

江戸城外濠における藍藻類の比増殖速度の推定

—令和元年東日本台風を例にして—

中央大学大学院	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		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に増殖する。写真-1、左のように、藍藻類が水面を緑色の状態に染めるまで繁殖したものをアオコと呼び、景観障害、悪臭といった悪影響をもたらしている。アオコが発生する要因の1つとして、外濠内の落差が小さく水滞の滞留時間の長期化が挙げられる。その改善策として柿沼¹⁾は、導水による押出し効果を用いたアオコ浄化手法を提案している。そのような導水によるアオコ浄化が、自然現象によって疑似的に起こった事例として、令和元年東日本台風（以下、台風第19号）が挙げられる。外濠の下水集水域（図-1）では、2019年10月10日18時から、3日間で累積降雨量287.4 mmを記録し、その結果、下水道の処理能力を超える雨水が大量に外濠へ流入し、アオコは下流に押出された²⁾（写真-1、右）。しかし、その後の現地観測により、植物プランクトンの現存量として知られるChlorophyll-a（以下、Chl-a）濃度が上昇していることが確認された。

一般的に、アオコの構成種である藍藻類をはじめとした微生物の増殖動態を表す指標として、比増殖速度がある。これは、単位時間当たり単位細胞あたりの細胞量の増加量を表し、指数関数的に増殖する対数増殖期においては、一定の比増殖速度となることが知られている。これより比増殖速度がわかると、ある細胞量に達するまでのおおよその期間を把握できるため、導水頻度の検討等に用いることができる。

これより本研究は、外濠における藍藻類の比増殖速度を推定することを目的とし、台風第19号通過前後に現地観測、および室内分析を行った。

2. 外濠の概要、現地観測の手法

(1) 対象地域の概要

外濠は、赤坂門から牛込門まで続く全長約4 kmの閉鎖性水域である。現在、水面を地表から確認できる濠は弁慶濠、市ヶ谷濠、新見附濠、牛込濠の4つで、このうち弁慶濠は港区に位置しており、独立した水域になっている。弁慶濠を除く3つの濠（市ヶ谷濠、新見附濠、牛込濠、以下それぞれA濠、B濠、C濠）は堰によって区切られており、上流から上記の順で連続した構造にな



写真-1 台風通過前後の外濠水面の写真 筆者撮影

左：台風通過前(2019年10月10日)

右：台風通過後(2019年10月13日)

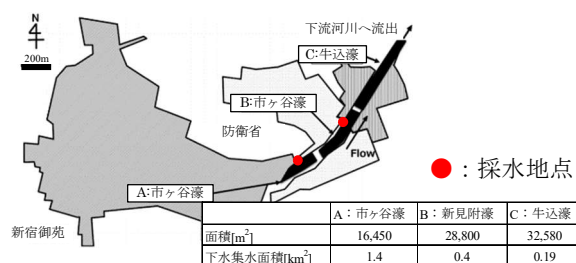


図-1 外濠の下水集水域図

っている。本研究ではそのうちA濠、B濠を対象に、図 1-1中の赤丸の地点にて現地観測を行った。

(2) 現地観測および分析手法

対象期間は台風第19号が東京を通過する前日と通過後6日間（2019年10月10日，13日～18日）である．アオコ発生の原因である藍藻類は，水面付近に多く生息する³⁾ため，本研究では水面から10cm（以下，表層）に着目し採水を行った．そのサンプルから，Chl-a濃度をエタノール抽出法により測定した．また，比増殖速度は以下の式より算出した．

$$\mu = \frac{\ln(m_{t_i} - m_{t_{i-1}})}{t_i - t_{i-1}} \quad (1)$$

ここに、 μ : 比増殖速度[1/day], m_{t_i} : 時刻 t_i における細胞量[mg/L], t_i : 時刻[day]である. 降雨強度はXRAINにより観測された, 外濠における流域平均降雨強度, 日射量は外濠から約2 km離れている気象庁(東京地点), 水温は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.

3. 結果および考察

図-2は、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、水温、日射量の変化である。台風通過後2日目から、Chl-a濃度が徐々に増加

キーワード 江戸城外濠, 藍藻類, 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: 03-3817-1612 E-mail: a17.7w4m@g.chuo-u.ac.jp

していることが読み取れる。台風通過後の10月13日～18日の気象条件に着目すると、台風の大雨以降5日間はまとまった降雨（15 mm/h以上）がなく、植物プランクトンが下流に押し流されていないことが考えられる。水温は、2つの濠でほとんど差はなく、およそ藍藻類の大増殖の目安（20℃以上）⁴⁾以上で推移していることが分かる。日射は、藍藻類の最適日射量⁵⁾以上が台風通過後5日間、毎日確認できる。図-3に台風通過前後の栄養塩濃度（T-N，T-P）を示す。台風通過前後で差はあるものの、アオコ出現率が高くなる目安⁶⁾（図中赤線）の3～6倍以上存在している。これらのことから、台風通過後の6日間は、藍藻類が十分増殖できる環境であることが示された。図-4に増殖開始時（台風通過後2日目）から、観測したChl-a濃度を使い、求めた比増殖速度の散布図を示す。両濠ともにばらついてはいるが、既往研究¹⁾の室内培養実験で求められた比増殖速度の幅におおよそ当てはまる。これより外濠において、室内培養実験の比増殖速度算出の結果を適用できることが示唆された。

