

寡少な水中光環境下にある閉鎖性水域の DO の 3 次元解析 Three-dimensional Analysis of Dissolved Oxygen in Eutrophic Closed Water under Scarce Underwater Light Environment

○原田昌佳¹・山本達也²・平松和昭¹・丸居篤³

Harada Masayoshi¹, Yamamoto Tatsuya², Hiramatsu Kazuaki¹ and Marui Atsushi³

1. はじめに 一般に、有機汚濁が進行した閉鎖性水域は寡少な水中光環境下にある。このような光環境が水域の DO 環境に及ぼす影響は極めて大きく、貧酸素化や無酸素化に代表される水圏環境の劣化を引き起こす。このような水環境の保全・修復に資するための基礎的研究として、多量のフルボ酸の存在により透明度が極めて小さい貯水池（原田ら，2008）を対象に、低次生態系-3次元水理学モデルを通じて DO の動態特性を検討した。

2. 対象水域の水質環境 対象池は森林域を伐採し造成された水深約 8m の利水機能付き洪水調整池であり、その周辺に散布された伐採木材チップ由来の大量のフルボ酸の流入によって水域は茶褐色を呈する。2008 年 6 月～10 月に、池中心部の水深約 8m の地点で水温、水質、水中光量子量の鉛直分布ならびに透明度の定期観測を約 1 週間間隔で実施した。観測結果の一例として、夏季と秋季のそれぞれの代表的な水質の鉛直分布を Fig. 1 に示す。夏季では、約 1m 以深は無光層の状態にあり、また水面と水底の水温差が約 20℃と大きいことから強固な水温成層の発達を確認できる。このような水中光環境と成層化により、水深 1.5m で貧酸素状態、2m 以深で無酸素状態にある。一方、秋季では約 5m 以浅で無酸素化は解消され、これは同範囲で水温一様の混合層が形成・発達したことに起因すると判断できる。透明度は 0.3～1.3m と観測期間を通じて小さく、その季節的な傾向は見られなかった。

3. DO の再現計算と動態解析 本モデルは、連続の式、静水圧近似と Boussinesq 近似を仮定した Reynolds 方程式、水温の乱流拡散方程式を基礎式とした 3次元流動予測モデルと、動物・植物プランクトン、懸濁態・溶存態有機物、無機態窒素、無機態リンおよび DO を指標とする低次生態系モデルから構成される（齋ら，2008）。

同モデルを用いて、観測期間内の水温と水質の再現計算を行った。なお、数値解法には operator splitting 法を採用した。対象水域（水面積約 13,800m²）の水深を全域一様の 8m とし、水平方向と鉛直方向の離散化距離をそれぞれ 20m, 0.25m, 計算タイムステップを 5s とした。Fig. 2 に DO の観測結果と計算結果の比較の一例を示す。同図より、両者は概ね良好に一致し、パラメータの設定も含めて本モデルの妥当性を確認できる。

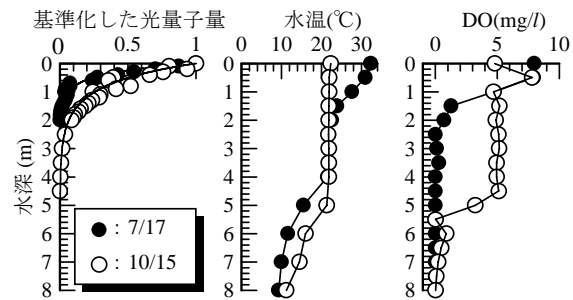


Fig. 1 Vertical profiles of underwater light quantum, water temperature and DO

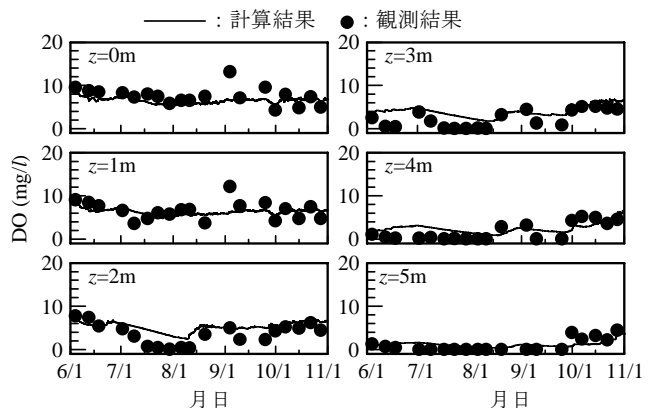


Fig. 2 Comparisons of observations and calculations for DO

1)九州大学大学院農学研究院/Faculty of Agriculture, Kyushu University 2)株式会社大林組/Obayashi Corporation
3)九州大学新キャンパス計画推進室/New Campus Planning Office, Kyushu University

