

洪水時の流入特性を考慮した貯水池水温予測モデルに関する研究

鳥取大学 工学部 正会員 矢島 啓, 西谷技術コンサルタント(株) 正会員 ○吉川 栄
 ホンダクリオ(株) 非会員 浜谷 理栄

1. はじめに ダム貯水池等の閉鎖水域における水質汚濁・富栄養化については、図-1に示すように、水理過程に加え、生物・化学過程が重要となり、この生物・化学過程の制限因子となるのが水温である。水温にともなう密度・粘性の変化は、懸濁態の栄養塩・有機物や濁質の沈降・浮上に大きく影響する。水温は藻類の生産活動や呼吸・死滅、有機物の分解や無機栄養塩の増減、堆積層内の酸素・有機物の収支、底質からの溶出等とリンクしている。従って、貯水池内の水質予測を行う上で水温を正確に再現することが非常に重要となる。そこで本研究では、西オーストラリア大学の Centre for Water Research(CWR)で開発された鉛直1次元モデルDYRESM¹⁾にオリジナルコードでは考慮されていない河川流入による混合拡散効果を組み込み、実際のダムでの水温観測データを用い、モデルの検討を行う。

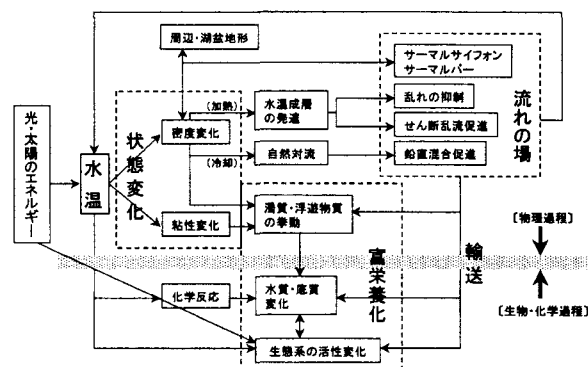


図-1 貯水池の特性と水温の関係

なお、本研究で対象とするダムは、提高 50m、延長 300m、総貯水量 4700 万 m^3 の規模を有する多目的ダムである。洪水調節、灌漑用水の補給、都市用水の供給並びに発電を目的とし、昭和 49 年に完成した。

2. DYRESM の概説とモデルの改良 DYRESM(DYNAMIC Reservoir Simulation Model)はラグランジェ型の 1 次元モデルである。ラグランジェ型モデルは、水質輸送に追従して水塊ブロックが自動的に移動、収縮・拡大、生成・消滅するため、水質構造に応じて空間分解能が確保されるとともに、不要な細かい離散化を必要としないという特徴がある²⁾。しかし、DYRESM は貯水容量の大きな水域での実績が多く、河川流入による混合拡散過程はモデルに組み込まれていない³⁾。日本の貯水池は、比較的貯水容量が小さく、貯水池への流入河川が尖鋭な洪水ハイドログラフを示すという特徴を有するため、洪水時に水温成層が短時間で破壊されることがしばしば確認されている。従って、正確に水温を再現するためには、河川流入による鉛直混合過程を考慮する必要がある。本研究では、洪水時の時間変動をより精度良く再現するため、流入出力の入力時間ステップを日単位から時間単位に変更するとともに、河川流入による流速を簡易的に算定し、流入密度流による鉛直混合をモデル化する。具体的には、式(1)の右辺第 1 項の風による鉛直混合エネルギーに加えて、右辺第 2 項に流入河川水による鉛直混合エネルギーを組み込む改良を行った。

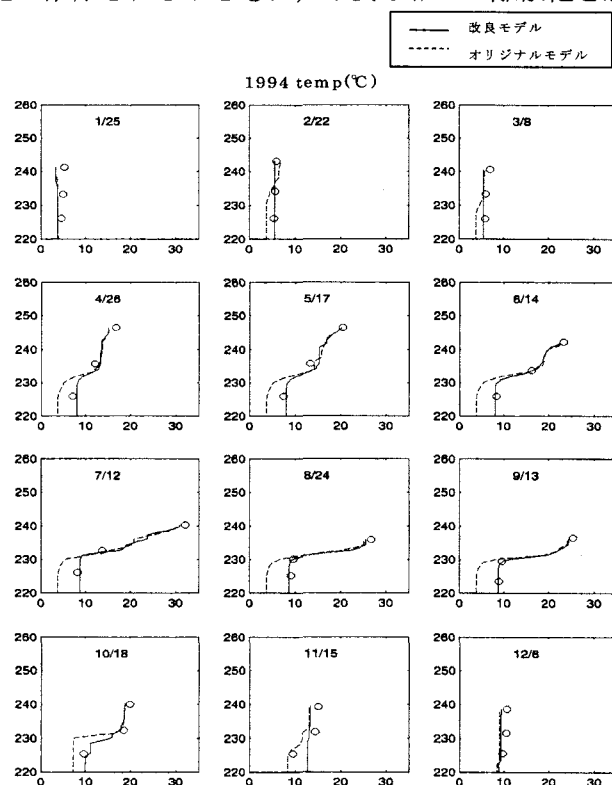


図-2(1) 観測値と計算結果の水温比較

$$E_i^{(avail)} = \eta_s \rho_N A_N u_*^3 \Delta t + C_{inf} \rho_{inf} A_{inf} u_{inf}^3 \Delta t \quad (1)$$

ここで、 η_s ：風によるエネルギー低減係数、 ρ_N ：表層の密度、 A_N ：表層面積、 u_* ：風の摩擦速度、 Δt ：時間ステップ、 C_{inf} ：流入河川水によるエネルギーに関するパラメータ、 ρ_{inf} ：流入水の密度、 A_{inf} ：流入層の面積、 u_{inf} ：流入河川水の流速である。

