

地球温暖化が琵琶湖に及ぼす影響の理解と予測

五十嵐 康伸¹ 藤原 務² 佐藤 拓也^{3,4}

Yasunobu Igarashi¹, Tsutomu Fujiwara², and Takuya Sato^{3,4}

¹E2D3.org ²滋賀県 琵琶湖環境部 琵琶湖保全再生課

³NPO 法人 琵琶故知新 ⁴YuMake 合同会社

¹E2D3.org ²Shiga Prefecture, Department of Lake Biwa and the Environment, Lake Biwa Conservation and Restoration Division ³NPO Biwakochisin ⁴YuMake LLC

Abstract: 本研究では、地球温暖化が琵琶湖の水温と溶存酸素に与える影響を定量的に分析するために、琵琶湖の表層から底層までのデータを41年分集め、整理し、視覚化し、比較した。

1. はじめに

滋賀県の琵琶湖は日本で一番大きな湖である。琵琶湖の北湖の今津沖にある第一湖盆の水深は90mを超え、全層循環が起こっている[1-4]。日本で全層循環が起こっている湖は琵琶湖と、鹿児島県の池田湖だけである。

気温の変化は、深層の水温よりも、表層の水温へ急速にかつ大きく影響を与える。春から夏にかけて表層の水温は大きく上がる。北湖では、春から初冬にかけて、表層と深層の間に水温が急激に変わる水温躍層(すいおんやくそう)が形成される。表層水は温度が上がることで低密度になり、沈みにくくなる。水温躍層が形成されると、表層と深層の間で水の対流が減り、上下方向に湖水が混ざりにくくなる。表層水は酸素を多く含んでいるが、その酸素が底層に届かなくなる。底層では、溶存酸素(DO)が供給されず、溶存酸素の消費が進む。晩秋に底層のDOは最も低くなる。秋から冬にかけて表層の水温は大きく下がる。水温躍層は緩和し、冬に無くなる。表層水は温度が下がることで高密度になり、沈みやすくなる。表層から深層に向かって湖水の混合が進む。湖水の混合が底層まで進むことにより、底層まで酸素が届きDOが回復し、冬には表層から底層まで水温とDOが一樣に近くなる。この現象を「全層循環」と言う。底層の生物が住みやすい環境になるので、「琵琶湖の深呼吸」とも呼ばれる。

平成30年度に観測史上初めて、全層循環が確認されなかった。また令和元年度においても、全層循環は確認されなかった。全層循環が起こらないことで、底層生物への影響が懸念される。全層循環の起こらなくなった理由として「地球温暖化により表層の水温が上がった可能性」が議論されているが、その定量的分析は殆ど行われていない。本研究においては今後の定量的分析を目的に、北湖のデータを集め、整理し、視覚化した。

2. 材料と方法

滋賀県琵琶湖環境科学研究センターらが測定した水温とDOのデータを用いた。位置は北湖にある今津沖の第一湖盆の中央に限定して用いた。深さは水面から深さ0.5m・10m・20m・30m・40m・60m・80m及び湖底上1mの8点に限定して用いた。測定は毎月1~4回実施されていた。月内のデータを平均化して用いた。期間は1979年4月から2020年3月の492ヶ月・41年に限定して用いた。データの視覚化にはPython 3.8.3を用いた。

3. 結果

北湖のDOと水温の時系列を作成した(図1)。図1Aにおいて「湖底上1mのDO」と「水面から深さ0.5mの水温と湖底上1mの水温の差」は $\pi \sim 1/2\pi$ 位ずれた位相で振動していた。図1Bにおいて、「水面から深さ0.5mから20mまで」の水温の振幅は大きいですが、それらと比べて「水面から深さ30m以上」の水温の振幅は小さかった。図1Cにおいて、DOの上向きの振幅は全ての深さでほぼ揃っていた。しかし下向きの振幅は深いほど大きかった、つまり底層ほどDOが小さくなっていった。位相は全ての深さで大きくずれていなかった。図1A・Bで見られる振動の周期は全て約1年間であった。

北湖のDOと水温の散布図を作成した(図2)。図1Bの結果に対応して、「水面から深さ0.5mから20mまで」を示す図2A~2Dでは、水温のばらつきが大きかった。その結果、DOと水温は輪っか状に散布していた。また「水面から深さ30m以上」を示す図2E~2Iでは、水温のばらつきが小さかった。その結果、DOと水温は線状に散布していた。

