

琵琶湖・瀬田川プランクトン等モニタリングと

植物プランクトン遷移の現状評価

生物圏係 藤原直樹・岩本健也・河上新大・宮下康雄¹⁾・一瀬諭

1. 目的

琵琶湖流域における健全な水環境の保全・再生のために、水圏生態系の基礎をなすプランクトンの継続的なモニタリングを行い、琵琶湖の変化を迅速に捉えるとともに、瀬田川プランクトン速報等による情報発信を行う。また、これまで蓄積したデータを活用し、琵琶湖における植物プランクトンと水質、気象等との関係性の解析を行い、プランクトン相から見た琵琶湖の現況評価や今後の課題整理を行う。また、西の湖におけるアオコ形成プランクトン等のモニタリング調査を実施して、西の湖のアオコ発生抑制や水質改善の対策に寄与する。

2. 研究内容と結果

【サブテーマ① 琵琶湖・瀬田川プランクトン等モニタリング調査】

水質や生態系の変化を監視するとともに、琵琶湖の現況評価や保全対策に必要な長期データの継続的な蓄積を行うため、琵琶湖（月2回）および瀬田川（毎週）でプランクトン調査を実施した。

2023年度、北湖（今津沖中央）表層における植物プランクトンの変動（図1）を見ると、6月後半に、大型緑藻の *Staurastrum dorsidentiferum* var. *ornatum*（スタウラストルム・ドルンデンティフェルム）と *Micrasterias hardyi*（ミクラステリアス・ハーディー）によるやや大きなピークが見られたが、その他の時期には少なく、特に7月後半から11月にかけては1978年の調査開始以来最低レベルの少なさであった。南湖（唐崎沖中央）表層（図2）においては年間を通して植物プランクトンの大きな増加は見られなかった。とくに、3月～4月上旬、8月～9月上旬および11月に少なかった。

