

江戸城外濠における水循環解析モデルの構築と 雨水浸透施設の導入効果に関する研究

法政大学大学院デザイン工学研究科
法政大学デザイン工学部
世田谷区役所

学生員 亀田 哲平
正会員 鈴木 善晴
非会員 田中 走

1. 背景・目的

多くの都市域ではその急激な成長に伴い、安価で工期の短い合流式下水道が敷設されてきたが、合流式下水道からの未処理下水の放流によって、周辺水域の水質汚濁が進行している。また、都市化により不浸透域が拡大したことで合流式下水道の環境への影響は以前よりも大きなものとなっている。環境保全の意識が高まりつつある近年では、合流式下水道の問題を解決（合流改善）しようとする自治体も増えてきた。しかしながら、江戸城外濠においては、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。

そこで本研究では、合流式下水道の敷設地域である江戸城外濠（以下外濠）を対象に、水循環解析モデルを構築し、雨水貯留浸透施設の導入による水質変動を予測・検証することで、外濠の水質改善策に関する検討を行った。水循環解析モデルでは、下水道からの未処理放流水中の物質量を計算し、濠の物質収支を考慮することで、水質改善策による合流改善効果と水質改善効果について同時に評価を行った。

2. 研究対象地域の概要

本研究で対象としている外濠は、上流から市ヶ谷濠、新見附濠、牛込濠の3つの濠となっており、JR市ヶ谷駅と飯田橋駅にまたがる形で存在する。外濠へ放流する下水管網が雨水を集めてくる範囲を外濠集水域と呼んでいるが、その面積はおよそ330haである。集水域内にマンホールが2027個、管路延長が7万mほどである。オフィス街であるため昼間人口と夜間人口の差が大きく、昼間で16万人、夜間で5万人である。図-1に外濠集水域を示す。図中の青い範囲が市ヶ谷濠、緑が新見附濠、赤が牛込濠である。濠ごとの集水面積は市ヶ谷濠で最も大きく228haで、全体の70%を占めている。本稿ではこの市ヶ谷濠に絞って水質改善策の提案を行う。

3. 水循環解析モデル

外濠の水質改善策として雨水浸透施設による合流改善が挙げられるが、その規模や効果を評価するためには外濠の水循環の把握が不可欠である。ここでいう水循環とは、降雨による濠への未処理水流入と、濠内の水収支による濠水の貯留・流去とそれに伴う物質移動全般を指す。本研究では外濠の水循環を把握するため、外濠水循環解析モデルを構築した。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。

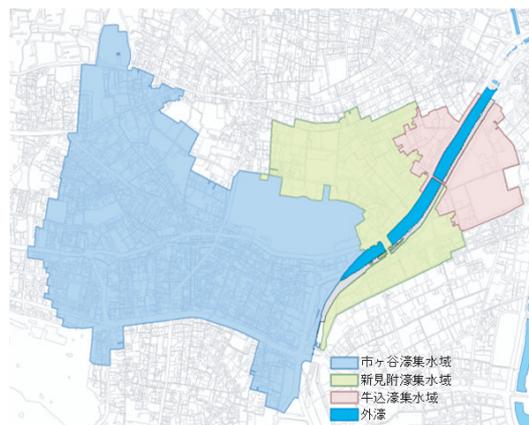


図-1 外濠の外形と各濠の集水域

(1) 放流解析モデル

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、それを吐口までの流達時間によって合算し放流量を推定する。マンホールへの流入過程は道路、屋根、その他の地表の3経路を考えそれぞれに流出率を設定しており、流入量は合理式により算出する。放流水中の汚濁物質の計算には、各流入経路に設定した汚濁負荷量¹⁾と管内の平常時汚水量を用いた。平常時汚水量は町丁目ごとの人口によって算出している。さらに、ファーストフラッシュを考慮するため、降雨継続時間が40分を超えた場合には雨水による汚濁負荷はないものとみなした。

(2) 水収支解析モデル

水収支解析モデルでは放流解析モデルで得られた結果をもとに濠内の水収支を解き、ある時刻の貯留量は式(1)から算定する。

$$S_t = Q_{in} - Q_{out} + S_{t-1} \quad (1)$$

ここで S_t : t 時における貯留量 (m^3/min)、 Q_{in} : t 時における流入量 (m^3/min)、 Q_{out} : t 時における流出量 (m^3/min)、 S_{t-1} : t-1 時における貯留量 (m^3/min) である。

市ヶ谷濠においては、流入量は下水からの放流量と濠への直接降雨量の合計であり、流出量は下流の濠への越流量と蒸発量の合計である。市ヶ谷濠の越流口には堰が設けてあり、水深が1.5mを上回ると放流が発生すると考えた。また、蒸発量には参考としてハモン式を用いた。

