

諏訪湖の温度成層と溶存酸素濃度の経年変化

長野県諏訪湖環境研究センター ○宮澤 正徳、小平 由美子
信州大学臨湖実験所 宮原 裕一

1 はじめに

長野県の中央に位置する諏訪湖は平均水深 4.7m の浅い湖沼ではあるが、夏期には温度成層が形成され、底層では貧酸素状態が生じている。さらに、冬期の凍結現象である御神渡りが 8 年連続で起こらなかった等、温暖化の影響を確実に受けていると考えられる。

長野県と信州大学は 2000 年から諏訪湖において継続的に水温や溶存酸素濃度の連続測定を実施してきた。これらの長期観測データに基づき、貧酸素水塊の形成メカニズムや成層の継続期間に関わる要因について検討した。

2 方法

夏期に諏訪湖の湖心の水面へ浮標を浮かべて測定機器を係留した(図 1)。測定時間間隔は 10 分(観測年によっては 1 時間)とした。2000 年～2007 年は、(株)ティアンドディ製おんどとり Jr.TR-52 を使用し、水深 0.5m、2m、5m の水温を測定した。2017 年～2024 年は HOB0 社製溶存酸素濃度データロガー U26-001 (蛍光式) を使用し、水深 0.5m、3m、5m (年によって 1.5m、4m 含む。) の溶存酸素濃度 (DO) と水温を測定した。

以下の文中においては、測定水深 0.5m を「表層」、測定水深 5m を「底層」とした。

諏訪湖は、日中に一時的に温度成層が形成された後に、夜間から明け方にかけて温度成層が解消することがある(図 2)。そのため、温度成層が出現したという条件だけでは温度成層の開始日とは言い難いため、成層状態が一日中継続した場合に「温度成層が継続」とみなした。本報告では、表層と底層の密度差が特定の値を一日中上回る場合に、「密度差が継続(温度成層が継続)」として扱った。各層の密度は、既報告りに基づいて計算した。

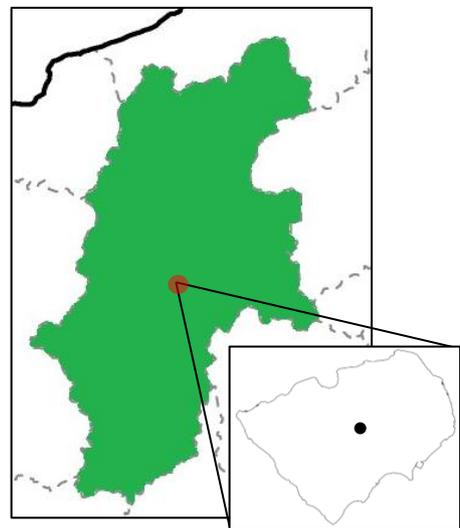


図 1 測定地点(諏訪湖)

3 結果と考察

3.1 水温と成層

水温の測定結果の一例を示す(図 2、図 3、図 4)。

表層と底層の密度差が継続した状態の開始日、終了日を示す(図 5)。一日を通して密度差 0.4 kg/m^3 、 0.6 kg/m^3 、 1.0 kg/m^3 が継続した日の開始日は、観測期間において早期化傾向を示した。また一日を通して密度差 0.4 kg/m^3 、 0.6 kg/m^3 、 1.0 kg/m^3 であった日の終了日は、観測期間において晩期化傾向を示した。全体として、表層と底層の間に密度差が生じている期間(温度成層を生じている期間)は徐々に延びているといえる。

気象庁諏訪特別地域気象観測所の5-10月の平均気温の経年変化を見ると³⁾(図6)、2000年から2024年の間に約0.9℃上昇していた。また、温暖化により世界的に湖沼の成層開始が早期化、成層終了が晩期化すると予測されている²⁾。したがって、諏訪湖において温度成層の期間が長期化しつつあるのは、温暖化の影響だと思われる。