図-5に外濠の藍藻類増殖開始時（台風通過後2日目の両濠の平均値を初期値とした）から、比増殖速度を変化させた場合のChl-a濃度の推移を示す。この図において、本研究の現地観測で得られた比増殖速度の各濠の平均値（A濠：0.76/day，B濠：0.38/day）ごとに、黄色と橙色の線に着目すると、約4～7日で、アオコ発生目安となる濃度（100μg/L）⁷⁾に達していることが分かる。しかし実際の観測結果は、推定されたChl-a濃度と比べ上昇していない。それは、水温が20℃以下で推移している期間があり、十分に増殖できなかったためと考える。

4. まとめ

本研究では、台風通過前後に現地観測を行い、外濠でChl-a濃度を測定した。以下に得られた知見を示す。

- ・ 外濠の藍藻類の比増殖速度は、既往研究で示されている比増殖速度の幅におおよそ当てはまる。
- ・ 観測で得られた比増殖速度の値を使うと、Chl-a濃度がアオコ発生の目安を超えるのに約4日～7日かかる。

参考文献

- 1) 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の浄化手法に関する研究, 2018年中央大学博士論文.
- 2) 東野禎久，星野成美，磯田裕一，山田正：閉鎖性水域における大規模出水によるアオコの減少動態に関する研究 ―江戸城外濠を例として―，第48回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集，VII-21，2021.
- 3) 渡辺真理代，原田健一，藤木博太：アオコ―その出現と毒素―，東京大学出版会，pp.131，1994.
- 4) 国立科学博物館植物研究部 こどもガイド <https://www.kahaku.go.jp/research/db/botany/aoko->

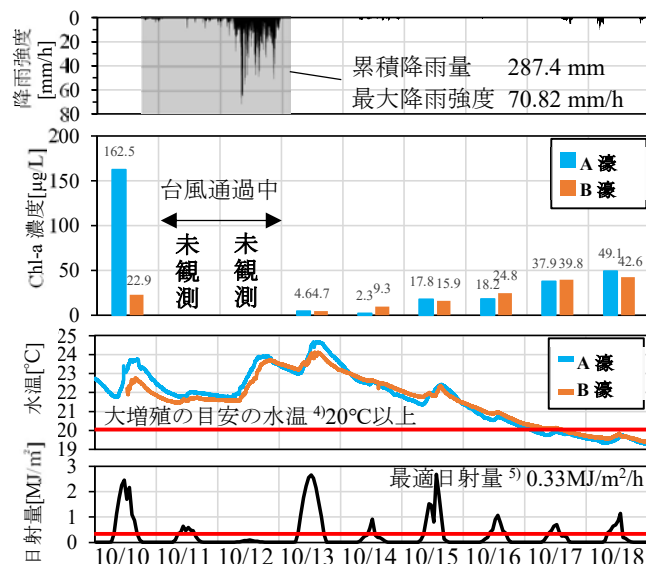


図-2 外濠における流域平均降雨強度，Chl-a濃度
水温，日射量の変化

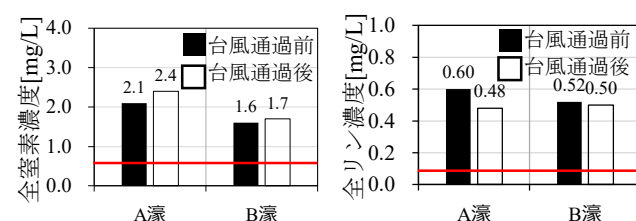


図-3 台風通過前後における栄養塩濃度の変化
（左：全窒素，右：全リン）

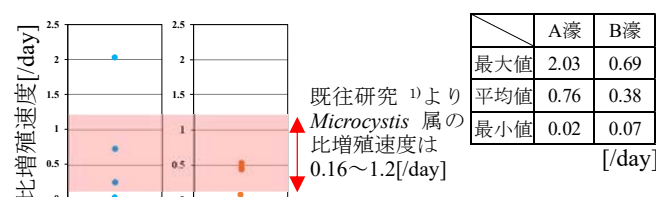


図-4 各濠の藍藻類の比増殖速度の散布図

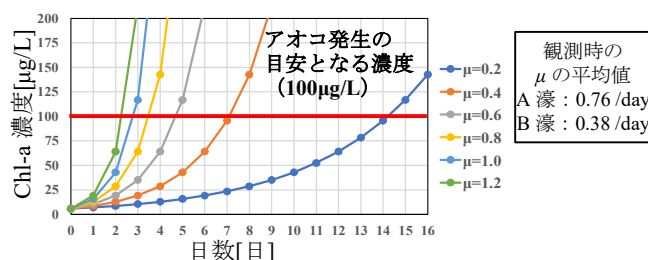


図-5 比増殖速度別のChl-a濃度増加の様子

- kids/aokokids/hassei.html（2021年4月1日 閲覧）.
- 5) 平間幸雄：印旛沼・手賀沼の水質シミュレーションモデルの改良，千葉県環境研究センター年報，平成13年度，第4章.
- 6) U.Sommer：The paradox of the plankton: Fluctuations of phosphorus availability maintain diversity of phytoplankton in flow-through cultures.Limnol. Oceanogr., 29, 633-636, 1984.
- 7) 保坂成司，岩下圭之，大木宜章：クロロフィルaと各水質項目の関連性に関する研究，日本大学生産工学部研究報告A，Vol.42，No.2，2009.