

水戸市千波湖の水質とアオコの問題について

キーワード：千波湖, アオコ, 風, COD, 水深, 富栄養湖

ニックネーム：田沢

I. はじめに

千波湖は、茨城県水戸市の天然湖である。那珂川の支流である桜川の一部で、面積約 0.3 km², 周囲約 3 km, 最大水深 1.2m の小規模な湖である。近くには偕楽園や千波公園があり、偕楽園を訪れた観光客だけでなく周辺に住む市民の大切な水辺の憩いの場となっている。

筆者はこれまで千波湖に 10 回以上訪れているが、目視で見る限り水質はあまり良くないように思われる。そして夏には大量のアオコが発生する。2023 年 8 月 5 日に訪れた際に水面を目視で確認すると、アオコが青緑色の大きなスカム状となっていた (図 2)。これは「見た目アオコ指標」(国立環境研究所) のレベル最大のレベル 6 に該当すると考えられる。そこで、千波湖のどの地点の水質が汚濁していて、なぜアオコが多いのか、湖水の色を観察するフィールドワークを 2023 年 9 月 17 日に行った。そして、なぜ千波湖は水質汚濁が進んでいて、アオコが発生するのかフィールドワークを元に考察をする。

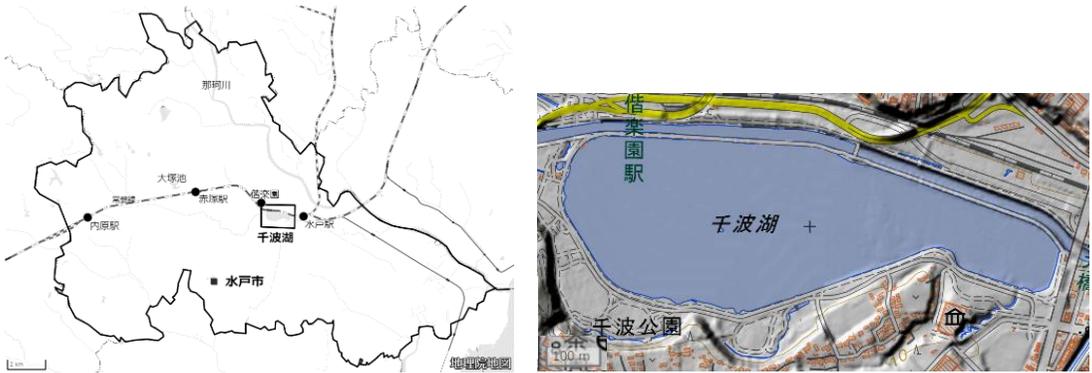


図 1. 水戸市全域 (白地図に筆者加筆) と千波湖 (国土地理院地図+陰影起伏図)

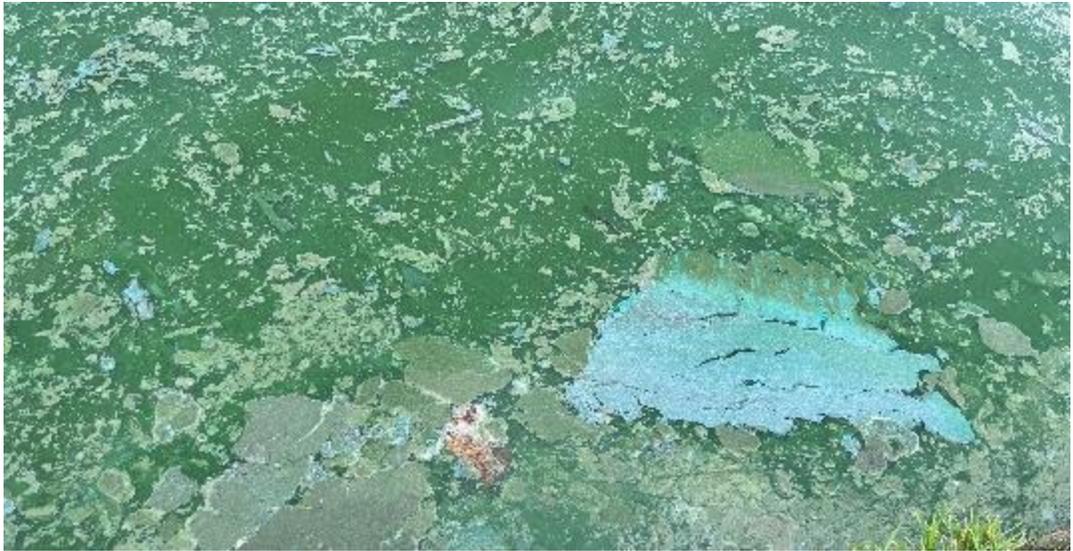


図 2. 2023, 8. 5 の水面の様子（撮影：筆者 撮影日：2023, 8, 5）

II. 千波湖の概要

1. 千波湖の成り立ち

千波湖の成り立ちは約 2 万年前の氷期の時代まで遡る（水戸市立博物館 1987）。氷河期の影響により海水面の低下が発生し、海に注ぐ河川の勾配は急になり各地に狭谷を作った。それは千波湖付近にも同様のことが発生して、那珂川の勾配も急になり谷を形成した。氷河期が終わると温暖な時期が訪れて、河川の勾配は緩やかになった。それにより那珂川では氾濫が多く発生するようになり、氾濫による堆積物で桜川が堰き止められて千波湖が形成された。

