

生態系水循環解析モデルを用いた江戸城外濠における 複合的水質改善策に関する研究

法政大学デザイン工学部

外濠水辺再生協議会・株式会社日建設計

正会員 ○鈴木 善晴

正会員 佐治 実

1. 研究の背景と目的

江戸城外濠周辺では、高度経済成長下の下水道整備において合流式が積極的に採用されてきた。合流式下水道では、降雨時に未処理水の一部が公共水域に放流される。この未処理水は合流式下水道雨天時越流水（Combined Sewer Overflow：CSO）と呼ばれており、周辺の景観悪化や悪臭などの要因となる。外濠ではCSO放流によるアオコの発生や水質汚濁が問題となっている。

本研究では、先行研究¹⁾で構築された外濠を対象とする「生態系水循環解析モデル」を用いて、複合的な水質改善策を実施した場合の計算を行った。また、汚水貯留管を考慮した計算をモデルに追加し、単独、および他の対策と組み合わせた設定で計算を行った。そして、その計算結果から水質改善策の効果について定量的評価を行い、効果の高い対策の組み合わせを検討した。



図-1 外濠とその集水域の概要図

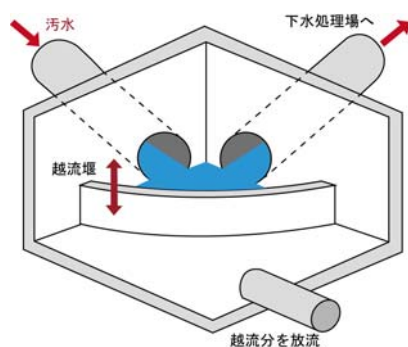


図-2 可動堰の概要図

2. 江戸城外濠およびモデルの概要

本研究では江戸城外濠のうち、市ヶ谷濠、新見附濠、牛込濠の3濠を対象地域としている。外濠は江戸時代に造成された後に多くの部分が埋め立てられ、現在はこの3濠と弁慶濠のみ水面が残されている。外濠のCSO吐口に繋がる集水域の面積は合計で約330haで、その6割以上が市ヶ谷濠の集水域である。図-1に外濠とその集水域の概要を示す。

本研究で使用した「生態系水循環解析モデル」は、先行研究¹⁾により外濠水循環解析モデル（OHAM）と生態系モデルを統合して構築された。本モデルでは、CSOや各濠の貯留水、物質量などの物理的計算と、植物プランクトンや物質増減などの化学的、生物学的計算を行い、外濠の水質変動を推定することができる。本モデルに水理的、生物学的なパラメータや気象データの他、各種水質改善策の条件を入力して計算を行った。

