

江戸城外濠からの流入水が神田川・日本橋川水質に与える影響に関する研究

A study of water quality in Kanda River and Nihonbashi River affected by runoff from Edo Castle Outer Moat

14N310005C 尹 中夫
Zhongfu YIN

Key Words : Edo Castle Outer Moat, water quality, Nihonbashi River, run off, affect

1. はじめに

都市域を流れる河川は、昔から人々の生活と密接に繋がり、地域の風土・文化に関して非常に貴重な空間である。特に日本橋川には日本国道路元標を有する名橋「日本橋」が掛かっており、河川を中心とした都市の再開発が注目を浴びている。しかしながら、現在神田川・日本橋川は、未処理水が流入する河川となっているため、水質・親水性の劣悪な環境といえる。更に、日本橋川の上流部には江戸城外濠（東京都中心部に位置する。以下、外濠）は、夏場に外濠の中でアオコやスカム等の発生が見られており、水質環境が悪い。近年では環境保全の意識が高まっており、水質改善が試みられているが、十分な水質改善には至っていない。また、外濠からの流入水が、下流河川の水質に与える影響に関する既往研究が不足しており、これに関するデータも少ない。本研究では、外濠からの流入水が下流河川の神田川・日本橋川の水質に与える影響を現場観測調査および水質シミュレーションを行うことにより、神田川・日本橋川の水質汚濁要因を考察した。

2. 研究対象概要

東京都を流れる神田川は、三鷹市の井の頭池から台東区で隅田川と合流する。流路延長約25.5kmの一級河川であり、江戸川橋付近(12.1KP)より下流は感潮域となっている。神田川上流部には、落水水再生センターという水処理施設があり、下流部には浄化された処理水が放流されている。既往研究により、平水時の神田川、及び日本橋川の流水の大半は水処理センターからの放流水で構成されている¹⁾。また、日本橋川では、全区間で感潮域となり、水辺の建築や高速道路による日照障害があるため、複雑な河川環境となっている。日本橋川上流部には富栄養状態の閉鎖性水域である外濠がある。夏場において外濠の水質は、市ヶ谷濠、新見付濠、牛込濠の3濠で著しく悪く、下水臭を発生し、降雨時の未処理水が吐口から外濠へ流入している。²⁾

3. 平水時・降雨時外濠周辺水質の特性

(1) 観測概要

平水時において、外濠周辺の5地点で2015年11月から2016年1月において計6回の現地観測を行った。図-2より外濠上流の新慶隆橋(A地点)、外濠から神田川への流



