

低次生態系 - 3 次元水理学モデルを用いた鳥取県東郷池の水環境に関する解析 Analytical Study on Water Environment in Lake Togo using an Eco-hydrodynamic Model

○ 齋 幸治*・原田昌佳**・平松和昭**・森 牧人*
Sai Koji, Harada Masayoshi, Hiramatsu Kazuaki and Mori Makito

1. はじめに 鳥取県中部に位置する東郷池 (Fig. 1) は、汽水性の海跡湖であり、ヤマトシジミ漁を主とした内水面漁業が盛んである。しかしながら、近年では有機汚濁・富栄養化の影響により、水の華や貧酸素水塊が発生するなど水環境の悪化が問題となっており、それに伴う漁業の衰退も危惧されている。このような水域の水環境の保全・改善、さらには水産資源の増産を図る上で、水環境動態の評価・予測の意義は大きい。そこで本研究では、これらの課題に対する基礎的研究として、低次生態系 - 3 次元水理学モデルを用いて湖内の水環境、とくに溶存酸素 (DO) の動態に関する解析を行った。

2. モデルの概要 本モデルの構成式は、連続の式、流れの運動方程式、水温・塩分および水環境要素の移流拡散方程式である。ここで、水環境要素とは、Fig. 2 中の 9 個の水質項目である。水環境要素に関する移流拡散方程式では、Fig. 2 中に示したような生物化学的な物質循環による現存量の時間変化を表す項を考慮した。これらの循環過程は、水温や DO、栄養塩濃度などの環境因子を考慮に入れた 1 次反応式で表した。モデルの構成式の数値解法には、operator splitting 法を採用し (齋ら, 2006), その離散化に伴う計算条件は、水平、鉛直方向でそれぞれ 100m, 0.25m とし、計算タイムステップは 10s とした。

3. モデルの再現性の検証 まず、東郷池に対応した適切なモデルパラメータ値を設定するために、以下の手順によりパラメータ値のチューニングを行った。チューニングには、ワンボックス型生態系モデルを使用し、教師データとして 2005 年 5~10 月の東郷池の水質観測結果を用いた。感度分析により、計算結果に対して感度が大きいと思われるパラメータを選択し、これらの最適値を単純遺伝的アルゴリズムにより決定した。

つぎに、最適化されたパラメータ値を用いて、低次生態系 - 3 次元水理学モデルによる水質観測結果の再現計算を行うことで、本モデルの妥当性について検討した。ここでは、2003 年 5~10 月において湖内の 3 地点 (Fig. 1 中の St. 1, 7, 15) で観測された DO の水質観測結果を用いて、モデルの再現性を検証した。再現結果の一例として、8 月の湖底近傍に

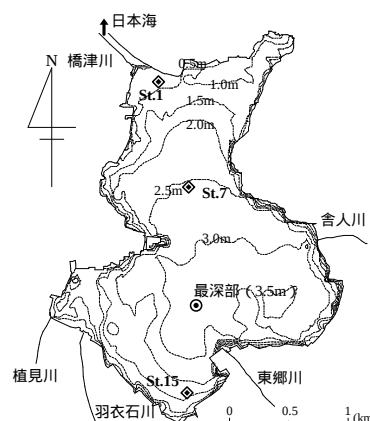


Fig. 1 Bottom topography of Lake Togo.

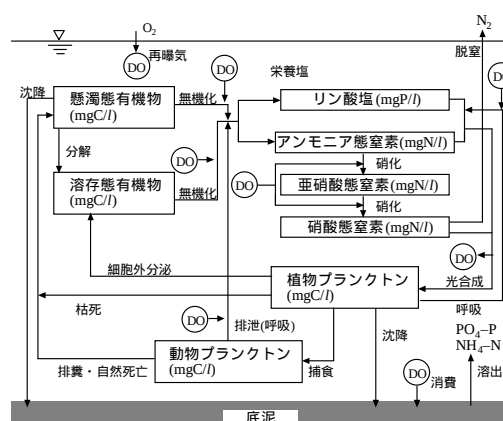


Fig. 2 Schematic view of the ecosystem model.

