

2021（令和3）年度印旛沼における植物プランクトン調査結果

星野武司 品川知則

1 調査目的

印旛沼の有機汚濁について、近年のCODの増加は直接流入よりも植物プランクトン増殖に伴う内部生産増加による影響が大きいと推定されている¹⁾。また西印旛沼では、利水・気象の状況により2~3日という非常に短い期間で、植物プランクトン増殖が飽和することが知られており²⁾、植物プランクトン増殖速度が優占種に与える影響が大きいことが推定されている。近年、植物プランクトン増殖パターンに変化が見られており、藍藻が優占する時期が短くなり、珪藻の優占する期間が長期化する傾向があり、印旛沼COD高止まりの要因の一つとされている³⁾。その一方で、気候変動による水温上昇により、藍藻の優占期間が長期化し、利水等に影響を与えるおそれがあるという予測もされている³⁾。

今回、藍藻と珪藻について、それぞれの綱がどのように優占に至るかについて明らかにするために、環境基準点における綱別クロロフィルa濃度の連続的な測定及び複数地点における鉛直方向の測定、また藍藻の定量PCR法による測定を行った。



図1 調査地点

2 調査方法等

2・1 多波長励起蛍光計を用いた綱別調査

2・1・1 クロロフィルa連続調査

印旛沼の環境基準点である上水道取水口下の底面から75cmの位置に多波長励起蛍光計 Multi-Exciter (JFE アドバンテック) を設置し、30分おきに蛍光強度を測定した。得られた強度をもとに、藍藻、珪藻由来のクロロフィルa濃度を推定した。

2・1・2 クロロフィルa鉛直分布調査

2021年5月26日及び2022年3月23日の2回、西印旛沼の8地点(図1)において、多波長励起蛍光光度計 Multi-Exciter (JFE アドバンテック) を水面から底面まで約10cm/s以下の速度で複数回上昇・降下させ、1秒間隔で装置深度及び蛍光強度を測定し、2・1・1と同様に綱別のクロロフィルa濃度を測定した。

2・2 藍藻の定量PCRを用いた底泥中及び水中での測定

鉛直分布調査と同調査日・調査地点において、底泥試料を採取した。それ以外に、2021年3月23日、7月13日、8月24日、11月15日、2022年1月27日に上水道取水口下の底泥試料を採取した。底泥試料は、船上からエクマン・バージ型採泥器で底泥を採取し、表層1cmを葉さじですくい取り混合した。遠心分離により上澄みを除いた後、-80℃で保存した。DNA抽出は、解凍した底泥試料約500mgから正確に秤量後ISOIL for Beads Beating (ニッポンジーン) を用いて行った。沼水試料は、採水した20mLを直径25mmのWhatman GF/Fで濾過し、ろ紙を-80℃で保存した。DNA抽出は、ろ紙からDNeasy Plant Mini Kit (QIAGEN) を用いて行った。