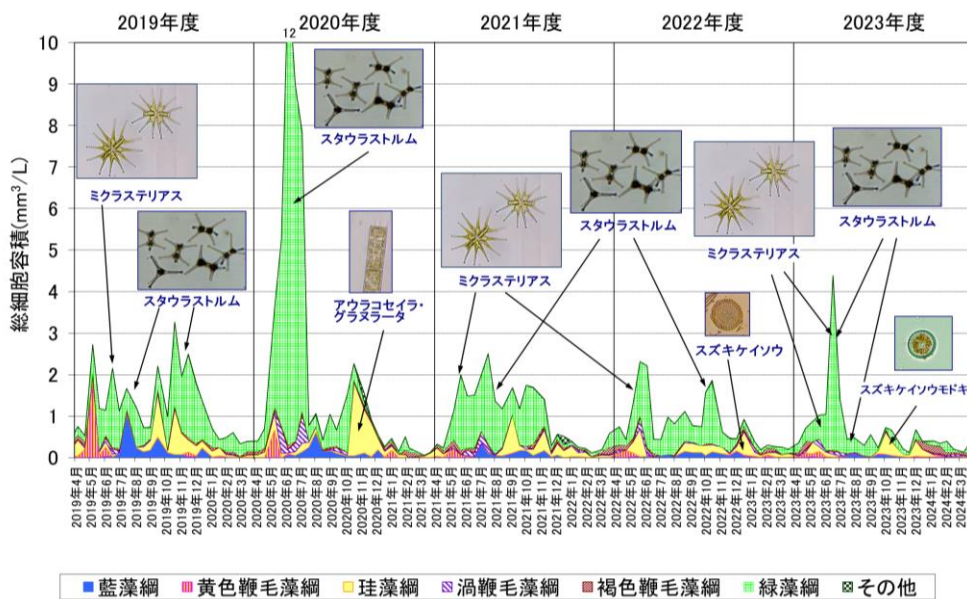


図1 琵琶湖北湖（今津沖中央）0.5m層におけるプランクトン総細胞容積の変動

1) 既退職

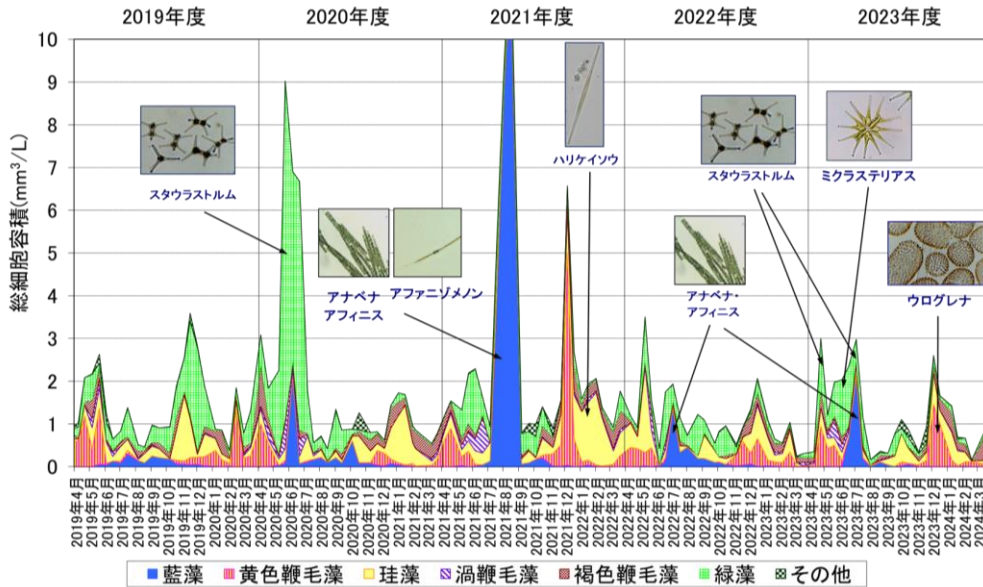


図2 琵琶湖南湖（唐崎沖中央）0.5m層におけるプランクトン総細胞容積の変動

瀬田川プランクトン調査では、異臭味プランクトン等の情報を毎週 HP で発信した。カビ臭（2-メチルイソボルネオール（2-MIB）原因種である *Phormidium tenue*（フォルミディウム・テヌエ）は、2021年度から2022年度にかけて検出頻度、濃度ともに高かったが、2023年度には減少した。特に冬季には検出されなかった（図3）。また、カビ臭（ジオスミン）原因種についても大きな増加は見られなかった。

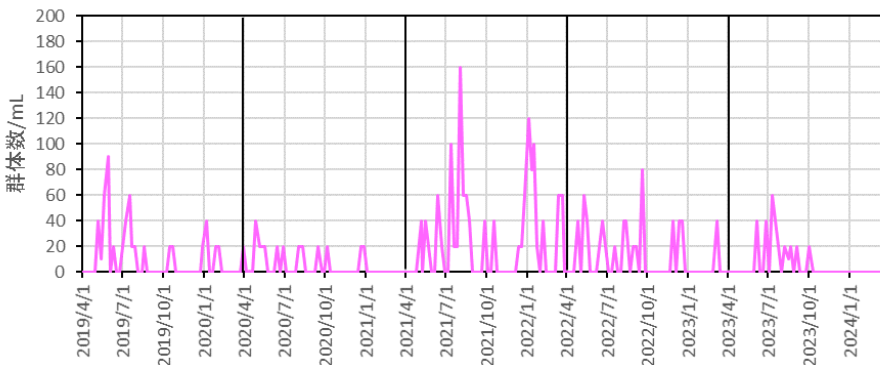
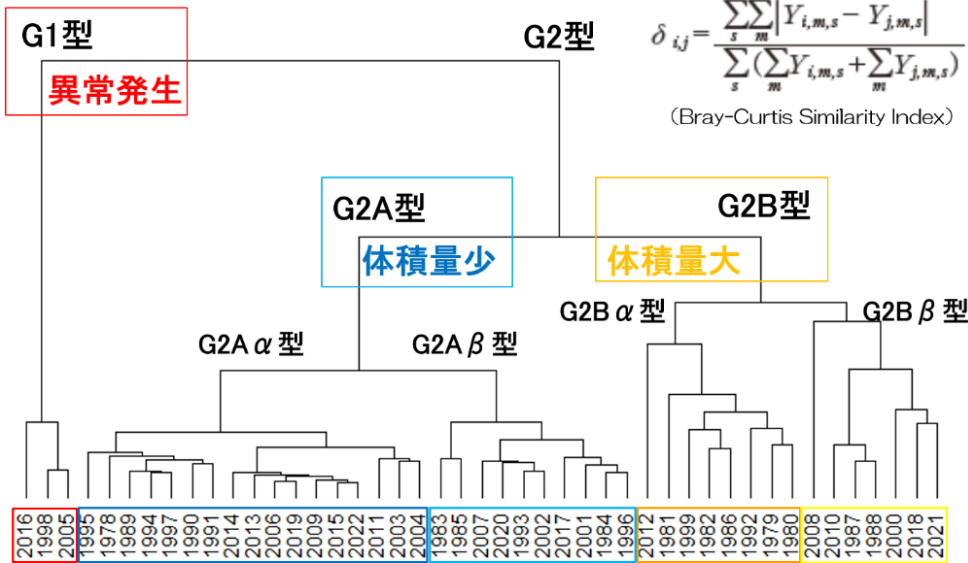


