

公共用水域水質調査事業

## 十和田湖の水質の変遷

鈴木大志

## 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。貧栄養湖であり、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 が当てはめられている。水質環境基準点には、湖心及び子ノ口の 2 地点が指定されており、これに補助点 7 地点を加えた計 9 地点（図 1）において青森・秋田両県が水質汚濁防止法に基づく公共用水域水質測定計画に従い水質のモニタリングを実施している。

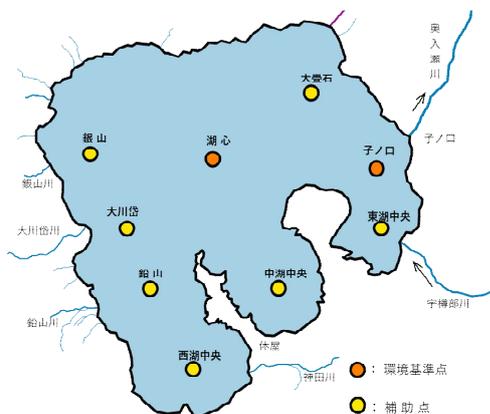


図 1 十和田湖の環境基準点及び補助点

十和田湖では、昭和 61 年以降、化学的酸素供給量（COD）が環境基準値の 1 mg/L を上回る状況が続いている。また、透明度の低下も確認されている他、主要水産資源であるヒメマスの漁獲量の落ち込みが問題となっている。

このため、青森・秋田両県では、平成 13 年 8 月に水質の改善目標値（表 1）及び具体的な方策を示した「十和田湖水質・生態系改善行動指針（以下、指針）」を策定し、行政、試験研究機関、事業者及び周辺住民が連携し、十和田湖の水質の改善とヒメマスの資源回復に向けた取組を進めてきた。

表 1 改善目標値

項目	改善目標値
COD <sup>※1</sup>	1 mg/L 以下
透明度 <sup>※2</sup>	12 m 以上

※1：湖心及び子ノ口の各全層平均 75% 値

※2：湖心の年平均値

そこで本報告では、今後の十和田湖の水質・生態系保全対策に係る施策の基礎資料とするため、環境基準点における過去 40 年間の水質の経年変化についてまとめたので報告する。

## 2. 方法

青森・秋田両県が昭和 56 年から令和 2 年までに実施した計 40 年間の公共用水域水質測定結果を用いて、環境基準点における COD、透明度、浮遊物質量（SS）、全窒素（T-N）、全リン（T-P）及びクロロフィル a（Chl-a）について、COD は年間の 75% 値を、それ以外の項目は年平均値をそれぞれ計算し、経年変化をまとめた。

調査は、一部の欠測を除き、4 月から 11 月までの計 8 回である。平成 4 年までは秋田県が 6 月、8 月及び 10 月の計 3 回を、青森県がその他の月の計 5 回を実施していたが、平成 5 年からは、秋田県が 4 月、6 月及び 8 月の計 3 回を、青森県がその他の月の計 5 回を実施している。

なお、T-N 及び T-P は昭和 57 年 12 月の省令改正により分析方法が変更されたことから、昭和 58 年以降の測定結果のみを採用した。

また、各項目の測定結果が定量下限値未満のものについては、各項目の定量下限値を用いて平均値を求めた。（表 2）

表 2 各測定項目の定量下限値

項目	定量下限値
COD	0.5 mg/L
SS	1 mg/L
T-N	0.05 mg/L
T-P	0.003 mg/L
Chl-a	0.5 µg/L <sup>※1</sup> 又は 0.2 µg/L <sup>※2</sup>

※1：秋田県測定分 ※2：青森県測定分

## 3. 結果

## 3.1 COD

環境基準点における COD の経年変化を図 2 に示す。湖心及び子ノ口の両地点間で大きな差は確認されず、いずれも昭和 60 年に全層平均 75% 値

で 1.0 mg/L を観測して以降、環境基準及び改善目標値を達成した年はなかった。全層平均 75% 値が最も高い値となったのは、両地点ともに平成 16 年度であり、それぞれ 2.3 mg/L、2.2 mg/L であった。平成 2 年から平成 6 年及び平成 17 年以降は全層平均の最小値が 1.0 mg/L を下回る年が複数年確認された。また、全層平均値の最大値と最小値の差は、年によって差異はあるものの、おおむね 0.5 mg/L 程度で推移していた。

