

江戸城外濠における未処理水流入吐口への可動堰導入 による水質改善効果に関する研究

法政大学 デザイン工学部

学生員 奥田 悠暉

法政大学大学院 デザイン工学研究科

学生員 亀田 哲平

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

江戸城外濠は合流式下水道の放流水域となっており、夏季にはアオコが大量に発生し、降雨時に鼻を刺すような悪臭をもたらすような水質悪化が引き起こされているが、未だ効果が表れるような目立った取り組みは行われていない。

本研究では、外濠の水質改善を目的として、水循環解析モデル¹⁾を用いた未処理水流入吐口への可動堰の導入による水質改善効果について検討した。水循環解析モデルは、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る。雨水吐室の越流堰に設置した可動堰の最適な運用方法を検討し、施設導入に伴う水質改善効果の定量的な評価を行った。図-1に本研究の対象地域、図-2に雨水吐室の概要を示す。

2. モデルの概要と解析手法

本研究では、可動堰による水質改善効果を評価するため、水循環解析モデル¹⁾を使用して施設導入に伴う水質変動の推定を行った。このモデルは「放流解析モデル」「水収支解析モデル」「物質収支解析モデル」からなる複合モデルである。放流解析モデルでは、外濠に降った雨と濠への放流の関係を解析する。降雨は最も近隣のマンホールに流入すると仮定し、それを吐口までの到達時間を考慮して放流量を算出する。さらに、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。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解析する。流入量は下水からの放流量と濠への直接降雨量、上流の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上記 2 つのモデルの解析結果を用いて濠内の水質を解析する。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から計算している。図-3に水循環解析モデルの概要を示す。

本研究では、可動堰を導入するにあたり 2 パターンの方法を検討した。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。判定値に関しては、TN 流入濃度 1.5 g/m^3 (Case-C1.5)、 2.5 g/m^3 (Case-C2.5)、 3.5 g/m^3 (Case-C3.5)、 4.5 g/m^3 (Case-C4.5) と 4 ケースの判定値を設け、その判定値の濃度を超えた場合には堰を設計値の 3 倍の高さまで可動させ、その判定値の濃度未満ならば、堰を下げて全ての下水が濠に流入するように設定した。管内流量が堰高に満たない場合は、処理場へ流下し、堰を超えるとその超過分が濠へ放流されるものとしている。

2 つ目は、管内の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、管内の流量と濃度との相関を取り、そこから上記濃度に対応する最頻値を求めて、それぞれの判定値として使用した (Case-Q1.5 ~ Case-Q4.5)。堰の可動に関しては、管内の流量が判定値の流量より少ない場合、堰を設計値の 3 倍の高さまで可動させ、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。本研究では、実降雨 17 事例 (No.1 ~ No.17)、モデル降雨 15 事例 (No.1 ~ No.15) を用いて解析を行った。本稿では集水面積が最も大きい市ヶ谷濠を対象に、モデル降雨 No.2



図-1 江戸城外濠の概要図

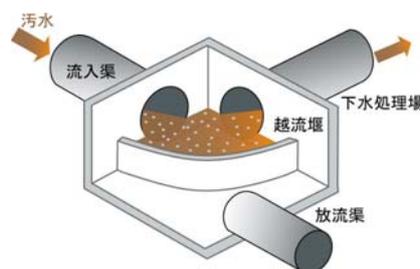


図-2 雨水吐室の概要¹⁾

放流解析モデル

降雨による濠への未処理水の放流量の把握
降雨は近隣のマンホールへ流入する
合理式とマンホールからの到達時間で放流を表現

水収支モデル

放流による濠内の水収支を把握する
濠をいくつかの箱とみなし水の移動を考慮する

物質収支解析モデル

放流による濠内の物質収支を把握する
物質の移動は水の移動とともに起こると仮定
物質収支から水質を推定する

図-3 水循環解析モデルの概要。
(本モデルでは上から順々に計算を行っている。)

キーワード：江戸城外濠，水循環解析モデル，可動堰

〒162-0843 東京都新宿区市ヶ谷町 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 03-5228-1389

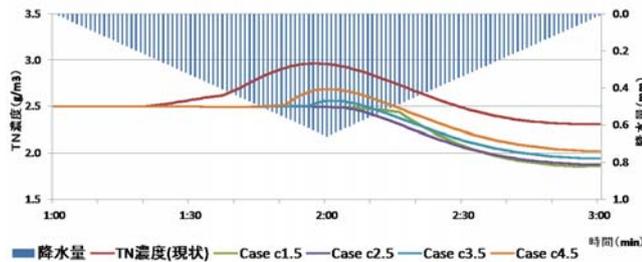


図-4 濃度判定で可動堰を運用した濠内 TN 濃度の解析結果

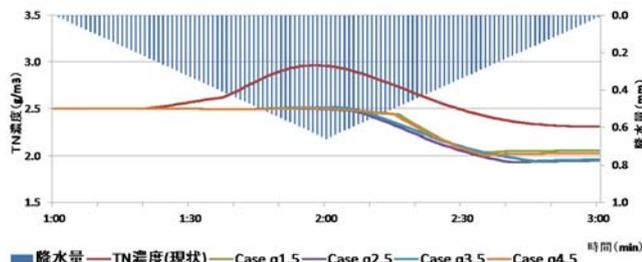


図-5 流量判定で可動堰を運用した濠内 TN 濃度の解析結果

表-1 各濃度判定値別の放流終了時の TN 濃度, TN 放流量及び放流量 (濃度: g/m^3 , TN 放流量: g , 放流量: $\times 10^3 \text{m}^3$)