2. 千波湖の水質

千波湖は富栄養が進んだ湖沼の 1 つである。千波湖の水質汚濁は、水戸市周辺の都市化、公園化により 1960 年代から始まったと考えられている。そこで水質の変遷を知るために、過去の記録が最も多く残っている COD（化学的酸素要求量）のデータを以下の 5 つのグラフにまとめた（図 4. 5. 6. 7. 8）。

図 4 は千波湖東、西（以下東湖、西湖と表現する）の 1974 年から 1985 年の 11 年間の記録である。COD の数値が緩やかに上昇していて、1985 年の東湖の年平均で 45.8mg/l と最も高い数値を記録している。COD の値が高いと水中の有機物の量が多い、つまり酸素要求量が高まり水質汚染に繋がるということである。また水戸市市民生活部環境課（1987）によると、1986 年 9 月に千波湖で COD 値 180mg/l を記録している。同じく茨城県にある湖沼面積日本 2 位の霞ヶ浦では、1979 年に過去最高の COD 値 10.6mg/l を記録しているため、千波湖の水は霞ヶ浦と比較して約 18 倍汚れていたことが言える。

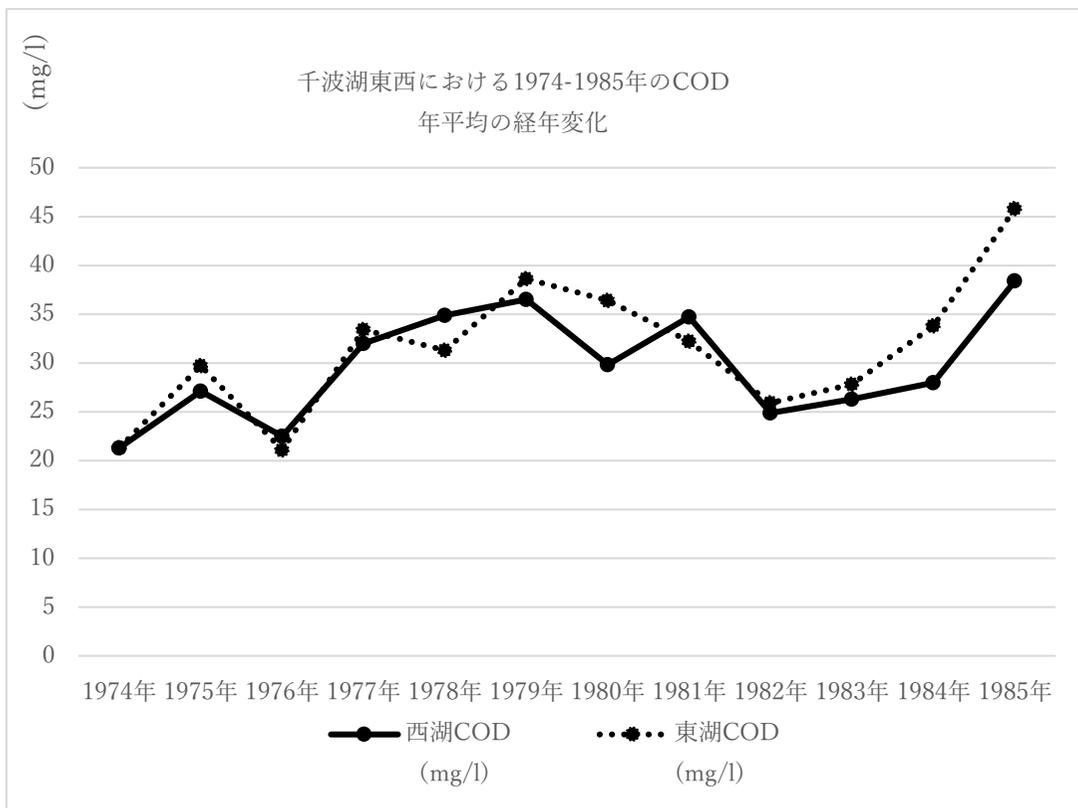


図 4. 千波湖東西における 1974 年-1985 年の CODmn の年平均の経年変化

注) 年度平均値である。

CODmn の mn は過マンガン酸カリウムによる計測であることを示す。

1974 年の数値は、9 月以降の数値である。

1976-1979 年までの東側の数値は、年 4 回の平均値である。

1980 年の東側の数値は、5 月以降の平均値である。

(水戸市立博物館『千波湖の自然』1987)

次の図 5 は、千波湖中央地点の 1996 年から 2014 年の 18 年間の COD75%の年平均の経年変化である。1996 年から 2010 年までの COD 値にあまり変動は見られない。そして図 4 と比較すると COD の値が減少している。これは 1988 年 10 月から「千波湖導水事業」という那珂川からの導水が開始されたためである(図 9)。また、過去に千波湖の底泥は約 20cm 以上あった。そのため導水事業と同時期に 1991 年まで湖底の浚渫工事を行っていた。この 2 つの事業により、千波湖の水質は 1980 年代と比較して改善した。しかし、2011 年と 2012 年の数値が急激に増加している。これらの年は東日本大震災の影響で導水量が減少したため、低い数値になったと考えられる。