近似直線の傾き（図 3）は、両地点ともに昭和 56 年から令和 2 年までの 40 年間では 0.0122 と正となり、長期的な傾向としては微増傾向であることが示された。また、10 年ごとに近似直線の傾

きを求めたところ、湖心では昭和 56 年から平成 2 年までが 0.0545、平成 3 年から平成 12 年までが 0.0139 と正の値となり、増加傾向であった。一方で、平成 13 年から平成 22 年までが -0.0079、平成 23 年から令和 2 年までが -0.0030 と負の値となり、微減～横ばい傾向となった。同様に、子ノ口についても近似直線の傾きは 10 年毎に 0.0455、0.0242、-0.0145、0.0060 となり、増加傾向から減少～横ばい傾向に転じた。このことから、COD の中期的な傾向としては、上昇傾向から微減から横ばい傾向に転じたことが示唆された。

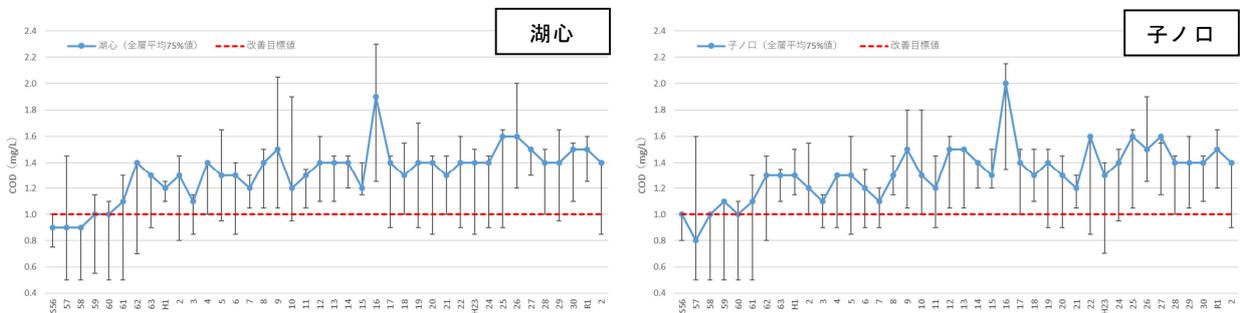


図 2 環境基準点における COD の経年変化

※エラーバーの上端は全層平均の最大値，下端は全層平均の最小値を示す

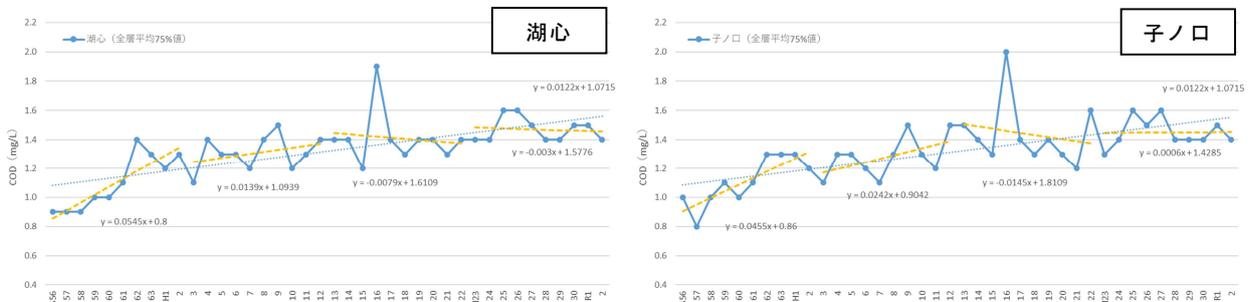


図 3 環境基準点における COD の増減傾向（10 年単位）

### 3.2 透明度

環境基準点における透明度の経年変化を図 4 に示す。湖心及び子ノ口の両地点間で大きな差は確認されなかった。湖心は、昭和 60 年に年平均値で 12.3 m を観測して以降、透明度の低下が続いており、平成 12 年に年平均値で 7.1 m と最も低くなった。指針が策定された平成 13 年以降は、改善目標値の 12 m を達成できない状況が続いていたが、平成 26 年及び 27 年には年平均値でそれぞれ 12.0 m、12.8 m となり、改善目標値を上回った。各年の最大値と最小値の差は、年により差

