

江戸城外濠を対象とした水質浄化に関する取組み

須 江 ま ゆ^{*1} 山 本 達 生^{*2}
 安 井 利 彰^{*2} 鈴 木 善 晴^{*3}

要 旨

江戸城外濠周辺は合流式下水道が整備されており、降雨時には未処理水の一部が公共水域に放流されることから、アオコの発生や水質汚濁の要因となり景観悪化や悪臭等が課題となっている。それらの課題を解決するため、2016年に設立された外濠水辺再生協議会の技術分科会では、江戸城外濠（市ヶ谷濠・新見附濠・牛込濠・弁慶濠）の水質改善に向けた検討を重ねてきた。

本報では、その検討の中から①市ヶ谷濠・新見附濠・牛込濠（以下、北側三濠と記載）を対象とした生態系水循環解析モデルを用いた複合的水質改善策導水の解析、②市ヶ谷濠のシードバンク調査、③弁慶濠のホザキノフサモによる北側三濠のアオコの抑制試験について報告する。本研究は、都市部における閉鎖性水域の水質・生態系管理に関する学術的知見を深化させ、都市水辺空間の再生に向けた実践的な方策を提示するものである。

キーワード 水質浄化／アオコ／水循環解析／生態系／濠／合流式下水道

目 次

- | | |
|---------------------|--------------------|
| 1. はじめに | 4. 水草によるアオコの発生抑制検討 |
| 2. 生態系水循環モデルによる導水解析 | 5. おわりに |
| 3. 底泥のシードバンク調査 | |

STUDY ON WATER PURIFICATION OF THE OUTER MOAT OF EDO CASTLE

Mayu SUE
Toshiaki YASUI

Tatsuo YAMAMOTO
Yoshiharu SUZUKI

Synopsis:

The area around the outer moat of Edo Castle has adopted a combined sewer system, which means that some of the untreated water is discharged into public waters during rainfall. This untreated water is called Combined Sewer Overflow (CSO). CSO can cause blue-green algae blooms and water pollution, resulting in problems such as poor scenery and foul odors. To address these issues, the Outer Moat Waterfront Regeneration Council was established in 2016. The technical subcommittee has been conducting extensive research into improving the water quality of the outer moats of Edo Castle (Ichigaya Moat, Niimitsuke Moat, Ushigome Moat, and Benkei Moat).

This paper will report on the following three topics: (1) Water conveyance analysis of comprehensive water quality improvement measures using an ecosystem water cycle analysis model, targeting the three northern moats. (2) A seed bank survey of Ichigaya Moat. (3) A test to suppress blue-green algae in the three northern moats using *Myriophyllum spicatum* from Benkei Moat.

* 1 本店 技術企画管理室 技術企画グループ

* 2 本店 土木事業本部 土木技術部

* 3 法政大学 デザイン工学部 都市環境デザイン工学科

1. はじめに

江戸城の濠は防御や都市計画を目的に内濠と外濠で構成されており、1636年に築造が完了した。内濠は自然地形をほぼ活かしてつくられたのに対して、外濠は土木工事によって構築されたとの記録がある¹⁾。

当時、外濠は市ヶ谷濠、新見附濠、牛込濠、弁慶濠、飯田濠、真田濠、神田川、溜池で構成されていたが、第二次世界大戦後に真田濠や飯田濠が埋め立てられ、市ヶ谷濠、新見附濠、牛込濠、弁慶濠が水面を残す江戸城外濠（以下、外濠と記載）となった。その後、落合浄水場の閉鎖を契機に玉川上水からの給水が停止されたこともあり、外濠への流水経路が分断された。さらに、下水道整備において合流式が採用されたため、合流式下水道雨天時越流水（Combined Sewer Overflow：CSO）が外濠に流入し、水質悪化が進行し課題となっていた。

