

江戸城外濠における生態系モデルの構築と栄養塩類および

Chl-a の動態特性に関する研究

(株) エイト日本技術開発 奥田 悠暉

1. はじめに

(1) 背景・目的

江戸城外濠(以下、外濠)周辺では高度経済成長期以降、合流式下水道が敷設されてきた。そのため、水域内には合流式下水道からの未処理下水(Combined Sewer Overflow: CSO)(以下、CSO)が流れ込むようになった。CSOには栄養塩類(T-N:全窒素, T-P:全リンなど)が多量に含まれ、植物プランクトンを多量に発生させてしまう作用がある。結果、外濠では今日に至るまでアオコの異常発生、それに伴う富栄養化により、水質の低下は年々顕著に表れてきている。

そのような背景から、先行研究¹⁾では独自のモデルを用いて、外濠の水質の長期的な対策として、市ヶ谷加賀町に建設されている雨水貯留施設や未処理下水流入吐口への可動堰導入を想定した際の栄養塩類の削減効果に関する検討を行ってきた。それぞれの対策についてはこれまでに栄養塩類に対し一定の削減効果は確認されているものの、植物プランクトンの発生をどの程度抑制出来ているかについては確認できていない。

そこで、本研究では富栄養化の根本的原因でもある植物プランクトンに着目し、植物プランクトンの指標となるクロロフィルa(以下、Chl-a)の動態特性を把握するための水質生態系モデルの構築を行った。

(2) 江戸城外濠の概要

外濠は都市の発達により、そのほとんどが埋め立てられ、現在水面を残しているのが最南端の弁慶濠、市ヶ谷濠、新見附濠、牛込濠までの約2kmの区間となっている²⁾。この中で市ヶ谷濠、新見附濠、牛込濠(それぞれ千代田区に位置)に関しては連続した濠となっているが、弁慶濠に関しては1つだけ港区に位置し、独立した濠となっている。そのため、本研究では市ヶ谷濠、新見附濠、牛込濠を対象とした。またこれらの濠は上流側から図-1に示す順で、JR沿線の市ヶ谷駅から飯田橋駅までの区間に位置している。

吐口につながる下水道網が雨水を集めてくる範囲を図-1に示す。その総面積は327haであり、マンホールの総数は2027個、管轄円筒は約70kmである。各濠における集水

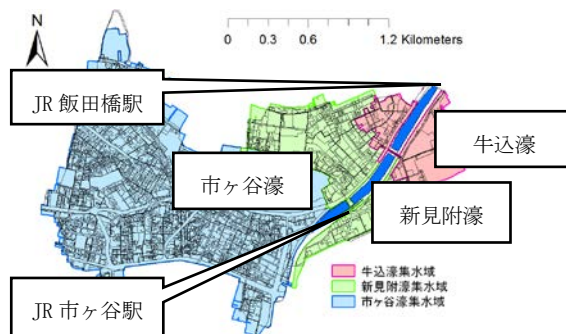


図-1 外濠の概形と各濠の集水域

表-1 各濠における集水域の概要

	市ヶ谷濠	新見附濠	牛込濠
水面面積(m ²)	16,000	25,000	36,000
吐口個数(箇所)	3	4	3
集水面積(ha)	226	69	32
昼夜人口(万人)	9.60	2.90	1.40
夜間人口(万人)	3.99	0.82	0.17

域の概要を表-1に示す。

2. 水質生態系モデルの構築

本研究では植物プランクトンの影響把握を行うために、化学的・生物学的な反応に伴う各種水質の生産・消費過程を考慮する必要があることから、小谷ら³⁾のモデルを参考に外濠における水質生態系モデルの構築を行った。構築したモデルで表現している外濠内の物質循環の概念図を図-2に示す。

Chl-a濃度(藍藻類) C_p (mg/L)を算出するため収支式を以下に示す。

$$S(C_p) = \left[G_p - D_p - \frac{G_z}{C_p} \right] C_p + \underbrace{\frac{1}{\Delta V_j} [C_p \times w_{cp} + ND + A]_{z_j-1}^{z_j}}_{\text{沈降}} + \underbrace{\frac{C_p^j}{\Delta V_j} [w_{cp} + ND + A]_{z_j-1}^{z_j}}_{\text{堆積}}$$

ここで、 G_p : 増殖, D_p : 呼吸・死滅, $\frac{G_z}{C_p}$: 捕食項

それぞれの収支式で用いているパラメータについては表-2に示す通りであり、吉岡ら⁴⁾、小谷ら³⁾および、閉鎖性水域での解析で用いられている一般的な値を参考に設定した。

