

湖山池最深部における密度成層の安定度と溶存酸素の変動について Fluctuation Characteristics of Stability of Density Stratification and Dissolved Oxygen in the Deepest Site of Lake Koyama

原田昌佳・吉田 勲

HARADA Masayoshi and YOSHIDA Isao

1. はじめに

湖沼のような閉鎖性水域では、密度成層の形成、水面冷却に伴う熱対流の発生、風の作用による循環流の発生が水質輸送に果たす役割は大きい。そのため、水環境の保全や改善を図る上で、密度成層の安定性やその破壊特性の観点から、水質の挙動特性を把握することは重要である。ところで、鳥取県東部に位置する湖山池の最深部（水深約 6m）では、夏季に湖底付近で貧酸素化が起これ、また断続的に無酸素な状態となることが報告されている¹⁾。本研究では、水質環境要素として溶存酸素（以下、DO）に着目し、夏季から冬季に湖山池最深部で実施した水質ならびに微気象の連続観測を通じて、DO の変動と密度成層の安定性の関係について検討を行なった。

2. 観測概要

流出河川である湖山川を通じて日本海の海水が流入するため、湖山池は本来汽水湖である。1985 年以降、農業用水の確保のため、湖山川河口付近の樋門の開閉により、灌漑期と非灌漑期の塩化物イオン濃度をそれぞれ 150ppm、330ppm となるように塩分が調整されている。平成 15 年 6 月～11 月に、湖山池最深部に設置された観測橋で水質および微気象の連続観測を行った。主要な測定項目は、水面から約 15cm 位置（以下、表層）と湖底から約 10cm 位置（以下、底層）の DO と EC、水温（湖底から水面まで 50cm 間隔）、全天日射量、風速風向であり、これらのサンプリング時間は 10 分である。

3. 連続観測結果

連続観測の一例として、表層ならびに底層の DO と EC、表層と底層の水温差の経時変化を Fig. 1 に示す。

6 月～9 月上旬では、底層において貧酸素水塊の発生が断続的に観測され、とくに 8 月 24～28 日の間で無酸素状態が続いている。表層と底層の水温差の経時変化によれば、無酸素状態が発生した時期に 4～5 と大きな水温差が生じており、水温日成層の発達が見られる。また、表層と底層の EC の値はともに 0.4S/cm 程度と小さく、海水の流入は少ない。以上から、夏季の湖山池最深部では、上下層の水温差に起因する密度成層の形成により、湖底付近は貧酸素・無酸素状態になると考えられる。

9 月中旬以降では、水温差は最大で 2 程度であり、水温日成層の形成は見られない。しか

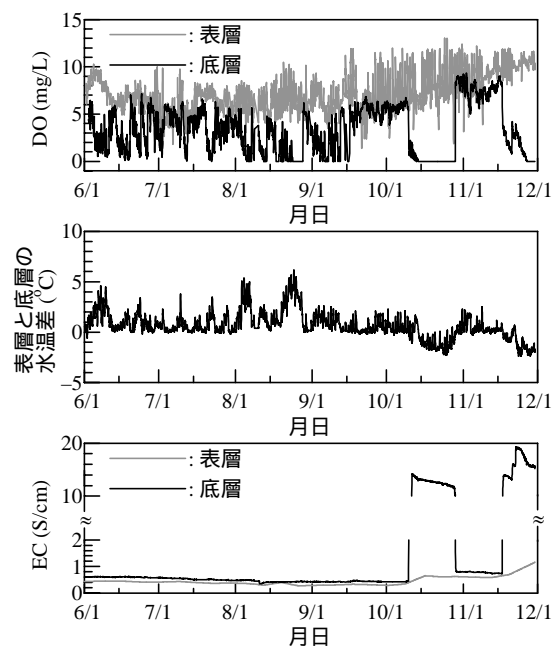


Fig. 1 Results of continuous observation.