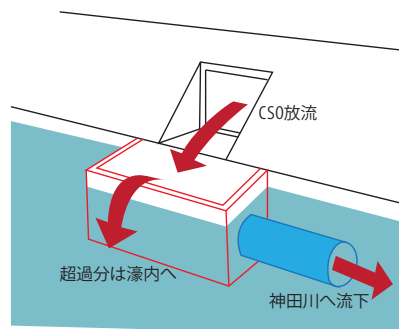


図-3 外濠保全水路の概要図

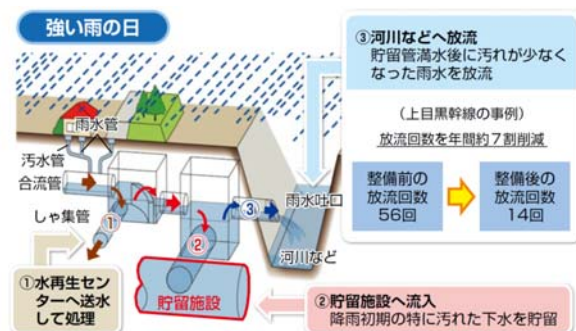


図-4 汚水貯留管の概要図²⁾

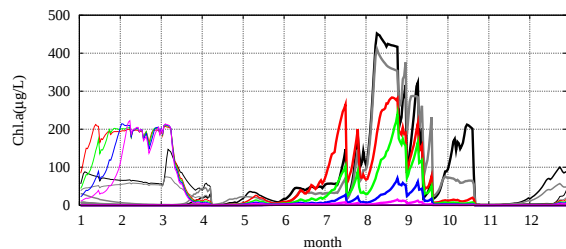
3. 水質改善策の概要と設定

本研究では導水策、可動堰、外濠保全水路、汚水貯留管の4つの水質改善策を対象として検討を行った。各対策の概要図を図-2～図-4に示す。導水策はCSO以外の新たな水源を設定して導水することで濠内の水の希釈や滞留時間の短縮を図り、植物プランクトンの成長を抑制する対策である。取水元としては、玉川上水を想定した。導水量は500～15,000 m³/dayの30段階、導水水質は全窒素（T-N）と全リン（T-P）を7段階で設定した。

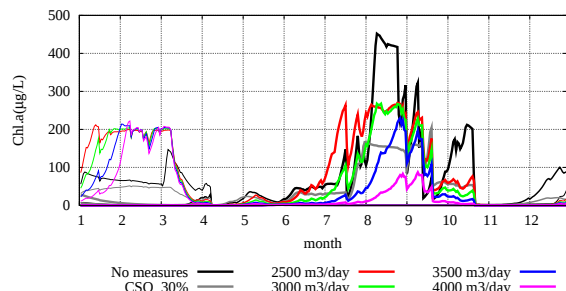
また、可動堰（図-2）は、CSO吐き室内の堰を上下させることで濠へのCSO放流量を調節し、濠内の水の希釈を図る対策で、6段階で設定した。外濠保全水路（図-3）はCSO吐口の外に導水管を繋げた升を設置し、一定量以下のCSOを神田川へ排水する対策で、濠内濃度の希釈効果が期待できる。外濠保全水路は3パターン、各4～6段階の計15段階で設定した。

キーワード：江戸城外濠、アオコ、CSO、水質改善策、生態系モデル

〒162-0843 東京都新宿区市谷町 2-33 法政大学デザイン工学部 都市環境デザイン工学科 TEL & FAX：03-5228-1389



(a) 中負荷 2500-4000 m³/day 導水 + 貯留管への流下 5 %



(b) 中負荷 2500-4000 m³/day 導水 + 貯留管への流下 30 %

図-5 市ヶ谷濠における Chl-a 濃度変動 (2013 年)

汚水貯留管 (図-4) は、降雨初期の汚濁負荷の大きな CSO を公共用水域に放流される前に貯留し、降雨終了後に下水処理場へ流下させる、水質改善を目的とした施設である²⁾。貯留容量を 16,600 m³ とし、各吐口から貯留管への接続路の流下能力を、2010～2016 年における吐口ごとの最大 CSO 放流量の 5, 10, 20, 30, 50, 100 % の 6 段階で設定した。

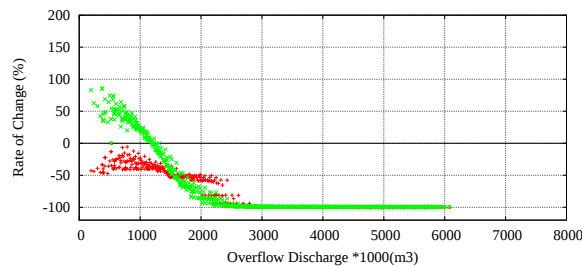
4. 水質改善策の解析結果と考察

本研究では 4 つの水質改善策について、導水策とその他の対策を組み合わせ設定し、降雨形態の異なる 2013 年、2017 年を解析対象として効果を検討した。また、各対策による効果の評価基準として、先行研究と同様に「Chl-a 濃度の年最大値が 25 μg/L 以下」を基準として考察を行った。