図-1 研究対象地域

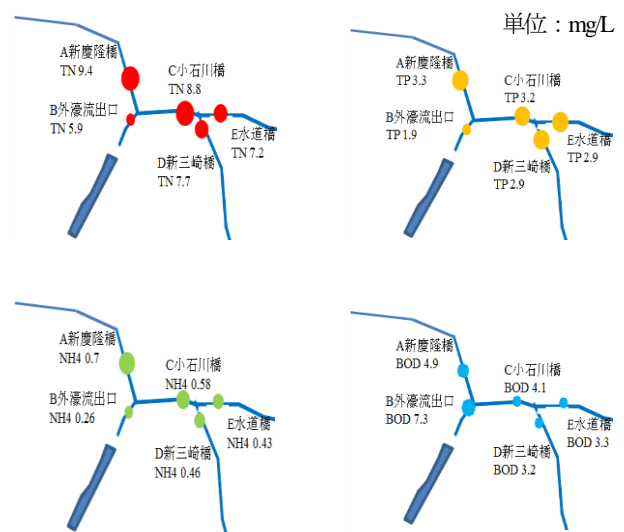


図-2 2015年11月～12月における観測結果

入口(B地点)、神田川分流前の小石川橋(C地点)、日本橋川の新三崎橋(D地点)、神田川分流後の水道橋(E地点)で行った。

(2) 平水時観測結果

本研究の対象は都市河川感潮域であり、その影響を避けるために、採水は全て下げ潮の時に表層を採水した。図-2に定期観測結果の平均値を示す。

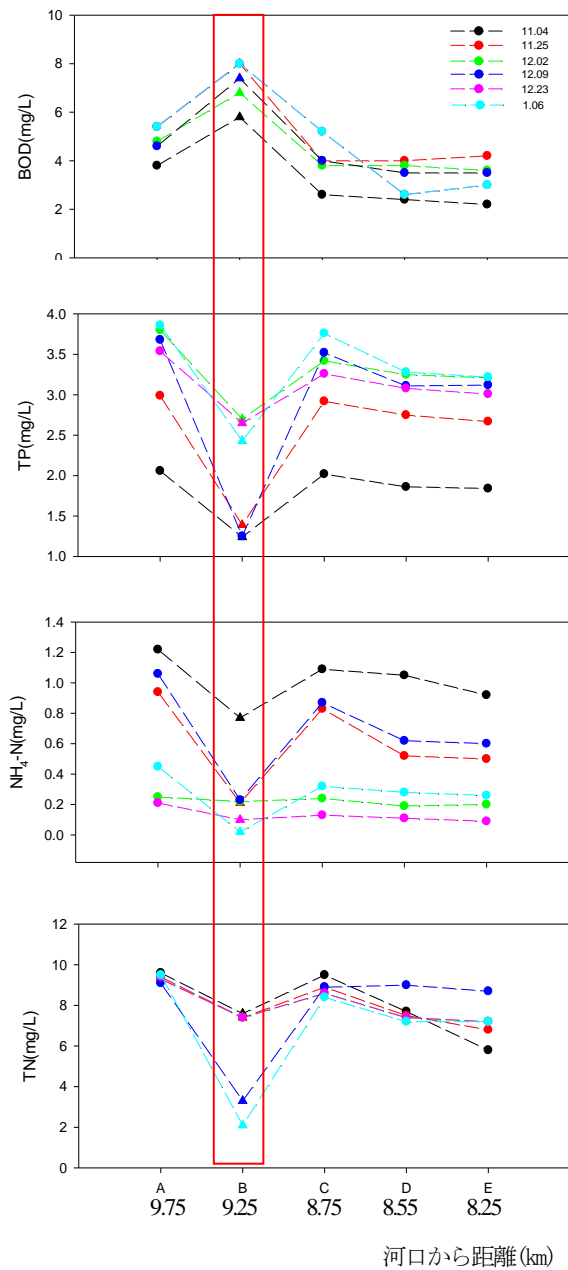


図-3 平水時定期観測結果

図-2に外濠周辺地点のA地点からE地点のTN濃度を比較すると、約1mg/L減少している。TP濃度を比較すると、約0.1mg/L減少している。また、アンモニア態窒素濃度は約0.1mg/L減少している。これより外濠の影響は平水時において、小さいことがわかる。

図-3に上流の新慶隆橋地点にTN、TP、NH₄-Nの値が一番高い(TN=9.6mg/L、TP=3.8mg/L、NH₄-N1.22mg/L)。外濠流出口地点にTN、TP、NH₄-Nの値が一番低い(TN=7.2mg/L、TP=1.84mg/L、NH₄-N=0.09mg/L)。河川の栄養塩濃度は、外濠に比べ高いことから上流放流水質濃度が高い。外濠のBOD濃度は河川のBOD濃度に比べ高いことから、外濠は有機物量が多いことがわかる。

