

雨水吐室への可動堰導入を想定した江戸城外濠における汚濁負荷量の低減効果に関する研究

法政大学大学院デザイン工学研究科
東京都世田谷区役所
法政大学デザイン工学部

学生員 奥田 悠暉
非会員 井上 将治
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。合流式下水道に関しては、雨天時に管内を流れる下水がある一定量を超え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となっている。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、多量の栄養塩(T-N:全窒素, T-P:全リンなど)を含むため公共用水域において富栄養化が進行する要因となっている。江戸城外濠(以下、外濠)も例外ではなく、CSOにより夏季には多量のアオコが発生するため、景観の悪化や悪臭が周辺地域で問題となっている。しかし外濠においては、未だ水質改善効果が現れるような目立った取り組みは行われていない。

そこで本研究では、先行研究¹⁾により開発された水循環解析モデルOHAM(Outer Outermoats of Yedo castle Hydrologic cycle Analysis Model)を用いて、外濠の水収支を把握するとともに、雨水吐室への可動堰導入を想定した水質改善効果の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てくる範囲(外濠集水域)の面積は合計で約327haである。またこの集水域内に設置されたマンホールは2027個、管路延長は約7万m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219haあり、全体の約70%を占めている。そこで本稿では主に市ヶ谷濠の結果について述べる。

次にOHAMについて概説する。本研究で使用した解析モデルは降雨状況によって変動する下水道からの未処理放流水中の物質量を計算し、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に降った雨から濠へのCSO水量とCSO物質量を算出している。また、ファーストフラッシュを考慮するため、雨水による汚濁負荷は降水量に応じて指数関数的に減少するとし、降雨継続時間120分以降は雨水由来の汚濁負荷を考慮しないものとしている²⁾。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。流入量はCSO水量と濠への直接降雨量、上流の



図-1 外濠とその集水域の概要図

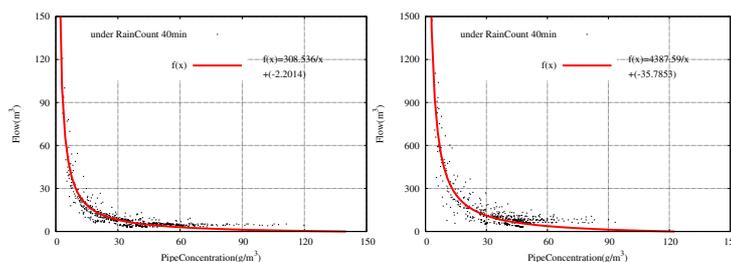


図-2 各吐口における管内の濃度と流量の関係性

濠からの越流量の合計であり、流出量は下流の濠への越流量と蒸発量の合計である。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。

3. 可動堰の運用方法

本研究では雨水吐口に可動堰を導入するにあたって、3つの運用方法を検討した。1つ目は管内の汚濁濃度に応じて堰が可動する方法である。下水管内の汚濁濃度に応じて堰が可動するようにT-N濃度1.5, 2.5, 3.5, 4.5, 5.5, 6.5(Case-C1.5~C6.5)(単位は g/m^3)の判定値を設けた。管内濃度が判定値より高い場合は堰を設計値の3倍の高さで維持しCSOの放流を抑制し、判定値に満たない場合は堰を下げて全ての下水を外濠に放流する。

2つ目は、下水管内流量に応じて堰が可動する方法である。判定値に関しては、図-2に示すように各吐口における管内の濃度と流量との関係性を調べて降雨継続時間別に上記のT-N濃度(Case-C1.5~C6.5)に対応する流量を求め、各判定値として使用した(Case-

Key Words: 江戸城外濠, 栄養塩類, 可動堰, CSO

〒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

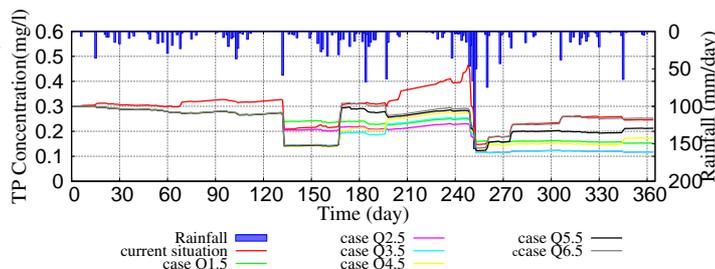
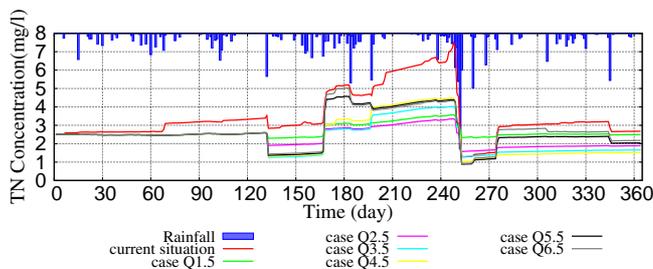


図-3 流量判定を用いた運用による濠内 T-N 濃度の変化 (2015年市ヶ谷濠)