そこで2016年、外濠周辺の企業を中心に外濠の「水質浄化」と「景観改善」を目的に「外濠水辺再生協議会（以下、外濠協議会と記載）」が設立された。外濠協議会は企画広報分科会と技術分科会で構成され、東京都をはじめとした外濠に関わる行政や、外濠周辺の大学とも意見交換を実施してきた。このような取組みが契機となり、東京都では「都市づくりのグランドデザイン」（2017年）、「未来の東京」戦略（2021年）や「未来の東京」戦略 version up 2022（2022年）されている。これらの上位計画においては、外濠の水質改善が重要な施策の一つである。また、外濠の水質改善を具体的に推進するためのプロジェクトとして「外濠浄化プロジェクト」が計画されている。同プロジェクトは、都市環境の質の向上、歴史的財産の保全、市民の憩いの場の創出といった上位計画で掲げられた目標を実現するための具体的なアクションとして位置付けられている。すなわち、「外濠浄化プロジェクト」はこれらの戦略的方針に基づく実施段階の施策であり、都市政策上の重要な役割を担っているといえる。

本報では、外濠協議会の技術分科会で行ってきた、水質改善に必要な導水の水質と必要量を、生態系を考慮した水循環モデルにより検討した。ただし、調達できる導水の水質には上限がある。そこで、補助的に水質改善を行うことを目的に、市ヶ谷濠のシードバンク調査や弁慶濠に繁茂するホザキノフサモが市ヶ谷濠のアオコの発生抑制に寄与するかについて検討するための室内試験も実施した。

2. 生態系水循環モデルによる導水解析

2.1 目的

外濠のように水の流入量が少なく、水の交換頻度が低い閉鎖性水域では、栄養塩類である窒素およびリンが蓄積し、これが水質悪化の主要因となっている。このような課題に対しては、清澄な水を導入する浄化用導水に

よって水質改善を促進する方法が有効であるとされている。しかし、外濠に導入可能な水は、河川水など一定程度の窒素およびリンを含む水質であることが予想される。導水の水質が低品位であるほど、水質改善に必要な導水量は増加する傾向にある。したがって、将来の導水による水質浄化計画の立案にあたり、水質と水量の関係を明確にすることが重要となる。本研究では、先行研究により構築された外を対象とする「生態系水循環解析モデル」を用いて、導水する水質と導水量の関係を明らかにすることを目的としたシミュレーションを行った。

2.2 北側三濠およびモデルの概要

本研究は外濠のうち、北側三濠を対象地域としている。外濠のCSO吐口に繋がる集水域の面積は合計で約330haで、その6割以上が市ヶ谷濠の集水域である。表-1に北側三濠の概要を示す。

表-1 北側三濠の概要

	水面面積 (㎡)	平均水深 (m)	集水面積 (ha)
市ヶ谷濠	17,500	1.24	226
新見附濠	30,000	1.48	69
牛込濠	34,000	1.88	32

本研究で使用した「生態系水循環解析モデル」は、先行研究²⁾により外濠水循環解析モデル（OHAM）と生態系モデルを統合して構築された。本モデルでは、CSOや各濠の貯留水、物質質量などの物理的計算と、植物プランクトンや物質増減などの化学的、生物学的計算を行い、外濠の水質変動を推定することができる。本モデルに水理的、生物学的なパラメータや気象データの他、各種水質改善策の条件を入力して計算を行った。

2.3 解析条件

導水策、可動堰、外濠保全水路、汚水貯留管の4つの水質改善策を対象として検討を行った。導水策はCSO以外の新たな水源を設定して導水することで濠内の水の希釈や滞留時間の短縮を図り、植物プランクトンの成長を抑制する対策である。取水元としては、玉川上水を想定した。導水量は500～15,000 m³/dayの30段階、導水水質は全窒素（T-N）と全リン（T-P）を7段階で設定した。