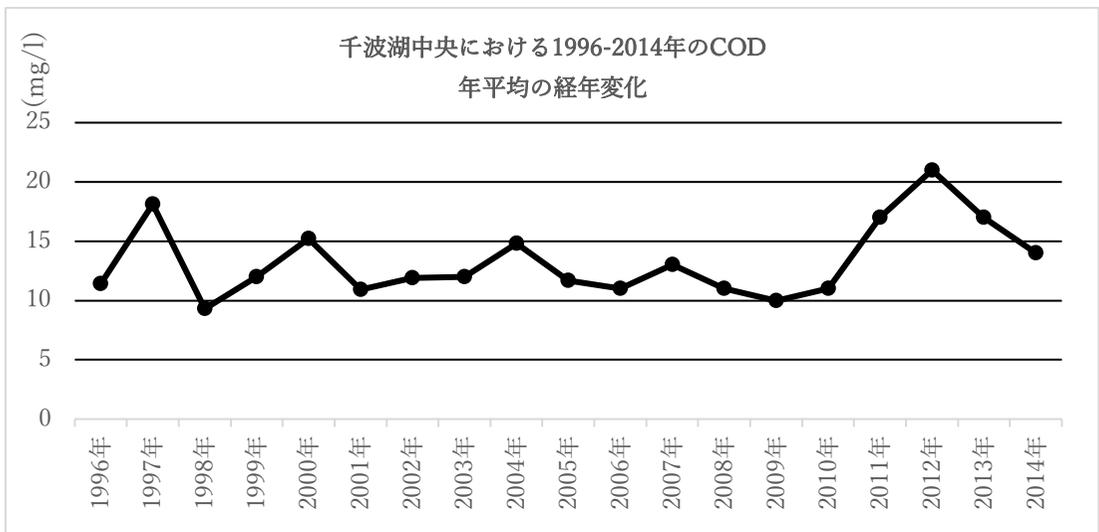


図 5. 千波湖中央における 1996 年-2014 年の COD75%の年平均の経年変化
(第二期水環境改善緊急行動計画 桜川清流ルネッサンスⅡ (改訂版) 平成 28 年 4 月)

図 6 は 2002 年から 2015 年の 13 年間の COD の数値の年最大値を示したものである。図 5 と同様に震災の影響で 2012 年の数値が急激に増加しているが、2012 年以前はあまり変化がないことが読み取れる。

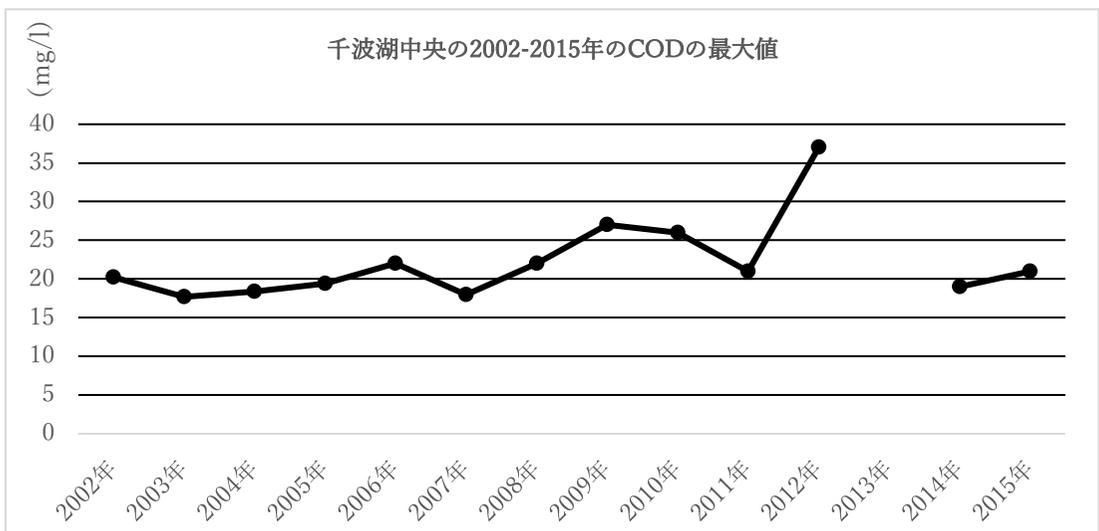


図 6. 千波湖中央の 2002 年-2015 年の COD の年最大値 (水戸市環境基本計画 (第 2 次) 第 2 章 環境の現況と課題) (平成 27 年 水戸市環境基本計画(第 2 次)実施状況報告書)

注) 2013 年は東日本大震災の影響で異常値が出たため記録なし

図7は、2019年4月から2020年3月の千波湖東湖、西湖、中央の3地点のCODの月平均の経年変化である。千波湖は湖沼としての環境基準には指定されていないが、水質保全目標値としてCOD8mg/l以下が掲げられている（第二期水環境改善緊急行動計画 桜川清流ルネッサンスⅡ（改訂版）平成28年4月）。図7を見ると、冬、春は水質保全目標値を達成しているが、夏から秋（6月から11月）は目標が達成できていないことが明らかである。この原因は夏にアオコが増加したことによって、COD値が上昇したためと考えられる。また、西湖や中央と比べて、東湖の方が全体的にCODの値が高くなっている。

