

琵琶湖・瀬田川プランクトン等モニタリングとプランクトン予測手法の検討

池田将平、萩原裕規、宮下康雄、藤原直樹

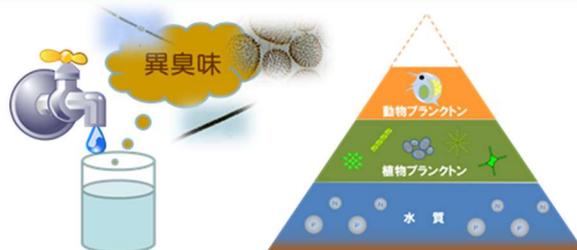
1. 目的

定期的なモニタリングを行うとともに、異臭味プランクトンの発生によって起こる利水障害等のリスクに備えるため、瀬田川において異臭味プランクトンの短期的な予測手法の検討を進める。

2. 研究内容と結果

【現状における課題】

- プランクトンに起因する琵琶湖の水質や生態系の変化
- プランクトンによって発生する生ぐさ臭やカビ臭等の水道生物障害

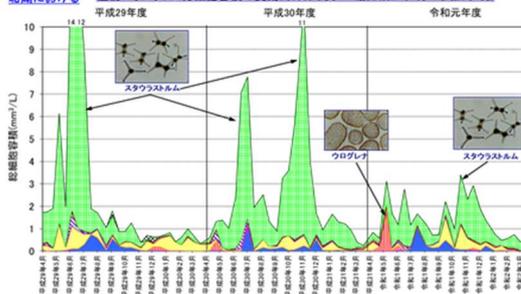


【課題解決に向けた対応】

1 プランクトン等情報の定期的な収集

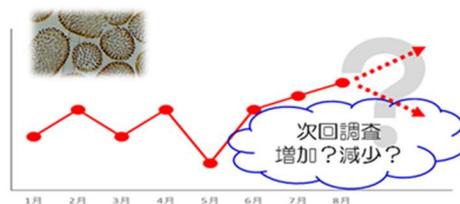
- 琵琶湖における水質や生態系の変化を捉えるためのプランクトン等のモニタリングを琵琶湖および瀬田川で実施

北湖における植物プランクトン総細胞容積の変動(今津沖中央0.5m層,平成29年4月～令和2年3月)



2 異臭味プランクトンの事前予測

- 瀬田川におけるモニタリングデータをプランクトン予測に活用
- 瀬田川における異臭味プランクトンの短期予測手法を検討
- 瀬田川速報の充実化



【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】

- ・本サブテーマでは琵琶湖・瀬田川におけるプランクトンのモニタリング調査を実施してきた。2021年度における琵琶湖北湖今津沖中央、琵琶湖南湖唐崎沖中央、瀬田川における植物プランクトンの総細胞容積の変動を示した。
- ・北湖今津沖中央では年間を通じて植物プランクトンの大きな増加は見られず、最大で7月の総細胞容積 $2.5 \text{ mm}^3/\text{L}$ であった。5月～10月にかけて、主な優占種は緑藻類の *Staurastrum dorsidentiferum* (スタウラストルム) と *Micrasterias hardhyi* (ミクラステリアス) であった (図1)。

- 南湖唐崎沖中央では、8月に藍藻類の大きな増加が見られた。主要な構成種は *Anabaena affinis* (アナベナ) と *Aphanizomenon issatschenkoi* (アフアニゾメノン) で、総細胞容積 $12\text{mm}^3/\text{L}$ まで増加した。12月には黄色鞭毛藻類が増加して総細胞容積 $6.6\text{mm}^3/\text{L}$ となった。主要な構成種は *Dinobryon bavaricum* (ホソヒダサヤツナギ) と *Uroglena americana* (ウログレナ) であった。1月～2月には珪藻類の *Synedra acus* (ハリケイソウ) が増加し、総細胞容積 $2\text{mm}^3/\text{L}$ 程度で推移した (図2)。ハリケイソウは浄水場においてろ過障害の原因となる種である。
- 瀬田川では年間を通じて緑藻類の占める割合が小さかった。南湖と同様、8月に藍藻類の増加が見られ、主要な構成種はアナベナ、アフアニゾメノン、*Microcystis aeruginosa* (マイクロキスティス) であった。12月には、ホソヒダサヤツナギ、ウログレナを主体とする黄色鞭毛藻類の増加、1月～2月にはハリケイソウを主体とする珪藻類の増加が見られた (図3)。