図3 瀬田川（唐橋流心）におけるフォルミディウム・テヌエの変動

【サブテーマ② 琵琶湖における植物プランクトン遷移の現状評価】

南湖における植物プランクトン群集の長期的な変動傾向を見るために、南湖唐崎沖中央地点における植物プランクトンを網別の分類群に分けて集計した後、その季節変動の年度ごとの類似度を Bray-Curtis 指数により算出し、クラスター分析（Ward 法）によりデンドログラムを作成した（図4）。季節変動のパターンは夏季に藍藻類の異常発生が見られる G1 型とそれ以外の G2 型に分類された。G2 型は大きな増加が見られない G2A 型と大きな増加が現れる G2B 型に分けられた。さらに、G2A 型は年間通してほとんど増加が見られない貧栄養湖で見られるような季節遷移である α 型と、春から初夏に緑藻の増加が見られる β 型に分けられ、G2B 型は秋に緑藻のピークがある α 型と夏に藍藻のピークがある β 型に分けられた（図5）。



$$\delta_{ij} = \frac{\sum_s \sum_m |Y_{i,m,s} - Y_{j,m,s}|}{\sum_s (\sum_m Y_{i,m,s} + \sum_m Y_{j,m,s})}$$

(Bray-Curtis Similarity Index)

図4 南湖唐崎沖中央における各年度の植物プランクトン季節変動のクラスター分析結果 (Ward法)

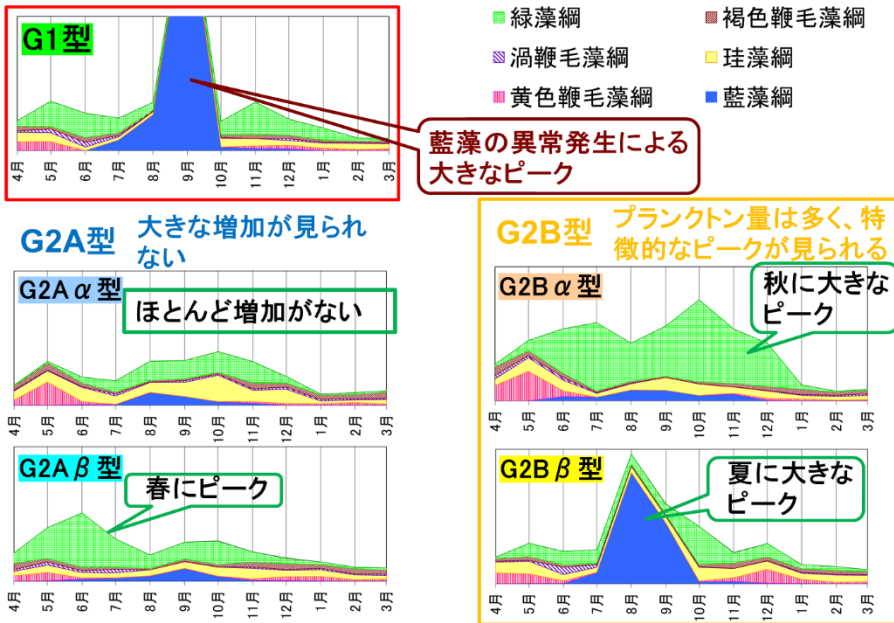


図5 各グループの植物プランクトン季節変動パターン例

次いで、栄養塩や気象等の環境変化とプランクトン組成との関係性を評価するため、冗長性分析を行った (図6)。植物プランクトンの季節遷移パターンは1990年代以前と2000年以降で大きく2つのグループに分かれた。また、環境変化の長期的な特徴として、栄養塩の全窒素、全りんは減少傾向、気温および水温、全天日射量、風速は上昇傾向として確認できた。褐色鞭毛藻、黄色鞭毛藻および珪藻の長期変動はこれらの環境変化に近い軸線上にあり、これらの分類群の減少傾向と環境変化の関連性が推定される。対して、渦鞭毛藻、緑藻および藍藻の変動は、これらの環境変化軸とは異なっており、別の要因の影響を受けている可能性がある。

