの開発と検討をすすめている。

参考文献; ①岩佐, 野口, 児島, 京大防災年報第8号B, 昭50, 4 ②R.J.Ben & D.R.F. Harleman, M.I.T. Report 16/137, Oct. 1968