

46. 江戸城外濠における降雨と水位変化の 関係に関する研究

津島 優樹^{1*}・柿沼 太貴¹・太平 一典²・山田 正²

¹中央大学理工学研究科都市環境学専攻（〒112-8551東京都文京区春日1-13-27）

²中央大学理工学部都市環境学科（〒112-8551東京都文京区春日1-13-27）

* E-mail: tsushima@civil.chuo-u.ac.jp

高度経済成長の時代を経て、都市部における水辺空間は減少してきた中、江戸城外濠(以下、外濠)は、江戸時代から約400年の歴史を持っており¹⁾、今や都市部における貴重な水辺空間となっている。しかし、外濠には降雨時に合流式下水道から未処理水が流入するため、悪臭やごみの浮遊が発生している。この問題への対策を講じるためには、降雨と未処理水の流入状況の関係を明らかにすることが必要である。著者らは、降雨時における濠内への流入状況を明らかにすることを目的とし、水位の連続観測、流入出量の計算を行った。それにより水位変化と降雨の関係を明らかにした。

Key Words : Sotobori, rainfall intensity, fluctuation of water level

1. はじめに

国の史跡である江戸城外濠(以下、外濠)は、周辺地域の都市化が進む中においても、その姿は当時のままである。当初は玉川上水や湧水を主な水源であったが、現在では雨水と降雨時に合流式下水道からオーバーフローする未処理水である。それにより、悪臭やごみの浮遊が発生している。この問題への対策を講じるためには、降雨と未処理水の流入状況の関係を明らかにすることが必要である。著者らは、降雨時における濠内への流入状況を明らかにすることを目的とし、水位の連続観測、流入出量の計算を行った。

2. 外堀の概要

外濠は市ヶ谷濠、新見附濠、牛込濠(以後それぞれをA濠、B濠、C濠とする)からなり、図-1に示すように連なっている。各濠の水面の面積および平水時の水位は表-1に示す。降雨時には合流式下水道よりオーバーフローした未処理水が外濠に流入する。また下水吐口以外にも下水台帳に記載の無い吐口が存在している。

3. 降雨時における観測結果

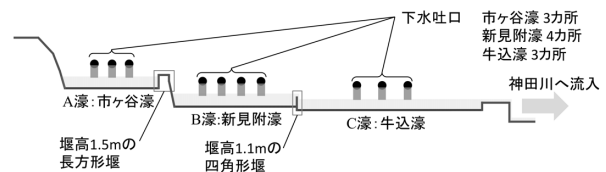


図-1 外濠の概要

表-1 外濠の平水時の水面の面積と水深

	市ヶ谷濠	新見附濠	牛込濠
水面の面積[m ²]	16450	28800	32580
平水時の水深[m]	1.5	1.1	1.0

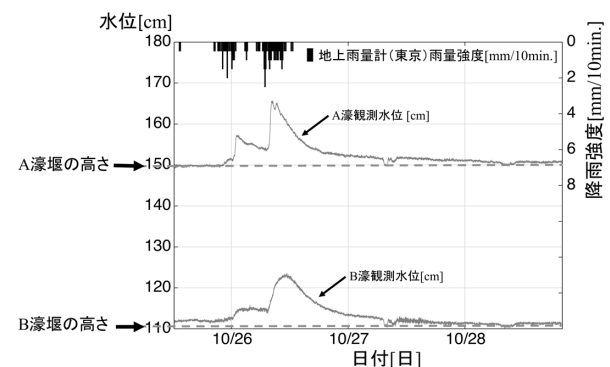


図-3 2013年10月25日から28日までのA濠、B濠における水位観測結果

図-3にA濠、B濠における2013年10月25日から28日まで

での間の降雨及び水位観測結果の時系列データを示す。降雨データは外濠より東へ約2km地点の気象観測所のものであり、最大10分間降雨量 2.5mm/10min. , 累積降雨量 51mmであった。実測の水位から、観測期間中のA濠最高水位は165.7cm, B濠は124.3cmであり、表-1から水位の変化量は平水時と比べてそれぞれ約15cm, 12cm増加し、両濠共に平水時の水位からおよそ1割の上昇がみられた。