Key Words: 物質収支, 江戸城外濠, 水質, 合流改善, 雨水浸透施設

〒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

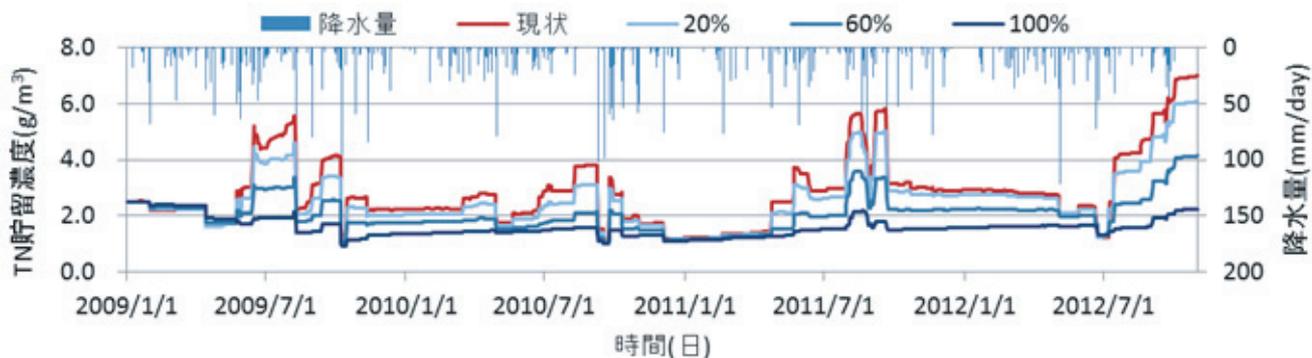


図-2 市ヶ谷濠における雨水浸透施設導入を考慮した TN 貯留濃度

	浸透 20 %	浸透 40 %	浸透 60 %	浸透 80 %	浸透 100 %
放流回数削減率 (%)	0.0	4.8	12.2	31.8	27.2
放流量低減率 (%)	11.1	21.7	31.8	41.2	50.1
放流物質低減率 (%)	17.9	34.0	48.2	60.6	71.1

表-1 各浸透割合における現状からの放流回数・放流量・放流物質量の低減効果

(3) 物質収支解析モデル

物質収支解析モデルでは上記ふたつのモデルの解析結果を用いて濠内の水質を予測できる。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。ある時刻の物質貯留量は式 (2) によって算定する。

$$M_{St} = M_{in} - M_{out} + M_{St-1} \quad (2)$$

ここで、 M_{St} : t 時における物質貯留量 (g), M_{in} : t 時における物質流入量 (g), M_{out} : t 時における物質流出量 (g), M_{St-1} : t-1 時における物質貯留量 (g) である。

4. 雨水浸透施設の導入効果

雨水浸透施設とは降雨を地中に浸透させることで下水管渠への流入を抑制する施設である。本研究では道路面上における直接降雨に対し、浸透施設導入による水質改善効果を検討した。浸透施設の規模は式 (3) のように、合理式に道路面の浸透割合を乗じることで表現した。

$$Q = fRA \cdot (1 - i/100) \quad (3)$$

ここで、 Q : マンホールへの道路面からの流入量 (m^3/min), f : 道路面の流出率, R : 降雨強度 (m/min), A : マンホールの集水面積 (m^2), i : 道路面の浸透割合 (%) である。浸透割合は 20, 40, 60, 80, 100% の 5 ケース解析を行った。図-2 は市ヶ谷濠における浸透施設導入を考慮した TN 貯留濃度である。また、各浸透割合における、放流回数等の低減効果を表-1 にまとめた。

図-2 を見ると、浸透割合の上昇につれて水質変動が平坦になることが分かる。これは降雨の浸透によって物質負荷が減少したためであるが、同時に放流量自体も減少するため、大規模な放流による濠水の希

釈効果も小さくなることもわかる。また表-1 を見ると、浸透割合 100 % では放流量を 50 %, 放流物質量を 70 % ほど低減でき、放流量の削減率に対し TN 量の削減率が上回る結果となった。これは濠水の水質濃度には汚濁負荷の高い道路面からの流出が大きく影響していると考えられる。すなわち、道浸透施設の導入により道路面からの流出を抑制することは有力な水質改善策といえる。

5. まとめと今後の課題

本研究では、合流式下水道の敷設地域である外濠を対象に、水循環解析モデルを構築し、雨水貯留浸透施設の導入による水質変動を予測・検証することで、外濠の水質改善策に関する検討を行った。同モデルでは改善の余地があるものの、下水道からの未処理放流水中の物質量を計算し、濠の物質収支を考慮することで、水質改善策による合流改善効果と水質改善効果について同時に評価することが可能となった。

水質改善策として雨水浸透施設を導入した場合、道路面への降雨を浸透させることが水質改善の有効な手段の一つであることが分かった。また、浸透割合 100 % の物質低減率が 70 % ほどであることから、道路面からの流出による汚濁負荷が水質に大きな影響を与えていると考えられる。

今後の課題として、引き続きモデルの改良が必要である。物質の化学変化、生態系モデルの考慮が挙げられる。合流改善策の検討としては、本稿で取り上げた雨水浸透施設にあわせ、雨水貯留施設や下水道を合流式から分流式に切り替えた場合の効果などより多岐にわたる改善策の検証・提案を行っていく予定である。

参考文献

1) 和田安彦 (1988): 都市域における非特定汚染源負荷とその計測方法, 水質汚濁研究, Vol.11, No.12, pp.739-742.