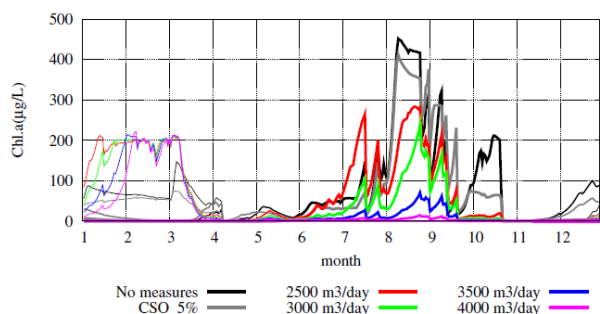
また、可動堰は、CSO吐き室内の堰を上下させることで濠へのCSO放流量を調節し、濠内の水の希釈を図る対策で、6段階で設定した。外濠保全水路はCSO吐口の外に導水管を繋げた升を設置し、一定量以下のCSOを神田川へ排水する対策で、濠内濃度の希釈効果が期待できる。外濠保全水路は3パターン、各4～6段階の計15段階で設定した。汚水貯留管は、降雨初期の汚濁負荷の大きなCSOを公共用水域に放流される前に貯留し、降雨終了後に下水処理場へ流下させる、水質改善を目的とした東京

都が計画する施設である³⁾。貯留容量を 16,600 m³ とし、各吐口から貯留管への接続路の流下能力を、2010～2016 年における吐口ごとの最大 CSO 放流量の 5, 10, 20, 30, 50, 100% の 6 段階で設定した。

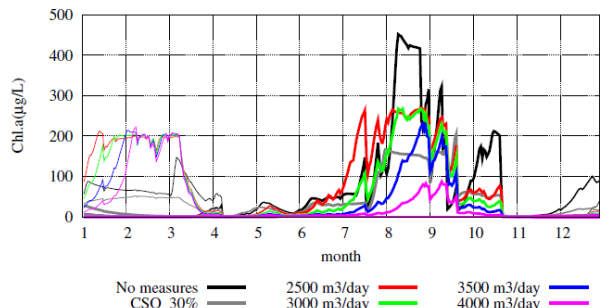
2.4 解析結果と考察

本研究では 4 つの水質改善策について、導水策とその他の対策を組み合わせ設定し、降雨形態の異なる 2013 年、2017 年を解析対象として効果を検討した。また、各対策による効果の評価基準として、先行研究と同様に「クロロフィル a (以下、Chl-a と記載) 濃度の年最大値が 25 μg/L 以下」を基準として考察を行った。本稿では一例として、中負荷 (T-N : 5.0 mg/L, T-P : 0.5 mg/L) で 2,500～4,000 m³/day の導水と、接続路の流下能力が 5%, 30% の汚水貯留管を組み合わせた場合の、2013 年の市ヶ谷濠における解析結果について述べる。

計算結果から得られた Chl-a 濃度変動を図-1 に示す。図中の各線は対策の違いを表しており、黒色は無対策、灰色は汚水貯留管のみ、その他の色は導水策と汚水貯留管の複合策を設定した場合の濃度を表している。同図からは、流下能力 5% の貯留管では 3,000 m³/day 以上、30% の貯留管では 4,000 m³/day 以上の導水をすれば無対策時および貯留管のみ導入する場合よりも 8～9 月の Chl-a 濃度が低減していることがわかる。



(a) 中負荷 2500-4000 m³/day 導水+貯留管への流下 5 %



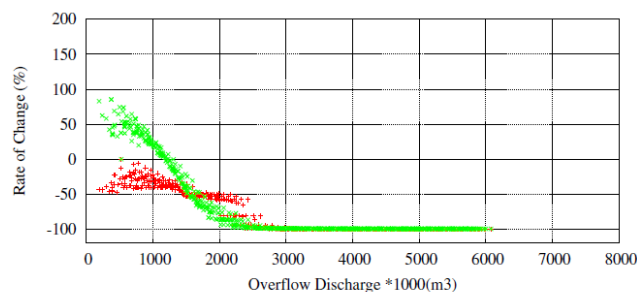
(b) 中負荷 2500-4000 m³/day 導水+貯留管への流下 30 %

図-1 市ヶ谷濠における Chl-a 濃度変動

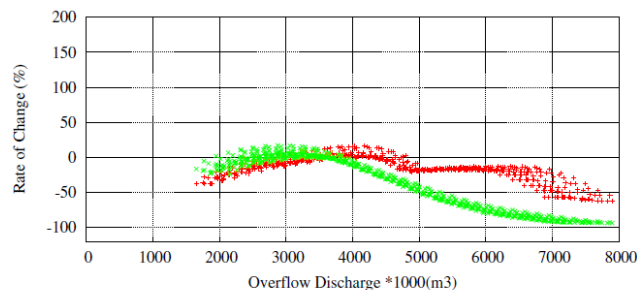
ここで、図-2 は 2013 年の市ヶ谷濠・牛込濠における、中負荷導水とその他の対策を組み合わせた場合の、年間越流量と無対策時に対する Chl-a 濃度変化率の関係を表

