

# 水質生態系モデルを使用した江戸城外濠における水質浄化対策に関する研究

法政大学 デザイン工学部  
法政大学 デザイン工学部

学生員 岩田 峻  
正会員 鈴木 善晴

## 1. 背景・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、夏季におけるアオコの発生要因となり、周辺環境に景観障害や悪臭などの悪影響を与えている。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）<sup>1)</sup>と水質生態系モデル<sup>2)</sup>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つの濠で構成されている。外濠の吐口に繋がる下水管網が雨水を集める範囲（外濠集水域）の面積は合計で約327ha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。

本研究で使用した解析モデル OHAM は、CSO の放流量及び 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る。このモデルの計算結果の一部は水質生態系モデルの入力データにも用いられている。また、水質生態系モデルは、水理モデルと水質モデルで構成されており、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. 水質浄化対策の概要と設定

本研究で評価する水質浄化対策は、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5月に設立された「外濠水辺再生協議会」から提案された対策である。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<sup>2)</sup>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  $5.5 \text{ g/m}^3$  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  $3.5 \sim 6.5 \text{ g/m}^3$  に設定した場合の計算結果を使用して評価を行った。

また、導水策については、取水元として玉川上水及び外濠の周辺地下水を想定しており、取水した水を外濠に放流することで水質浄化を行う。これは外濠保全水路と同様に外濠水辺再生協議会で検討されている対策である。

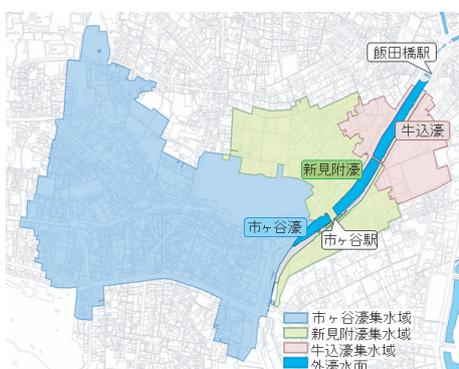


図-1 外濠とその集水域の概要図

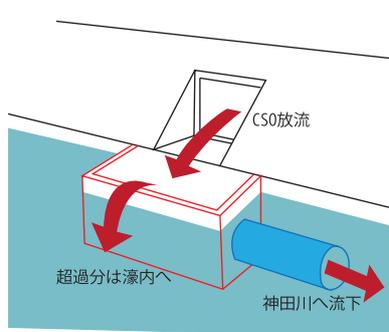


図-2 外濠保全水路の概要図

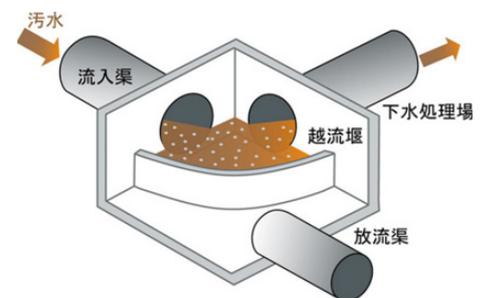


図-3 可動堰の概要図

キーワード：江戸城外濠、アオコ、CSO、水質浄化策、水質生態系モデル

〒102-0843 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.03-5228-1389

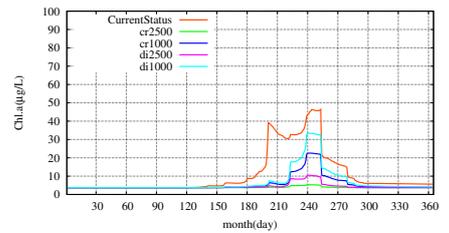
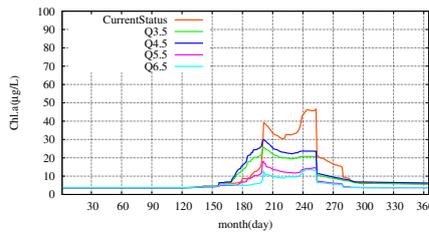
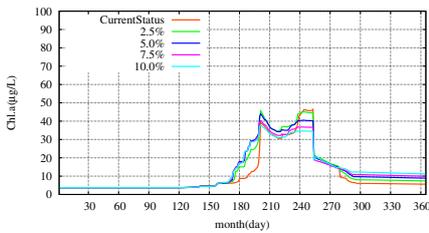


図-4 市ヶ谷濠における Chl-a 濃度の変動 (外濠保全水路, 2014 年) 図-5 市ヶ谷濠における Chl-a 濃度の変動 (可動堰, 2014 年) 図-6 市ヶ谷濠における Chl-a 濃度の変動 (導水策, 2014 年)

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

	外濠保全水路					可動堰 (流量判定)				導水策			
	無対策	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 <sup>3</sup> /day)	1017	773	621	516	439	565	877	1183	1531	-	-	-	-

#### 4. 各水質浄化対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。各水質浄化対策について、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 放流量の年平均を表-1 に示す。なお、本稿では特に着目すべき設定値のみ同図表に結果を記載する。本稿では外濠水辺再生協議会が掲げた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 25 µg/L 以下に維持する」を評価基準として、結果の考察を行った。

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 放流量の減少により濠内における水の滞留時間が長期化し、かえって植物プランクトンが増殖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 の判定値で 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 放流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 放流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、植物プランクトンの増殖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 より T-N、T-P 濃度の目標値を達成していないが、図-6 より Chl-a 濃度の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市ヶ谷濠への流入水量を増加させるような水質浄化対策が Chl-a 濃度の低減に有効である可能性高いといえる。

#### 5. まとめと今後の課題

本研究では OHAM と水質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定量的評価を行った。市ヶ谷濠では、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、Chl-a 濃度の低減が期待された。しかし外濠保全水路のような CSO 放流量を削減する対策の場合、栄養塩類濃度の低下は見込めるものの、Chl-a 濃度については増加してしまう可能性があるという結果を得た。今後の課題としては、複数の水質浄化対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) 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, pp186-187, 2014.
- 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.