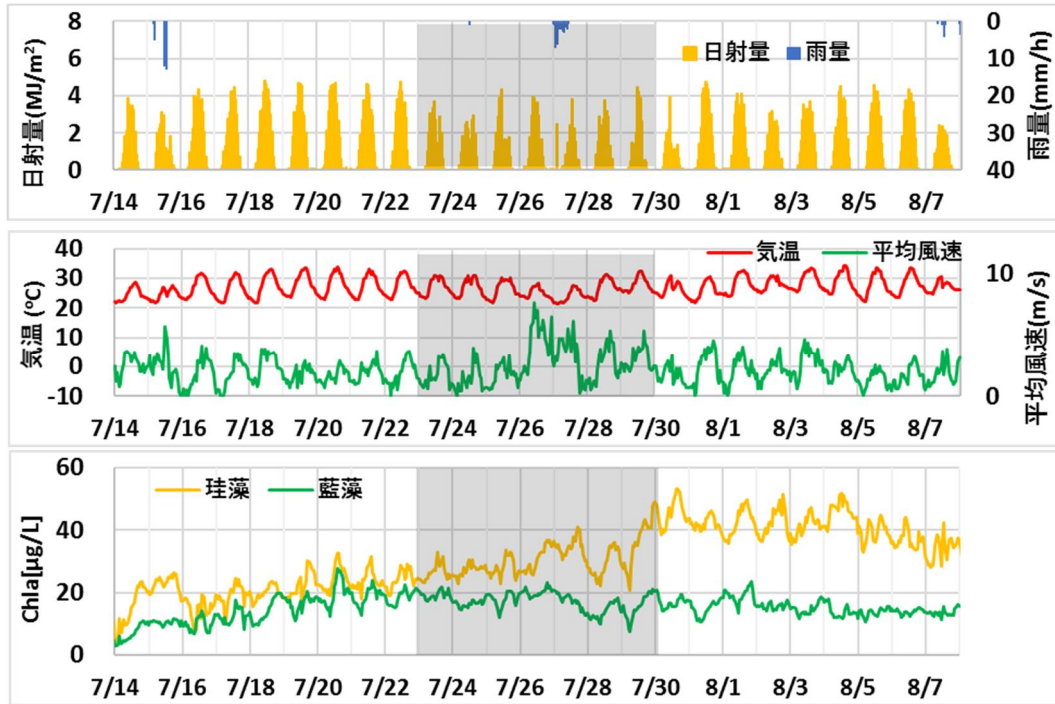


図2 上水道取水口下における7月14日～8月8日の気象及びクロロフィル a
網掛けは日射量が他の時期よりも少ない期間

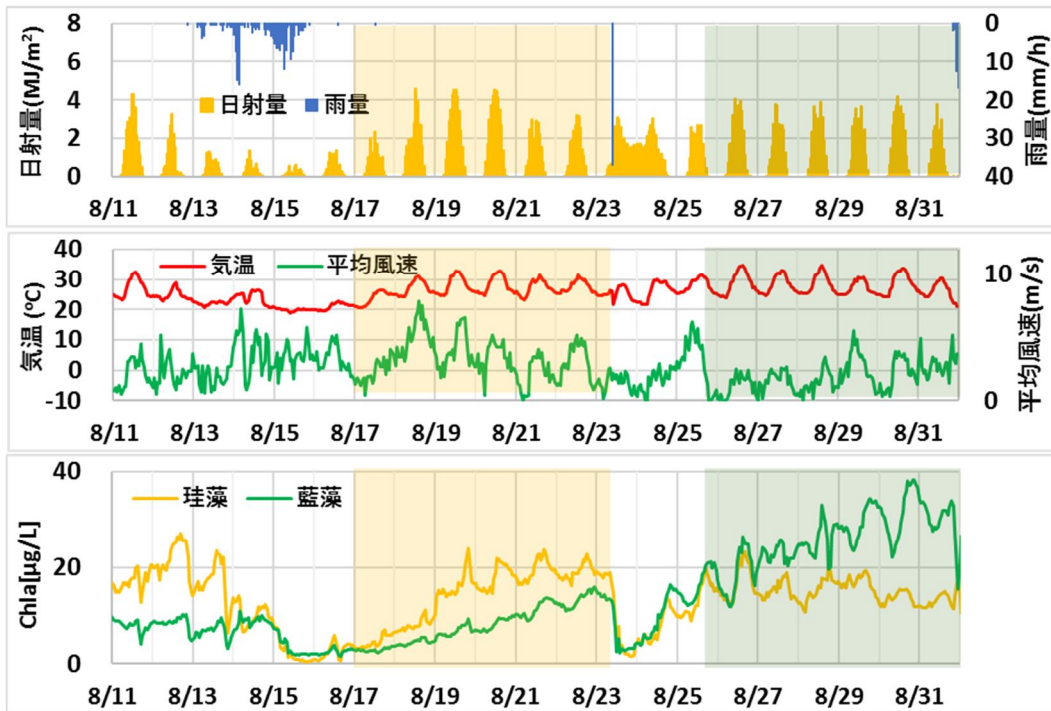


図3 上水道取水口下における8月11日～9月1日の気象及びクロロフィル a
オレンジ網掛けは珪藻が優占，緑網掛けは藍藻が優占した期間

Microcystis 遺伝子の検出は SYBR®Green, 測定にはリアルタイム PCR (Thermal Cycler Dice Real Time System (TaKaRa)) を用いた。プライマーは、既往研究^{4,5)}と同様の手法で Micro233f (5'-CTAATTGGCCTGRAGAAGAGC-3')と Cyano342r (5'-GCTGCCTCCCGTAGGAGT-3')を用いた。測定試料は、サンプル 1 µL, SYBR Premix Ex Taq (TaKaRa) 12.5 µL, 滅菌水 10.5 µL とし、各プライマー 0.5 µL

を添加した。増幅条件は、95 °C×30 秒で熱処理した後、95 °C×5 秒、62 °C×30 秒を 40 サイクル行い、ターゲット遺伝子の増幅は、溶解曲線により確認した。なお、プランクトン計数板（松波硝子）を用いて細胞数を計数し、単位体積当たりの細胞濃度を算出した *Microcystis aeruginosa* (NIES-87) 培養液を段階希釈した試料について、沼水試料と同様に DNA 抽出・リアルタイム PCR を行い、得られた Ct 値を基に各試料の細胞濃度を算出した。

3 調査結果

3・1 環境基準点における網別クロロフィル a 濃度測定結果

夏季の高い水温により藍藻が活発化する時期の 7 月～9 月のうち、特徴的な変動を示した 2 つの期間のクロロフィル a 量を図 2 及び 3 に示す。

