

江戸城外濠における生態系モデルを使用した水質浄化策の評価

法政大学大学院デザイン工学研究科 ○ 学生員 岩田 峻
法政大学デザイン工学部 正会員 鈴木 善晴

1. 研究の背景と目的

江戸城外濠周辺では、高度経済成長期に下水道網を整備する際、安価で工期の短い合流式が積極的に採用されてきた。合流式下水道は、雨天時に管内の水量が一定以上になると、その超過分の未処理水が公共用水域へ排水される仕組みである。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、夏季における Chl-a 濃度増加の要因となり、周辺環境に景観障害や悪臭などの悪影響を与えている¹⁾。そこで本研究では、先行研究により構築された水循環解析モデル OHAM（Outercoats of Yedo castle Hydrologic cycle Analysis Model）と生態系モデル²⁾を用いて、江戸城外濠における複数の水質浄化策について定量的評価を行った。

2. 江戸城外濠およびモデルの概要

本研究の対象地域である外濠は、上流から市ヶ谷濠、新見附濠、牛込濠の3つで構成されている。外濠の吐口に繋がる下水管網が雨水を集める範囲の面積は合計で約 327 ha である。図-1 に外濠とその集水域の概要を示す。同図に示すように集水面積は市ヶ谷濠が最も大きく全体の約 70 %を占めている。

次に本研究で使用したモデルについて概説する。水循環解析モデル OHAM は、CSO の流入量及び CSO 内物質量を計算し、外濠の水質変動を推定するモデルであり、「放流解析モデル」「水収支解析モデル」「物質収支解析モデル」の3つのモデルからなる。放流解析モデルでは外濠周辺に降った雨から CSO 諸量を算出している。水収支解析モデルは濠への流入量と流出量から外濠の水収支を算出する。物質収支解析モデルでは二つのモデルの解析結果を用いて濠内の物質量を算出する。物質の移動は水の移動とともに行われると仮定し、その移動量は水の移動量と物質濃度によって計算している。

生態系モデルは、水理モデルと水質モデルで構成されており、対象領域を鉛直方向に分割した層が、物質収支に応じて伸縮・上下移動するモデルとなっている。水理モデルは CSO 流入、水面熱収支などの様々な水理現象を考慮し、水質モデルは化学的、生物学的な反応による水質の変化を考慮している。

3. 水質浄化策の概要と設定

本研究では、外濠保全水路、可動堰、導水策の3つの水質浄化策について検討を行った。

外濠保全水路は 2016 年に設立された「外濠水辺再生協議会」から提案された水質浄化策である。図-2 にその概要図を示す。導水管を繋げた「升」を各吐口の外部に設置し、CSO を神田川へ排水させる仕組み



図-1 外濠とその集水域の概要図

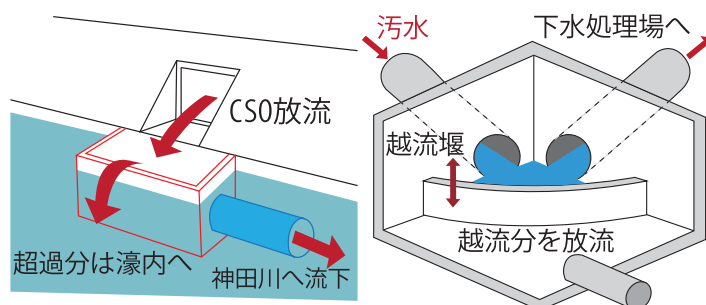


図-2 外濠保全水路の概要図

図-3 可動堰の概要図

である。升から溢れた水には濠内濃度を希釈する効果もあるため、どの程度の大きさの枡を設置すべきか検討する必要がある。そこで本研究では OHAM を用いて過去 6 年間における吐口ごとの 1 分間あたりの最大 CSO 放流量を計算し、この値に対して 2.5～30 %の間で濠ごとの升の処理能力を設定した。

可動堰は、吐き室内の越流堰を上下させることで、濠内濃度を希釈する効果が期待できる対策である。降雨初期の栄養塩類濃度の高い CSO の流入を堰き止め、降雨後期では堰を下げて CSO を濠へ流入させる。

図-3 にその概要図を示す。その運用方法については先行研究²⁾で提案された「流量判定」を使用した。先行研究では 2014、2015 年の降雨状況において下水管内 T-N 濃度が 5.5 g/m^3 以下となるような下水管内流量を閾値にしたとき最も効果的であるとされている。そこで本研究では、同濃度の閾値を $3.5 \sim 6.5 \text{ g/m}^3$ (Q3.5～Q6.5 と表記) に設定した場合の計算結果を使用して評価を行った。

導水策について、本研究で扱う浄化用水の取水元には、玉川上水や外濠周辺の地下水が候補として挙げられている。導水策の評価にあたって、入手可能な導水量や水質を把握することが重要であるが、実際にどの程度の水質・水量が入手可能であるかを算

Key Words: 江戸城外濠, アオコ, CSO, 水質浄化策, 生態系モデル

〒162-0843 東京都新宿区市谷田町 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

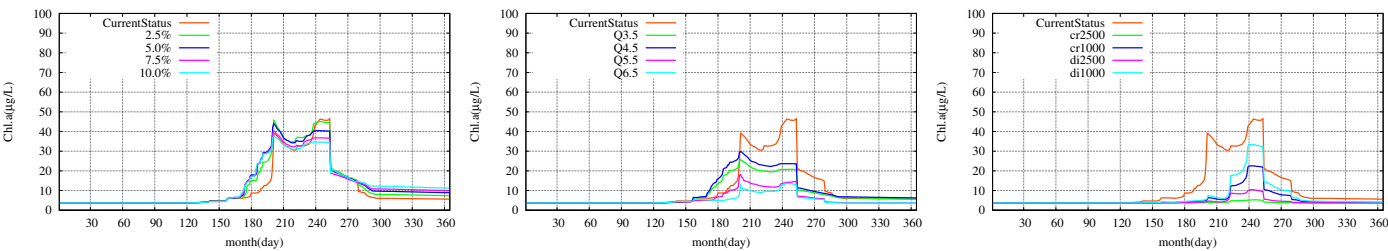


図-4 市ヶ谷濠における Chl-a 濃度の変動（外濠保全水路，2014 年） 図-5 市ヶ谷濠における Chl-a 濃度の変動（可動堰，2014 年） 図-6 市ヶ谷濠における Chl-a 濃度の変動（導水策，2014 年）

