

湖沼形状を考慮した鉛直1次元水質解析モデルに関する研究

鳥取大学大学院 学生会員 ○宮原 義和

鳥取大学工学部

正会員

矢島 啓

鳥取大学工学部

正会員

檜谷 治

1. はじめに 鳥取県東部に位置し、池と称する自然湖沼の中では日本一の広さを誇る湖山池は、東西 4km、南北 2.5km、水表面積 6.1km²、平均水深 2.8m、最大水深 6.5m、貯水量 1.9 × 10⁷m³の規模を有する楕円形をした低塩性汽水湖であり、湖山川より日本海に通じている(図-1 参照)。現在、湖山池の塩素イオン濃度は夏期(灌漑期)に約 150ppm、冬期(非灌漑期)に約 330ppm に調整されている。このような中、1993 年から水質環境改善緊急行動計画(清流ルネッサンス 21)に選定され、底泥浚渫や周辺の下水道整備が進められたが思うように水質が改善されていないのが実状である。また、2001 年より清流ルネッサンス II と名称を変え、引き続き水環境改善施策について検討し、水質の改善を図っていくこととなっている¹⁾。そこで、湖山池における水質特性とその評価を行うモデルを構築するため、本研究では西オーストラリア大学の Center for Water Research(CWR)で開発された鉛直1次元モデル DYRESM(DYnamic REservoir Simulation Model)²⁾に、オリジナルコードでは考慮されていない湖沼形状による混合エネルギーの減衰を組み込み、湖山池の現地観測値を用い、水温、塩分等の再現を試みる。

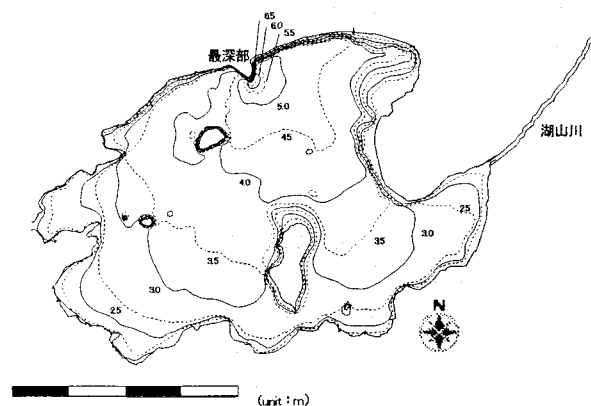


図-1 湖山池の水深分布

2. DYRESM における混合現象 DYRESM は湖沼における水質予測評価モデルであり、ラグランジュ型の鉛直1次元水質モデルである。ラグランジュ型モデルは、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³⁾。

DYRESM では、混合現象は表層混合と内部混合の2つのメカニズムにより層間の混合が起こるようモデル化されている。表層混合とは、風によって与えられるエネルギーにより、表層から生じる混合のことである。また、内部混合とは、水温躍層より深い深水層から上層に混合するメカニズムである。表層混合は隣接する2層を混合するのに必要なエネルギー $E^{(req)}$ と利用可能なエネルギー $E^{(avail)}$ を算出し、 $E^{(avail)} \geq E^{(req)}$ となる場合、表面の層から順に2層を混合する。

混合が起こる2層の上層を i 層とすると、 E_i^{req} と E_i^{avail} は次式のようにになる。

$$E_i^{(req)} \begin{cases} = \eta_k \Delta K_i + \eta_p \Delta P_i & \Delta P_i < 0 \\ = \eta_k \Delta K_i + \Delta P_i & \Delta P_i \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

$$E^{(avail)} = \eta_s \rho_N A_N u_*^3 \Delta t \quad (2)$$

ここで、 η_k : 運動エネルギーの低減係数、 η_p : ポテンシャルエネルギーの低減係数、 η_s : 風によるエネルギーの低減係数、 ΔK : ポテンシャルエネルギーの変化量、 ΔP_i : 運動エネルギーの変化量、 ρ_N : 表層第1層の密度、 A_N : 表層第1層の面積、 u_* : 風の摩擦速度ここで、 η_k : 運動エネルギーの低減係数、 η_p : ポテンシャルエネルギーの低減係数、 η_s : 風によるエネルギーの低減係数、 ρ_N : 表層第1層の密度、 A_N : 表層第1層の面積、 u_* : 風の摩擦速度である。

まず、混合現象に影響を与えるパラメーター、 η_k 、 η_p 、 η_s を変更したときの混合現象に与える影響を考察する。 η_k を小さくすると、混合後に減少する運動エネルギーが、2層を混合するのに用いられるエネルギーへと変

換される割合が減少し、混合は起こりにくくなる。また、 η_p を小さくすると同様に混合は起こりにくくなる。そして、 η_s を小さくすると、風による混合エネルギー混合に与える影響が小さくなり混合は起こりにくくなる。