図-4 流量判定を用いた運用による濠内 T-P 濃度の変化 (2015年市ヶ谷濠)

表-1 流量判定を用いた運用による T-N・T-P 濃度と CSO 水量, CSO 物質質量の変化 (2009-2015)

Case (mg/l)	平均 T-N 濃度 (mg/l)	平均 T-P 濃度 (mg/l)	CSO 水量 ($\times 10^5 m^3$)	CSO 物質質量 T-N ($\times 10^5 g$)	CSO 物質質量 T-P ($\times 10^5 g$)
現状	3.43	0.254	25.1	77.7	5.77
Q1.5 (変化率 (%))	2.34 (-31.8)	0.14 (-43.8)	5.32 (-78.8)	9.06 (-88.4)	0.70 (-88.3)
Q2.5 (変化率 (%))	2.18 (-36.3)	0.149 (-41.4)	11.3 (-54.8)	21.6 (-72.2)	1.67 (-72.0)
Q3.5 (変化率 (%))	2.03 (-40.7)	0.150 (-40.9)	15.6 (-37.9)	26.7 (-65.7)	2.20 (-63.0)
Q4.5 (変化率 (%))	2.12 (-38.2)	0.166 (-34.6)	22.5 (-10.5)	43.2 (-44.4)	3.63 (-38.9)
Q5.5 (変化率 (%))	2.47 (-33.7)	0.190 (-25.0)	29.7 (18.3)	64.6 (-17.0)	5.48 (-7.84)
Q6.5 (変化率 (%))	2.60 (-24.1)	0.225 (-11.6)	37.7 (50.3)	99.6 (19.1)	7.92 (33.2)

Q1.5～Q6.5)：管内の流量が判定値の流量より少ない場合は、堰を設計値の3倍の高さで維持し、判定値の流量以上の場合は、堰を下げて全ての下水が濠に流入するように設定している。

3つ目は、外濠周辺の降雨強度に応じて堰が可動する方法である。流量判定と同様に管内の濃度と降雨強度の関係性を調べ、T-N濃度(Case-C1.5～C6.5)に対応する降雨強度を求めることにより、各判定値として使用した(Case-R1.5～R6.5)。

4. 可動堰導入による水質改善効果

本研究では、2009年から2015年の気象データを元に解析を行った。以下、市ヶ谷濠における流量判定を使用した場合の解析結果について述べる。一例として、2015年の気象データを元に流量判定で可動堰を運用した場合の濠内T-N・T-P濃度の時系列変化を図-3と図-4に示す。

両図を見ると、Case-Q1.5～Q6.5の全てのケースで濠内において現状(赤線)のような急激な濃度上昇が抑制されており、これは汚濁負荷の高い初期降雨由来の下水の放流を堰止めているからと考えられる。図-4よりCase-Q6.5において、現状より高いT-P濃度を示している箇所が見取れるが、その後、汚濁負荷の低い下水を大量に濠へ流入させることで、濠水が希釈され、全てのケースで水質改善効果が得られたと考えられる。

次に、2009年から2015年までの7年間の気象データを元に算出した濠内の平均T-N・T-P濃度、CSO水量、T-N・T-PのCSO物質質量の変化を表-1に示す。同表のCSO水量を見ると、Case-Q1.5～Q4.5においてCSO水量が減少しており、同ケースでは処理場の負荷が増加している。また、T-N・T-PのCSO物質質量の値を見ると、Case-Q6.5において現状に比べCSO物質質量が増加していることから、栄養塩が蓄積

され富栄養化の影響が強まると懸念される。

外濠は閉鎖性水域であるため決まった水源が存在せず、外濠に流入するCSOは外濠の貴重な水源となっていることから、表-1においてCSOは現状と同程度でT-N濃度は現状より低減されているものを最適とすると、Case-Q4.5が最適な運用方法と考えられる。また、同ケースにおける濠内のT-N・T-P濃度の低減率はそれぞれ38.2%・34.6%、T-N・T-PのCSO物質質量の低減率はそれぞれ44.4%・38.9%となりどちらの物質でも、濠内濃度・CSO物質質量は同程度の低減効果が得られた。

5. まとめと今後の課題

本研究ではOHAMを用いて、雨水吐室への可動堰の導入を想定した栄養塩類濃度の低減効果および可動堰の最適な運用方法の検討を行った。市ヶ谷濠では流量判定を用いた場合、全てのケース(Case-Q1.5～Q6.5)において、濠内のT-N・T-P濃度が現状より低減されることを確認した。また、最適と判断されたケースにおけるT-N・T-P濃度低減率はそれぞれ38.2%・34.6%、T-N・T-PのCSO物質質量低減率はそれぞれ44.4%・38.9%となり一定の低減効果が得られることを確認した。

今後の課題としては、無降雨時の路面や管路等に蓄積される汚濁負荷の影響が十分に考慮できていないため、下水管内の物質濃度と無降雨継続時間の関係性を把握し、堰を可動する際の判定値に反映させることが必要である。

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) 日本下水道事業団, 技術開発部: 合流式下水道の問題の実態, pp.11-23, 2001.