平水時、神田川及び日本橋川における水質環境の主な要因として水処理センターからの放流水からの流入

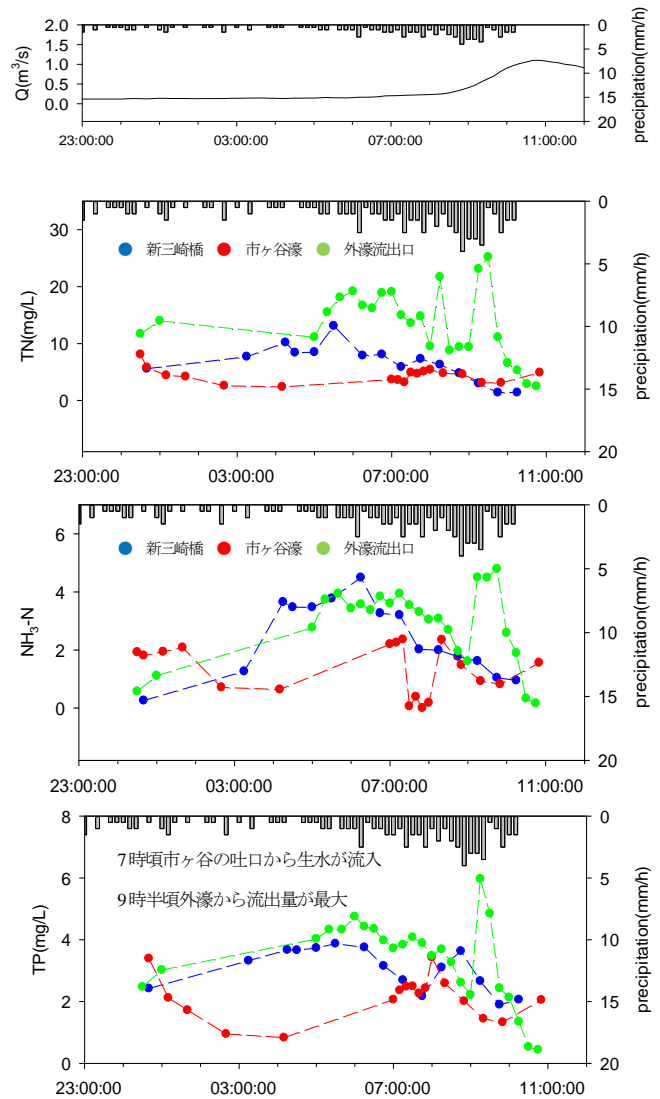


図-4 外濠、外濠流出口、新三崎橋地点の降雨時における連続観測

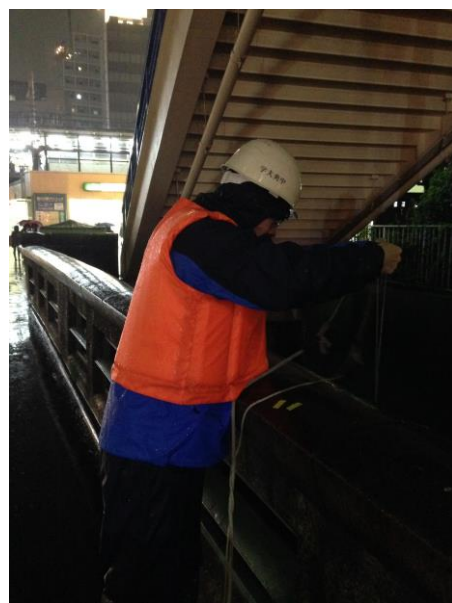


写真-1 観測風景

水が大きく関係している。神田川においては、TN、TP、アンモニア態窒素濃度は下流より上流のほうが高い。外濠周辺上流側で大きな値を示し、流下するに伴い、減少していることがわかる。

(3) 三地点降雨同時観測結果

2015年12月11日に外濠の市ヶ谷濠、外濠の流出口、新三崎橋地点の三地点で約12時間の連続観測を行った。

図-4に連続観測結果から2015年12月10から11日で最大降雨強度4.5mm/min、累積降雨量69.5mmの降雨が発生した。降雨時の外濠流出口の観測結果により、TN濃度は平水時の観測結果に比べて約13mg/L上昇し、アンモニア態窒素濃度は約5mg/L上昇している。また、TP濃度は約4mg/Lが上昇した。TN、TP、アンモニア態窒素濃度は、9時半頃最大値に達した(TN=25.6mg/L、TP=5.94mg/L、NH₃-N=4.93mg/L)。朝4時から6時の間では三つの地点で各水質濃度が上昇した。また、三地点にゴミが流れており、同時に臭気が発生していた。7時前に市ヶ谷濠の吐口から未処理水が流入するため、各水質濃度が上昇した。6時から8時の間では、降雨量の増加に伴い外濠流出口、新三崎橋地点の水質濃度を減少し、神田川上流からの流水がきれいになった。9時以降、外濠から神田川への流入水が下水臭、油汚れを含んだゴミが流れ込んだ。この期間において、外濠流出口の各水質濃度が急激に上昇した。日本橋川の新三崎橋地点で栄養塩濃度値は最大降雨強度の前に最大に達した。降雨量の増加に伴い、各水質濃度が下がっており、これは雨水の希釈作用と考えられる。降雨終了後、外濠流出口からの各水質濃度が減少し、約30分が経ち、平水時の水質状態に回復した。三地点で各水質濃度を比較すると外濠流出口の濃度が一番高いことから外濠からの流入水が下流河川水質に影響を与えていると考えられる。

