

富栄養湖を対象とした低次生態系 - 3次元流体力学モデルの構築 Development of 3-dimensional Eco-hydrodynamic Model for an Eutrophic Lake

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 現在,多くの富栄養湖で,貧酸素水塊やアオコの発生などが大きな問題となっている.このような水域の水環境の保全・改善を考えるにあたり,水環境動態の評価・予測の意義は大きい.一般に,水域内の各種水質要素は,湖沼中で営まれている生物化学的過程や,湖流や乱れの拡散作用などの3次元的水理学的過程に大きく支配されている.そこで,本研究ではこれらの過程を考慮に入れた富栄養湖の水環境解析モデルとして,低次生態系 - 3次元流体力学モデルを構築した.ここでは,同モデルを鳥取県湖山池(Fig. 1)に適用し,そのモデルの妥当性を検証するとともに,湖山池の底層の溶存酸素(DO)の短期的な動態解析を行った.

2.低次生態系 - 3次元流体力学モデルの概要 本研究で構築したモデルは,湖流および物質の輸送・拡散を記述する力学モデルと,水域内の生化学的過程を記述する生態系モデルから構成される.力学モデルの基礎方程式の解法には operator splitting 法を採用した(齋ら, 2006).また,生態系モデルには,中田(2002)が考案した沿岸生態系内の物質循環を対象としたモデルを参考にし,一部修正を加えたモデルを用いた. Fig. 2 に生態系モデルで考慮した植物プランクトン,動物プランクトン,懸濁態有機物,溶存態有機物,リン酸態リン,アンモニア態窒素,亜硝酸態窒素,硝酸態窒素,溶存酸素の9個の構成因子と,その間での物質の循環過程を示す.底生生物や堆積物からなる湖底系は環境因子として取り扱い,モデルの変数からは切り離れた.なお,以降の解析における力学モデル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 湖山池における DO の観測結果と計算結果とを比較することでモデルの再現性を検証した.ここでは,湖山池最深部の水深約 6m 地点において水深 0.15m, 3m, 5.85m の 3 点で測定された DO データを検証に用いた.生態系モデルの基礎式に含まれる各種の反応速度定数などのパラメータは,中田(2002)が用いた値を基本に計算結果が観測結果を充分再現できるように調整した.検証結果の一例として, Fig. 3 に 2005 年 8

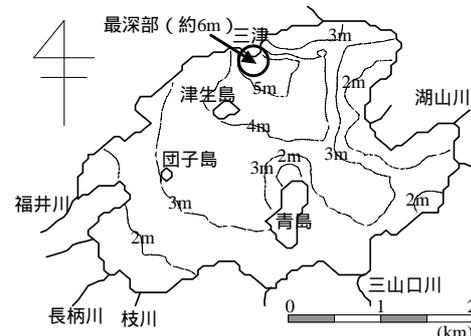


Fig. 1 Bottom topography of Lake Koyama.

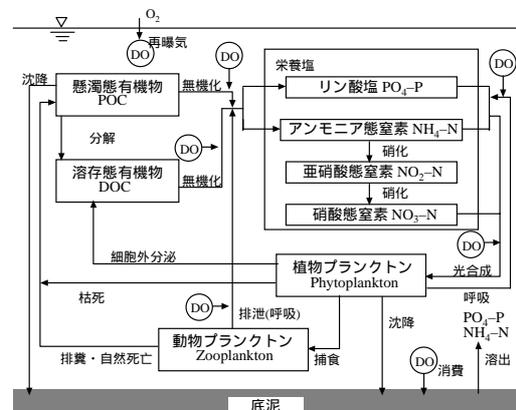


Fig. 2 Schematic view of the ecosystem model.

*九州大学大学院生物資源環境科学府 Graduate School of Bioresource and Bioenvironmental Sciences, Kyushu 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 - 流体力学モデル, 溶存酸素

月 15 ~ 20 日の観測結果と計算結果を併せて示す。同図より、ピーク時に若干の差が見られるものの、DO の低下や上昇といった変動に関しては、計算値は観測値を概ね良好に再現している。このことから、本モデルの妥当性が認められ、同モデルで DO の短期的な動態を表現することが可能であると考えられる。

4. 底層 DO の動態解析 湖山池の最深部では、とくに夏季の受熱期において、湖底近傍の貧酸素・無酸素化がしばしば観察される。そこで、夏季における DO の時空間的な分布特性の把握を目的として、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、6 ~ 8 月の平均風速である 2.3m/s の一定値で与えた。また、風向に関しては、湖山池周辺では日中で北風（海風）、夜間で南風（陸風）が卓越する特性を有していることを考慮して、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で与えた。