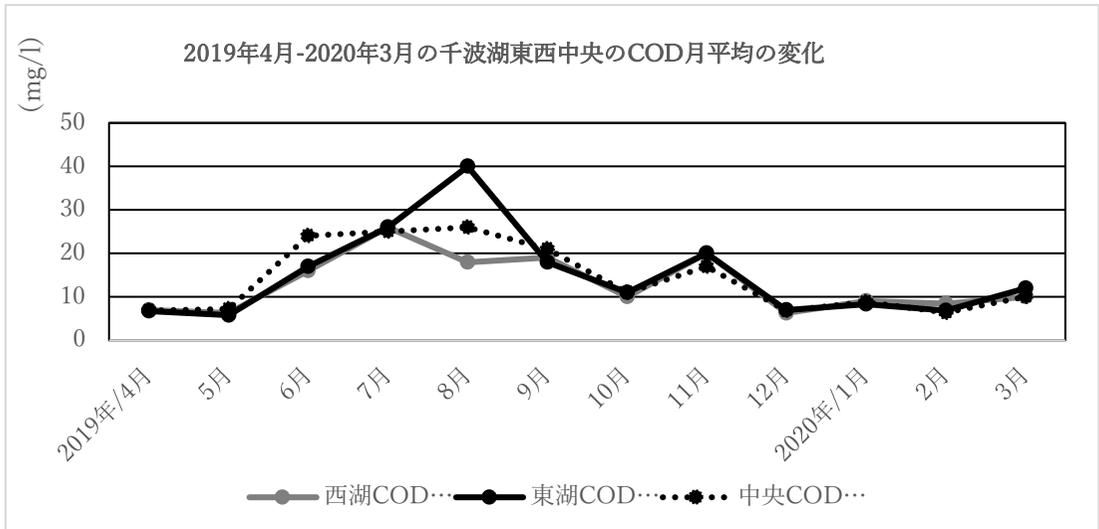


図7. 千波湖東西中央3地点の2019年4月-2020年3月のCODの月平均の変化
(水戸市の環境 第4部 平成30年-31年)

最後に図 8 は、2021 年 4 月から 2022 年 3 月の千波湖東湖, 西湖, 中央の COD 月平均の経年変化である。図 7 と同様に夏から秋にかけて COD の数値が高くなっている。また中央, 東湖の方が西湖より COD 値が高いことも図 7 と同様である。

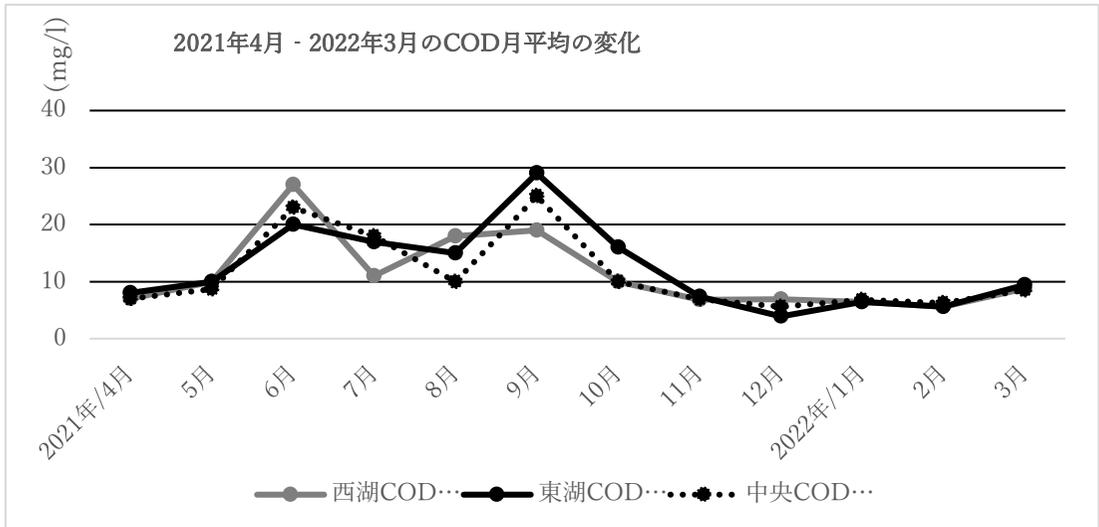


図 8. 千波湖東西中央 3 地点の 2021 年 4 月-2022 年 3 月の COD の月平均の変化
(水戸市の環境 第 4 部 令和 3 年-令和 4 年)

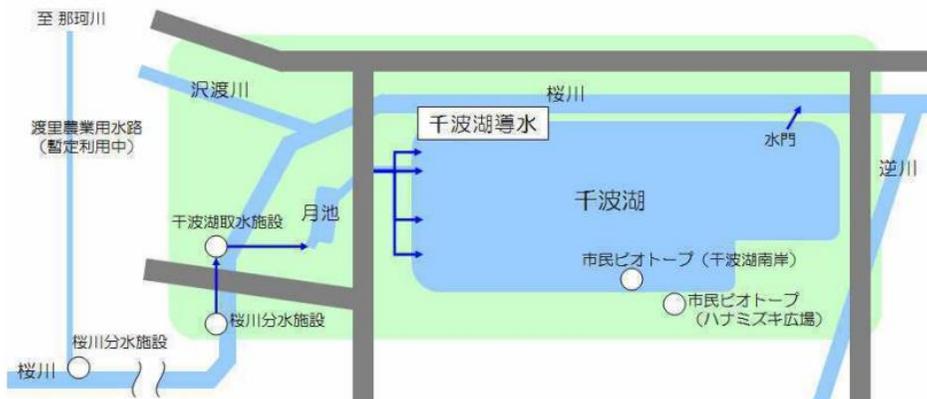


図 9. 千波湖導水事業 (引用: 水戸市環境基本計画 (第 2 次) (案) 2014 (平成 26 年) 水戸)