表-1 ピーク Chl-a 濃度及び Chl-a，T-N，T-P 濃度，CSO 流入量の年平均値（2014 年，市ヶ谷濠）

	無対策	外濠保全水路				可動堰（流量判定）				導水策			
		2.5 %	5.0 %	7.5 %	10 %	Q3.5	Q4.5	Q5.5	Q6.5	cr1000	cr2500	di1000	di2500
ピーク Chl-a(μg/L)	46.48	45.63	43.99	40.22	37.77	25.66	29.81	18.10	13.72	22.56	5.31	33.38	10.47
Chl-a(μg/L)	10.84	12.41	12.75	12.51	12.61	8.37	9.29	5.79	5.16	5.58	3.85	6.66	4.35
T-N(mg/L)	3.09	2.66	2.37	2.20	2.11	1.72	1.86	2.06	2.44	1.00	0.55	1.15	0.73
T-P(mg/L)	0.24	0.21	0.18	0.17	0.16	0.14	0.17	0.19	0.23	0.08	0.04	0.09	0.06
CSO(m ³ /day)	1017	773	621	516	439	565	877	1183	1531	-	-	-	-

定することは、現状では困難である。そこで、解析における導水量と水質の設定については、外濠水辺再生協議会が掲げる水質の浄化目標である「T-N 濃度 0.2 mg/L 以下，T-P 濃度 0.02 mg/L 以下，Chl-a 濃度 25μg/L 以下」に維持することを基準に、これの目標達成が見込める「きれいな水 (clear)：T-N 濃度 0.1 mg/L，T-P 濃度 0.01 mg/L」，基準よりも高く目標達成が見込めない「きたない水 (dirty)：T-N 濃度 0.3 mg/L，T-P 濃度 0.03 mg/L」の 2 パターンで水質を設定した。導水量はそれぞれの水質において 1,000～10,000 m³/day で変化させた。（本稿では 1,000・2,500 m³/day の解析結果のみ記載）

4. 各水質浄化策の解析結果と考察

本研究では 2014～2016 年の降雨データを使用して、3 つの浄化策に関する解析を行った。各水質浄化策について、2014 年の市ヶ谷濠における Chl-a 濃度の変動を図-4～図-6 に、ピーク Chl-a 濃度，Chl-a，T-N，T-P 濃度，CSO 流入量の年平均を表-1 に示す。解析結果の考察にあたっては、前節で述べた水質の浄化目標を評価基準とした。

外濠保全水路については、表-1 より、いずれの条件も T-N，T-P 濃度の目標値を達成していないが、低減効果自体は概ね現れている。しかし、図-4 よりいずれの条件においても Chl-a 濃度が増大しており、目標値である Chl-a 濃度 25 μg/L 以下を維持していない。その理由としては、T-N，T-P 濃度は低減したものの、CSO 流入量の減少により濠内における水の滞留時間が長期化し、かえって Chl-a 濃度が上昇しやすい環境となったことが考えられる。

可動堰については、表-1 より、いずれの条件も T-N，T-P 濃度の目標値を達成していないが、低減効果自体は概ね現れている。また、図-5 より Q5.5 と Q6.5 の設定値で Chl-a 濃度の目標値を下回っている。本稿では結果を示していない 2016 年については、いずれの条件も T-N，T-P 濃度の目標値を達成していな

いが、Q6.5 の設定値のみ Chl-a 濃度の低減効果が目立って現れている。また、表-1 より Q6.5 については CSO 流入量の年平均が無対策のものと比較して 50 %程度増加している。よって、Q6.5 の条件でのみ安定した水質浄化の効果が現れた理由は、市ヶ谷濠への CSO 流入量が大きく増加したことにより濠内における水の滞留時間が短くなり、Chl-a 濃度の上昇が抑えられたためであると考えられる。

導水策についても同様に、表-1 に示す導水量の条件では T-N，T-P 濃度の目標値を達成していないが、Chl-a 濃度については図-6 より低減効果が現れている。この結果からも、Q6.5 の可動堰や導水策のように、T-N，T-P 濃度の目標値達成が見込めなくとも、ある程度の CSO 流入量や導水量を確保できる水質浄化策が、Chl-a 濃度の低減に有効である可能性が高いといえる。

5. まとめと今後の課題

本研究では OHAM と生態系モデルを用いて、外濠保全水路，可動堰，導水策による水質浄化策の有効性について定量的評価を行った。市ヶ谷濠において、可動堰や導水策のような濠への流入水量が増加する対策では、濠内の T-N，T-P 濃度の低減効果は十分に得られなかったものの、濠内の水の滞留時間が短縮したため、Chl-a 濃度が低減する結果となった。しかし外濠保全水路については、CSO 流入量の減少により、Chl-a 濃度の低減が見込めない結果となった。

今後の課題としては、複数の水質浄化策を併用した場合の水質変動を解析すること、新見附濠と牛込濠においても各水質浄化策の定量的評価を行うことが必要である。

参考文献

1) 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.15，2008。
2) 奥田悠暉，鈴木善晴：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，法政大学，修士論文，2016。