*鳥取大学農学部, Faculty of Agriculture, Tottori University, キーワード: 湖沼, 溶存酸素, 貧酸素化, 密度成層, ウェダバーン数

しながら，10月10日～10月29日と11月19日～11月30日の期間で湖底付近が無酸素な状態にある．この期間では，底層の EC の値が急上昇しており，湖山川からの海水の多量の流入が確認できる．これより，10月以降では，表層と底層の塩濃度の差によって密度成層が形成され，このため湖底付近では無酸素化が生じると考えられる．

4. 底層 DO の低下と成層度の関係

密度成層の安定性の観点から，底層 DO の変動特性について検討した．本研究では，水域形状（吹送距離 L と水深 h の比）を考慮した成層度パラメータとしてウェダバーン数 $We (= (\Delta\rho/\rho_1 \cdot g \cdot h/U_*^2) \cdot (h/L))$ に着目した²⁾．ここで， $\Delta\rho$ は底層と表層の水の密度差， ρ_1 は表層の密度， U_* は摩擦速度である．月別に，底層 DO と We の変動時系列から相互相関係数を求めたところ，Fig. 2 に示すように，良好な負の相関を示した．この結果の物理的意味は次のとおりである．風の作用が卓越すると（ We の値が小さくなると），鉛直循環流の発生により，上層から DO が供給されるため底層 DO が増加する．一方，風の作用が小さく，表層と底層の密度が大きくなると（ We の値が大きくなると），水塊の鉛直輸送が制限されるため，DO が低下する．このように， We は底層において DO の変動特性を水理学的見地から説明し得るパラメータであると考えられる．次に，4 時間の移動平均によって平滑化した底層 DO の変動時系列において，DO の低下が生じる時点の We の値を調べた．Fig. 3 の実線は底層 DO と We の変動時系列であり，プロット点は DO 低下時の DO と We の値を表す．同図のように，DO 低下時の We の値は若干のバラツキはあるものの一定値を取ると考えられ，プロットされた We の平均値を求めたところ $We=4.5$ を得た．底層 DO と We が負の相関を示したことを考慮すると， We が 4.5 を超える成層状態では水塊の鉛直混合が抑制されるため，DO の低下が生じると考えられる．

5. おわりに

湖山池最深部の湖底付近は，6～9月では水温日成層の発達により，10月以降では海水の流入にともなう密度成層の形成により，貧酸素・無酸素な状態となる．密度成層の形成要因に関係なく底層 DO は We と負の相関を示し， We が 4.5 を超える成層状態では水塊の鉛直混合が抑制されるため，DO の低下が生じると考えられる．

参考文献 1) 原田ら (2003): 湖山池最深部の水環境について，応用水文，16，pp8～17
2) 有田編 (1998): 水圏の環境，東京電機大学出版局，pp108～241

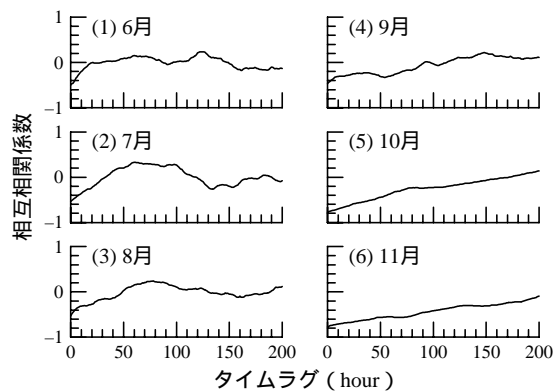


Fig. 2 Cross-correlation coefficients between Wedderburn number and DO in the bottom layer

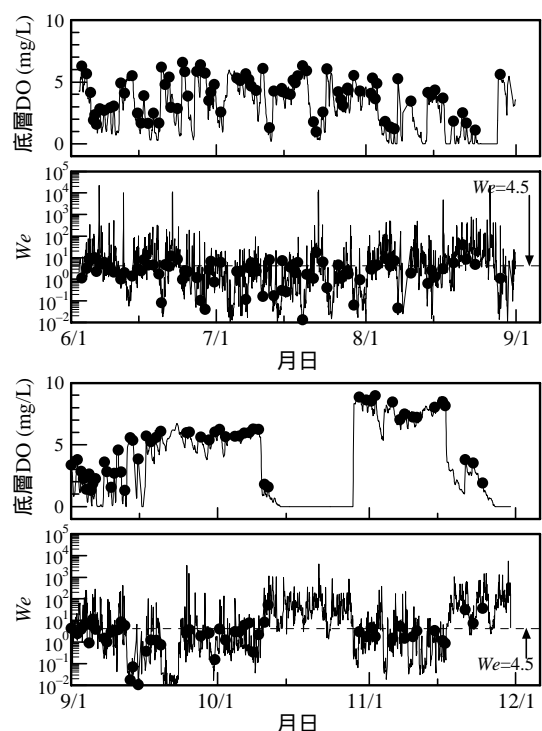


Fig. 3 Time series of DO in the bottom layer and Wedderburn number.