

## 令和4年度（第17回）秋田県健康環境センター調査研究発表会抄録

## 令和3年度公共用水域水質調査事業

## 十和田湖の水質調査結果～令和3年6月の調査結果に関する一考～

鈴木大志 生魚利治

## 1. はじめに

十和田湖は、青森・秋田両県にまたがる面積 61 km<sup>2</sup>、最大水深 327 m の二重カルデラ湖である。貧栄養湖で生活環境項目に関する水質環境基準の類型として湖沼 AA (COD 1.0 mg/L 以下) が当てはめられている。両県では、毎年 4 月から 11 月までの年 8 回、湖内 9 地点の各表層及び水深 5 m における水質のモニタリング及び定点における年 4 回の定点層別調査を分担して実施している（図 1）。

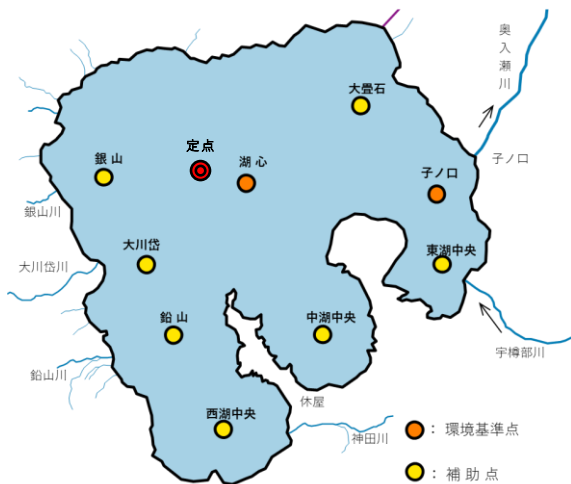


図1 十和田湖の水質調査地点

近年、湖心の COD は全層平均 75% 値で 1.5 mg/L 前後と依然として環境基準値を超過している。一方で湖心の透明度は「十和田湖水質・生態系改善行動指針（平成 13 年 8 月策定）」で定める改善目標値（年平均値 12 m）を上回るなど、上昇傾向である<sup>1)</sup>。しかし、令和 3 年 6 月の調査では、例年は青色味がかった湖面の色相が、緑色味がかった色相に変化するなど、例年の十和田湖とは異なる水質状況が観測された。

そこで本報告では、COD、透明度、その他の項目について直近 5 年間の経月変化をまとめ、令和 3 年 6 月の水質調査結果について考察したので報告する。

## 2. 方法

青森・秋田両県が実施した、平成 28 年から令和 3 年までの公共用水域水質測定結果を用いて湖心の水質の経月変化の推移を比較した。また、水深別の水質の状況を検証するため、令和 3 年の定点層別調査結果を用いて湖内鉛直方向の水質の経月変化を比較した。測定項目とその分析方法は表 2 のとおりである。

表2 測定項目及び分析方法

| 項目                                     | 分析方法                                        |
|----------------------------------------|---------------------------------------------|
| COD                                    | JIS K0102 の 17 KMnO <sub>4</sub> 酸化法 (100℃) |
| 透明度                                    | 海洋観測指針 (透明度板)                               |
| SS                                     | 環境省告示第 59 号 付表 9                            |
| Chl- <i>a</i>                          | 海洋観測指針 (吸光法)                                |
| NH <sub>4</sub> -N                     | JIS K0102 の 42.6 流れ分析法                      |
| NO <sub>3</sub> -N, NO <sub>2</sub> -N | JIS K0102 の 43.2.6 流れ分析法                    |
| PO <sub>4</sub> -P                     | JIS K0102 の 46.1.4 流れ分析法                    |
| 水温                                     | メモリー水温深度計 (JFE アト・バンテック社製)                  |

## 3. 結果と考察

## 3.1 経月変化について

## 3.1.1 COD

湖心の COD（全層平均）の経月変化を図 2 に示す。令和 3 年は、4 月が 1.2 mg/L、5 月が 1.0 mg/L と直近 5 年間の同月と同程度の値であった。一方で、6 月が 2.4 mg/L と直近 5 年間の同月と比較して著しく高い値を示した。COD は水中の有機物量の指標となるため、6 月は水中の有機物量が急増したと考えられる。7 月以降は、7 月が 2.0 mg/L、8 月が 1.6 mg/L と低下傾向が見られたものの、8 月以降は 1.6～1.8 mg/L の範囲で推移しており、直近 5 年間の同月と比較すると 0.3～0.5 mg/L 程度高い値となった。令和 3 年の湖心の全層平均 75 % 値は 1.8 mg/L となり、直近 5 年間の平均 1.4 mg/L よりも高い値となった。これは、6 月に急上昇した水中の有機物が 7 月以降にも影響したためと考えられた。

