

# 未処理水流入吐口へ可動堰導入を考慮した江戸城外濠における 栄養塩類濃度低減策の検討

法政大学大学院デザイン工学研究科  
大成建設株式会社  
法政大学デザイン工学部

学生員 奥田 悠暉  
正会員 亀田 哲平  
正会員 鈴木 善晴

## 1. 背景・目的

江戸城外濠（以下、外濠）は、江戸時代に江戸城の防衛施設と舟運の航路のために設備された。また、江戸市内の人口が増加するにつれて、玉川上水が整備され、その余水や江戸の生活排水の受け皿としても利用された。現在の外濠は周辺に公園が設備され、昼には多くの人々が休憩や昼食の場として利用し、春には桜の名所として多くの観光客が訪れる。このように、外濠は残すべき歴史の遺産であり、都心部における貴重な水辺環境となっている。しかし、現在は外濠が未処理水の受け皿になっている事と外濠周辺に埋設されている合流式下水道の影響から、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周辺地域にもたらしている。また、外濠では富栄養化が進行しており、外濠の生態系への影響が懸念されている。そのような中、近年我が国では、環境保全への意識が高まりつつあり、合流式下水道に対する問題の解決を試みる自治体も増えてきている。しかしながら、外濠においては、未だ目立った対策は講じられていない。

本研究では、合流式下水道の埋設地域である外濠の栄養塩類濃度の低減を目的し、水循環解析モデルを用いて、未処理水流入吐口の雨水吐室の越流閘へ可動堰を設置した場合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の概要を示す。



図-1 江戸城外濠の概要

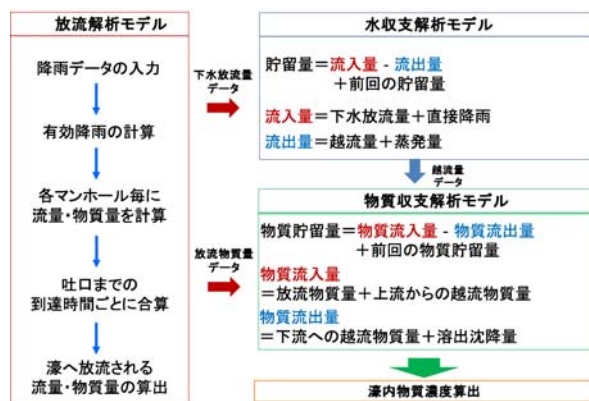


図-2 水循環解析モデルのフローチャート

## 2. 水循環解析モデルによる水質予測

本研究で使用したモデルは「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。降雨は最も近傍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。モデルの信頼性に関しては、解析結果と採水調査の結果とを比較し検討している。図-2 に水循環解析モデルの概要を示す。

また、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  $1.5 \text{ g/m}^3$  (Case-C1.5)、 $2.5 \text{ g/m}^3$  (Case-C2.5)、 $3.5 \text{ g/m}^3$  (Case-C3.5)、 $4.5 \text{ g/m}^3$  (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

Key Words: 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

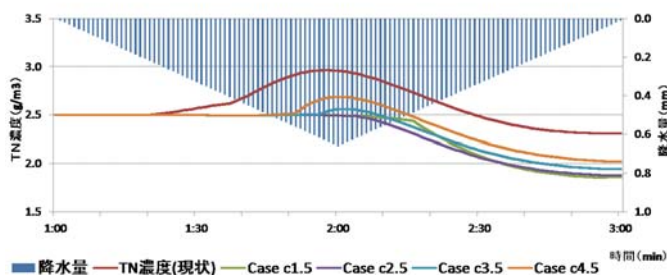


図-3 濃度判定で可動堰を運用した濠内 TN 濃度の解析結果

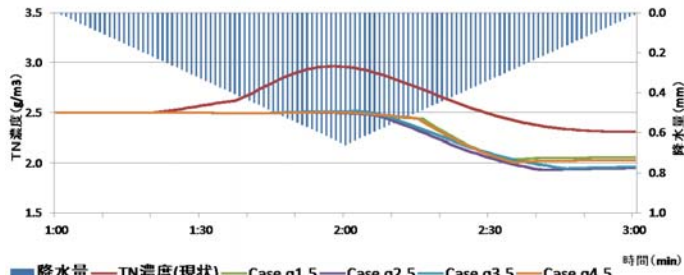


図-4 流量判定で可動堰を運用した濠内 TN 濃度の解析結果

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:  $\times 10^3 m^3$ )

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:  $\times 10^3 m^3$ )

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 %)

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、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3事例 (No.1 ~ No.3)、モデル降雨5事例 (No.1 ~ No.5) 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.1 (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-3 と図-4 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-3 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。本研究で用いたモデルでは濠内の初期 TN 濃度を  $2.5 g/m^3$  に設定しており、Case-C1.5 と Case-C2.5 では濠内初期 TN 濃度未満で、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。濠内における最終的な濠内 TN 濃度などを考慮すると、濃度判定で堰を可動させた場合

は、Case-C2.5 の判定値 (TN 濃度  $2.5 g/m^3$ ) が最適と考えられる。

次に、図-4 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 (TN 濃度  $3.5 g/m^3$  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用いて雨水吐室の越流堰に設置した可動堰の導入による栄養塩類濃度の低減効果について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パターンを考慮して検討した結果、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、現状より栄養塩類濃度は低減された。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): 江戸城外濠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, 法政大学大学院デザイン工学研究科都市環境デザイン工学専攻 修士論文概要, pp.10-1 ~ 10-6, 2013.