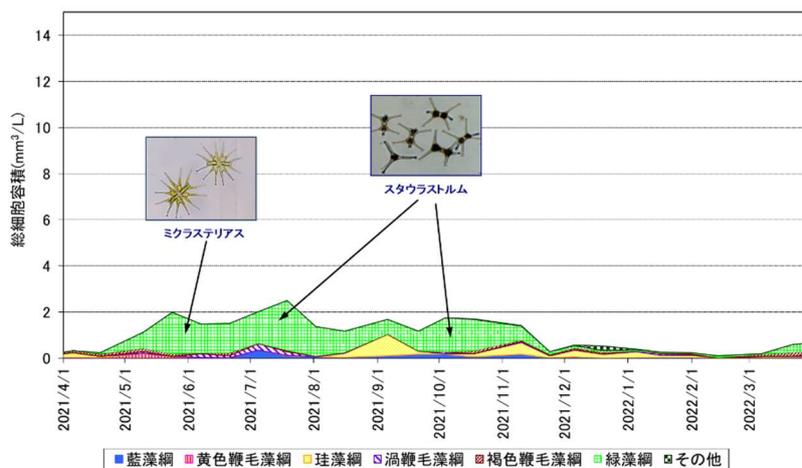


図1. 北湖今津沖中央における植物プランクトン総細胞容積

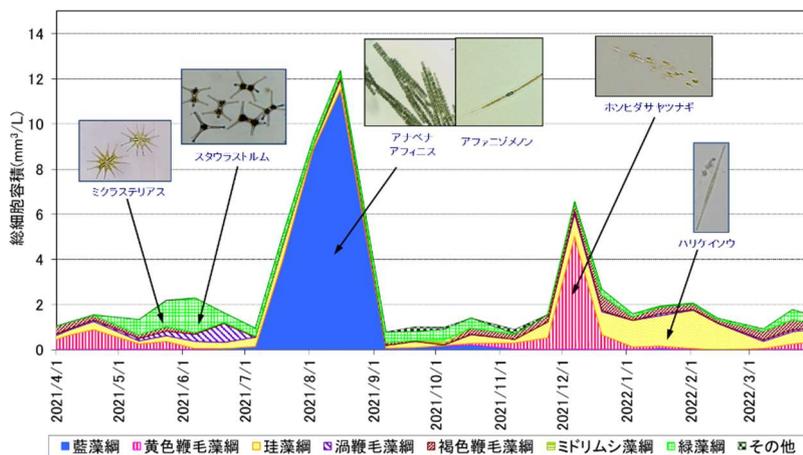


図2. 南湖唐崎沖中央における植物プランクトン総細胞容積

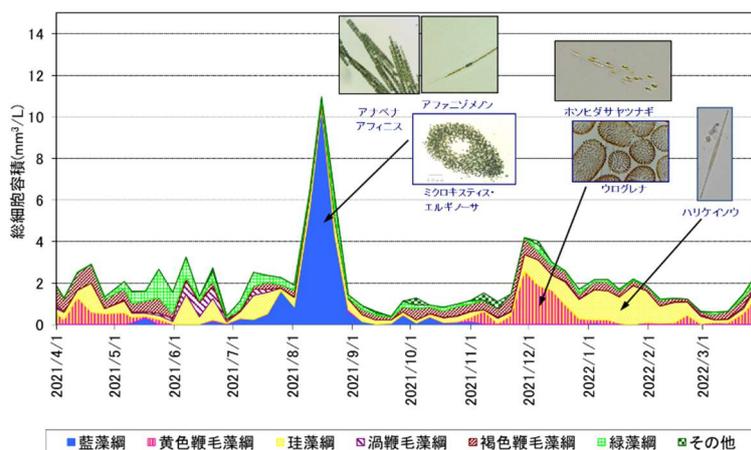


図3. 瀬田川における植物プランクトン総細胞容積

【サブテーマ② 瀬田川におけるプランクトン予測手法の検討】

・本サブテーマでは瀬田川におけるプランクトン予測をおこなうために、時系列予測手法である差分法、移動平均法、指数平滑法、最近隣法を用いて異臭味プランクトンの一つである黄色鞭毛藻類の *Uroglena americana* (ウログレナ) の翌週の予測を検討した。その結果、予測値と実測値との相関係数の大きさでは、大きい方から差分法、指数平滑法、移動平均法、最近隣法の順であった。差分法、移動平均法、指数平滑法の3手法は予測の良さは高いものの、直前のデータに大きく依存するため、遅れてピークを示す傾向があった。一方、最近隣法は予測の良さは低いものの、上がり下がりの変動が大きいデータに適応でき、直前の小さな変動を検出できれば、遅れなく予測できる可能性があることが分かった（令和2年度研究報告書より）。

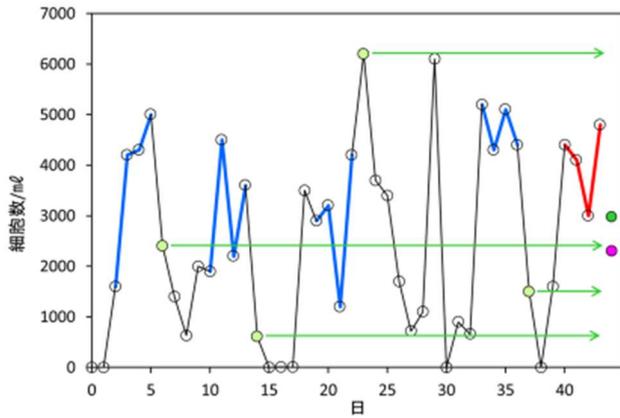
・よって、最近隣法による予測を採用し、さらに精度の向上を検討した。図4に最近隣法による予測値算出方法を示した。

