

Wavelet 解析を用いた湖山池最深部における溶存酸素の変動特性について Fluctuation Characteristics of Dissolved Oxygen in the Deepest Site in Lake Koyama by Wavelet Analysis

原田昌佳*・吉田 勲*・清水 拓**・岡本利絵*

HARADA Masayoshi, YOSHIDA Isao, SHIMIZU Taku and OKAMOTO Rie

1. はじめに

鳥取県東部に位置する湖山池は富栄養湖であり，様々な水環境問題を抱えている．とくに夏季の受熱期では，湖山池最深部（水深 6.5m）の湖底付近で貧酸素水塊が発生し，生態系に悪影響を及ぼしている．湖山池のような閉鎖性水域内の水質は，風などによる機械的擾乱および日射や放射などによる熱的擾乱の影響を受けて大きく変動する¹⁾．そのため，水質の変動特性や各擾乱に対する応答特性を把握することは，水環境の保全や改善を図るうえで重要な課題である．本研究では，夏季から秋季にかけて湖山池最深部で溶存酸素（以下，DO）の連続観測を行い，Wavelet 解析によりその変動特性の抽出を試みた．

2. 観測概要

平成 14 年 5 月から 10 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計 5 回行った．主要な測定項目は，水面から 0.15m 位置の DO（以下，表層 DO），湖底から 0.15m 位置の DO（以下，底層 DO），水温，気温，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．観測期間および DO の平均値を Table 1 にまとめる．

Table 1 Observed terms and means of DO in the surface layer and in the bottom layer

| | Case 1 | Case 2 | Case 3 | Case 4 | Case 5 |
|--------------------------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|
| Observed term | 5/22 ~ 6/10 | 6/27 ~ 7/16 | 7/17 ~ 8/5 | 8/5 ~ 8/24 | 9/6 ~ 9/25 |
| DO in the surface layer (mg/l) | 7.81 | 5.73 | 3.54 | 4.13 | 5.27 |
| DO in the bottom layer (mg/l) | 3.40 | 3.43 | 0.98 | 4.55 | 5.99 |

3. 結果と考察

(1) DO の変動特性

Fig. 1 に，観測結果の一例として case 1 の表層 DO，底層 DO，風速および日射量 の変動時系列を示す．DO の変動特性を抽出する

にあたり，時系列データを時間と周波数の両面から捉えることのできる Wavelet 解析を利用した．Analyzing Wavelet 関数として Daubechies の 20 係数の Wavelet を用いた．なお，全 Case ともデータ数は 2^{12} 個であり，分解可能なレベル j は $j = -1 \sim 11$ である．

Fig. 2 は，Fig. 1 に示した表層 DO および底層 DO の Wavelet 成分の振幅の 2 乗値を時間周波数平面にプロットした図である．Wavelet 成分の振幅の 2 乗値は，時系列データの全変動パワーに対する変動成分の寄与率を表す²⁾．Fig. 2(1) より，表層 DO では 10^{-5} Hz（約 1.2 日周期）付近の周波数成分が支配的であり，他の周波数成分の全変動パワーへの寄与率は極めて小さい．Fig. 2(2) より，底層 DO では $10^{-6} \sim 10^{-5}$ Hz（約 1.2 ~ 11.6 日周期）の周波数をもつ緩やかな変動成分が支配的であり，局所的に時

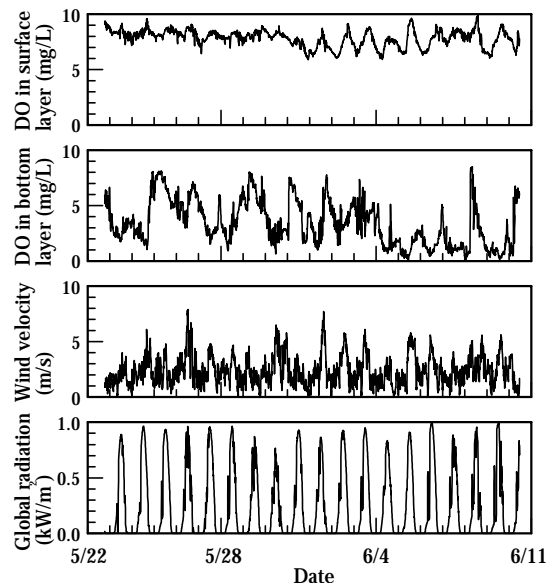


Fig. 1 Time series of DO, wind velocity and global radiation in case 1.