した図である。同図からは赤色の最大 Chl-a 濃度、緑色の年平均 Chl-a 濃度のどちらも、越流量の増加により変化率が小さくなる傾向が確認できる。越流量が大きい場合は濠内の水が流され、滞留時間が短くなっていることが想定でき、上述のように CSO 抑制により滞留時間が延びると Chl-a 濃度が高くなると言える。外濠保全水路や可動堰においても同様に、CSO を抑制する設定ほど、単独での施行時は濃度が低く、負荷の大きい導水を組み合わせると濃度が高くなるという結果を得ている。

なお、評価基準に対して、3 濠全体で基準を満たすには低負荷 (T-N : 0.70 mg/L, T-P : 0.012 mg/L) の導水と汚水貯留管の複合策で 12,000 m³/day 以上、それ以外の複合策では 12,500 m³/day 以上の導水量が必要であるという結果になった。また、導水水質が中負荷や高負荷 (T-N : 10.0 mg/L, T-P : 1.0 mg/L) の場合は 15,000 m³/day の導水でも年最大値が 100 μg/L を下回らなかった。



(a) 市ヶ谷濠 (中負荷導水時)



(b) 牛込濠 (中負荷導水時)

図-2 年間越流量と Chl-a 濃度変化率

3. 底泥のシードバンク調査

3.1 目的

外濠の中でも西側に位置する弁慶濠は、北側に位置する市ヶ谷濠、新見附濠、牛込濠 (北側三濠) に比べ、良好な水質環境である。弁慶濠はヨシ主体の水生植物帯がみられ、多様な水生生物の生息基盤となっている他、ホザキノフサモ等の水草が繁茂しており、水質浄化にも寄与していることが考えられる。このことから、北側三濠においても在来種の水生植物や水草を管理下で繁茂させることで、底質中に含まれる過剰な栄養塩濃度を低減す

る水質改善対策が考えられる。

そこで、過去の北側三濠の植生情報並びに埋土種実、花粉等を採取するために、濠底質のシードバンク調査を実施した。

3.2 方法

市ヶ谷濠は東京都千代田区5番町に位置し、延長324 m、水深1.0～1.5 m、水面積16,000 m²の濠である。濠のシードバンク調査は、2018年と2019年の2度実施した。それぞれの調査概要を表-2と図-3に示す。第1回調査では、濠の中央に直径10 cm 長さ1.5 mのポリカーボネイトパイプを用いて潜水士による手押し採泥で行った(図-4)。ボーリングコア深度0.9～1.2 mの底質を採取し、分析に用いた。第2回調査では、濠北東側の岸桟橋より直径2 cmのトーマス式サンブラを用いて深度5 mまで掘削して採泥した(図-5)。そして、ボーリングコア-2.5 mと-3 mの底質を分析試料として用いた。埋土種実の同定は、採泥を粒径0.5 mmの篩を通して水洗し、篩内に残った試料を実体顕微鏡で種実を選別し、現生標本や文献等⁴⁾を参考にして行った。花粉の分析は、試料の有機物の分離、鉍物質の除去並びに植物遺体中のセルロース分解を行い、花粉を濃集した。光学顕微鏡下で出現した全ての種類について同定・計数した。現生標本や文献⁵⁾を参考にして種類の同定を行った。テフラ分析は実体顕微鏡観察にて、テフラの本質物質であるスコリア・火山ガラス・軽石を対象とし、その特徴や含有量の多少を定性的に調べた。また、底質の放射性炭素年代測定は加速器質量分析(AMS)法で行った。