・予測しようとする値の直前の変動と類似の変動パターンを過去のデータから検出して、そのパターンの次に出現する値から予測値を求める最近隣法において以下の検討を行った。

・検索対象となる過去のデータの長さによる予測の良さ（相関係数の大きさ）の違いを検討した結果、調査開始当初からの長期間のデータを対象とした場合と、直近10年間のデータを対象とした場合とで、ともに、より高い相関が得られた（図5）。より多くのデータを使用することで予測の精度が高まるという面と、直近のデータを用いた方が今の遷移パターンに近いことで精度が上がるという面が見られた。

・予測しようとする値の直前の変動パターンについて、使用するパターンの長さを検討した結果、4回前（約1か月前）までのパターンを使用した場合により高い相関が得られた（図6）。実感的に言っても1~2か月で優占種が変化することから1か月程度の挙動からの予測は妥当ではないかと考えられた。

・予測に使用する過去の変動パターンをいくつ採用するかについて検討した結果、予測しようとする値の直前の変動パターンとの差の絶対値の和が最も小さい（最も類似度の高い）変動パターンから、その2倍程度の差までのパターンを採用したときにより良い予測値が得られた（図7）。



予測しようとする値に連続したその前のn個の値(赤線)の変動パターンに類似した(距離が小さい)過去のデータ(青線)を検出し、そのパターンの次に発現する値(黄緑の●)に距離に応じた重み付けをして予測値(緑の●)を算出する。実測値はピンクの●。