Ⅲ. 調査結果

9月17日9:30～15:00に千波湖一周(約3km)の全12地点の水面の色,アオコの分布状況の調査を行った(図10)。

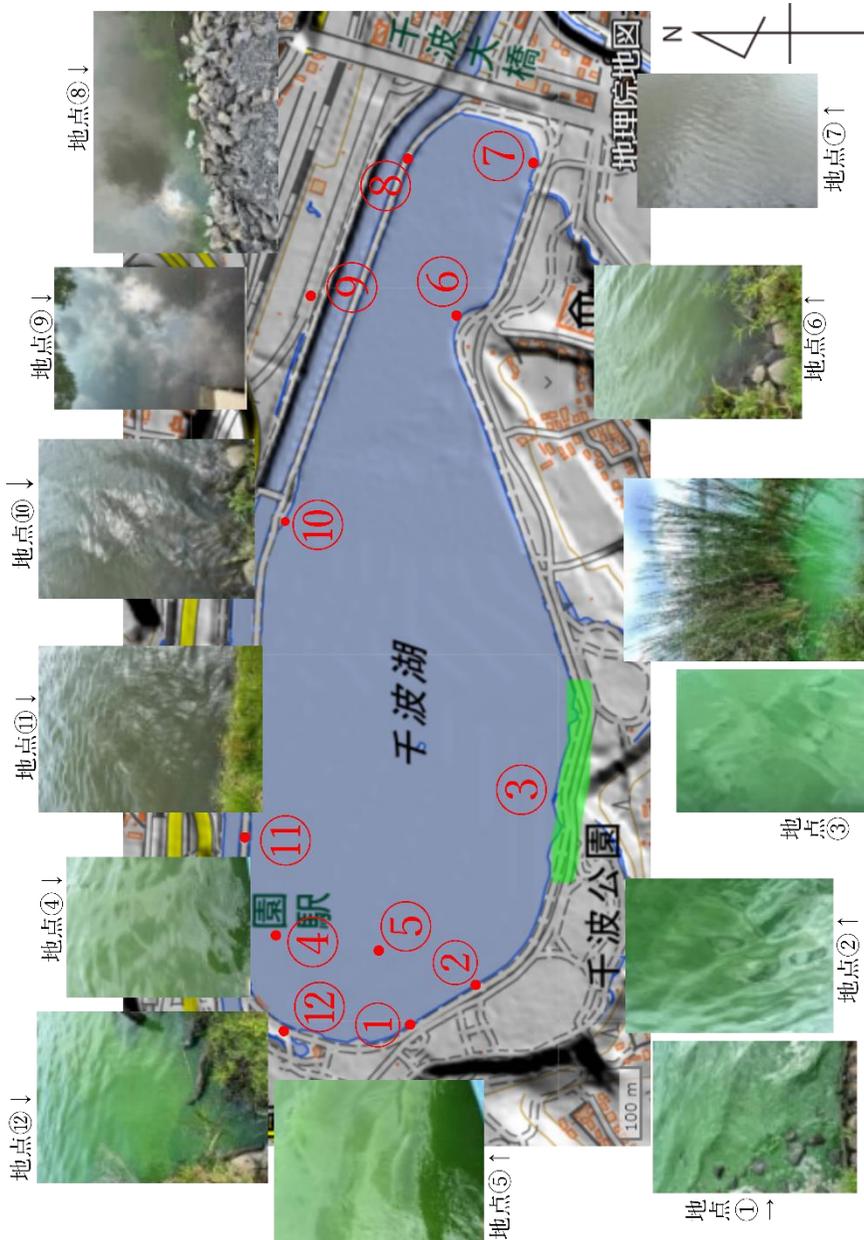


図10. 千波湖一周の湖水の色

作成. 撮影: 筆者 国土地理院地図+陰影起伏図使用 撮影日: 2023.9.17

注) 地図上の緑色の蛍光色の地点はビオトープを指している

今回の調査結果から千波湖全体の見た目アオコ指標は、全 12 地点の中で最大はレベル 5 に該当すると考えられる（図 10）. 前回の調査時（2023. 8. 5）と比較して、目視で確認する限りアオコの量が減少したように思われる. 8 月と 9 月のアオコを比較すると、8 月はアオコ同士が固まっていたのに対し、9 月は一番アオコが見られるところで緑色のペンキを流したようなアオコだった（図 11. 12）.

今回の調査結果からみられる傾向は、千波湖のアオコの分布は西湖（地点①, ②, ⑤, ⑫）, 南湖（地点③, ⑥）に多く、東湖（地点⑧, ⑦）から北湖（地点④, ⑩）へ向かうとアオコが減少することである（図⑩）.



図 11. 2023. 8. 5 の千波湖のアオコ



図 12. 2023. 9. 17 の千波湖のアオコ

①地点

始発点である①が 12 地点中、一番アオコが多く、湖水が汚れていたように思われた. ここにはレストランがあったり、土日はこの場所でイベントが開催されたりして多くの人が集まる場所である. その場所が汚れていると、千波湖の景観に対する印象が下がってしまうのではないかとと思われる. この付近を観察していると、千波湖にいた他の観光客の口から「湖の水が汚れている」と話す声が何度か聞こえた.