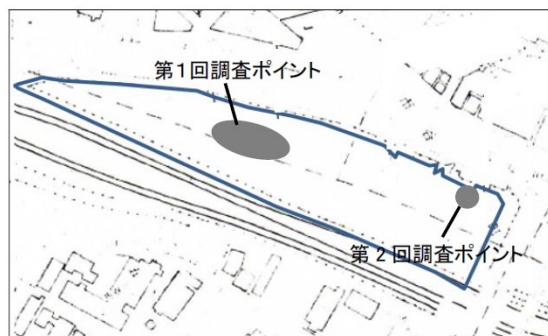


図-3 市ヶ谷濠のシードバンク調査のポイント

表-2 市ヶ谷濠のシードバンク調査の概要

	第1回調査	第2回調査
年月日	2018年3月22日	2019年5月31日
採泥方法 (ボーリング調査)	潜水パイプを用いて手押し柱状採泥	トーマス式サンブラ機材による陸上採泥
試料本数	8本	11本
採取試料の大きさ	径10cm	径2cm
最大深度	1.2m	5.0m
分析項目	埋土種実同定	花粉・埋土種実同定 底質年代測定 テフラ分析

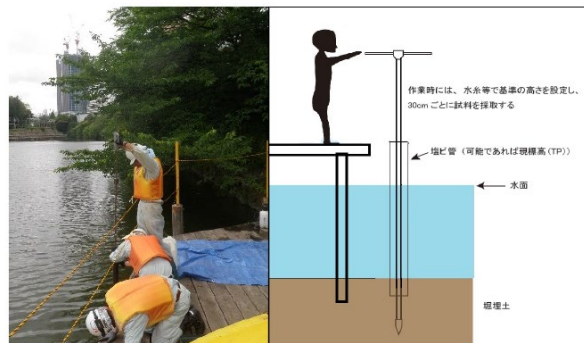


図-4 桟橋での採泥状況(第1回採泥)



図-5 潜水作業による採泥状況(第2回採泥)

3.2 結果および考察

表-3に、第1回調査の深度1.1 mと第2回調査の深度3.6 mの泥層試料の種実種類の分析結果を示す。検体量が多く地層が浅い第1回調査の分析では、22種、228個の種実が観察された。その一部を図-6に示す。このうち63%を占めたオランダイチゴは栽培品種であり、日本に伝えられたのは江戸時代末期1928年で、栽培が本格的にはじまったのは明治初期からとの記録がある⁹⁾。そのため、明治時代以降の地層であることが示唆された。

一方、検体量が少なく地層が深い第2回調査の分析では、4種5個が観察された。深度2.5 m層の花粉化石群集組成は木本花粉の割合が高く、木本花粉ではマツ属が優占した。草本花粉ではイネ科が最も多く観察され、アカザ科、バラ科、マメ科、ミズタマソウ属、キク亜科などが見られた。一方、深度3.5 mの泥層では花粉化石の産出量が少なかったが、保存状態は比較的良好であった。検出された花粉化石は木本花粉のみでモミ属、マツ属、スギ属、エノキ属、ムクノキ属、アカメガシワ属、ツタ属がわずかに検出された程度であった。両底層の放射性炭素年代測定、花粉分析、テフラ分析の結果を合わせて検討したところ、深度2.5 mの泥層では近世で、3.5 m泥層では縄文時代早期末～前期初頭頃に対比される堆積物であることが示唆された。

これらの調査結果より、水質改善に寄与する水草の種類を確認することができなかった。しかしながら、市

谷濠の水辺周辺には低山地の林内や林縁などの明るく開けた場所に分布する落葉草木が多く生育していたことが明らかとなり、外濠周辺の植生遷移把握において貴重な資料が得られたと考えられる。

表-3 埋土種実の分析結果

分類群	第1回調査	
	種名	部位
木本	マタタビ属	種子
	キイチゴ属	核
草本	イヌビエ属	果実
	メヒシバ類	果実
	エノコログサ属	果実
	オヒシバ	種子
	ヌカスゲ類	果実
	カラムシ属	果実
	サナエタデ近似種	果実
	スベリヒユ属	種子
	ミドリハコベ近似種	種子
	ナデシコ科	種子
	アカザ属	種子
	ケシ属	種子
	オランダイチゴ属	核
	カタバミ属	種子
	セリ科	果実
	イヌコウジュ属	果実
	ナス属・ナス科	種子
	ゴマ	種子
第2回調査		
木本	サルナシ近似種	種子
草本	カタバミ属	種子
	シソ属	果実
	ナス科	種子