3. DYRESM の改良 本研究においては、1997 年、2000 年、2001 年の夏期を対象としてシミュレーションを行った。その結果、図-2 のモデル改良前のように、低層において混合現象が起こりすぎるという問題が生じた。これは、図-1 に示すように湖山池は水深 4m 以深の面積が急激に小さくなるために、現実には、そこでの底面摩擦等による混合エネルギーの減衰が考えられるが、DYRESM ではこれらのメカニズムは考慮されていないため、混合エネルギーが大きいまま低層まで輸送されてしまうことが原因であることがわかった。そこで、面積の減少の変化に応じて混合エネルギーを、減衰させるようモデルの改良を行った。具体的には、各層を混合するのに用いることができる混合エネルギー E_i^{avail} に、 $(A_{i-1}/A_0)^{0.3}$ という係数を掛け合わせることで、底面摩擦等によるエネルギーの減衰に相当する効果を付け加える。ここで、 A_{i-1} は $i-1$ 層の面積、 A_0 は水表面積である。

4. 改良したモデルの検討 係数を掛け合わせた後のシミュレーション結果を図-2 のモデル改良後に示す。観測値とモデル改良前、モデル改良後のシミュレーション結果の水温を比較した。1997 年については、9 月 3 日 18:00 の時点で、モデル改良前は水温成層が破壊され、その後水温成層が形成されていないのに対して、モデル改良後は、水温成層は破壊されず水温成層が再現され、観測値に近づいていることがわかる。2000 年については、7 月 5 日 14:00、7 月 21 日 14:00 に改良前は再現されていない温度躍層が、改良後には再現されていることがわかる。また、シミュレーション期間全体を通してよく再現されている。2001 年については、改良前はシミュレーション期間全体を通して水温成層が再現できていない。これに対して、改良後は水温躍層が再現できており、観測値に大きく近づいていることがわかる。

5. まとめ 本研究では、鉛直 1 次元水質モデル DYRESM に、湖沼形状の変化による混合エネルギーの減衰を考慮するための係数を掛け合わせ、湖沼形状の変化を考慮することによって湖山池に DYRESM が適用できることを明らかにした。

参考文献 1) <http://www.cgr.mlit.go.jp/kisha/2002jul/140704top.htm>

2) <http://www2.cwr.uwa.edu.au/~ttfadmin/model/dyresm1d/index/html>

3) 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, pp. A-6-11, 2002.

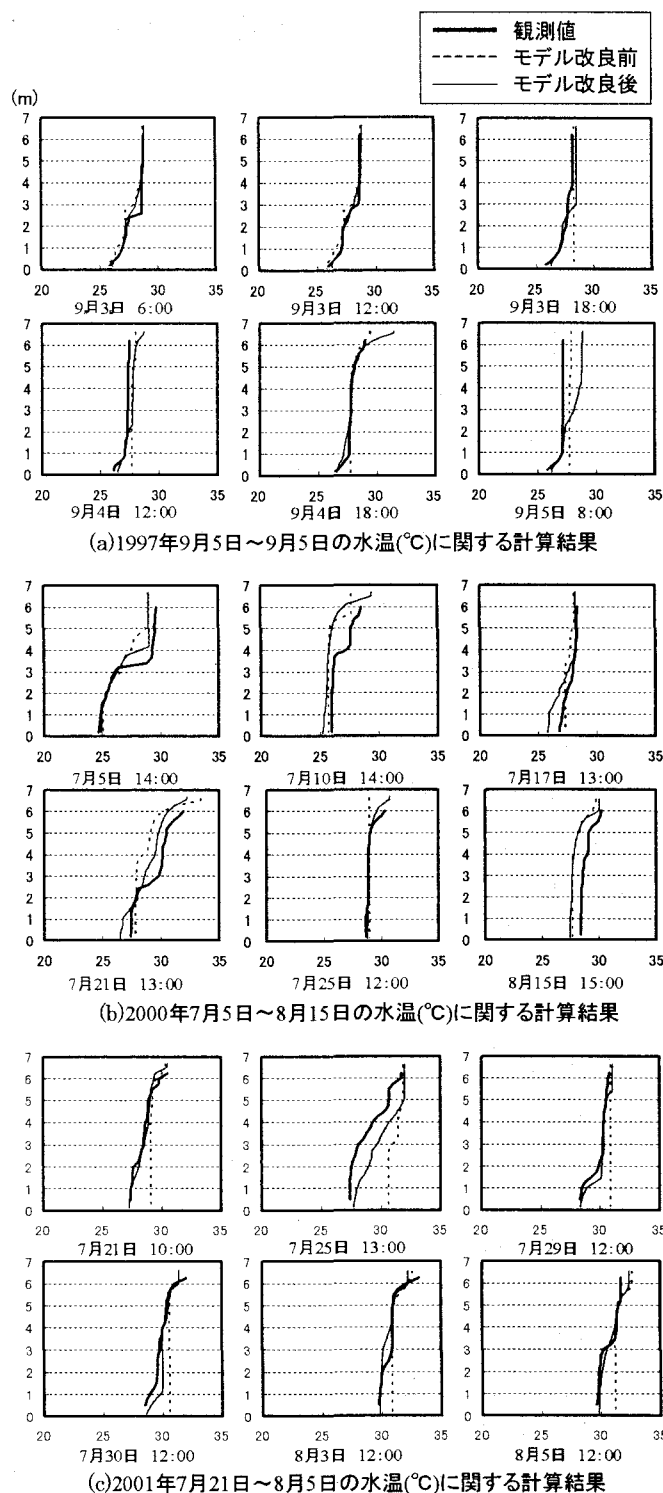


図-2 観測値と計算結果の水温比較