図 13. ①地点

②地点

「千波湖導水事業」で那珂川（桜川）から千波湖西湖へ水が4箇所流入をしている。②地点はそのうちの1つである。導水事業で水が流入しているところは、水中で攪拌が起きてアオコが発生しにくくなり、湖底が見えたり、鯉などが泳いでいたりする姿を見ることができた（図14）。また、この場所ではアオコがあまり見られなかったのと、鯉が泳いでいる姿が見られたので、観光していた人は鯉を見て楽しんでいた。しかし、流入地点から少し離れると、また地点①と同じ緑色の水面が広がっていた（図15）。



図14. 鯉が見られる



図15

③地点

千波湖南側にある全長約260mのビオトープを歩いた。このエリアにはセキショウやガマ類などの抽水植物が育てられていた。湖水の色は地点①、②とほぼ変わらず濃い緑色で、アオコがよく見られた。そしてビオトープエリアに育てられているガマの根元を見ると、アオコが付着して青緑色になって、固まった状態だった。

千波湖一周は護岸整備が行われているため、現在の千波湖は「天然湖の姿」とは言い難いが、このビオトープ空間では湖本来の自然を感じることができる。



図16. ビオトープエリアの水面の色



図17. ビオトープの様子

④・⑤地点

湖畔にあるボート屋のスワンボートを利用して④は湖の北側、⑤は湖の西側を観察した。④の北側は、西湖や南湖の色と比べると濁った緑色に見える。しかし⑤の西湖は、④よりも濃い緑色でアオコが多いと感じられた。また、千波湖の西湖付近に大噴水、東側と南側に小噴水がある。スワンボートで大噴水に近づいた際、噴水の影響で波が発生して攪拌が起こるため、アオコの境目を見ることができた。

スワンボートは千波湖を訪れた多くの観光客が利用していた。筆者がスワンボートに乗ろうとした際に、ボート屋のスタッフの方に「スワンボートの運転中に水が跳ねて服が緑色にならないように気を付けてください」と言われ、アオコの多い湖ならではのスワンボートだと感じられた。



図 18. ④北側



図 19. ⑤西側

⑥地点

千波湖には水質改善のためジェットストリーマー（流動促進装置）が10基設置されていて、そのうちの1基が近くで見られる地点⑥に移動して水面の色の観察を行った。色はかなり薄い緑色になり、見た目アオコ指標レベルは3~4に当てはまると思われる。地点⑥を含む南湖は逆川導水や台地からの湧き水が流入しているため、西湖より水が澄んで見えるということが考えられる。



図 20



図 21

⑦地点

この地点には栈橋があり、より近くで千波湖の水面を見ることができる。地点⑥から水面の色が変化してきたが、地点⑦では水面が緑色ではなく濁った色となり、アオコは肉眼ではほぼ確認できない状態までに変化した。

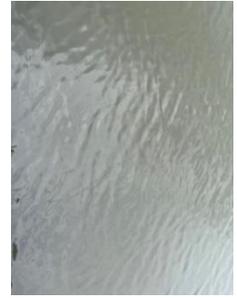


図 22

⑧地点

地点⑧, ⑩, ⑪では千波湖と桜川の間にあるサイクリングロードを歩いて観察を行った。⑧は⑦地点と同じく濁った色をしていたが、湖岸にアオコが見られた。そして湖岸にある石にアオコが付着して青緑色になっていた(図 23)。⑧地点は千波湖導水事業で千波湖から桜川へと流出している場所のため水中で攪拌が発生して、比較的アオコの少ない環境になっていると考えられる。



図 23. アオコが石に付着している

⑨地点

千波湖のすぐ近くを流れる桜川の水面の色は、千波湖と桜川を繋ぐ芳流橋を渡って観察した。写真からでは太陽が水面に反射してしまっよく水の色が見えないが、千波湖に比べて河川の流れがあるためアオコは見られなかった。



図 24. 芳流橋



図 25



図 26. 桜川の様子

地点⑩

桜川から千波湖に戻り,再びサイクリングロードを歩いて湖水の色を確認した.この地点は濁った茶色でアオコはほとんど見られなかった.また湖底を見ることができて,観察した全12地点の中で一番水が澄んでいた.



図 27

地点⑪

この地点は地点⑩と比べると少し濁ってきて薄い緑色に変化してきた.これは徐々に西湖の方に近づいているため水質が落ちてきていると考えられる.



図 28

地点⑫

最終地点である⑫地点は,西湖にあたるためアオコが多く見られた.



図 29

IV. 千波湖の水質汚染についての考察

1. 湖全体の水質汚濁の原因

千波湖の水質汚濁が始まったのは,都市化が始まった1960年代ごろからと言われている.水質汚濁が進んだ原因としては,1921年から1932まで千波湖の3分の2を干拓する「千波湖改修事業」が行われたことが挙げられる.干拓地を水田として利用して,貯水池として残った3分の1の千波湖に農業用水などが排水されていたのではないかと予想できる.さらにこの事業と同時期に千波湖に流入していた桜川が切り離されて,閉鎖水域となり汚濁物質が堆積しやすい環境に変化したことが推測できる.また千波湖の最大水深が1.2mと浅いことから風の影響で湖水が簡単に攪拌され,湖底の水質汚濁物質が巻き上がってしまう点も考えられる.日本で水質悪化が問題となっている湖に共通しているのは,一度湖水が汚れたら水質を改善させるのは困難ということである.現在千波湖ではさまざまな水質改善の対策が行われ

