

令和6年度（第19回）秋田県健康環境センター調査研究発表会抄録

三大湖沼の水質生態系に係る調査研究

水温から考える湖沼環境

生魚利治

1. はじめに

水温は、湖沼において重要な役割を持つ。深い湖沼において夏期及び冬期に表層部と深層部との間に生じる温度差は、温度成層という物理的な構造をもたらす。また、水温は化学的及び生物学的反応の速度を制御する¹⁾。

IPCCの第六次報告書では、2011から2020年の世界平均気温は、工業化前と比べて約1.09°C上昇したとし、気候変動は陸域、淡水及び海洋生態系に重大な損害と不可逆的な損失を引き起こしている²⁾としている。

気候変動による湖沼への影響は、湖沼の位置する場所の気候のほか、面積、深さ及び水質など湖沼ごとに異なると考えられることから、湖沼ごとの影響を検討しておくことは、その適応策を考えていく上で重要である。

本報告では、当センターで調査を実施している湖沼の中から、山間部に位置し平均水深が71.0mと深い貧栄養湖の十和田湖（図1）、及び日本海沿岸部に位置し調整池の平均水深が3.3mと浅く富栄養湖の八郎湖（図2）の水質データを用いて、水温による湖内の物理的な構造の状況と、その構造の気象及び季節の変化に起因する水質の変化をまとめた。また、気候変動によって湖沼に起こりうる影響を検討した。

2. 方法

十和田湖における、循環期から成層期及び成層期から翌循環期にかけての湖内の構造及び水質の鉛直分布の変化を検討するため、秋田・青

森両県で実施する定点層別調査結果のうち、令和2年5月8日、8月18日及び令和3年5月11日の水温、溶存酸素濃度（DO）及び硝酸態窒素濃度（NO₃-N）の値を用いた。なおDOは、飽和度（DO飽和度）に換算した。

八郎湖は、気象がもたらす湖内の構造と水質への影響を検討するため、令和3年の7月7日、8月4日及び9月14日に水深約7mの調整池湖心にて蛍光DOメーター（HACH HQ40d）を用いて、表層から湖底までの水深50cmごとの水温及びDOの値を採取した。別途、水深0、1、2及び5mで採水し分析したアンモニア態窒素濃度（NH₄-N）、リン酸態リン濃度（PO₄-P）の値を用いた。



図1 十和田湖



図2 八郎湖

3. 結果及び考察

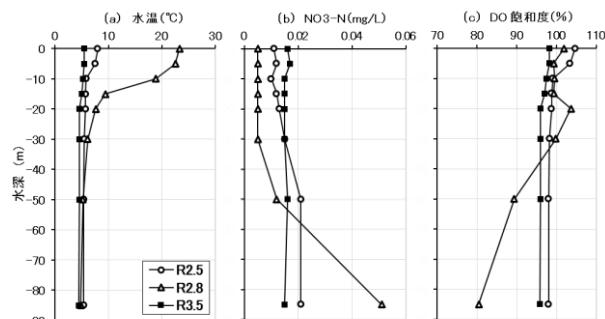


図3 十和田湖定点の水質の鉛直分布

(a) 水温、(b) NO₃-N、(c) DO 饱和度

十和田湖の令和2年及び3年の5月の水温の鉛直分布（図3a）は、いずれも表層から5mまでが10m以深よりも1~3°C程度高いものの、水温躍層は確認できることや、NO₃-N（図3b）及びDO飽和度（図3c）の鉛直分布も表層から85mまで、ほぼ一様な値を示すことから、循環期が終了して間もない湖内の状況を反映していると考えられる。一方で、令和2年8月は、表層水の水温が上昇し、水深10~15m間に水温躍層が形成されていることから、成層していることが分かる。このとき、令和2年5月と比較し

て、 $\text{NO}_3\text{-N}$ は表層から水深 50 m までは減少するが水深 85 m では増加し、DO 飽和度は 50 m 以深で減少する。これは、日光の届く層（有光層）では、植物プランクトンの生産活動により硝酸イオン (NO_3^-) を消費し DO は供給されるが、日光の届かない層（無光層）では、生物の排泄、分解及び硝化等の活動により NO_3^- を生成し DO は消費されることを表している。循環期の湖水は鉛直方向へも混合するため、水質は令和 3 年 5 月の値が示すように再び全層で均質化される。十和田湖の様に深い湖の循環期は、成層期に深層部で生成した栄養塩を表層部へ供給することで春の生物生産を支え、また、深層部へは表層部から溶存酸素の供給という重要な役割を持つ。