4. 濠への流出入量計算方法

降雨時の外濠における水の出入りの機構を明らかにするため、前章で示した観測結果を用いて、A濠における水の収支を計算する。A濠における水の保存関係は(1)式で表す。

$$A_A \frac{dh_A(t)}{dt} = Q_{inA}(t) - Q_{outA}(t) + Q_{rA}(t) \quad (1)$$

壁面が鉛直であり、対象降雨における水位変化による濠の水面の面積変化はなく、濠の水面の面積は $A_A=16450\text{m}^2$ とする。

A濠の保存式に関しては $Q_{inA}(t)$ をA濠への吐口からの流入量 $[\text{m}^3/\text{s}]$, $Q_{outA}(t)$ をA濠の堰から越流量 $[\text{m}^3/\text{s}]$, $Q_{rA}(t)$ をA濠の水面に降る雨による流入量 $[\text{m}^3/\text{s}]$, $h_A(t)$ をA濠の水位 $[\text{m}]$ とする。濠の初期流入量は $0 \text{ m}^3/\text{s}$ とする。両濠の堰での流出量については堰の越流公式を用いており、越流係数 C は実際の堰の形状から Govinda-Rao の式³⁾を用いた。 $Q_{out}(t)$ を堰での越流量 $[\text{m}^3/\text{s}]$, B を堰幅 $[\text{m}]$, h_w を越流水深 $[\text{m}]$ とし濠の堰高を 1.5 m とする。濠への流入を計算するため(1)式を観測から得られた水位データと降雨データを用いることにより流入量を計算する。

5. 降雨強度と水位変化と流入量の関係

本章では降雨と水位変化の関係を詳細に調べた。図-4に観測結果より水位変化が顕著な時間帯の降雨強度、水位変化、流入量を示す。横軸は10月25日23:40～26日10:40を示す。降雨データはA濠にもっとも近いXバンドMPレーダ(以下、レーダ)のデータを用いた。時間分解能が1分間と細かく、降雨と水位変化の関係を詳細に見ることができる。

(1) 水位上昇期間

図-4の灰色部分は1cm以上水位が上昇した時間帯を示している。3つ示したうちの左側から順番にⅠ期間、Ⅱ期間、Ⅲ期間とする。降雨強度と水位上昇までに要した時間、水位上昇量はそれぞれⅠ期間では、15.6 mm/hの21分後に5cm, Ⅱ期間では、23.8 mm/hの13分後に13cm, Ⅲ

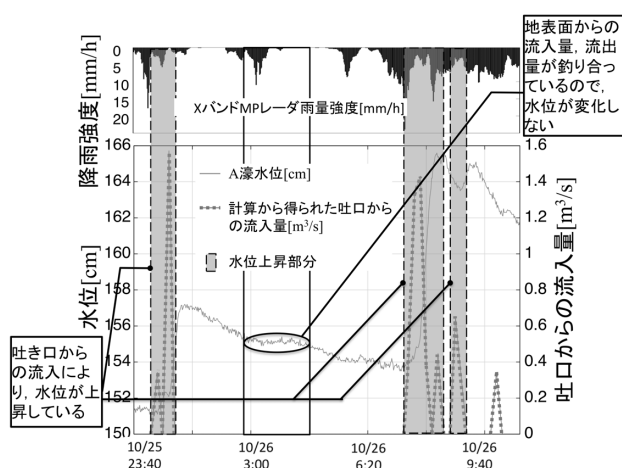


図-4 降雨強度と水位変化の関係

期間では、15.6 mm/hの43分後に1.4 cmであった。以上の結果より、降雨強度が高いほど、水位上昇するまでの時間が短く上昇量は大きいことを示している。また、図-4より、3つの期間とも流量計算結果より吐口からの流入があることから、降雨の後に水位が上昇するまでの時間差は、下水集水域に降った雨が下水吐口に到達するまでの時間であると考えられる。降雨強度が高いほど下水の流量が増え、流速も大きくなるため降雨の後の水位上昇までの時間が短くなる。

(2) 水位変化がない期間

図-4の楕円で囲んで部分は、流入量と流出量が等しく、水位変化が見られない時間帯を示している。水位が155 cmの状態が、10月26日3:00頃から同4:30までの約90分間続いている。降雨と水位が一定になっている期間との時間差がない。このことから、11.8 mm/hの降雨では下水吐口からの流入よりも水面への直接降雨の影響が大きいと考えられる。

6. まとめ

本論文は江戸城外濠における降雨と水位変化との関係を明らかにした。以下に得られた知見を示す。

- 1) 降雨の後に水位が上昇するまでの時間差は、下水集水域に降った雨が下水吐口に到達するまでの時間であり、降雨強度が高いほど下水の流量が増え、下水の流速も大きくなるので降雨の後の水位上昇までの時間が短くなる。
- 2) 流入量と流出量が等しくなる時は、吐口からの流入よりも水面への直接降雨の影響が大きい。

参考文献

- 1) 千代田区・新宿区・港区「史跡江戸城外濠跡保存管理書」。
- 2) 千代田区安全生活課(2013)「千代田区の環境」。
- 3) 水理公式集 昭和60年度版 pp 283-286。