ている。しかし水質が回復するには時間を要するだろう。

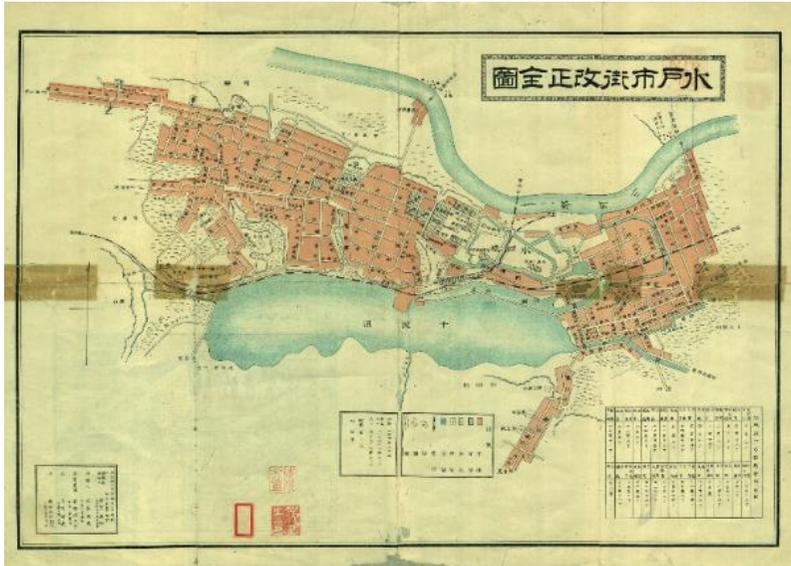


図 30. 水戸市街改正全図 1901 年
(Web 水戸市立図書館デジタルアーカイブによる)

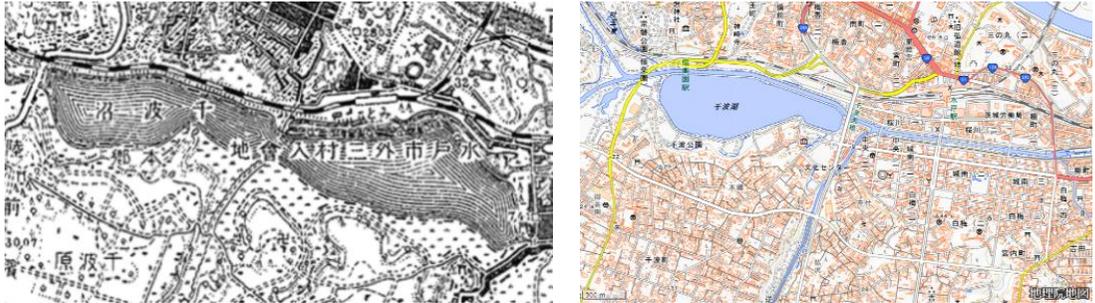


図 31. 1894 - 1915 の 1/50000 の今昔マップと現在の千波湖（国土地理院地図）の比較

2. 千波湖西湖から南湖にかけてアオコが大発生する理由

今回行ったフィールドワークから、千波湖の西湖から南湖にかけてアオコが大発生するということが明らかになった（図 10）。アオコがこの方角に多く分布する理由は、風が影響していると考えられる。図 32 の水戸市の 2000 年から 2023 年までの間で、最大風速を観測した風向きが多い順に並べたグラフを見ると、北東が最も多く、次いで北北東が多い風向きとなっている（気象庁）。このことから北東、北北東から吹く風によってアオコが波に乗って流れていき、西湖から南湖にかけてアオコが多く分布することが考えられる。

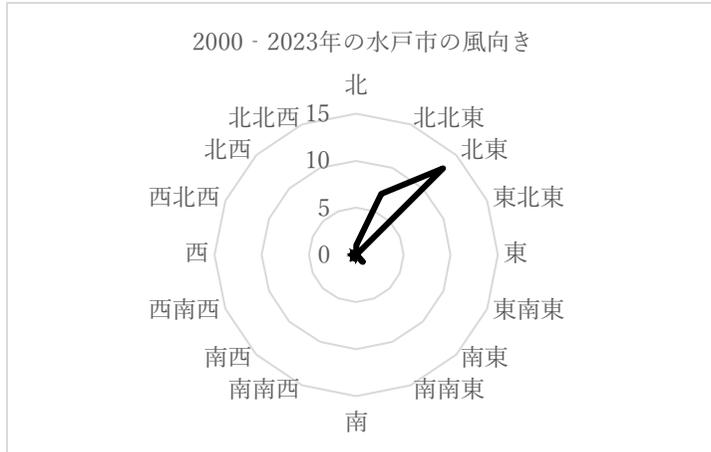


図 32. 2000 - 2023 年の水戸市が最大風速を観測した風向き

3. 千波湖の東西の水質の違いについて ～COD を中心に考える～

筆者は千波湖の西湖から南湖にかけてアオコが多かったため、COD も高いのではないか、と予想していた。しかし実際はアオコがあまり発生しない東湖の方が COD の数値が高い傾向にあった。そのためまず、水深が浅い方が COD の値が高く出るのではないかと考えたが、東湖の最大水深は 1.2-1.3m 程度を記録しているため、深さはあまり影響しないと思われる（図 33）。