3. 改良モデルの検討 計算は、ダム管理開始後における「洪水年」と「渇水年」を対象にオリジナルモデル(河川流入による鉛直混合を考慮しない場合)と改良モデル(河川流入による鉛直混合を考慮した場合)のそれぞれで行い、各年で変動する気象条件や流況における水温分布の再現性を検討する。本研究においては、渇水年として1994年、洪水年として1997年(300m³/s 程度の中規模洪水が4回)、1999年(1,000m³/s 程度の大規模洪水がある)の出水形態の異なる3年を選定する。計算結果を図-2に示す。

1994年については、点線で表されるオリジナルモデルの場合、夏季の下層において観測値より2~4℃低かったが、実線で表される改良モデルの場合は、11月の湖底付近で観測値と若干の差異が認められるが、受熱期の水温成層の様子、冬季にかけて水温が再び鉛直方向に一樣となっていく様子も再現できている。1997年については、オリジナルモデルの場合、5月の下層では8℃程観測値に比べ計算結果が低く、夏季においては10℃以上低い値となるのに対して、改良モデルの場合では5月・6月の下層で4~5℃の差異が認められるが、1年を通じて良く再現できている。1999年については、オリジナルモデルの場合、6月までは比較的再現できているが、夏季については1997年同様、下層の計算結果の値が10℃以上低くなった。改良モデルの場合では、6月末の大規模洪水による鉛直混合により水温躍層が破壊された様子が良く再現できている。

4. まとめ 本研究では、鉛直1次元モデルDYRESMに河川流入による混合拡散効果を組み込み、実際のダムにおいて出水形態の異なる3年を対象にモデルの検討を行い、河川流入による鉛直混合を考慮した場合に精度良く水温を予測できることを明らかとした。今後は、鉛直混合エネルギーを求める際の河川流入による流速の推定について検討を行い、水温予測の精度をさらに向上させる予定である。

参考文献 1) <http://www2.cwr.uwa.edu.au/~ttfadmin/model/dyresm1d/index.html> 2)道奥康治：閉鎖性水域の環境水工学の歩みと展望、水工学に関する夏期研修会講義集Aコース、2002。3)道奥康治、松尾昌和、香川健一、斎藤敦：貯水池の富栄養化にともなう熱塩成層のモデル化、水工学論文集、第47巻、pp1237-1242、2003。

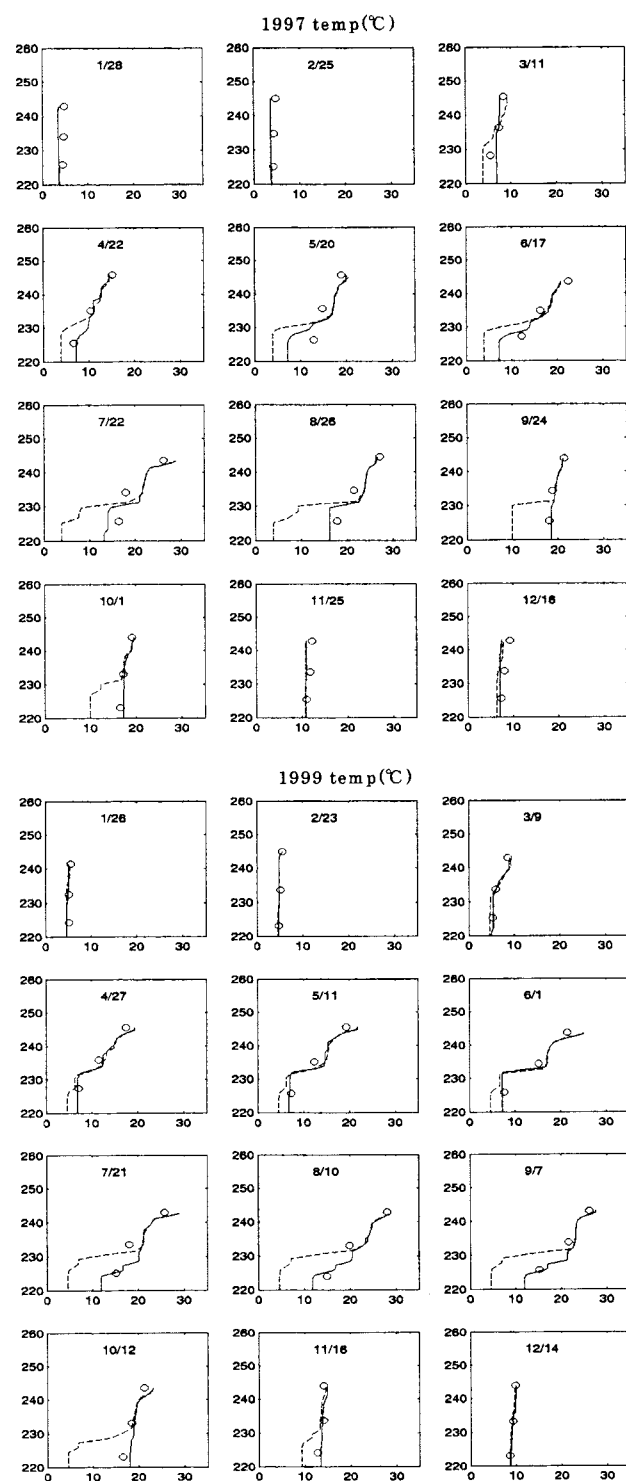


図-2(2) 観測値と計算結果の水温比較