

現地観測による江戸城外濠におけるアオコの増殖動態の把握

中央大学 学生会員 ○宮内 和樹 中央大学大学院 学生会員 星野 成美
 中央大学大学院 学生会員 磯田 裕一 中央大学 フェロー会員 山田 正

1. はじめに

約 400 年の歴史をもち、都市部において貴重な水辺空間となっている江戸城外濠(以下、外濠)は、季節を問わず富栄養化にあり、特に夏季には気温の上昇に伴い植物プランクトンが大量増殖し、水面に緑色の絵の具を撒いたようなアオコ現象が生じる(写真-1)。このアオコは景観障害、悪臭といった悪影響をもたらしており、これを受け東京都は 2040 年までの都政の基本方針として策定を進めている長期計画に、玉川上水を活用した江戸城外濠の水質改善事業を盛り込むこととした¹⁾。外濠に大規模な出水があった事例として、令和元年台風第 19 号(以下台風第 19 号)があり、2019 年 10 月 10 日 18 時から 3 日間の外濠流域における累積降雨量は 287.4 mm を記録し、大量の合流式下水道越流水(CSO)が外濠に流入した。その結果、外濠のアオコは下流に吐き出された²⁾。

本研究では外濠から一度植物プランクトンが吐き出された後、大規模な出水がない期間として台風第 19 号通過後を取り上げ、植物プランクトンの現存量として知られる Chl-a(クロロフィル-a)濃度を現地での採水により測定し、比増殖速度を算出する。それらと水温、日射量、降雨、栄養塩(全窒素、全リン)を比較することで、外濠のアオコの増殖実態を明らかにすることを目的とする。

2. 外濠の概要、現地観測および分析手法

(1) 研究対象地の概要

本研究の対象地域である外濠は、JR市ヶ谷駅から飯田橋駅にかけて続く約1.5kmの閉鎖性水域であり、上流から市ヶ谷濠、新見附濠、牛込濠(以下それぞれをA濠、B濠、C濠とする)の3つの濠が連なった構造である。それぞれの濠には下水吐口があり、最上流かつ下水集水域が最も大きいA濠の場合は、約6~10mm/hの降雨強度かつ約3~10mmの累積降雨量の降雨イベントがA濠の下水集水域に発生した場合、外濠への出水が確認されている³⁾。表-1に外濠の諸量(延長、水深、水面積、容量)をまとめた。

(2) 現地観測および分析手法

アオコの原因である藍藻類は水面に近いところに多く生息するため⁴⁾、本研究では外濠の表層に着目する。台風第19号の通過後、15mm/h以上の降雨のない10月13



写真-1 外濠の様子(著者ら撮影)

左: 台風第 19 号通過前(2019 年 10 月 10 日)
 右: 台風第 19 号通過後(2019 年 10 月 14 日)

表-1 外濠の諸量

	A 濠	B 濠	C 濠
延長[m]	324	470	612
平均水深[m]	1.23	1.40	1.81
水面積[m ²]	16,450	28,800	32,580
容量[m ³]	20,234	40,320	58,970

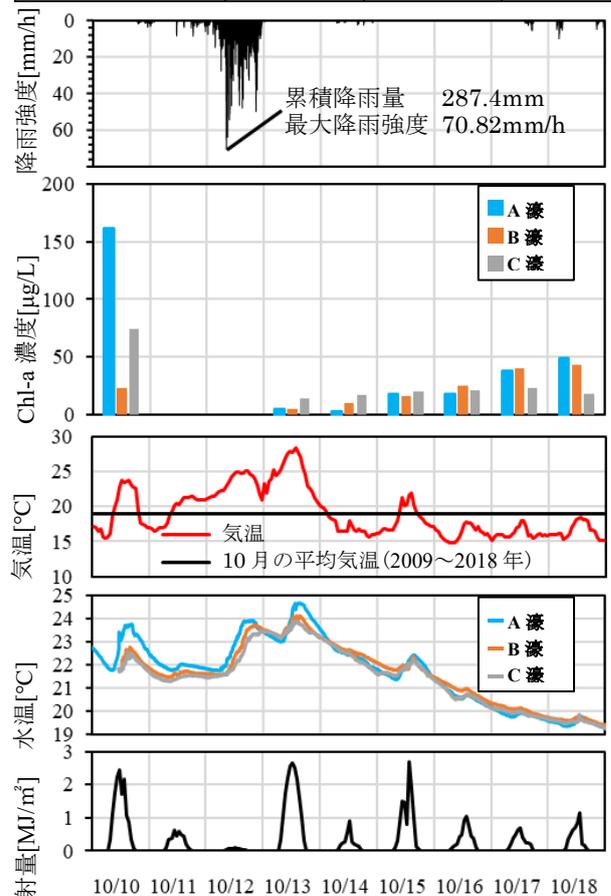


図-1 外濠における流域平均降雨強度、Chl-a濃度の時間変化、気温、水温、日射量

キーワード 江戸城外濠、比増殖速度

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学 TEL : 03-3817-1805 E-mail : a17.7w4m@g.chuo-u.ac.jp

～18日に、連続して外濠において採水を行い、室内分析にてChl-a濃度をエタノール抽出法にて測定した。降雨強度についてはXRAINにより観測された外濠における流域平均降雨強度、日射量と気温については気象庁東京観測所(東京千代田区)のデータを用いた。水温については、各濠に設置している水温計のデータを用いた。また、台風通過前後で採水したサンプルから栄養塩(全窒素, 全リン)濃度を測定した。