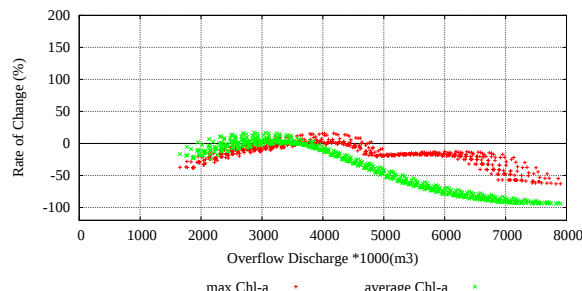
本稿では一例として、中負荷 (T-N: 5.0 mg/L, T-P: 0.5 mg/L) で 2,500～4,000 m³/day の導水と、接続路の流下能力が 5 %, 30 % の汚水貯留管を組み合わせた場合の、2013 年の市ヶ谷濠における解析結果について述べる。

計算結果から得られた Chl-a 濃度変動を図-5 に示す。図中の各線は対策の違いを表しており、黒色は無対策、灰色は汚水貯留管のみ、その他の色は導水策と汚水貯留管の複合策を設定した場合の濃度を表している。同図からは、流下能力 5 % の貯留管では 3,000 m³/day 以上、30 % の貯留管では 4,000 m³/day 以上の導水をすれば無対策時および貯留管のみ導入する場合よりも夏季の Chl-a 濃度が低減していることがわかる。

単独策と複合策の違いに着目すると、貯留管のみの設定では流下能力 30 % の方が 5 % より Chl-a 濃度が低い、同量の導水と貯留管を組み合わせ設定では 30 % の方が 5 % よりも高くなった。流下能力を高く設定すると CSO 抑制により濠内の栄養塩類が少なくなり、Chl-a 濃度の上昇を抑えられるが、汚濁負荷の大きい導水で濠内の栄養塩類が増加し、さらに CSO 抑制により濠内の水の滞留時間が延びるため、植物プランクトンが成長しやすくなる。その結果、単独策と複合策の効果にこのような違いが生じたと考えられる。



(a) 市ヶ谷濠 (中負荷導水時)



(b) 牛込濠 (中負荷導水時)

図-6 年間越流量と Chl-a 濃度変化率 (2013 年)

ここで、図-6 は 2013 年の市ヶ谷濠・牛込濠における、中負荷導水とその他の対策を組み合わせた場合の、年間越流量と無対策時に対する Chl-a 濃度変化率の関係を表した図である。同図からは赤色の最大 Chl-a 濃度、緑色の年平均 Chl-a 濃度のどちらも、越流量の増加により変化率が小さくなる傾向が確認できる。越流量が大きい場合は濠内の水が流され、滞留時間が短くなっていることが想定でき、上述のように CSO 抑制により滞留時間が延びると Chl-a 濃度が高くなると言える。外濠保全水路や可動堰においても同様に、CSO を抑制する設定ほど、単独での施行時は濃度が低く、負荷の大きい導水を組み合わせると濃度が高くなるという結果を得ている。

なお、評価基準に対して、3 濠全体で基準を満たすには低負荷 (T-N: 0.70 mg/L, T-P: 0.012 mg/L) の導水と汚水貯留管の複合策で 12,000 m³/day 以上、それ以外の複合策では 12,500 m³/day 以上の導水量が必要であるという結果になった。また、導水水質が中負荷や高負荷 (T-N: 10.0 mg/L, T-P: 1.0 mg/L) の場合は 15,000 m³/day の導水でも年最大値が 100 μg/L を下回らなかった。

5. まとめと今後の課題

本研究では生態系水循環解析モデルを用いて、導水策と可動堰、外濠保全水路、汚水貯留管を組み合わせた複合的水質改善策を実施した場合の計算を行い、その計算結果から各対策の効果について定量的評価を行った。

今後の課題として、導水策において確保可能な水量、水質を調査すること、また汚水貯留管について取水口の位置や各吐口への接続方法などが実際の条件に近い設定となるように諸元を検討する必要がある。

参考文献

- 1) 岩田峻: 江戸城外濠における生態系水循環解析モデルの構築と Chl-a 濃度低減策に関する研究, 法政大学大学院, デザイン工学研究科, 修士論文, 2019.
- 2) 東京都下水道局総務部理財課: 東京都下水道事業 経営計画 2021, pp.48-51, 2021.