次に深さではなく、アオコの発生する量で考えた。アオコの量が多ければその分、水中に届く光の量は減少し、湖水中にいる生物は光合成ができなくなる。そのためアオコが多く、光合成ができない西湖から南湖にかけての水中には生物が集まらず、比較的アオコが少ない東湖にプランクトンなどが集まるため COD の値が高いと推測できる。

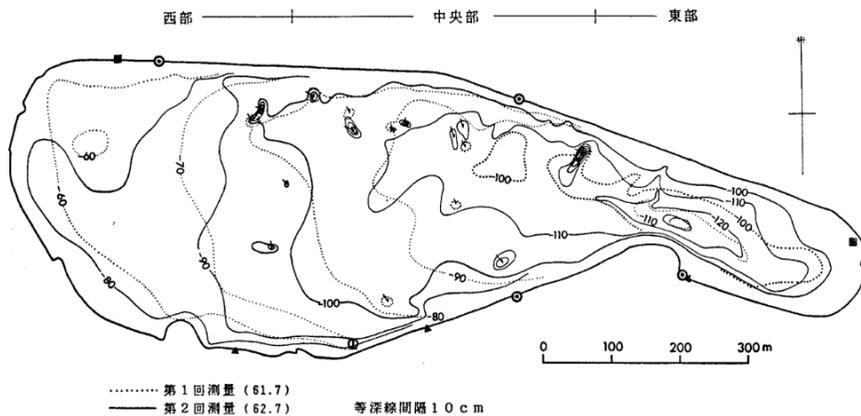


図 33. 千波湖の水深（引用：池田ほか 1988）

V. おわりに

千波湖は干拓によって「天然湖」から人工的に改変された「人工改変湖」へと生まれ変わってしまった。それにより富栄養化が進行して、水質は著しく落ちた。しかし 1988 年から導入水や浚渫工事、平成になってからはジェットストリーマー（流動促進装置）を設置するなど水質改善の取り組みがなされていて、現在も続けられている。近年の千波湖はハードな水質改善の対策だけでなく、ビオトープ空間を利用して地元の子供たちに千波湖の自然を知ってもらう取り組みを行っている。そして 2022 年には那珂川からの導水事業が行われた。この導水事業の効果は短期間ではあったが、千波湖の水質が改善されてアオコの発生を抑えることができた。このことから千波湖の水質は改善していくと思われる。また、今後行われる霞ヶ浦導水事業にも期待ができる。

この先も都市の中の湖として、癒しと憩いの空間を我々に与え続けてほしい。

【参考文献】

- ・池田国昭・斎藤英二・渡辺和明・宮崎純一・高橋治之・桧山一明・三浦伸公・井内美郎(1988)
水戸市千波湖の湖底地形. 地球科学, 42(5), 298-30
- ・茨城の水環境編集委員会(茨城大学)(2000)『茨城の水環境-大学と地域社会のつながりをもとめて』
文眞堂, 32-37 頁
- ・大槻功(2001)『都市の中の湖 千波湖と水戸の歴史』文眞堂, 117-167 頁
- ・田中正明(2004)『日本湖沼誌Ⅱ』名古屋大学出版会, 202-205 頁
- ・花里孝幸(2012)『ミジンコ先生の諏訪湖学』地人書館, 12-13 頁. 26-33 頁
- ・水戸市立博物館(1987)『特別展 千波湖の自然』1-64 頁
- ・霞ヶ浦の歴史-茨城県霞ヶ浦環境科学センター
https://www.pref.ibaraki.jp/soshiki/seikatsukankyo/kasumigauraesc/04_kenkyu/kasumigaura/kasumigaura_rekisi.htm
- ・霞ヶ浦導水工事事務所 桜川試験通水実施状況
https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000842204.pdf
- ・国立環境研究所 湖沼環境指標の開発と新たな湖沼環境問題の解明に関する研究
平成 4~8 年度
<https://www.nies.go.jp/kanko/tokubetu/setsumei/sr-024-98b.html>
- ・千波湖に市民ビオトープをつくろう ~第 5 回千波湖環境学習会~
<https://www.kankyokanri.or.jp/pdf/2018/senbako/20180105-03.pdf>
- ・第二期水環境改善緊急行動計画 桜川清流ルネッサンスⅡ(改訂版)平成 28 年 4 月 1-67
https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000643949.pdf

- ・平成 27 年 水戸市環境基本計画(第 2 次)実施状況報告書 生活環境部環境課 8-9

<https://www.city.mito.lg.jp/uploaded/attachment/4860.pdf>

- ・水戸市環境基本計画（第 2 次）（案） 2014（平成 26）年 水戸市

<https://www.city.mito.lg.jp/uploaded/attachment/4854.pdf>

- ・水戸市環境基本計画（第 2 次） 第 2 章 環境の現況と課題 15-16

<https://www.city.mito.lg.jp/uploaded/attachment/10586.pdf>

- ・水戸市の環境 第 4 部 平成 30 年-31 年 45-46

<https://www.city.mito.lg.jp/uploaded/attachment/20230.pdf>

- ・水戸市の環境 第 4 部 令和 3 年-4 年 47-48

<https://www.city.mito.lg.jp/uploaded/attachment/31726.pdf>

- ・水戸市立図書館デジタルアーカイブ

https://adeac.jp/mito-lib/viewer/mp000006-200010/zenzu_m34/

(最終閲覧日：2023.11.13)