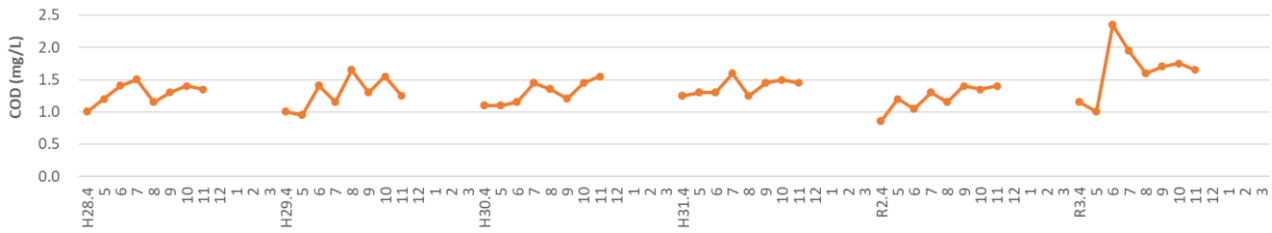


図2 湖心のCOD（全層平均）の経月変化



図3 湖心の透明度の経月変化

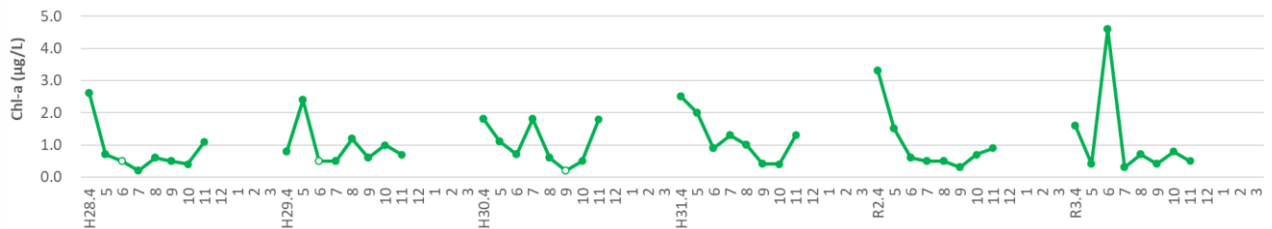


図4 湖心表層のChl-aの経月変化

※白抜きプロットは定量下限値未満であることを示す。

### 3.1.2 透明度

湖心の透明度の経月変化を図3に示す。令和3年は、4月が12.4 m、5月が12.6 mと直近5年の同月と比較して2 m程度高い値を示した。一方、6月が5.0 mと直近5年間の同月と比較して著しく低い値となった。透明度は、水中の粒子量が多いことで低下するため、6月は湖内の粒子量が増加したものと考えられる。7月は11.5 mと例年並みまで上昇し、8月以降は14 m前後とやや高い値で推移した。令和3年の平均値は12.1 mと改善目標値である12 m以上を達成し、通年で見ると透明度は高い年であった。

### 3.1.3 SS

湖心表層及び水深5 mのSS (0.6 μm以上)は、平成28年から令和3年まで、全ての月で定量下限値 (1 mg/L) 未満であった。このため、令和3年6月のCOD上昇及び透明度の低下について、SSとの相関は不明である。

### 3.1.4 Chl-a

湖心表層のChl-aの経月変化を図4に示す。植



図5 顕微鏡で観察されたウログレナ属

物プランクトン量の指標であるChl-aは、令和3年4月及び5月はそれぞれ1.6 μg/L、0.4 μg/Lと、各月の例年値と比較して低い値を示した。6月は4.6 μg/Lと直近5年間の同月と比較して約4倍と著しく高い値を示した。7月以降は、例年並みの値まで低下し、7月～11月は0.3～0.9 μg/Lの範囲で推移した。年によって差はあるものの、例年、4月是他月と比較して相対的に高い傾向にあり、直近5年間は4月から6月にかけて概ね減少する傾向が見られた。このことから、令和3年6月のChl-a濃度は特異的に高い値であり、植物プランクトンの突発的な増殖が考えられた。