図-6 実際に検出された埋土種実

4. 水草によるアオコの発生抑制の検討

北側三濠に比べて良好な水質環境にある弁慶濠では、ホザキノフサモやエビモ等、在来種の水草が繁茂してい

る。沈水植物であるホザキノフサモは、増殖抑制物質（アレロパシー物質）を放出することが既往研究により報告されている⁷⁾。このことから、北側三濠においてもホザキノフサモを管理下で繁茂させることで、底質中に含まれる過剰な栄養塩濃度の低減や、アオコの発生抑制による水質改善対策が考えられる。そこで、弁慶濠に自生しているホザキノフサモによるアオコの発生抑制効果を、水槽実験で検討した。

4.1 実験方法

アオコの発生が問題となっている市ヶ谷濠の底泥を使用してアオコの原因藻類を増殖させ、それを水草が抑制する効果について実験を行った。表-4 に示すように、水草を投入しない実験区（対照区）、水草が水面の20%、40%、60%を覆う実験区（被度20%～60%区）の4系について、それぞれの実験区を3つずつ作成した。水草は弁慶濠に自生するホザキノフサモ *Myriophyllum spicatum*（アリノトウグサ科）を採取して使用し、アオコ原因藻類の発生起源とする底泥は市ヶ谷濠の底泥を使用した（写真-1）。実験に使用する水は井戸水とし、水温は25℃。

照明は夏場の日照を想定し、60～80 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ で12時間ごとの明暗周期とし、60日間実験を行った。実験開始時0日目から5日おきにpH、溶存酸素量、溶存酸素飽和度、水面光量子、水中（底面）光量子、植物プランクトン増殖を示す蛍光強度を計測した。

このほか、実験開始時と終了時に、各実験区の水の全窒素、総リン、Chl-aと、実験に使用する井戸水の全窒素、総リンを定量分析した。ただし、実験開始から30日目においては、アオコ原因藻類として代表的な *Microcystis* 属が発生せず、水槽のガラス面に珪藻類の繁茂が確認される等、栄養塩不足の可能性が示唆されたことから31日より各実験区にアオコ原因藻類の繁茂に十分な量の栄養塩であるM-11培地⁸⁾を添加し、60日目まで実験を継続した。また、珪藻類による栄養塩の競合を避けるため、各実験区に酸化ゲルマニウム(GeO₂)を10 mg/Lとなるように添加した。

表-4 実験条件

実験系	対照区(水草なし)、水草被度20%区、被度40%区、被度60%区、各実験区を3つ水槽ずつ作成
供試水草	採取場所: 弁慶濠のホザキノフサモ
供試底泥	採取場所: 市ヶ谷濠
その他条件	恒温室を使用(室温25℃設定) 照明: 12時間明暗周期(60～80 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) 実験に使用する水: 井戸水 観察期間: 60日目 測定項目: pH、溶存酸素量、溶存酸素飽和度、水面光量子、水中(底面)光量子、蛍光強度、総窒素、総リン、クロロフィルa