3.2 溶存酸素濃度 DO

溶存酸素濃度の測定結果の一例を示す(図7、図8)。表層のDOは水温の高くなる12時から15時頃に上昇し、夕方から朝6時頃に低下することがある(図7)。日中は水温の上昇とともに植物プランクトンによる光合成による酸素の供給が増え、夕方から朝にかけては植物プランクトンの呼吸による酸素消費の他に温度成層が弱まり底層へ酸素が移動したことにより溶存酸素濃度が低下していると考えられる。また、底層のDOは、日中は温度成層の影響で低下しているが、夜間は温度成層が弱まり表層から酸素が移動してくるために溶存酸素濃度が上昇していると考えられる。溶存酸素濃度の日平均値が貧酸素状態の目安3mg/Lを下回った日数は44日~84日と変動が大きく、経年変化は明確ではなかった(図9)。測定期間が7年と短く傾向が明確になっていない可能性があるため、今後も測定を継続して実態把握に努める必要がある。

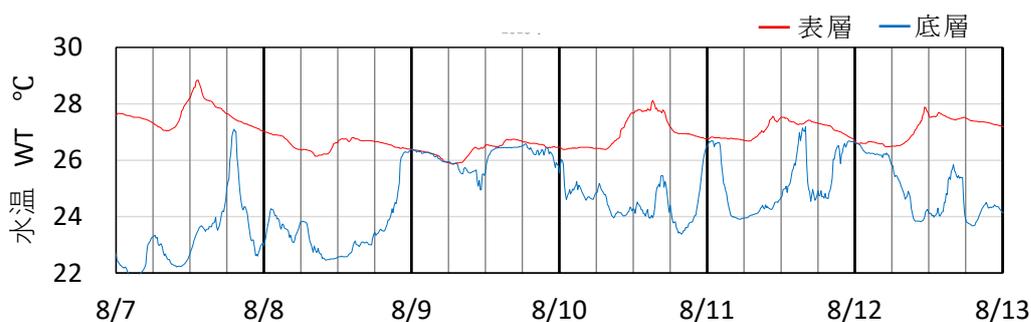


図2 水温の経時変化(2018/8/7-8/13)

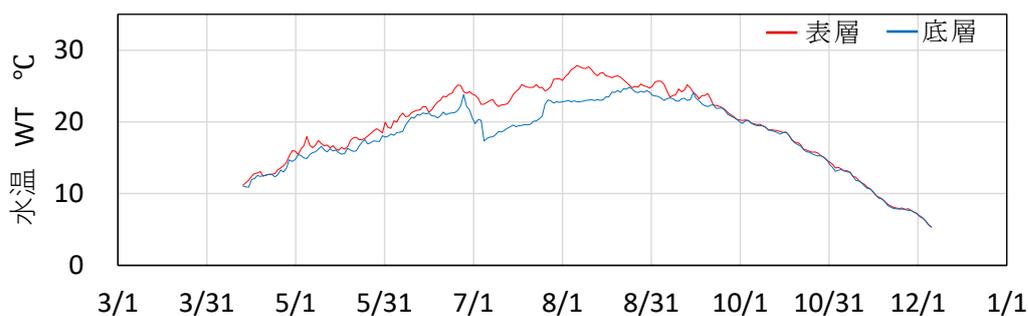


図3 水温の経時変化(2005年 日平均値)

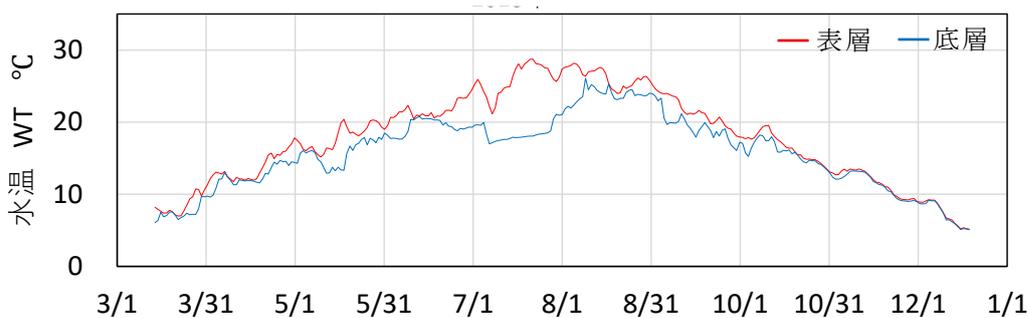


図4 水温の経時変化(2018年 日平均値)

