

# 鶴ヶ城の外堀における水循環の解明に関する研究

福島大学共生システム理工学類 学生会員 金子美樹  
福島大学大学院共生システム理工学研究科 非会員 高瀬つぎ子  
福島大学大学院共生システム理工学研究科 正会員 川越清樹

## 1. はじめに

鶴ヶ城は、国の史跡として指定された重要な財産であり、会津若松市の象徴的な歴史的建造物である。また、鶴ヶ城の外濠は、都市域に存在する貴重な水辺空間であり、観光や市民コミュニティの場としての資源の他、コンクリート被覆された市内の健全な水循環を作り出す可能性を持っている<sup>1)</sup>。近年、快適・利便な社会実現のために市街化地域の開発が行われ、特に、鶴ヶ城の周囲は、工場、大規模幹線道路の人為的土地改変が進められている。そのため、外濠に様々な生活排水や市街地排水が流入し、都市景観悪化や悪臭の影響問題が認められている。これら都市固有の問題に対し、鶴ヶ城外濠の影響、および許容能力を把握することが切望されている。そのためには、現状の水循環における特徴の解明に取り組む必要がある。

本研究は、現状の水循環における特徴の解明を目的に各々の外濠の水質成分、流況、市街地の状況を明らかにし、鶴ヶ城濠水が水質悪化の原因の解析を試みた。

## 2. 鶴ヶ城の概要

鶴ヶ城外濠は、図1に示すとおり、三岐濠、旧五軒丁濠（以下五軒丁濠）、追手前西濠、元鐘撞堂下三角濠（以下三角濠）、南町通濠、瓢箪濠の6個の濠より構成されている。それぞれの濠面積は16000m<sup>2</sup>、19000m<sup>2</sup>、13000m<sup>2</sup>、8000m<sup>2</sup>、14000m<sup>2</sup>、5000m<sup>2</sup>である。濠水は、猪苗代湖戸ノ口堰を水源とし、市街を流下し、市街地排水を集水しながら三岐濠と三角濠に流入する。三岐濠に流入した濠水は、五軒丁濠を通り、南町通濠へ入り用水路を通じて湯川へ流出する（以下東まわり）。また、追手前西濠に流入した濠水は、三角濠を通り南町通濠へ入り用水路を通じて湯川へ流出する（以下西まわり）。瓢箪濠は、猪苗代湖戸ノ口堰からの流入がなく、降水などが市内の排水溝を通じて流入している。平均流入量は、夏季で約0.3m<sup>3</sup>/s、冬季で約0.04m<sup>3</sup>/sである。平均循環量（滞留時間）は、東回りでは約1カ月、西回

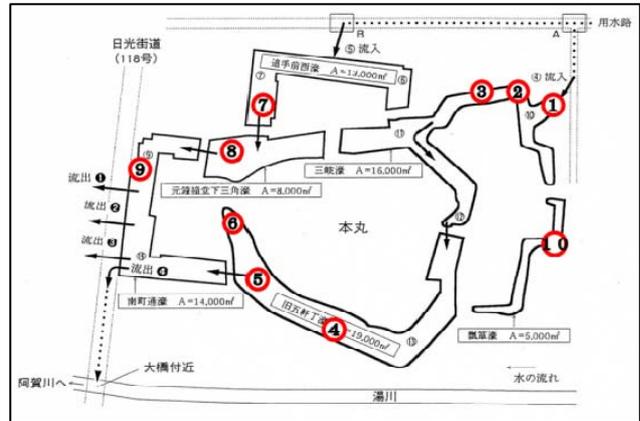


図1 鶴ヶ城外濠水循環図

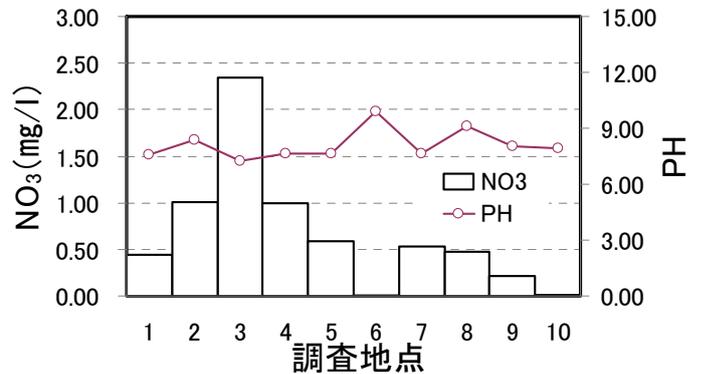


図2 現地調査によるNO<sub>3</sub>とpHの関係図

りでは約1週間である。水深は概ねの時期で約1.2mであり、底には約1.0mの汚泥層が分布する。

## 3. 現地調査と実験分析方法

鶴ヶ城の外濠における水質の空間的な動向を把握するため、多観測点で水質調査を行った。現地調査及び踏査では、水温、pH、流速の測定を行い、採水試料を利用し、SS量、XRFを用いたSS成分分析、SEMを用いたSSの形状分析、また、イオンクロマトグラフ法を用いた陰イオンと陽イオンの測定を行った。（調査地点を図1に示す。①～⑩地点。）

現地踏査の結果、水が濠を移動する際、水面付近の水を人為的に移動させていることが確認された。その一方で、緩慢に移動する水循環も一助となり、濠の底部に汚濁物質が堆積する過程が観察された。