*鳥取大学農学部，Faculty of Agriculture, Tottori University, **鳥取大学大学院農学研究科，Graduate School of Agriculture, Tottori University, キーワード：溶存酸素，Wavelet 解析，湖沼

間スケールの短い変動成分の寄与も見られる。Fig. 2のように、表層 DO と底層 DO の変動時系列は全く異なるスペクトル構造を有しており、このような違いは他の観測期間においても見られた。以上の結果は、DO の変動を支配する要因あるいはその影響度が表層と底層で大きく異なることを示唆している。

(2) DO の応答特性

機械的擾乱および熱的擾乱に対する DO の応答性を調べるため、まず風速と日射量の Wavelet 分解を行い、次にそれらの Wavelet 成分と DO の時系列との相互相関係数を求めた。その結果の一例を Fig. 3 と Fig. 4 に示す。Fig. 3 は、Fig. 1 (case 1) に示した風速の Wavelet 成分のうちレベル 4 (約 42.7 時間周期)、レベル 5 (約 21.4 時間周期)、レベル 6 (約 10.7 時間周期) の変動成分に対する DO の相互相関係数である。Fig. 4 は Fig. 1 の日射量の Wavelet 成分 (レベル $j=4, 5, 6$) と DO の相互相関係数である。

Fig. 3 より、表層 DO は風速の Wavelet 成分のうち、レベル 5 (約 21.4 時間周期) と最も大きな相互相関係数を示しており、他の Case についても同様な結果が得られた。このことから、表層 DO は約 21.4 時間周期の風速の変動成分と応答しながら変動していると考えられる。表層部では再曝気により大気から酸素の補給を受けており、再曝気が風の影響を多大に受けやすいため、表層 DO と風速の良好な相互相関は、このことを反映した結果と考えられる。

一方、底層 DO は、風速のどの Wavelet 成分とも明確な相関を示さず、底層 DO の風速に対する応答性は見出せなかった。Fig. 4 より、表層 DO については、日射量の Wavelet 成分のうちレベル 5 の変動成分との相互相関係数が大きく、表層 DO の日射量の変動に対する応答性が見られる。一方、底層 DO の日射量の変動に対する明確な応答性は見られない。

4. おわりに

表層 DO の変動特性として、約 1.2 ~ 11.6 日周期の緩やかな変動成分の寄与が支配的であること、また、その変動時系列は風速および日射量の約 21.4 時間周期の変動成分と良好な相互相関をもつことが挙げられる。底層 DO については、時間スケールの短い変動の寄与が大きく、風速および日射量との応答性は見られなかった。

参考文献 1) 森ら (2001): 浅い閉鎖性水域における溶存酸素の日サイクル, 水産工学, 38(1), pp.63 ~ 82. 2) Newland, D.E. (1993): *An introduction to random vibrations, spectral and wavelet analysis*, Longman Scientific and Technical, pp.295 ~ 370.

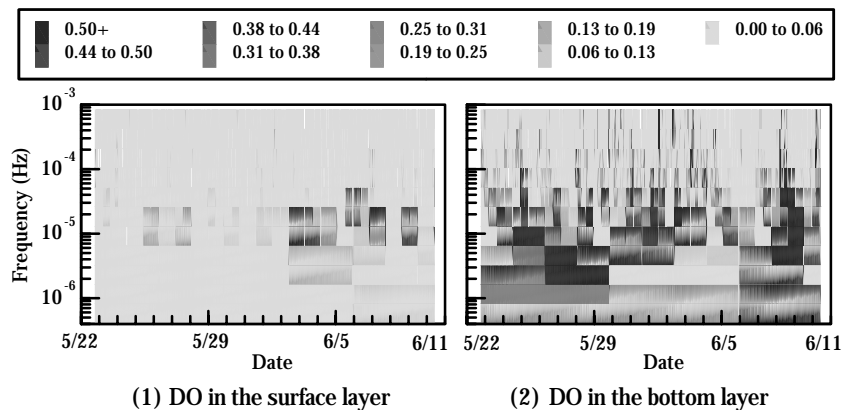


Fig. 2 Maps of wavelet amplitudes squared for times series of DO in the surface layer and the bottom layer in case 1.

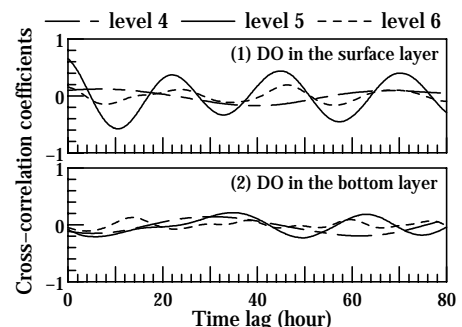


Fig. 3 Cross-correlation coefficients among wavelet components of wind velocity and DO in case 1.

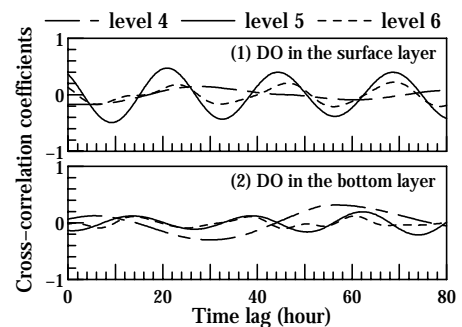


Fig. 4 Cross-correlation coefficients among wavelet components of radiation and DO in case 1.