7 月 16 日～8 月 8 日において（図 2），日射量の大きい 7 月 16 日～7 月 22 日では、藍藻及び珪藻由来のクロロフィル a 量はほぼ同様の濃度を示していたのに対し、日射量が減少した 7 月 23 日～7 月 30 日については珪藻由来が高い値を示しており、特に 7 月 26 日～7 月 27 日に平均風速 4m/s 以上の風が吹き、かつ 7 月 27 日の降雨の後は珪藻が大きく増加した。

8 月 13 日～9 月 1 日において（図 3），期間中に 2 回降雨があった。8 月 13 日～8 月 15 日の長期間の降雨及び 8 月 23 日の 1 時間に 37mm の短期間の強い降雨である。8 月 13 日～8 月 15 日の長期間の降雨後については、珪藻由来のクロロフィル a が主に増加していた。それに対し、8 月 23 日の降雨後は、藍藻由来クロロフィル a が主となる逆転現象が見られた。

3・2 西印旛沼における網別クロロフィル a 鉛直分布調査結果

2021 年 5 月 26 日及び 2022 年 3 月 23 日における西印旛沼 8 地点の鉛直調査結果のうち、西印旛沼の最上流及び最下流に位置する阿宗橋及び双子橋の結果を図 4 に示す。

2021 年 5 月 26 日において、藍藻は両地点で水深 0.5m 付近をピークとする分布が見られた。珪藻は阿宗橋では藍藻と同様に水深 0.5m 付近をピークとする分布が見られたのに対し、双子橋では水深が深くなるほど濃度が高くなる傾向が見られた。3 月 23 日では、阿宗橋の藍藻の濃度は低く、ピークとなる水深は 1.0 m 付近と 5 月よりも深い位置であった。

3・3 定量 PCR を用いた底泥中の藍藻細胞数及び水中の藍藻細胞濃度の測定結果

2021 年 5 月 26 日及び 2022 年 3 月 23 日における西印旛沼の底泥中の藍藻細胞数及び水中の藍藻細胞濃度を図 5 に示す。

底泥は、2021 年 5 月 26 日では双子橋と先崎地先で高く、阿宗橋と飯野龍神橋の流入河川河口で低い傾向が見られた。また 2022 年 3 月 23 日は沼内（船戸大橋・上水道取水口下・一本松下）で差は見られなかったが、先崎地先については、他の地点よりやや高かった。