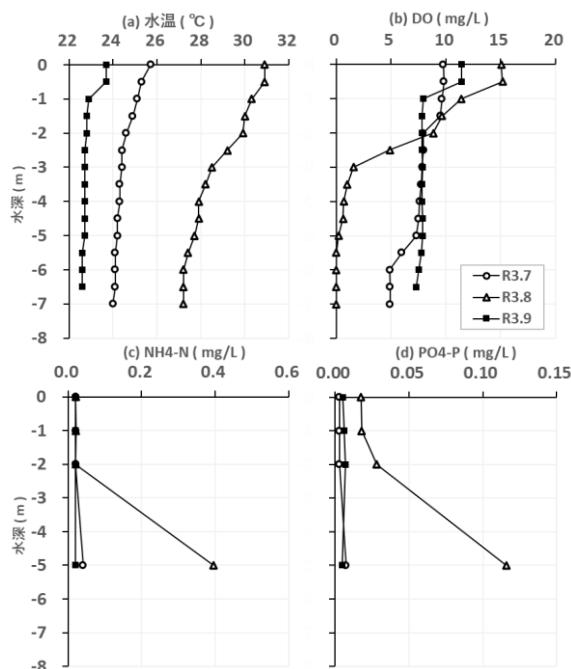


図 4 八郎湖湖心の水質の鉛直分布

(a) 水温、(b) DO、(c) $\text{NH}_4\text{-N}$ 、(d) $\text{PO}_4\text{-P}$

令和 3 年の八郎湖の湖心における水温の鉛直分布（図 4a）では、7 月が 24~26 °C、8 月が 27~31 °C、9 月が 22~23 °C であった。DO の結果では 8 月の水深 1 m から 3 m にかけ大きく減少し、5 m 以深ではほぼ 0 mg/L となった。 $\text{NH}_4\text{-N}$ の結果では、8 月の水深 5 m のみ 0.39 mg/L と高い値を示した。 $\text{PO}_4\text{-P}$ の結果でも、8 月の水深 5 m のみ 0.116 mg/L とほかの月や同月の水深 2 m までと比較し高い値を示した。これは、7 月及び 9 月の調査日は、2 日前及び前日に日最大瞬間風速が 10 m/s を超える日があったことに対し、8 月は、調査前 5 日間は微風かつ晴天が続い

たことによると考えられる。7 月及び 9 月は、水温や水質が表層から水深 5 m まではほぼ一様の値を示すことから、風による湖水の攪乱が湖底まで到達してから間もないタイミングであったと考えられる。一方で 8 月は、晴天で微風が続いたことにより、表層水が暖められ鉛直方向での水温差が生じ成層したと考えられる。夏期になり水温が上昇すると、細菌の活性が上がり湖水や湖底堆積物中の有機物の分解が促進されるが、成層すると水の鉛直方向の循環がなくなるため、無光層において分解生成物である $\text{NH}_4\text{-N}$ 及び $\text{PO}_4\text{-P}$ は増加し、呼吸により DO は減少する。また、DO が欠乏すると、湖底堆積物からも $\text{PO}_4\text{-P}$ が溶出する。これらの栄養塩類は、強風で湖水が攪乱されると表層部へ供給され、有光層の植物プランクトンの増殖に利用されると考えられる。

4. 気候変動による影響の検討

気候変動に伴い表層部の水温が上昇する時期が早まることで、十和田湖では、成層期の長期化及び夏期の成層強度の強化などの影響が懸念される。これらにより、植物プランクトンが増殖する深さやタイミングの変化、あるいは出現する種自体が変わる可能性が考えられる。植物プランクトンへの影響は、水質の変化や植物プランクトンを基盤とする湖内の生態系へも影響を及ぼすと考えられる。

八郎湖では、表層部と湖底付近の水温差が生じる時期が早まることで、湖底付近の貧酸素化、湖底堆積物からの栄養塩溶出及びアオコ発生時期の早期化及び長期化が考えられる。また、アオコの発生は、湖内の光環境を悪化させ、日中の無光層及び夜間は呼吸によって DO を消費することから、湖底堆積物からの栄養塩溶出を助長し、さらなる富栄養化及びアオコ発生量の増加という悪循環に陥ることが懸念される。

参考文献

- ホーン, ゴールドマン:陸水学(手塚泰彦訳), 京都大学学術出版会, 1999.
- 環境省:IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書「政策決定者向け要約」環境省による確定訳, 2023.