*高知大学農学部 Faculty of Agriculture, Kochi University

**九州大学大学院農学研究院 Faculty of Agriculture, Kyushu University

キーワード：富栄養湖, 生態系 - 水理学モデル, 溶存酸素

おける DO の計算結果を観測結果と併せて Fig. 3 に示す．同図より，St. 7 の一部の期間において計算結果と観測値との間に差が見られたが，その他の地点，期間においては，計算結果は湖内の大局的な DO の時間的変動を概ね再現した．このことから，本モデルの妥当性が認められ，同モデルによる東郷池内の DO の動態予測は可能であると考えられた．

4. 底層 DO の動態解析 上述のモデルを用いて，東郷池の DO の動態に関する数値実験を行った．なお，ヤマトシジミの産卵時期が夏季であることや，湖水の貧酸素化がとくに夏季において問題となることを考慮して，夏季の代表的な気象条件の下で数値実験を行った．ただし，風速はその時間変動を考慮せず，東郷池周辺の年平均風速である 3m/s の一定値で与えた．また，風向に関しては，日中に北風（海風），夜間に南風（陸風）が卓越することを考慮して，12 時間毎に北風と南風が交互に計算領域内一様に吹くものとした．水質に関する初期条件は夏季の平均値（例えば，DO=4mg/l）で与えた．Fig. 4 に湖底近傍における DO の計算結果を示す．同図より，吹送開始後 6 時間では，湖底近傍の DO は全域で 3～5mg/l 程度であったが，54 時間後では湖南部の 3m 以深の湖底近傍で DO が低下し，貧酸素状態となった．つぎに，最深部（水深 3.5m，Fig. 1 参照）の水面および湖底近傍における DO の水理的・生物化学的過程による供給・消費量の 12 時間毎の積算値を Fig. 5 に示す．同図より，水面近傍では主に再曝気と光合成により DO が生産され，また，移流・拡散の水理的な輸送効果により，生産された DO が水平・鉛直方向に大量に輸送されていることが分かる．一方，湖底近傍では，光合成による DO の供給は極めて小さく，ほぼ移流・拡散の輸送のみによって DO が供給されていることが分かる．また，底泥による酸素消費量が非常に大きく，移流・拡散の輸送による供給量より底泥の酸素消費量の方が大きい．このことが原因で，平均風速吹送時では，湖底近傍で DO が低下し，貧酸素化が生じたと考えられる．

5. おわりに 鳥取県東郷池を対象とした低次生態系 - 3 次元水理学モデルを構築し，湖内の DO の動態に関する数値実験を行った．その結果，底泥による酸素消費量が極めて大きく，これが東郷池における貧酸素水塊の形成の主要因であることが確認された．

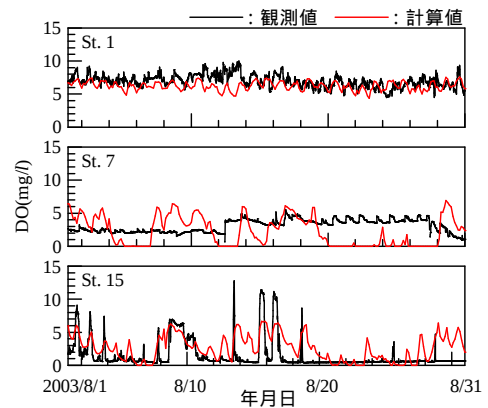


Fig. 3 Comparisons between calculated results and observed values.

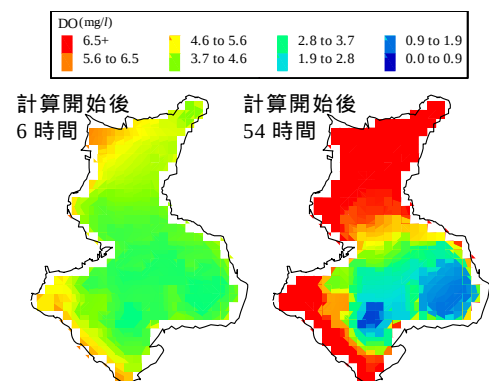


Fig. 4 Distributions of DO at bottom layer.

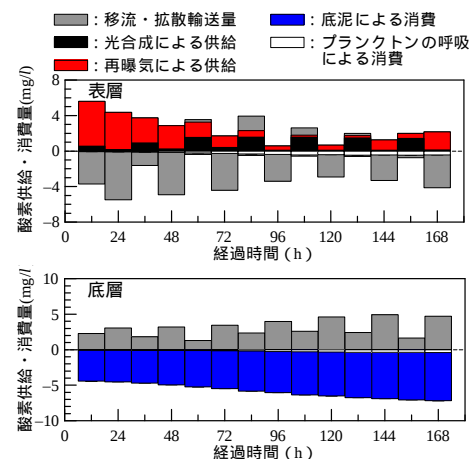


Fig. 5 DO balance at surface and bottom layers.