異はあるものの、おおむね 6 m 程度で推移していた。

年平均値における近似直線の傾き（図 5）は、湖心と子ノ口で昭和 56 年から令和 2 年までの 40 年間ではそれぞれ -0.0004、-0.0027 と負の値となり、長期的な傾向としては低下から横ばい傾向であることが示された。また、10 年ごとに近似直線の傾きを求めたところ、湖心では昭和 56 年から平成 2 年までが -0.2351、平成 3 年から平成 12 年までが -0.0529 と負の値となり、低下傾向であった。一方で、平成 13 年から平成 22 年までが

0.1653, 平成 23 年から令和 2 年度までが 0.2477 と正の値となり, 上昇傾向となった。同様に, 子ノ口についても近似直線の傾きは 10 年毎に -0.1951, -0.0643, 0.2330, 0.2487 と低下傾向から

上昇傾向に転じていた。このことから, 透明度の中期的な傾向としては, 上昇傾向にあることが示唆された。

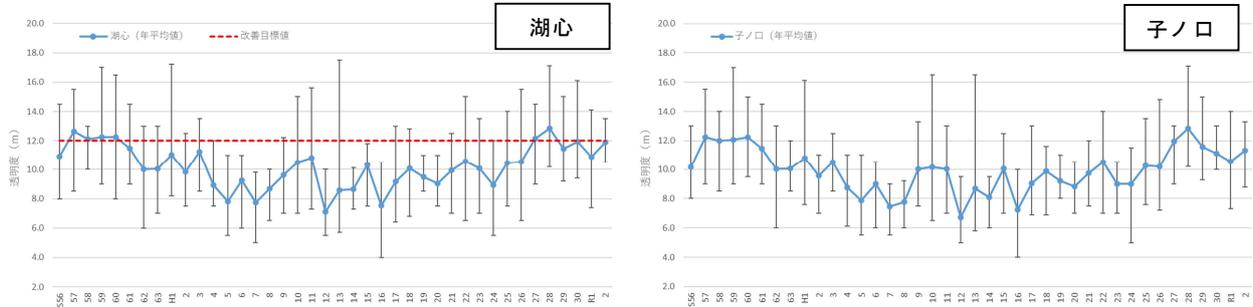


図 4 環境基準点における透明度の経年変化

※エラーバーの上端は年間の最大値, 下端は年間の最小値を示す

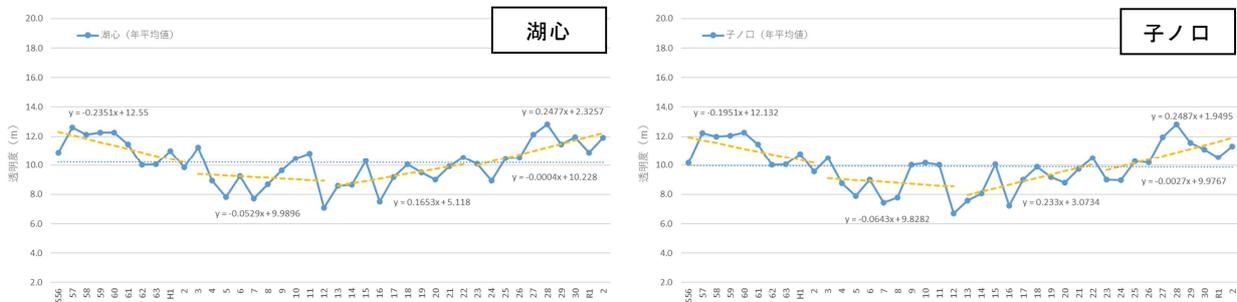


図 5 環境基準点における透明度の増減傾向 (10 年単位)