$$\text{距離: } d_m = \sqrt{(x_t - x_{t-m})^2 + (x_{t-1} - x_{t-m-1})^2}$$

$$\text{重み: } w_m = \frac{1/d_m}{\sum_{d_k \in S} 1/d_k}$$

$$\text{予測値: } y_{t+1} = \sum_{d_m \in S} w_m x_{m+1}$$

図4 最近隣法による予測値算出方法

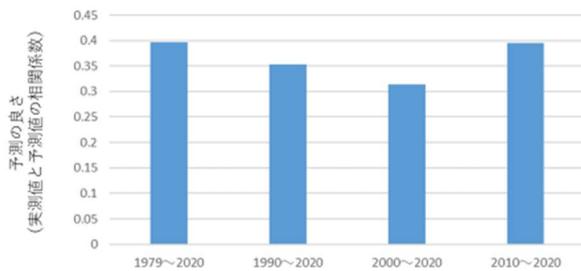


図5 使用データ長と予測の良さの比較

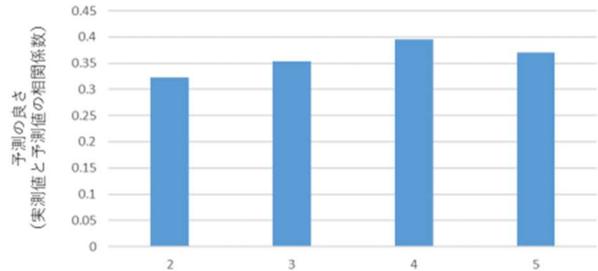
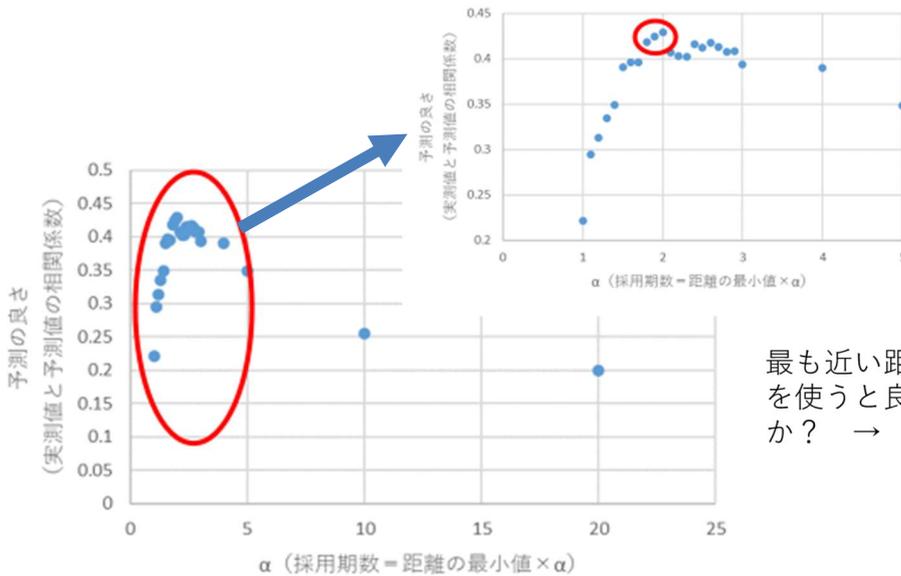


図6 使用パターン長と予測の良さの比較



最も近い距離の何倍までのデータを使うと良い予測値が得られるのか? → 2倍近くで良い結果

図7 採用期数による予測の良さの変化

3. まとめ

【サブテーマ①】

- ・2021年度、北湖では植物プランクトンの大きな増加は見られなかった。南湖および瀬田川では、8月に藍藻類の大きな増加と12月に黄色鞭毛藻類の増加が見られ、冬季にハリケイソウがこの種としては大きな量で推移した。
- ・琵琶湖・瀬田川におけるプランクトンのモニタリング調査は長期間に渡り継続的に実施されており、プランクトン異常発生の検出や水質の状況把握に活用されてきた。これからも研究の基礎となるモニタリングをその精度を確保しながら継続して実施していく。

【サブテーマ②】

- ・瀬田川におけるプランクトン予測手法の検討では、水道事業体において異臭味障害の原因となるウログレナの短期予測手法について検討した。
- ・最近隣法は過去の傾向が似ているデータを参照するため、上がり下がりの変動が大きなデータに適用できる特徴があり、他法よりピークの遅れは小さかったので、最近隣法を予測手法に採用し、更なる検討を行った。
- ・予測に用いるデータは長期間のものを使った方が良い傾向が見られ、直近10年のデータを使っても良い結果が得られた。
- ・予測に使用するパターンの長さは4回前までのデータを用いると良い結果が得られた。
- ・予測に用いる過去の類似パターンの採用数は小さすぎても大きすぎても悪く、最も類似度の高いパターンから2倍程度の距離（違いの大きさ）のパターンまでを用いるのが最適であった。
- ・瀬田川におけるモニタリング調査結果を毎週HP上で公開することで、県民のみなさまや水道事業体へプランクトン発生状況の情報提供を行っていく。(https://www.lberi.jp/setagawa_plankton) また、異臭味障害等のリスクに備えるためのプランクトン発生予測を検討し、プランクトン発生予測の提供を目指していく。