令和3年6月の湖水（表層及び水深5 m）を顕

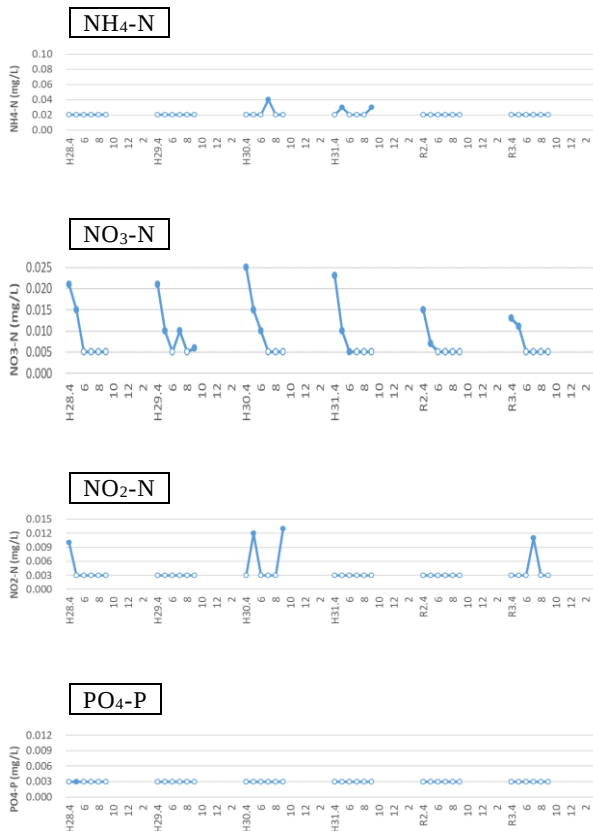


図6 湖心表層の Chl-a 及び栄養塩類の経月変化

※白抜きプロットは各項目の定量下限値未満であることを示す。

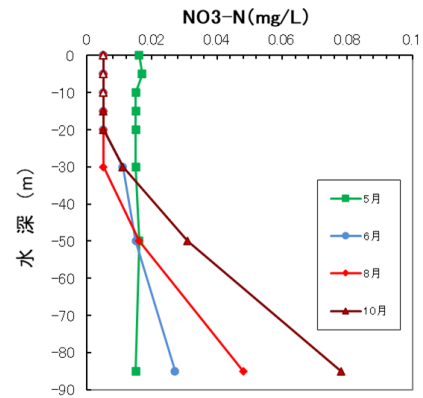
顕微鏡で観察したところ、黄色鞭毛藻綱のウログレナ属 (*Uroglena* sp.) が確認された (図5)。ウログレナ属は春から初夏に水温が 20℃ 程度になると特に増えるとされており<sup>2)</sup>、6月の特異的な COD 上昇及び透明度の低下は、ウログレナ属の突発的な増殖に起因する可能性が高いと考えられた。

### 3.2 ウログレナ属の増殖に関する考察

#### 3.2.1 栄養塩類と Chl-a の関係性について

湖心表層の栄養塩類 (NH<sub>4</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N、PO<sub>4</sub>-P) の経月変化を図6に示す。植物プランクトンの増殖に関与する各栄養塩の濃度は、NH<sub>4</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N 及び PO<sub>4</sub>-P はほとんどの月で報告下限値未満であるため経月の変化については把握できないものの、NO<sub>3</sub>-N は例年ほぼ同様の傾向を示し、4月が最も高く、5月、6月と減少し7月以降はほぼ報告下限値未満となる。この傾向は Chl-a の経月変化と類似していた。

定点の層別調査結果 (図7) を見ると、5月は表層から水深 85 m まで NO<sub>3</sub>-N 濃度は均一であ

図7 定点の層別 NO<sub>3</sub>-N 濃度の季節変化 (R3)

※白抜きプロットは定量下限値未満であることを示す。

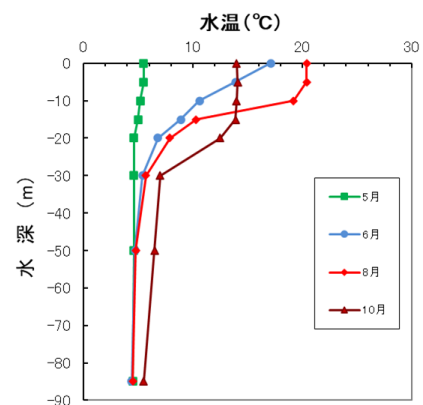


図8 定点の層別水温の季節変化 (R3)

る。一方で、6月から9月にかけては表層から水深 30 m までの NO<sub>3</sub>-N はほぼ検出されず、水深 50 m から 85 m までは 0.02~0.07 mg/L 程度と表層付近の濃度と比べて高い濃度で検出され、月の経過とともに濃度は上昇する。NO<sub>3</sub>-N は、降水や周辺沢水から流入する他、有機物の分解により生成する。表層付近は植物プランクトンにより消費され濃度が低下する一方で、50 m 以深では光が届かないため植物プランクトンにより消費されないことから濃度が上昇するものと考えられる。また、十和田湖では図8のとおり例年6月頃から水温躍層が形成され停滞期となるため、湖水の鉛直方向の循環は停滞するが、秋の循環期を終えると下層部から表層部へ NO<sub>3</sub>-N が供給され、4月から6月の植物プランクトンの増殖に利用されることが考えられる。この機構は、PO<sub>4</sub>-P についても同様であると考えられるが、濃度レベルが低いため把握には至っていない。