### 3.3 SS

SS は, 湖心及び子ノ口ともにおおむね全ての測定結果が報告下限値である 1 mg/L を下回っていた。このため, SS の値の推移は不明である。

### 3.4 T-N

環境基準点における表層の T-N の経年変化を図 6 に示す。湖心及び子ノ口の両地点間で大きな差は確認されず, 年平均値は 0.05 mg/L から 0.10

mg/L の範囲で推移していた。平成 6 年頃までは, 測定結果が報告下限値未満となる月がおおむね半数以下であり, 0.05 mg/L 程度の値で推移していたが, 平成 7 年頃から徐々に報告下限値を上回る月が増える傾向が見られ, その後は 0.07~0.10 mg/L の範囲で推移していた。平成 5 年, 平成 28 年及び平成 30 年には, 年最大値がそれぞれ 0.32 mg/L, 0.26 mg/L, 0.17 mg/L と他の年の最大値と比較して 2 倍から 3 倍程度高い値を示した。

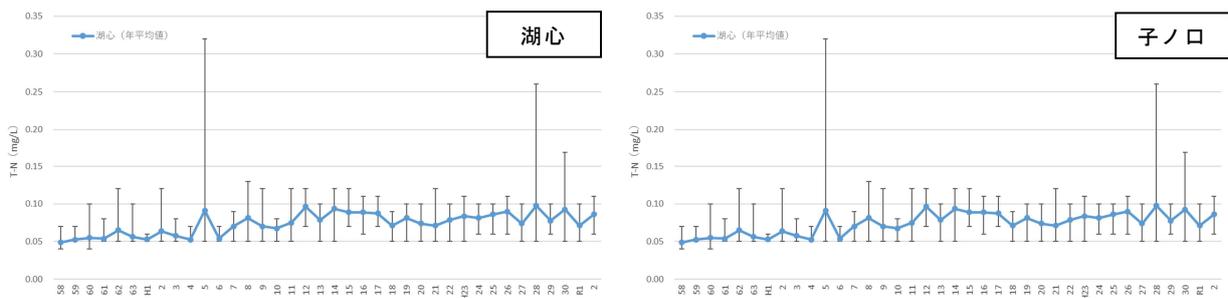


図 6 環境基準点における表層の T-N の経年変化

### 3.4 T-P

環境基準点における表層のT-P経年変化を図7に示す。湖心及び子ノ口の両地点間で大きな差は確認されず、年平均値は0.003 mg/Lから0.005 mg/Lの範囲で推移していた。おおむね直近15年間は測定結果が報告下限値未満となる月が多い状況が続いていたが、昭和58年、62年、平成

2年及び平成7年から平成17年頃にかけては、測定結果が報告下限値を上回る月が多く、年平均値をやや押し上げる結果となっていた。また、昭和63年、平成6年及び平成14年には、それぞれ年最大値が0.10 mg/Lと他の年の最大値と比較して1.5倍から3倍程度高い値を示した。

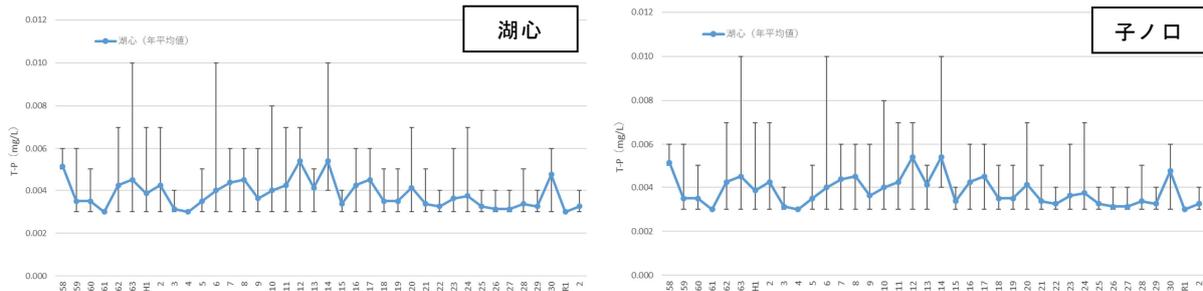


図7 環境基準点における表層のT-Pの経年変化

### 3.5 Chl-a

環境基準点における表層のChl-aの経年変化を図8に示す。湖心及び子ノ口の両地点間で大きな差は確認されなかった。同一年間における最小値は40年間でほぼ一定であった。一方で、最大値は年によって差異が大きく、平成16年には10.0 µg/Lと最も高い値となった。