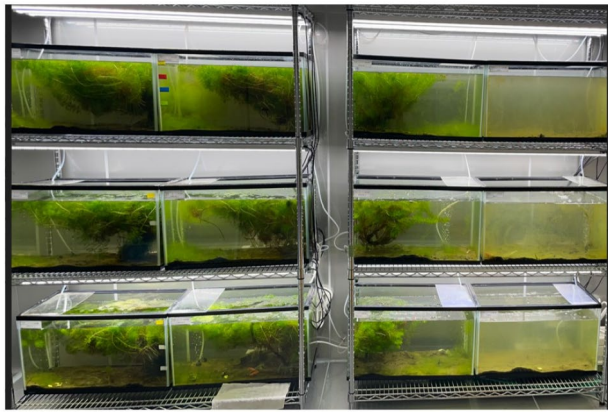


写真-1 水槽内での実験状況

4.2 結果および考察

0～30 日までの実験において、全試験区の全窒素濃度が実験開始時に比べて終了時には減少傾向であった（図-7）。対照区では植物プランクトン（主に珪藻類）による消費、水草投入実験区では水草による消費があったと考えられ、特に水草による消費量が比較的に大きかった。また、対照区では、実験開始時よりも終了時に、総リン濃度が 2 倍以上に増加した。これは、水草投入実験区では底質から溶出したリンを消費するため、低い濃度に留まったと考えられる（図-8）。さらに、対照区では実験開始時よりも終了時に Chl-a 濃度が増加していたが、水草を投入したすべての実験区は実験開始時よりも低くなっていた（図-9）。観察開始 20 日目以降、対照区では水草投入実験区よりも蛍光強度が高くなった。これは、植物プランクトンが増加したと示唆される。なお、対照区では珪藻類が優占種として発生したが、アオコ原因藻類である *Aphanizomenon* 属の発生も観察された。一方、水草投入実験区ではアオコなどの植物プランクトンの大量発生はなかった。従って、上述した実験結果より、水草を投入することによって植物プランクトンの発生が抑制されたと考えられる。

次に、31～60 日までの実験においては、対照区の 2 水槽には、アオコの代表的な藻類である *Microcystis ichthyoblabe* の発生が観察された（写真-2）。一方、水草の投入実験区では、アオコ原因藻類を含め、植物プランクトンの発生はなかったが、糸状藻類の出現が観察された。糸状藻類も水草と同様にアオコや他の浮遊微細藻類を含めた植物プランクトンの発生を抑制すると考えられる。

本実験の結果より、弁慶濠から採取した水草（ホザキノフサモ）はアオコ原因藻類の発生を抑制する効果があると評価することができた。今後、水草を移植する際の検討として、移植時期、移植方法、維持管理、貧酸素耐性等について調査・実験を実施したいと考えている。