## 4. 実験分析結果

現地調査を裏付ける結果として、図2に各地点の硝酸イオン濃度 (NO<sub>3</sub>) と pH の値を示す。硝酸イオン濃度が③地点で特に高い傾向にあり、東まわり、西まわりとも流出部に近づくにつれ、値が低下する。また、硝酸イオン濃度が高い地点では pH が比較的 low、硝酸イオン濃度が低い地点では pH の高まりが見てとれる。図3に SS 量と SiO<sub>2</sub> の関係を示す。図より、水質成分のほとんどが SiO<sub>2</sub> であることが見てとれる。また、⑥地点の SS 量は③地点に比べて10倍以上を示すが、SiO<sub>2</sub> の割合に変化が無いことが明らかにされた。つまり、⑥地点の SS 中に③地点の SS に含まれず、由来の異なる SiO<sub>2</sub> が存在することが有力である。この SiO<sub>2</sub> の存在性を明らかにするため、SEM による SS の形状測定を行い、SiO<sub>2</sub> の由来を分析した。図4にSEMによる分析画像を示す。SiO<sub>2</sub> の成分は、長石や石英などの岩石由来にする事例が多く認められている<sup>1,2)</sup>。しかしながら、形状測定より⑥地点の成分は、③地点に比べ岩石の割合が少なく、珪藻の割合が多いことが示されている。また、SEMによると SiO<sub>2</sub> の多い②地点や⑧地点では、珪藻の形が比較的残存していたが、⑥地点の珪藻の形は破損しているものが多く認められた。図5より⑥地点でのリン酸イオン濃度が高いことから、珪藻の分解が行われていたことも推測される。

### 5. 考察と結論

外濠の水質悪化の原因として、土地利用より生活排水や市街地排水の流入による汚濁を想定したが、流入時の水質に問題はなく、水が外濠を循環することで排出時には水質負荷が軽減される過程が明らかにされた。また、SS 量と XRF, SEM による解析から水中の懸濁物質が、工場排水などではなく、主に生物由来が多いということが明らかにされた。その理由として、鶴ヶ城外濠は、水深が浅いため、水温が高くなり珪藻が繁茂しやすい状態であることが推察される。そのため、今後の水質対策として、外濠への流入量を増やし濠内の循環を良くすること、定期的に珪藻や水草の回収を行うことにより、水質負荷軽減が図れると考えられる。

謝辞：研究の遂行において会津若松市議会、市役所土木部より援助を受けた。ここに謝意を表す。

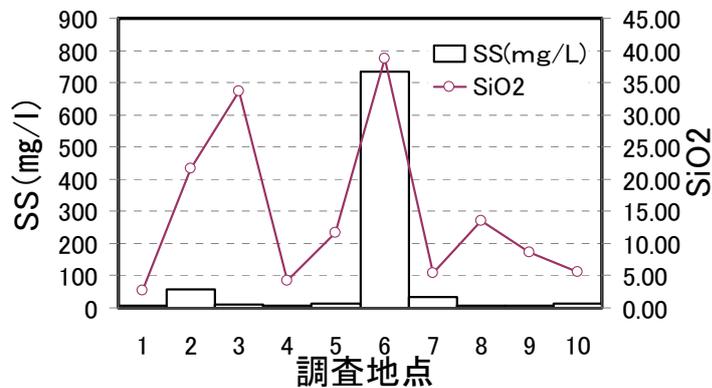


図3 現地調査による SS と SiO<sub>2</sub> の関係

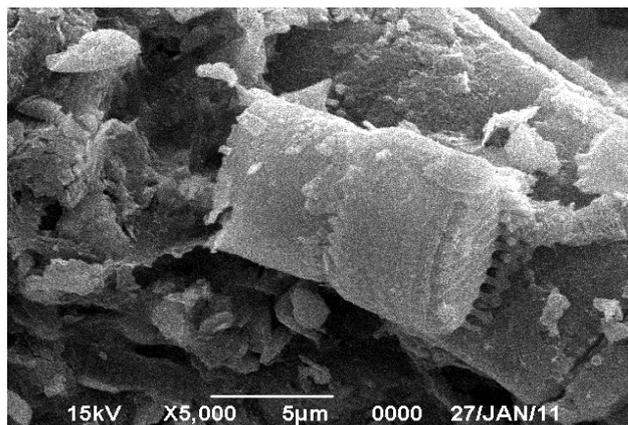


図4 ②地点の SEM 分析画像

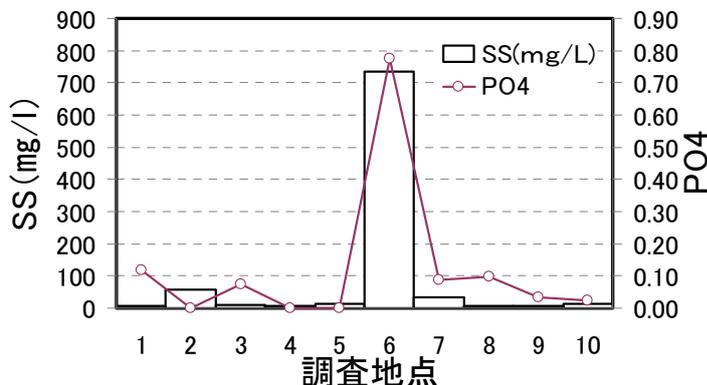


図3 現地調査による SS と PO<sub>4</sub> の関係

### 参考文献

- 1)小池進他：合流式下水道改善事例：皇居内濠の水質改善の取り組み, Journal of Japan Sewage Works Association Vol.47, pp.18-21, 2010.
- 2)犬伏和之他：土壌学概論, 非晶質および準非晶質粘土鉱物, 2001.
- 3)岩田進午他：土の環境圏, 造岩・粘土鉱物, 主要な粘土鉱物の荷電特性, 1997.