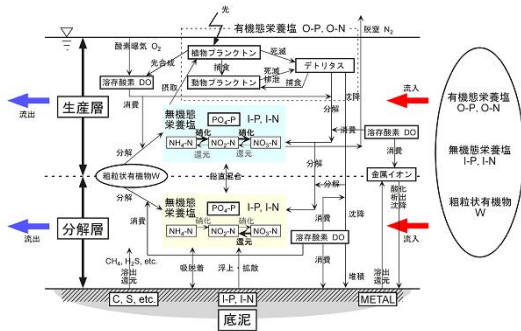


図-2 閉鎖性水域内における物質循環の概念図

表-2 収支式で用いたパラメータ

パラメータ	単位	設定値	参考値(東大)	参考値(一般)
スペース関数	(-)	0.99615	0.99165	0.99615~1
可能最大成長率	(1/day)	0.5	0.8	0.7~3.0
INIにおける半飽和定数	(mg/L)	0.4	0.1	0.02~0.25
IPにおける半飽和定数	(mg/L)	0.005	0.005	0.002~0.041
呼吸(死滅)率	(1/day)	0.13	0.05	0.008~0.13
呼吸の温度補正	(-)	1.1	1.01	1.05
Chl-aの沈降速度	(m/day)	0.12	0.03	0.03~0.12
最適日射量	((W/m ²)·day)	200	400	86~550

水質生態系モデルの計算で考慮されている水質項目を表-3に示す。対象項目は計14項目であり、無機態窒素に関してはアンモニア態窒素・亜硝酸態窒素・硝酸態窒素の3態存在するが、今回構築したモデルではアンモニア態・硝酸態のみを考慮している。植物プランクトン・動物プランクトンについてはそれぞれ一種類のみ考慮している。有機物に関しては、植物・動物プランクトンや魚類等の生物、デトリタス(非生体有機物)、粗粒状有機物の3種類に分類している。また、植物プランクトンの可能最大成長率・死滅率に関しては、20℃での値を基準としており、日射量は気象庁の全天日射量を用いて算出している。

表-3 水質生態系モデルにおける解析対象の水質項目

解析対象項目	
植物プランクトン(Chl-a)	動物プランクトン
無機態窒素(硝酸態窒素)	無機態窒素(アンモニア態窒素)
溶存酸素濃度	有機態窒素
無機態リン	有機態リン
濁度	溶存態マンガン
懸濁態マンガン	溶存態鉄
懸濁態鉄	粗粒状有機物

3. Chl-a 濃度の再現結果

パラメータ調整後、構築したモデルの精度を確認するために、実測値との比較を行った。本研究では月に

3, 4 回程度水質調査を実施している。しかし、調査項目に Chl-a 濃度が含まれていないため、本研究では吉岡ら⁴⁾が2012年9月から翌年の12月までの間に行った月一回の定期観測結果と比較することでシミュレーションの結果の妥当性を評価した。その結果、図-3に示すように各濠とも夏場における Chl-a 濃度の上昇地点・ピーク地点・減少地点を概ね一致させることができた。(左上:市ヶ谷濠の再現結果, 左下:新見附濠の再現結果, 右上:牛込濠の再現結果)

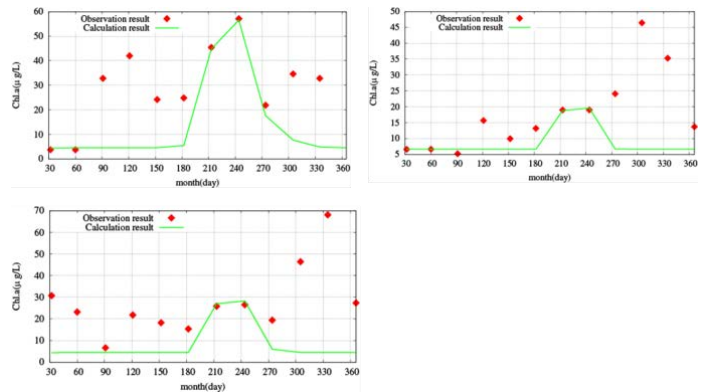


図-3 各濠の再現結果

4. まとめと今後の課題

本研究では江戸城外濠における植物プランクトンの発生状況を確認するために水質生態系モデルの構築を行った。また構築した水質生態系モデルで今回使用した植物プランクトンのパラメータのチューニングを行い、2012年9月から翌年の12月までの Chl-a 濃度の再現を行った。その結果、本モデルを外濠に適用し、より詳細な水質シミュレーションを行うことが可能となった。

しかし、植物プランクトンについては夏場に発生する藍藻の一種についてのみの考慮となっているため、今後は緑藻、珪藻についても考慮していく必要がある。

参考文献

- 1) 亀田哲平, 鈴木善晴, 植木望加: 流入汚水の水質変動を考慮した江戸城外濠における水質改善策に関する研究, 水文・水資源学会, 2014 年度研究発表会要旨集, pp.186-187, 2014.
- 2) 千代田区, 港区, 新宿区: 史跡江戸城外堀跡 保存管理計画書(概要), pp.4, 2008.
- 3) 小谷英之: 貯水池における中層の貧酸素化と曝気による水質改善施設の検討, 神戸大学, 修士論文, 2006.
- 4) 吉岡佐, 栗栖聖, 花木啓祐: 江戸城外濠の水質改善を目的とした環境用水導入の効果とコスト評価, 土木学会論文集 G (環境), Vol.68, No7, pp.691-702, 2012.