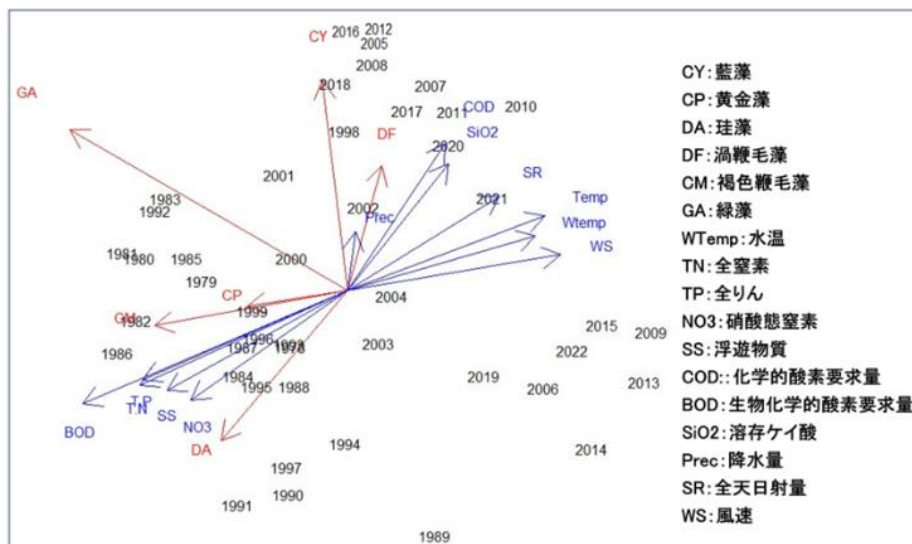


図 6 冗長性分析の結果（網別植物プランクトン、水質、気象の年度平均データを使用）

【サブテーマ③ 西の湖アオコ原因プランクトン調査】

西の湖の水質改善を目的とする「西の湖における水質改善実証モデル事業」に資するため、琵琶湖保全再生課の依頼を受け、2022 年度から西の湖におけるアオコ原因プランクトン調査を実施している。2023 年度は、5～11 月の年 8 回各 9 地点でアオコ形成藻類の調査、9 地点のうち 1 地点（(g) 白王橋）で植物プランクトンの調査を実施した。試料採取を琵琶湖保全再生課が実施し、試料の検鏡を当センターで実施した。

西の湖におけるアオコ形成プランクトン調査結果を図 7 に示した。アオコ形成プランクトン量を体積の概算値で見ると、大きな量になったのは 9 月 28 日の (e) 艇庫前地点、8 月 3 日と 9 月 28 日の (f) トムソーヤ横地点であった。(h) 蛇砂川河口地点は調査期間を通してわずかな量であった。また、(i) 長命寺川河口地点も少なかった。2022 年 9 月 28 日に大きな量を示した (b) 山本川河口 (西) 地点については、2023 年度は調査期間を通して小さな量であった。

アオコ形成プランクトンの種組成を体積の概算値で見ると、2022 年度はミクロキスティス属主体であったが、2023 年度は前年度に比べてミクロキスティス属の量が少なく、オシラトリア属あるいはアナベナ属が主体となる回数が増えた。

5 月 11 日、6 月 9 日にはすべての地点でアオコ形成種が少なく、7 月 6 日には (a) ポケットパーク横地点以外の地点でアオコ形成種が少なかった。2023 年度には 5 月、6 月に降水量が多かったため、アオコ形成種の増加する時期が前年度よりも遅かったと考えられる。

オシラトリア属は、5 月を除いて検出された。カビ臭 (2-MIB) の原因となるオシラトリア・テヌイスは 2022 年度よりも多く、8 月から 9 月にかけて特に多かった。アナベナ属は約 8 割の検体で検出されたが、カビ臭 (ジェオスミン) の原因となる種の検出は 1 割未満の検体にとどまった。

(g) 白王橋地点において調査した植物プランクトン種組成を見ると、アオコ形成種の大きな増加を確認したのは 8 月 3 日以降で、11 月 24 日の調査ではアオコ形成種は大きく減少して珪藻主体となった。