キーワード [和]: 有機汚濁, 貧酸素化, 水中光環境, 生態系モデル, 3次元流動予測モデル

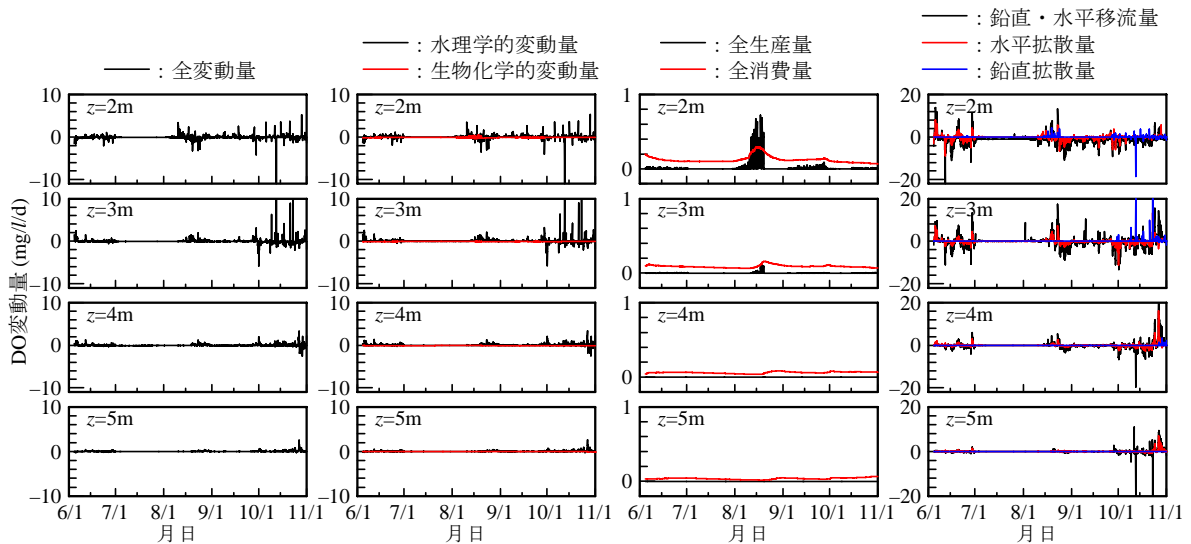


Fig. 3 Seasonal changes of daily variation of DO

DO の変化が顕著であった水深 2~5m を対象に、1 日あたりの時間変動量の季節的变化から DO の動態特性を検討した。Fig. 3 に、光合成などの生物化学的変動量、移流や拡散による水理学的変動量、ならびに両者の和である全変動量の経時変化を示す。また、水理学的変動量の内訳として移流、水平拡散および鉛直拡散の各輸送量の経時変化も併せて示す。ところで、対象池に隣接する気象観測点の風速データからその季節的な変化特性を見

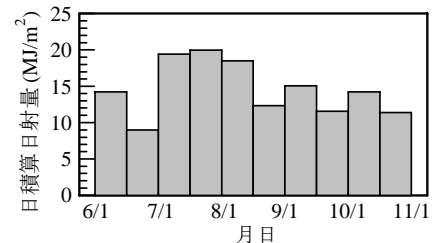


Fig. 4 Seasonal change of daily integrated solar radiation

出せず、水域に及ぼす風応力の影響の季節的な違いは小さいと考える。そこで、季節的变化が顕著である日積算日射量 (Fig. 4 参照) と関連付けて、DO の動態特性を考察した。

観測期間を通じて水深 2~5m の水理学的変動量の経時変化が全変動量のそれとほぼ一致し、この変動成分が同範囲における DO 動態の支配的要因と考えられる。また、移流、水平拡散、鉛直拡散が DO 変動量に及ぼす影響度は同程度あることから、DO は鉛直方向の乱流拡散に加えて、移流ならびに水平拡散による物質輸送の寄与も大きい。7 月~8 月上旬の水深 2m と 3m における DO の減少の原因として、Fig. 3 より、DO の消費量の増大により生物化学的変動量が負に転じたこと、また水理学的変動量が皆無であったことが挙げられる。前者は約 2m 以深で光強度がゼロであったことに起因する。後者は、Fig. 4 に示したような同時期の水面での強い受熱効果と過小な透明度の影響を受け、強固な水温成層の形成 (Fig. 1 中の●印) により、水平・鉛直方向の混合が抑制されたことに起因する。8 月中旬以降、水深 2~5m で水理学的変動量が卓越し、DO は増加傾向を示した。同時期の日積算日射量は減少傾向にあったことから夏季に見られたような大きな水温差が生じず、結果として Fig. 1 中の○印で示したような約 5m 以浅で混合層が発達し、これに伴う水理学的供給により DO は増加したと考えられる。

4. おわりに 寡少な水中光環境下にある DO の動態特性を低次生態系-3 次元水理学モデルにより検討した。その結果、無光層の DO の動態は、鉛直方向の乱流拡散のみで規定されるのではなく、移流ならびに水平拡散による物質輸送の寄与も大きいことが示された。参考文献 原田昌佳・平松和昭・齋藤孝 (2008) : 寡少な水中光環境下にある富栄養化水域の DO の動態特性, 平成 20 年度農業農村工学会大会講演会講演要旨, pp.304-305. 齋幸治, 原田昌佳, 平松和昭, 森牧人 (2008) : 低次生態系-3 次元流体力学モデルを用いた鳥取県東郷池の溶存酸素の動態解析, 農業農村工学会論文集, 76(3), pp.257-266.