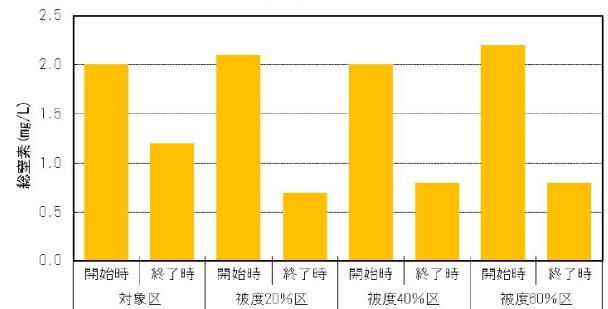


図-7 実験開始時および終了時の全窒素濃度

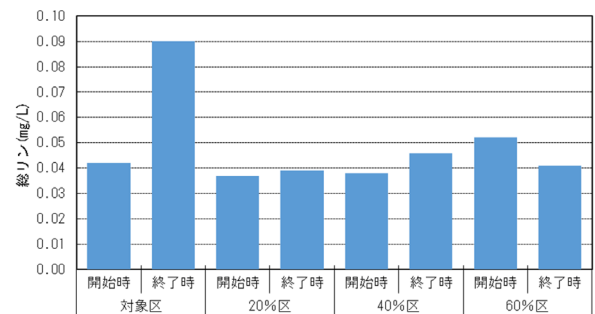


図-8 実験開始時および終了時の全リン濃度

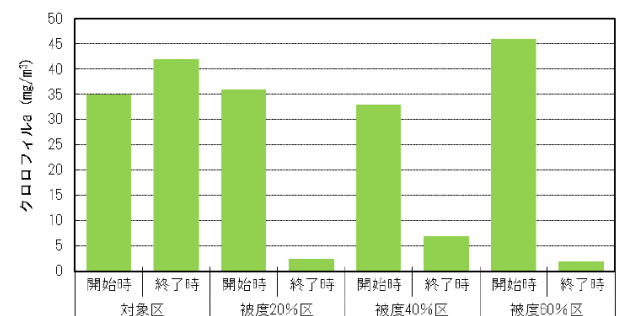


図-9 実験開始時および終了時の水中 Chl-a 量

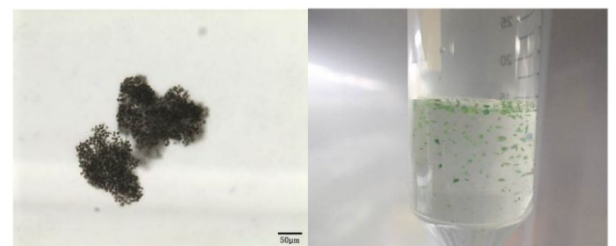


写真-2 発生したアオコ (*Microcystis ichthyoblabe*)

左：顕微鏡観察，右：水槽からの採取検体

5. まとめ

2016 年に外濠水辺再生協議会が発足してから実施してきた江戸城外濠を対象とした水質浄化に関する取組み^{9) 10)}の総括である本稿のまとめを、以下に示す。

(1) 生態系水循環モデルによる導水解析を行った結果、評価基準に対し、北側三濠全体で基準を満たすには低負荷 (T-N : 0.70 mg/L, T-P : 0.012 mg/L) の導水と汚水貯

留管の複合策で 12,000 m³/day 以上の導水量が必要であると示唆された。

(2) シードバンク調査を実施したが、水質改善に寄与する水草の種類を確認することができなかった。しかしながら、市ヶ谷濠の水辺周辺には低山地の林内や林縁などの明るく開けた場所に分布する落葉草木が多く生育していたことが明らかとなり、外濠周辺の植生遷移把握において貴重な資料が得られた

(3) 水草によるアオコの発生抑制においては、弁慶濠から採取したホザキノフサモは水面の 20%, 40%, 60%を覆う範囲において、市ヶ谷濠の底泥から採取したアオコ原因藻類の発生を抑制できる可能性を示唆する結果がえられた。

2036 年は外濠開削 400 年の節目の年である。今後も東京都をはじめとした行政や、大学との共創を続け、江戸城外濠を含む水辺空間の活性化に尽力していきたい。

謝辞：本研究を進めるにあたり、多大なるご協力を賜りました外濠水辺再生協議会の技術分科会各位に心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 法政大学エコ地域デザイン研究所：外濠 江戸東京の水回廊，鹿島出版会，p.24，2012.
- 2) 岩田峻：江戸城外濠における生態系水循環解析モデルの構築と Chl-a 濃度低減策に関する研究法政大学大学院デザイン工学研究科紀要，Vol.9，2020.

- 3) 東京都下水道局総務部理財課：東京都下水道事業経営計画，2021，pp.48-51，2021.
- 4) 石川茂雄：現色日本植物種子写真図鑑，石川茂雄図鑑刊行委員会，p.328，1994.
- 5) 島倉巳三郎：日本植物の花粉形態，大阪市立自然学博物館収蔵目録第 5 集，p.60，1973.
- 6) 和田昌之：栃木県のいちご生産についての一考察，資本と地域(2)，pp.23-40，2005.
- 7) 中井智司他：ホザキノフサモが放出した 4 種のアレロパシー物質（ポリフェノール）の藻類に対する増殖抑制効果，水環境学会誌，23，pp.726-730，2000.
- 8) Yagi, O., Okada, M., Sudo, R. : Cultivation of Microcystis and red-tide-organisms. Res. Rep. Natl. Inst. Environ. Stud., No. 6, pp.223-229, 1978.
- 9) 須江まゆ他：江戸城外濠（市ヶ谷濠）のシードバンク調査，土木学会第 76 回年次学術講演会，VII-80，2021.
- 10) 佐治実他：江戸城外濠（市ヶ谷濠，新見附濠）の地下水流入出量調査，土木学会第 77 回年次学術講演会，II-22，2022.
- 11) 鈴木善晴他：生態系水循環解析モデルを用いた江戸城外濠における複合的水質改善策に関する研究，土木学会第 78 回年次学術講演会，II-81，2023.
- 12) 須江まゆ他：江戸城外濠（弁慶濠）の水草によるアオコの発生抑制に関する検討，土木学会第 79 回年次学術講演会，VII-118，2024.