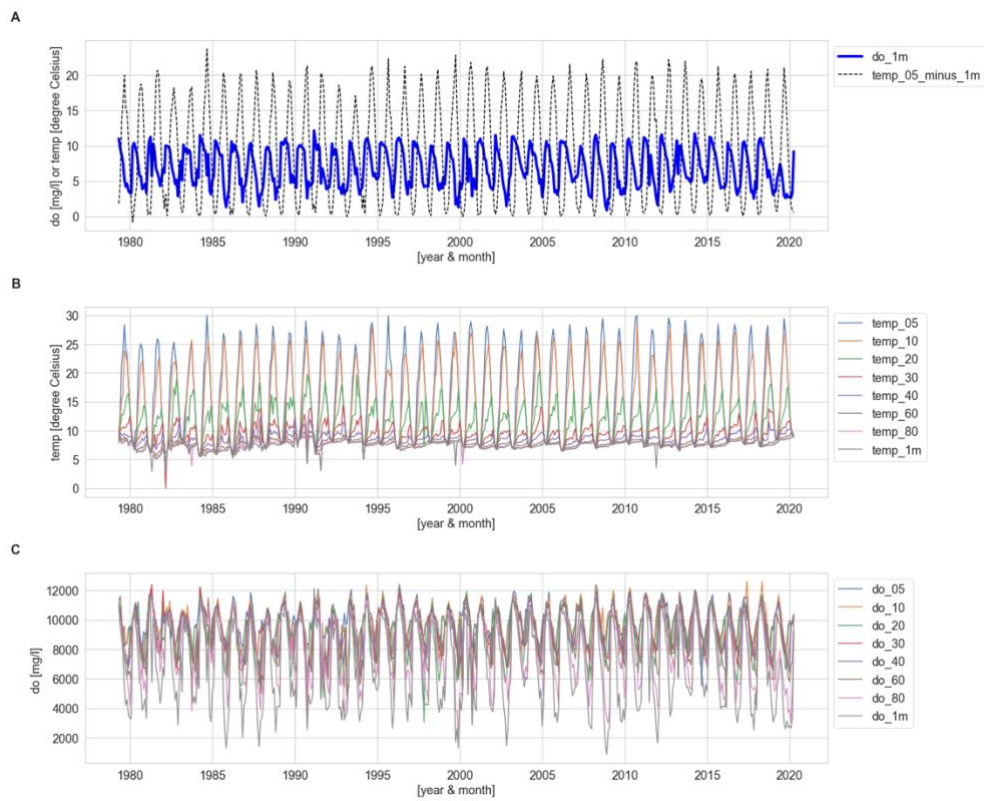


図1 北湖の溶存酸素(DO)と水温の時系列。Aは「湖底上1mのDO」と「水面から深さ0.5mの水温と湖底上1mの水温の差」の時系列を示している。Bは「水面から深さ0.5m・10m・20m・30m・40m・60m・80m、及び湖底上1mの水温」の時系列を示している。Cは「水面から深さ0.5m・10m・20m・30m・40m・60m・80m、及び湖底上1mのDO」の時系列を示している。