降雨時、新三崎橋地点の各水質濃度変化の要因は上流放流水と外濠からの流入水による影響が主要な要因としてあげられる。

4. 解析手法

本研究では降雨時の水質汚濁要因の一つとしてあげられる外濠からの流入水による影響に着目し、雨天時における水質変化(TN、TP、アンモニア態窒素濃度)の挙動と外濠の流入から受ける影響を定量的に示すため、水質シミュレーションを行なった。

上流端の水質はTN、TP、アンモニア態窒素の3項目を設定し、上流放流水の各水質濃度は値を3ケースで計算した。

(case1 : TN3mg/l , TP1mg/l , アンモニア態窒素 1mg/l , case2 : TN5mg/l , TP2.5mg/l , アンモニア態窒素 2.5mg/l , case3 : TN8mg/l , TP3.0mg/l , アンモニア態窒素 3.0mg/l) , 下流端の各水質濃度には神田川・日本橋川における東京都環境局による各項目の実測値を与えた。外濠から

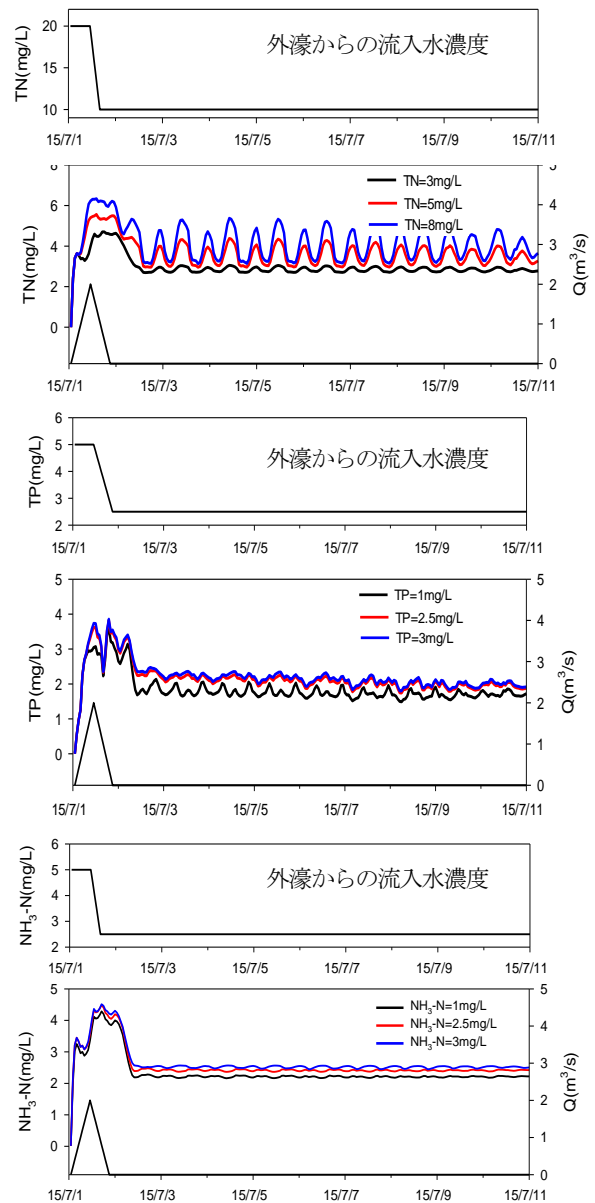


図-5 小石川橋における計算結果



図-6 計算地点と境界条件

の濃度，流出量は図-6のように与える．TN：10~20mg/l，TP：2.5~5.0mg/l，アンモニア態窒素：2.5~5.0mg/l．

本研究は，4つの水質項目の連立方程式を解く．計算式は(1a)～(1d)式を用いる．

生物学的酸素要求過程：

$$\frac{dBOD}{dt} = (\text{溶存態}BOD) + (\text{懸濁態}BOD) + (\text{堆積態}BOD) \quad (1a)$$

硝化に関する基本式：

$$\frac{dNO_3}{dt} = (\text{アンモニアの硝化}) - (\text{脱窒}) \quad (1b)$$

アンモニア化に関する基本式：

$$\frac{dNH_3}{dt} = (\text{アンモニア化}) - (\text{硝化}) - (\text{生物による呼吸}) - (\text{バクテリアによる吸収}) \quad (1c)$$