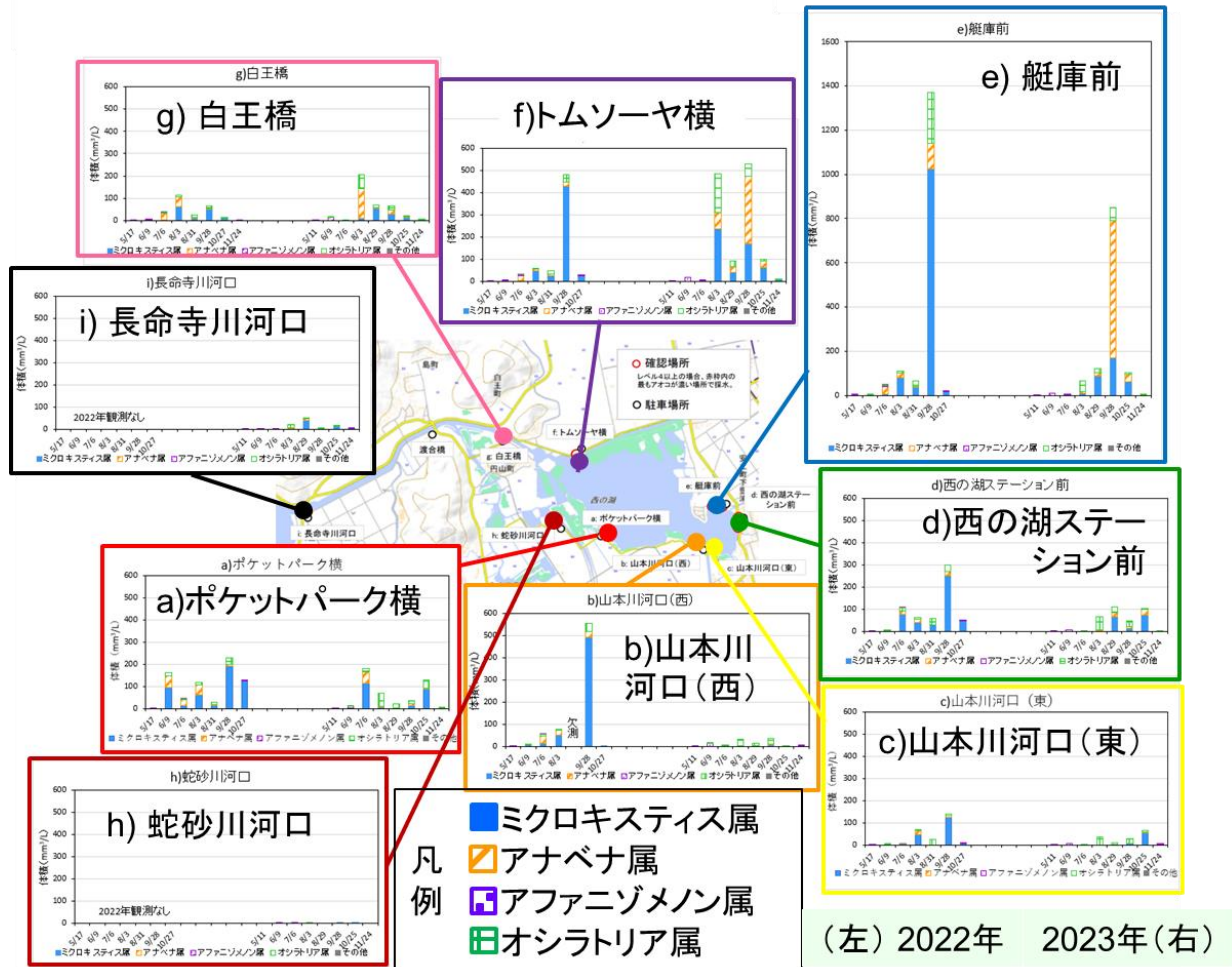


図7 西の湖におけるアオコ形成プランクトン調査結果

3. まとめ

2023年度には琵琶湖において夏季から秋季にかけて植物プランクトン量の極端に少ない期間が続いた。気温上昇による北湖における水温成層の長期化や長期間の少雨などがプランクトンの季節遷移に影響を与えていると考えられる。長期的な季節遷移の変化を見ると、北湖・南湖とも秋季のピークが小さくなり、北湖では初夏に大型緑藻、南湖では夏季に藍藻（アオコ形成種）の増加が見られる頻度が増している。

今後、気候変動が水質や生態系に及ぼす影響を評価するとともに異常をいち早く検知するため、プランクトン調査を継続し、プランクトンの増減と種組成を把握するとともにデータ解析におけるプランクトンの変動に影響を及ぼす要因の検討を行う。

西の湖においては、2010年代中頃以降夏季の全りんおよびクロロフィルa濃度の高い状況が続いており、夏季にアオコ形成藻類が大量発生している（分析評価モニタリング1西の湖分析調査結果より）。アオコ形成プランクトンの抑制には、りんの削減が必要であり、現状、サブテーマ③ではカビ臭原因を含むアオコ形成プランクトンの監視を行っているのみである。