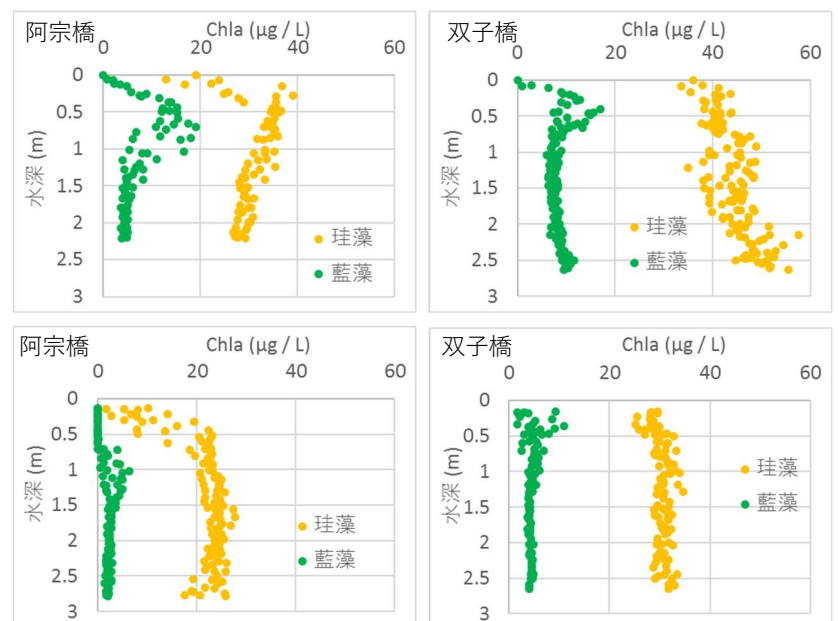
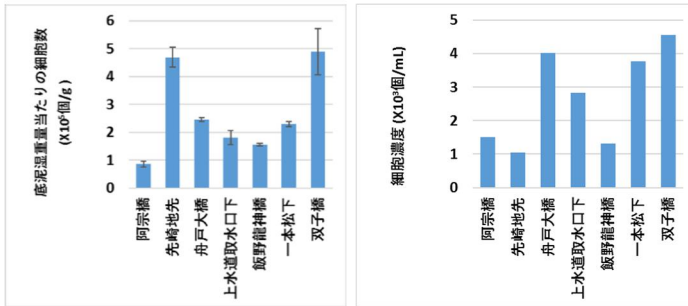