Case	現状	C1.5	C2.5	C3.5	C4.5
TN 濃度 (低減率)	2.31 ()	1.86 (19.5 %)	1.88 (18.6 %)	1.96 (15.2 %)	2.04 (11.7 %)
TN 放流量 (低減率)	75.4 ()	40.3 (46.5 %)	69.6 (7.63 %)	84.9 (-12.6 %)	97.9 (-29.9 %)
放流量 (増加率)	36.1 ()	31.0 (-14.1 %)	46.2 (27.9 %)	51.2 (41.9 %)	54.4 (50.7 %)

表-2 各流量判定値別の放流終了時の TN 濃度, TN 放流量及び放流量 (濃度: g/m^3 , TN 放流量: g , 放流量: $\times 10^3 \text{m}^3$)

Case	現状	Q1.5	Q2.5	Q3.5	Q4.5
TN 濃度 (低減率)	2.31 (-)	2.05 (11.3 %)	1.93 (16.5 %)	1.95 (15.6 %)	2.02 (12.6 %)
TN 放流量 (低減率)	75.4 ()	23.3 (69.1 %)	45.1 (40.2 %)	60.4 (19.9 %)	27.9 (63.0 %)
放流量 (増加率)	36.1 ()	17.2 (-52.4 %)	31.0 (-14.1 %)	38.6 (6.84 %)	20.1 (-44.3 %)

(総降雨量 40mm, 降雨継続時間 120 分, 中央集中型) の事例を用いて検討した結果について述べる。

3. 可動堰導入による水質改善効果

図-4 と図-5 はそれぞれ, 市ヶ谷濠において管内濃度判定と管内流量判定で可動堰を運用した場合の濠内 TN 濃度の時系列変化を示しており, また表-1 と表-2 は各判定種類別の放流終了時の TN 濃度と TN 放流量の低減率, 放流量の増加率を示している。まず, 図-4 の場合, 全ての TN 濃度の判定値において放流終了時の濠内 TN 濃度は改善傾向にあり, 濠内 TN 濃度の低減率は最大で 19.5 % である。しかし, 表-1 の低減率を見てみると, Case-C1.5 と Case-C2.5 では現状より削減効果があるもの, Case-C3.5 と Case-C4.5 では TN 放流量が増加している。本研究で使用しているモデルでは濠内の初期 TN 濃度を $2.5 \text{g}/\text{m}^3$ に設定しており, Case-C1.5 と Case-C2.5 では濠内初期 TN 濃度未滿で, 管内の濃度がそれ以下にならない限り堰は下がらないため, 必然的に TN 放流量は削減され, 濠内 TN 濃度が改善された。また, Case-C3.5 と Case-C4.5 では流入 TN 濃度が濠内初期 TN 濃度より高く, 先ほどの 2 つの濃度に比べ堰の下がり方が早かったことから, TN 放流量は削減されずに増加したと考えられ, また濠内濃度より低い放流の割合の方が多かったため放流終了時の濠内 TN 濃度は現状より改善されたと考えられる。これより, 濃度判定で堰を可動させた場合は, Case-C2.5 の判定値 (濃度 $2.5 \text{g}/\text{m}^3$) が最適と考えられる。

次に, 図-5 の場合, 同様に全ての判定値において放流終了時の濠内 TN 濃度は改善され, 濠内 TN 濃度の低減率は最大で 16.5 % である。表-2 に示すように, 濃度判定の事例とは違い全ての判定値において TN 放流量が現状より低減しており, 現状よりも下水処理場に負荷をかけている。この現象が起きた理由としては, 判定値を厳しく設定していることから, 堰高を下げるタイミングが濃度判定の場合よりも遅れたため, 多くの下水を堰き止めたことが考えられる。濠内における最終的な濠内 TN 濃度・TN 物質質量や下水処理の負荷を考慮すると, 流量判定で堰を可動させた場合は, Case-Q3.5 の判定値 (濃度 $3.5 \text{g}/\text{m}^3$ に対応) が最適と考えられる。

4. まとめと今後の課題

本研究では, 放流解析モデル, 「水収支解析モデル」, 「物質収支解析モデル」からなる水循環解析モデルを使用し, 雨水吐室の越流堰に設置した可動堰の最適な運用方法を検討し, 水質改善効果の定量的な評価を行った。濃度判定で堰を可動させる方法と流量判定で堰を可動させる方法の 2 パターンを考えて検討した結果, どちらのパターンでも全てのケースにおいて十分に希釈効果のある水を濠へ放流させることが出来たことにより, 現状より水質は改善された。しかし, 流量判定で濠への放流が減少したことで処理場に負荷をかける結果になったことから, 今後は現実的な運用の可能性がある流量判定の方法についてさらに検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 田中走 (2013): 物質収支を考慮した江戸城外濠における水循環解析モデルの構築と水質改善策に関する研究, 2012 年度法政大学修士論文
- 2) 大和川清流ネットワーク : (<http://www.yamato-river.net/index.html>)