を求めたところ、湖心では昭和56年から平成2年までが0.0780、平成3年から平成12年までが0.0042と正の値となり、増加傾向が示された。一方で、平成13年から平成22年までが-0.0464、平成23年から令和2年までが-0.0261と負の値となり、減少傾向が示された。同様に、子ノ口についても近似直線の傾きは10年毎に0.0339、0.0147、-0.043、-0.0398と増加傾向から減少傾向に転じていた。このことから、Chl-aの中期的な傾向としては、減少傾向であることが示唆された。

年平均値における近似直線の傾き(図9)は、湖心及び子ノ口で昭和56年から令和2年までの40年間でそれぞれ0.0142、0.0126と正の値となり、長期的な傾向としては微増傾向であることが示された。また、10年ごとに近似直線の傾き

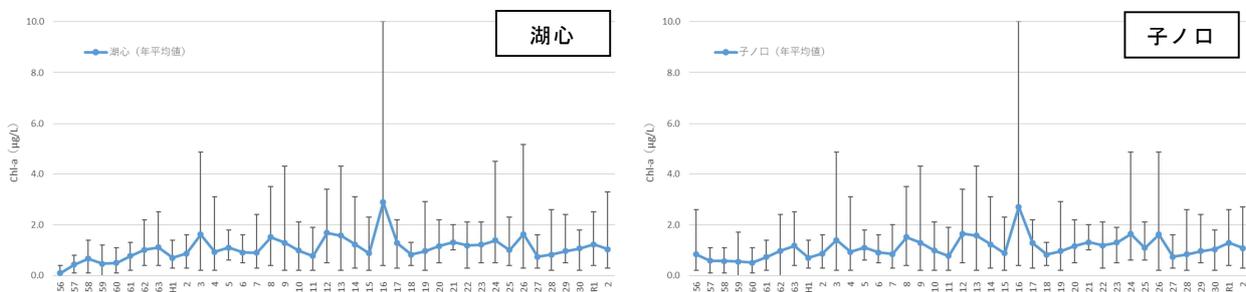


図8 環境基準点におけるChl-aの経年変化

※エラーバーの上端は年間の最大値、下端は年間の最小値を示す



図9 環境基準点におけるChl-aの増減傾向（10年単位）

#### 4. まとめ

十和田湖の水質を昭和56年から令和2年までの40年間の長期的な傾向で見ると、CODは微増傾向となった。昭和61年以降、環境基準値及び指針で定める改善目標値である全層平均75%値1 mg/Lを達成できない状況が続いていたが、10年ごとの中期的な傾向からは、CODは上昇傾向から微減～横ばい傾向に転じていることが示唆された。

透明度は、指針が策定された平成13年以降、長らく改善目標値である年間平均値12 mを達成できていない状況が続いていたが、平成27年及び平成28年に12 mを上回った。長期的な傾向は、低下から横ばいであるが、10年ごとの中期的な傾向では、上昇傾向ではあることが示唆された。

SSは、おおむね全ての測定結果が報告下限値である1 mg/Lを下回っており、推移を把握することはできなかった。

T-Nは、昭和58年から平成6年頃までは測定結果が報告下限値未満となる月が多かったが、以降は検出頻度が増加していた。年平均値は0.05 mg/Lから0.10 mg/Lの範囲で推移しているが、年最大値は希に1.5倍から3倍程度高い値を示すことが確認された。

T-Pは、おおむね直近15年間については測定結果が報告下限値未満となる状況が続いていたが、年によっては、測定結果が報告下限値を上回る月が多く出現する年も確認された。

Chl-aは、年平均値を長期的な傾向で見ると、微増傾向であった。一方、昭和56年から平成2年まで及び平成3年から平成12年までの各10年間は増加傾向が示されたが、平成13年から平成22年まで及び平成23年から令和2年までの各10年間は減少傾向に転じており、中期的な傾向としては減少傾向であることが示唆された。

十和田湖の水質の変化や各測定項目の関係性については、未解明な部分が多く、今後、更なる改善を進めるためには、各水質項目の推移や湖内の水循環などの、より詳細な解析が必要である。

#### 参考文献

- 1) 秋田県: 令和2年度版環境白書, 2020, 60-63.
- 2) 青森県・秋田県: 十和田湖水質・生態系改善行動指針, 2015, URL. <https://www.pref.akita.lg.jp/pages/archive/9950> [accessed August 2, 2021].