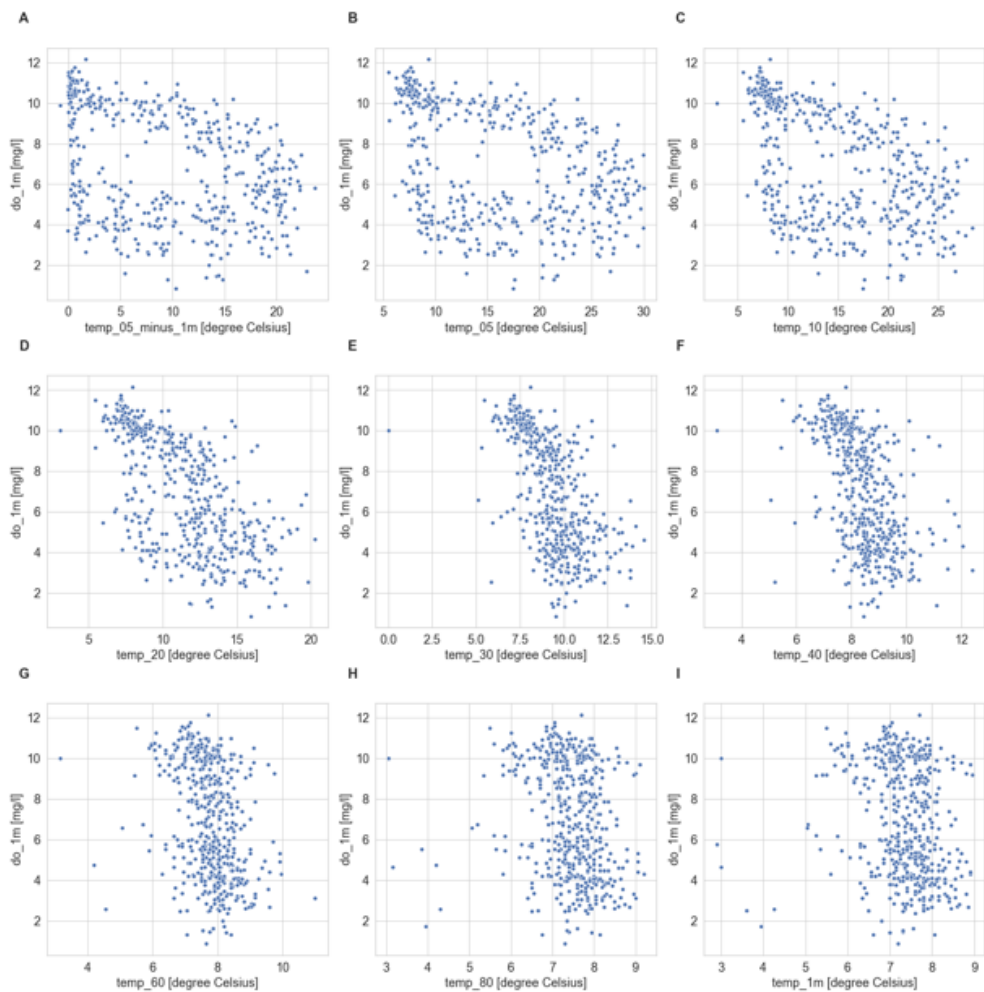


図2 北湖のDOと水温の散布図。「湖底上1mのDO」と「水面から深さA 0.5m、B 10m、C 20m、D 30m、E 40m、F 60m、G 80m、及びI 湖底上1mの水温」の散布図を示している。

4. 今後の課題

本研究では、北湖のデータを集め、整理し、視覚化した。今後は、地球温暖化が北湖の水温と DO に与える影響を定量的に分析したい。位相のズレは Cross Correlation で、時系列の因果関係は Granger 因果性で理解したい。また地球温暖化により水温が上がるのが DO に及ぼす影響は SARIMAX モデルで予測したい。また、DO 以外にマンガン、窒素、リン等への影響も検討したい。さらにそれらが琵琶湖の生態系において植物プランクトン、水草、魚介類に及ぼす影響も検討したい。

謝辞

過去 42 年間に渡り本研究で用いたデータを測定してくださった方々、またその測定を支援してくださった方々に深く感謝します。

参考文献

- [1] 琵琶湖環境科学研究センター 環境監視部門: 平成 30 年度琵琶湖水質変動の特徴, 令和元年度第 1 回滋賀県環境審議会水・土壌・大気部会, 2019 年 7 月 5 日, <https://www.pref.shiga.lg.jp/ippan/kankyoshizen/kankyou/306170.html> (Access 2020 年 10 月 12 日)
- [2] 琵琶湖環境科学研究センター 環境監視部門: 令和元年度 琵琶湖水質変動の特徴, 令和 2 年度第 1 回滋賀県環境審議会水・土壌・大気部会, 2020 年 6 月 22 日, <https://www.pref.shiga.lg.jp/ippan/kankyoshizen/kankyou/313082.html> (Access 2020 年 10 月 12 日)
- [3] 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター: 琵琶湖の全層循環, <https://www.lberi.jp/setting/learn/jikken/junkan> (Access 2020 年 10 月 12 日)
- [4] 五十嵐 康伸, 藤原 務, 佐藤 拓也: データビジュアライゼーションで語る 地球温暖化と地域 ~ Mother Lake Biwa 編 ~, CODE for Japan Summit 2020, 2020 年 10 月 18 日, <https://summit2020.code4japan.org/program/?id=123>, <https://www.youtube.com/watch?v=c11ajDARK0o> (Access 2020 年 10 月 12 日)