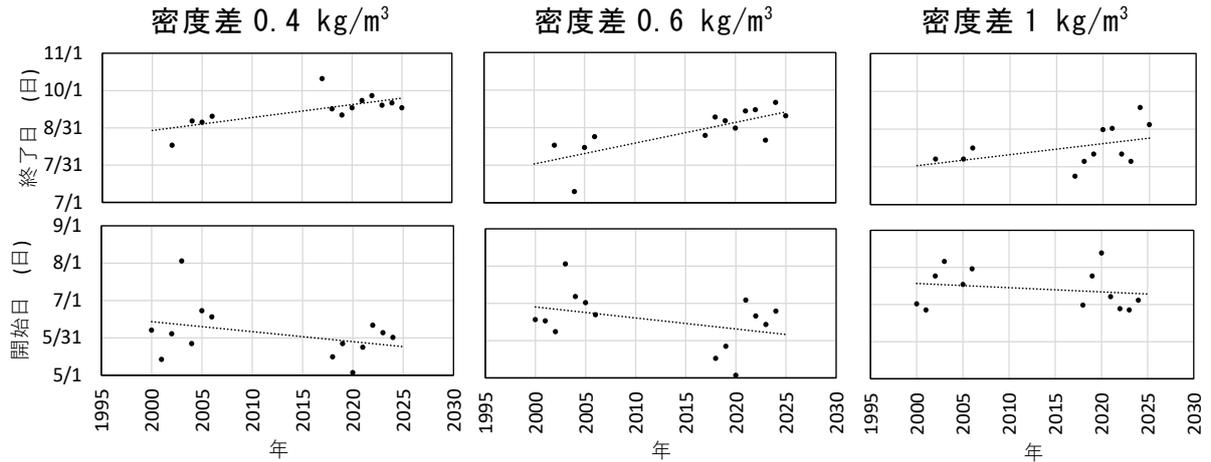


図5 特定の密度差が終日継続した事象の開始日・終了日

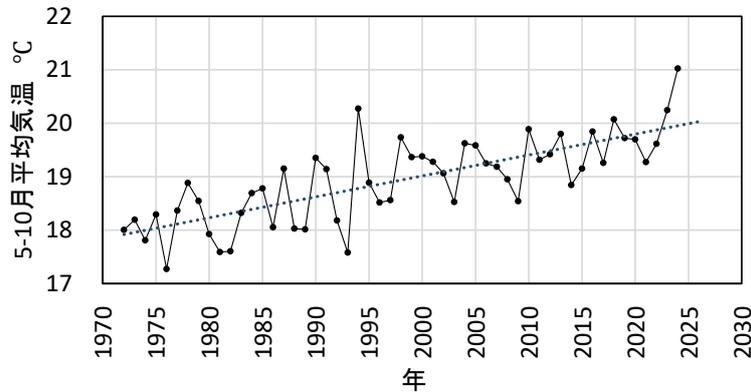


図6 気象庁諏訪特別地域気象観測所における5-10月平均気温の経年変化

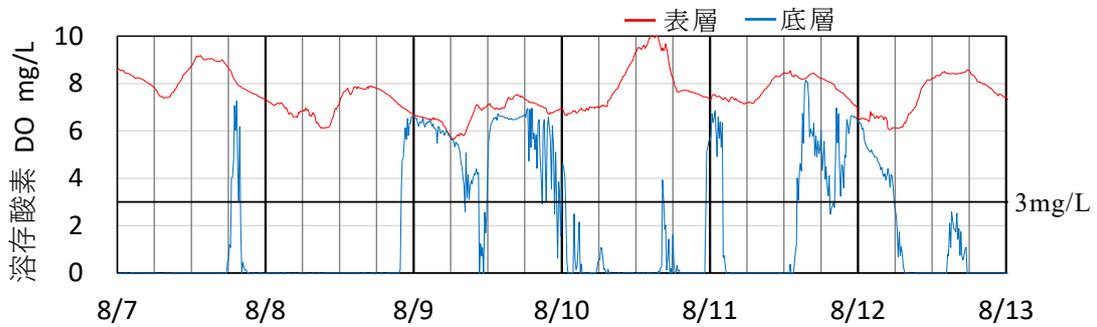


図7 DOの経時変化 (2018/8/7-8/13)