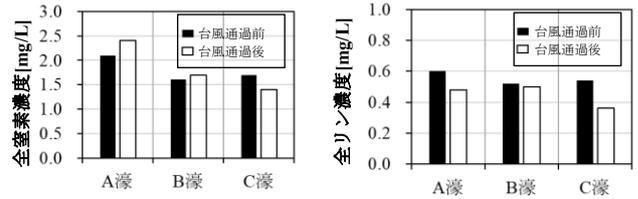


図-2 各濠における台風通過前後の栄養塩濃度

3. 結果

図-1 に外濠における流域平均降雨強度、観測によって得られた各濠表層の Chl-a 濃度の時間変化、気温、水温、日射量の変化を示す。台風通過後 10 月 13～18 日の東京の気象条件は、毎日日射が確認でき、気温も過去 10 年と比較して、例外的に高い(もしくは低い)わけではないことが図-1 の気温を示すグラフからわかる。また、台風通過後に C 濠を除く濠で Chl-a 濃度が徐々に回復していることが読み取れる。図-2 に、台風通過前後の各濠の栄養塩濃度を示す。これらの値は、植物プランクトンの栄養塩濃度と、環境水中の栄養塩濃度の関係を表すミカエリス-メンテン式で用いられる半飽和定数 K_m (理論的な比増殖度の最大値 v_{max} に対して $v_{max}/2$ となる基質濃度) と比較して 100 倍異なるため台風通過に関わらず、いずれの濠でも植物プランクトンが増殖するのには十分な栄養塩が存在していたと考えられる⁵⁾。

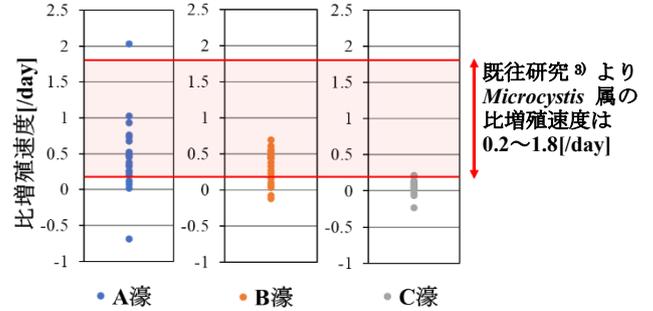


図-3 各濠の比増殖速度

表-2 各濠の比増殖速度の平均値, 最大値 [1/day]

	平均値	最大値
A 濠	0.47	2.03(14-15 日)
B 濠	0.33	0.69(13-14 日)
C 濠	0.07	0.21(14-15 日)

増殖の様子を数値化するために、各濠で台風通過後の Chl-a 濃度のデータを 2 点抽出し、比増殖速度を求め、散布図で表したものを図-3 に示す。また表-2 はそれらの平均値と最大値(最大値をとった日付の組み合わせ)である。濠ごとで細かく見れば比増殖速度の値は異なるが、負の値を除くといずれの濠も 0.0～2.1[1/day] の範囲に収まっていることが分かる。この値は既往の藻類の室内培養実験により求められた Microcystis 属の比増殖速度の幅³⁾に、おおよそ当てはまる。

4. まとめと今後の展望

本研究では台風通過後に現地観測を行い、各濠における Chl-a 濃度を測定した。これより比増殖速度を求め、気温、日射量などの気象条件に着目し外濠におけるアオコの増殖動態についての考察を行った。その結果外濠のアオコの比増殖速度は、既往研究の室内培養実験で求められた比増殖速度とほぼ同じ値をとることが分かった。本来、藻類の比増殖速度の真値は明確に示すことは出来ない。なぜなら、寺本⁶⁾、巖佐⁷⁾が示すように、藻類はその場の日射量、水温等の外的要因や、藻類のサイズや細胞の状態による内的要因による不確実性が存在するからである。加えて、自然現象の観測データに

は、観測や分析による誤差が内包されているのが常であり、現在の観測技術をもってしても、非常に複雑で変化に富んでいる生態系メカニズムを正確に知る事は不可能である。そのため、ある程度の幅をもった議論が必要である。今後は Chl-a 濃度が上昇する期間の事例数を増やし、より一般的な外濠の Chl-a 濃度の増殖傾向について把握に努めたい。

参考文献

- 1) 読売新聞 2019 年 12 月 26 日 朝刊。
- 2) 東野 禎久：閉鎖性水域における押し出し効果によるアオコ浄化手法の検討, 2020 年中央大学卒業論文。
- 3) 柿沼太貴：閉鎖性水域における藻類増殖能力に内在する不確実性を考慮した押し出し効果によるアオコ浄化手法に関する研究, 2018 年中央大学博士論文。
- 4) 渡辺真理代, 原田健一, 藤木博太：アオコその出現と毒素一, 東京大学出版会, pp131, 1994。
- 5) 永田俊, 熊谷道夫, 吉山浩平：温暖化の湖沼学, 京都大学学術出版会, pp.129-131,228, 2012。
- 6) 寺本英：数理生態学, 朝倉書店出版, pp.43-54,1997。
- 7) 巖佐庸：数理生物学入門, 共立出版社株式会社, pp. 89-92,132-133, 2008。