リンに関する基本式：

$$\frac{dOP}{dt} = (\text{溶出したリン}) - (\text{沈降したリン}) - (\text{植生によるリン吸収}) + (\text{BOD分解によるリン}) \quad (1d)$$

5. 影響評価

図-5に外濠からの流入による水質への影響を明らかにするため，神田川小石川橋付近での解析結果を時系列で示した．外濠からの流入による3ケースの水質変化を比較した場合，Case1，Case2，Case3三つのケースの計算結果より外濠から神田川への流入水が神田川のTN，TP，アンモニア態窒素濃度に与える影響があると考えられる．上流放流水の各水質濃度の増加に伴い，外濠からの流入水が下流河川に与える影響が小さくなる．出水終了後，1日程度は外濠からの流入の影響が神田川に残っていることがわかる．この結果より，降雨時の神田川の水質悪化には外濠からの流入による影響が要因の一つであることを示した．また，外濠からの流入水が汚濁物質の流出に1日かかることがわかった．

図-6に出水期間は7月1日1:00~7月1日21:00，流出量は $2\text{m}^3/\text{s}$ を設定した．神田川・日本橋川流下方向から6地点を計算した．

図-7の計算結果により流下方向に従い各地点水質濃度が減少した．外濠からの流入水がB地点～C地点の水質濃度に与える影響が大きく，D地点～F地点に与える影響は少ないことがわかる．

6. まとめ

(1) TN，TP，アンモニア態窒素濃度の外濠周辺の観測

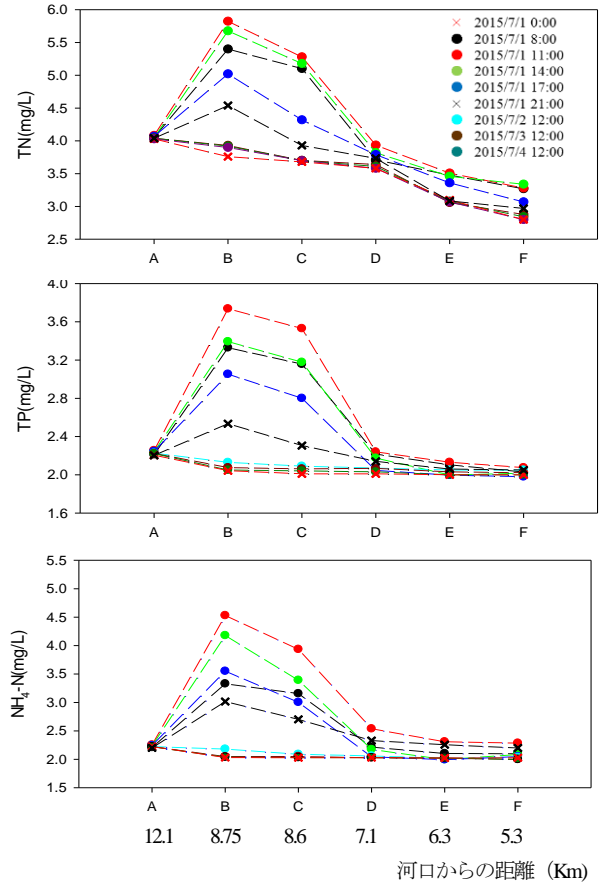


図-7 流下方向各地点の各時刻の計算結果

結果による河川水質の濃度は外濠流出口地点に比べて高く，外濠周辺上流側で大きな値を示し，流下するに伴い，減少しており，上流の放流と関係があることがわかった．

(2) 降雨時観測結果によって外濠からの流入水濃度は平水時に比べて非常に高い，流出量の増加に伴い汚濁負荷量も非常に高い．外濠は汚染源として下流河川の水質に与える影響を考えられる．

(3) 計算結果より神田川の水質悪化には降雨時外濠からの流入による影響が要因の一つであることを示した．出水終了後1日程度は外濠からの流入の影響が神田川で継続していることがわかる．仮定条件により外濠からの流入水の影響が日本橋川約全長の1/4を示す．

7. 参考文献

- 1) 呉修一，渡邊暁人，多田直人，山田正：都市河川感潮域における水質の空間分布特性に関する現地観測，土木学会水工学論文集，Vol.52，2008．
- 2) 桜井一貴：都市河川感潮域における溶存酸素濃度の変動に関する研究～外濠・神田川・日本橋川を例として～，中央大学大学院理工学研究科土木工学専攻，河川水文研究室2014年度修士論文．