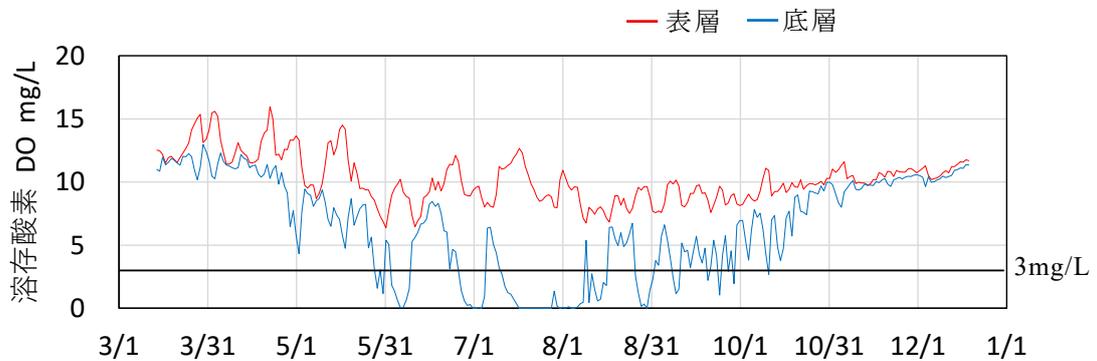


図8 DOの経時変化 (2018年 日平均値)

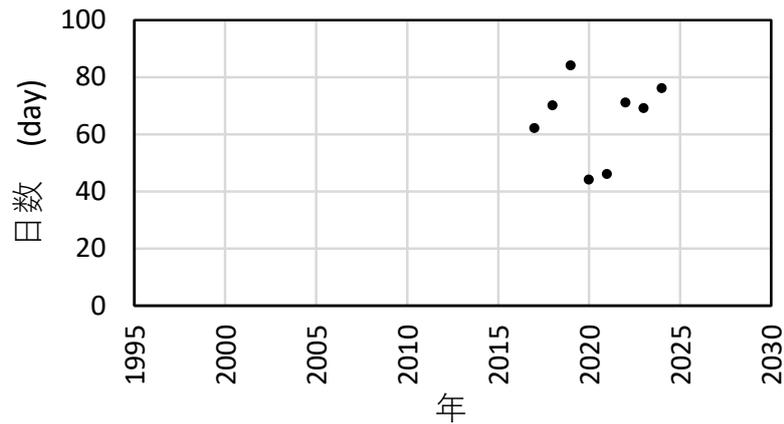


図9 底層 DO の日平均値が 3mg/L を下回った日数の経年変化

4 まとめ

2000 年から 2024 年にかけて表層及び底層の水温の連続測定を実施した。諏訪湖では温度成層している期間が延びていた。これは温暖化の影響だと思われる。

2017 年から 2024 年にかけて表層及び底層の溶存酸素濃度の連続測定を実施した。底層の溶存酸素濃度が 3mg/L を下回る状況については、明確な変化が見られなかった。

5 謝辞

2000 年から 2007 年の測定は長野県（旧：諏訪保健所検査課）、2017 年から 2024 年の測定は信州大学臨湖実験所で実施しました。測定に携わった関係者に深く感謝します。また、環境保全研究所水・土壌環境部に在籍して溶存酸素濃度測定を行ってきた小澤秀明氏にも感謝申し上げます。

6 参考資料

- 1) Frieler et al., (2017) Assessing the impacts of 1.5 °C global warming – simulation protocol of the Inter-Sectoral Impact Model Intercomparison Project (ISIMIP2b). *Geosci. Model Dev.*, **10**, 4321–4345.
- 2) Woolway et al., (2021) Phenological shifts in lake stratification under climate change. *Nat. Commun.*, **12**, 2318.
- 3) 国土交通省気象庁.各種データ・資料(<https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/index.php>) (2026 年 2 月確認)