例年6月の表層部は、栄養塩類が不足することで植物プランクトンの増殖も抑制されるものと考えられることから、令和3年6月に発生したウ

ログレナ類の増殖は、直前に何らかの形で表層部に栄養塩類の流入があったと考えられる。

### 3.2.2 調査日直近の気象状況及びその影響について

表層部に栄養塩類の流入する要因を調べるため、調査日（令和3年6月15日）直近の気象状況を調べたところ、5月17日から6月3日までの間にまとまった降雨が複数回確認された（図9）。平成17年に十和田湖で実施された降雨時流入河川負荷量調査では、窒素及びリンの全流入量に占める洪水期間の割合を、T-Nが全流入量の87%、NO<sub>3</sub>-Nが70%、T-Pが92%、PO<sub>4</sub>-Pが38%としている<sup>3)</sup>。令和3年も、複数回のまとまった降雨により、湖内へ直接又は周辺沢水を経由して栄養塩類が供給されたものと考えられる。また、まとまった降雨のあった6月3日以降は、好天気が続き日照量が多く（図10）、気温も平年と比べて高い日が続いたため（図11）、水温が上昇しウログレナ属の増殖に適した条件が揃ったものと考えられる。

## 5. まとめ

令和3年の十和田湖の水質は、6月を除き、おおむね例年並みの結果であった。

6月はCODの上昇及び透明度の低下が顕著であった。これは、ウログレナ属が増殖したことによるものと推察された。この増殖の要因は、まとまった降雨による表層付近の栄養塩類の濃度上昇及びその後の好天が続いたことと考えられたが、各項目の実測値には反映されておらず検証はできていない。降雨直後の湖水中の栄養塩類の濃度把握は今後の課題である。

なお、ウログレナ属の増殖は平成3年等、過去にも観察された記録がある<sup>4)</sup>ことから、十和田湖では稀に起こる現象と考えられる。今後も一定の条件が満たされることで、ウログレナ属が突発的に増殖し、これに伴うCODの上昇及び透明度の低下が起こる可能性が考えられる。

今後も水質データを蓄積し、長期的な変化だけではなく、突発的な変化についても検証を重ね、十和田湖の水質改善につなげることが重要と考える。

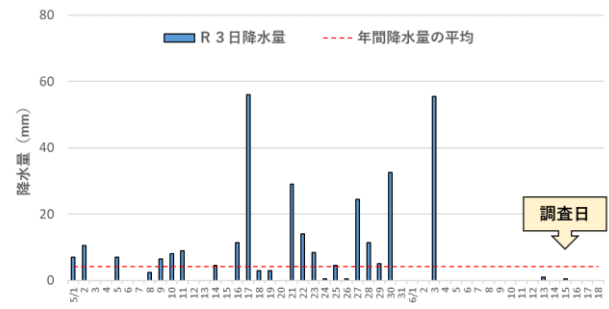


図9 日別の降水量（休屋）

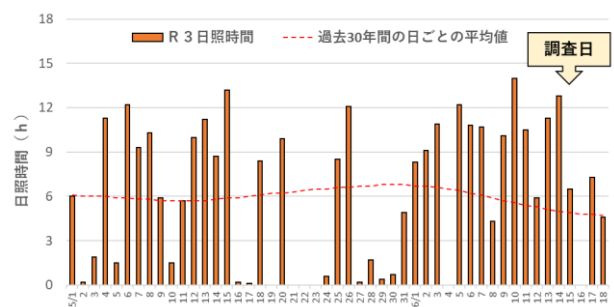


図10 日別の日照時間（休屋）

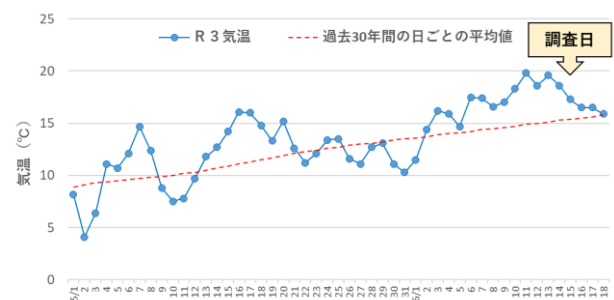


図11 日別の平均気温（休屋）

## 参考文献

- 1) 鈴木大志：十和田湖の水質の変遷，秋田県健康環境センター年報，16，2020，34-38.
- 2) 滋賀の理科教材研究委員会：普及版やさしい日本の淡水プランクトン図解ハンドブック，合同出版株式会社，2013改訂，東京，150pp.
- 3) 青森県・秋田県：平成17年度十和田湖流入河川降雨時負荷量調査青森県・秋田県合同報告書，2007，67pp.
- 4) 青森県・秋田県：十和田湖水質・生態系改善行動指針，2007，URL. <https://www.pref.akita.lg.jp/pages/archive/9950> [accessed June 1, 2022].