図 4 網別 Chla 深度分布 (上) 2021 年 5 月 26 日 (下) 2022 年 3 月 23 日

2021年5月26日



2022年3月23日

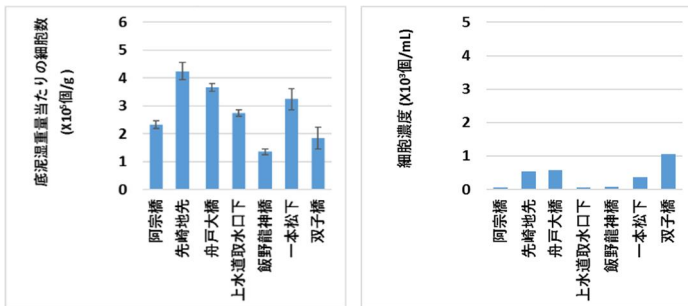


図5 各測定日における底泥中の藍藻細胞数（左）及び水中（右）の藍藻細胞濃度

また、双子橋及び飯野龍神橋は他地点と比較して低い値を示していた。

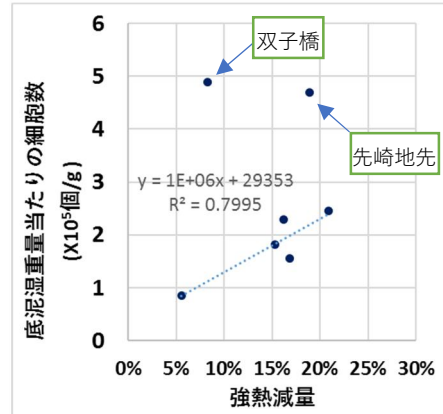
さらに、水中の藍藻細胞濃度は底泥中の藍藻細胞数とは必ずしも一致しておらず、特に5月の先崎地先は底泥中の細胞数が他地点と比較して高いが水中での藍藻細胞濃度は低く、より下流に位置する船戸大橋・上水道取水口下で藍藻細胞濃度は高い値を示した。

底泥中の強熱減量と藍藻細胞数の関係（図6）から両者には一定の関係が見られるが、2021年5月26日の双子橋及び先崎地先は強熱減量と藍藻細胞数の関係から推定される値よりも高い値を示し、逆に2022年3月23日の飯野龍神橋については低い値を示した。図7に上水道取水口下底泥中の藍藻細胞数の通年結果を示す。7月と11月に高くなる傾向が見られた。

参考文献

- 1) 千葉県水質保全課：印旛沼及び手賀沼に係る湖沼水質保全計画（第7期）の進捗に関する資料(令和元年12月). https://www.pref.chiba.lg.jp/suiho/shingikai/mizukankyoku/documents/20191226_s3.pdf (2022年8月時点)
- 2) 千葉県：印旛沼に係る湖沼水質保全計画（第8期）(令和3年4月). <https://www.pref.chiba.lg.jp/suiho/8ki/innba/documents/innbanumanikakawarukosyousuisituhozenkeikakudai8ki.pdf>

2021年5月26日



2022年3月23日

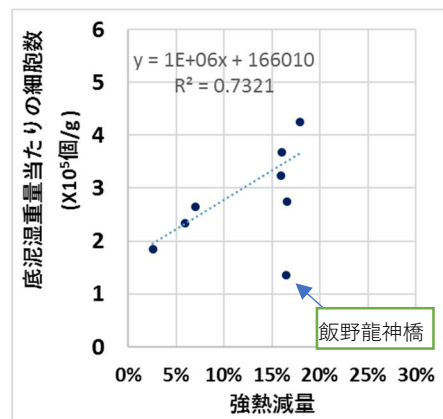


図6 各調査地点における底泥中の強熱減量と湿重量当たりの藍藻細胞数の関係（近似直線は5月の双子橋，先崎地先，3月の飯野龍神橋を除いた結果から求めた。）

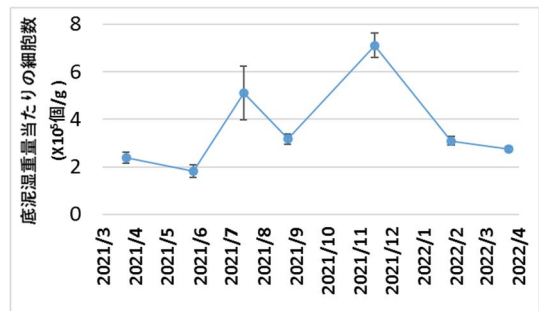


図7 上水道取水口下底泥中の藍藻細胞数

- 3) 気候変動による印旛沼とその流域への影響と流域管理方法の検討. 地域適応コンソーシアム成果報告
https://adaptation-platform.nies.go.jp/conso/adaptation/pdf/kanto/kanto_FinalReport_0203.pdf
- 4) Tomioka, N., Imai, A., Komatsu, K.: 2011. Effect of light availability on *Microcystis aeruginosa* blooms in shallow hypereutrophic Lake Kasumigaura. *J. Plankton Res.*, 33, 1263. (2011)
- 5) 長濱祐美・中川圭太・菅谷和寿・富岡典子・相崎守弘：霞ヶ浦底泥における *Microcystis* rDNA の分布と季節変動. *水環境学会誌*, 40, 183(2017)