実験結果を Figs. 4, 5 に示す。Fig. 4 は底層 DO の時空間的な分布を表したものであり、Fig. 5 は最深部における水温の時間的推移を表している。Fig. 4 より、計算開始後 6 時間では、底層 DO は全域で 5mg/l 以上であったが、30 時間後では最深部付近で DO が 1mg/l 以下の貧酸素状態となった。さらに、96 時間後には、湖北部の広い範囲で DO が 2mg/l 以下の貧酸素水塊が発生していた。ここで、Fig. 5 に着目すると、計算開始後約 30 時間以降に、水深 3m 付近で水温成層の形成が見られる。平均風速程度の風では、その風が 1 ~ 2 日継続したとしても、水深の深い領域では、底層への DO の物理的な供給が抑制されると考えられる。このような水域の成層化の影響を受けて、水深の深い領域では底層 DO が低下し、計算開始 30 時間後には最深部の底層が貧酸素化したと考えられる。さらに、平均風速程度の風が 30 時間以上継続した場合、貧酸素領域は湖北部から中央部にかけて広がっていくことが確認された。

5. おわりに 本研究では、operator splitting 法を援用した低次生態系 - 3 次元流体力学モデルを構築した。今後は、底質の分布や大型ベントスの影響などを考慮していく必要がある

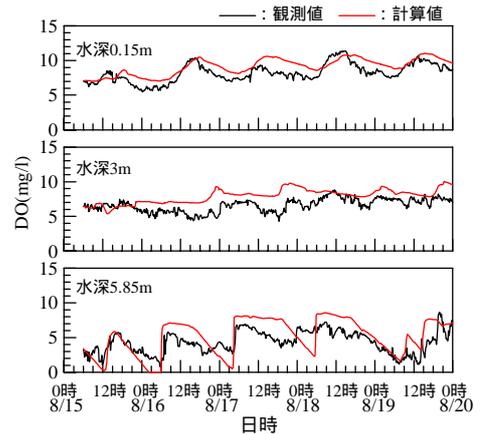


Fig. 3 Comparisons between calculated results and observed values.

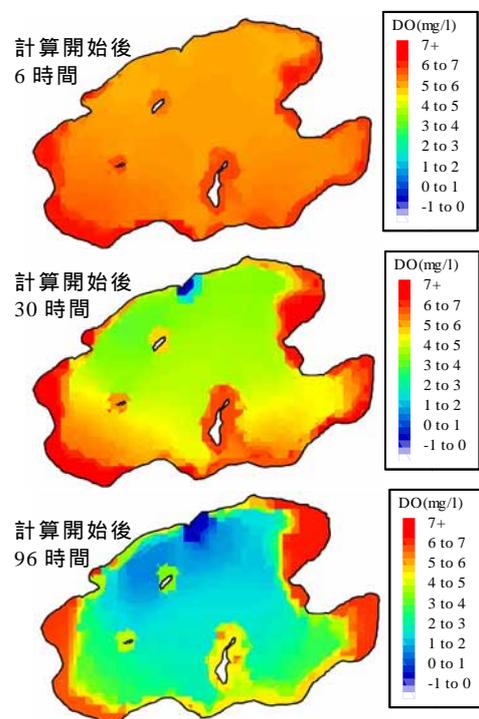


Fig. 4 Distribution of DO at Bottom layer.

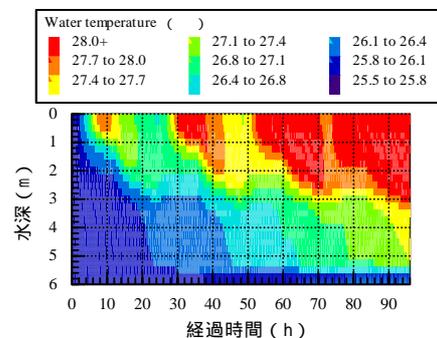


Fig. 5 Time transitions of water temperature at the deepest point.

参考文献： 中田 (2002): 湖沼沿岸域および内湖の物質循環, 滋賀県琵琶湖研究所所報, 19, pp.84-96.
齋ら (2006): 3 次元モデルによる鳥取県東郷池の湖流および塩分侵入に関する解析, 日本雨水資源化システム学会誌, 12(1), pp.31-39.