

江戸城外濠における溶存酸素濃度と水温・日射量の関係について

中央大学大学院 学生会員 柿沼 太貴
 中央大学大学院 学生会員 崔 ミ芝
 中央大学工学部 正会員 銭 潮潮
 中央大学工学部 正会員 大平 一典
 中央大学工学部 フェロー会員 山田 正

1. はじめに

国の史跡である江戸城外濠¹⁾(以下、外濠)は環境省が定めた湖沼における水質環境基準を超えた汚濁状態にあり²⁾,アオコの大発生による悪臭や景観上の問題が生じている。水質悪化の原因として、外濠周辺には合流式下水道が整備されていて、降雨が管渠の処理能力を超えた場合、下水未処理水が放出していることや、水面の落差が少なく滞留時間の長期化や、汚濁物質が流出せず底泥が堆積することなどがあげられる。本研究では水理・水文・生態などの複合現象を解析するために、異なった機能を持つ要素モデルが一体的に協調・稼働させるためのプラットフォーム「CommonMP (Common Modeling Platform for water-material circulation analysis)」を用いて、水質改善対策を提案することを最終目的として、全体の水質に影響を及ぼす重要な要素である溶存酸素に着目し、都市部における人工的に造られた閉鎖性水域の溶存酸素濃度の動態把握および水温と日射量の関係について観測および分析を行った。

2. 対象地域概要

図-1に外濠および観測地点の位置を示す。外濠は、JR中央線に沿って四ツ谷駅から飯田橋駅にかけて位置し、上流より市ヶ谷濠、新見附濠、牛込濠(以下A, B, C濠)とつながり、神田川へと流入している。

3. 観測方法

溶存酸素、水温を計測するために、A濠を対象として図-1に示す観測地点において、2014年8月から9月の一か月間、溶存酸素飽和度と水温を5分間隔で連続的に観測した。設置方法は溶存酸素計(溶存酸素pto Logger, ZEBRA-TECH LTD)を水面から10cmと底面から10cmの鉛直方向2地点に設置した。なお、平水時の設置地点の平均水深は1.2mである。気温、降雨量、日射量は気象庁(東京地点)のデータを用いた。

4. 観測結果

図-2はそれぞれA濠における降雨量[mm/10min],日射量[MJ/m2/hour],溶存酸素飽和度[%],水温[°C],気温[°C]の2014年8月1日から31日までの時系列データを示す。図-2の溶存酸素飽和度より、水面近傍は日中、溶存酸素飽和度は100%を超える過飽和を多く示し、夜間は貧酸素状態を示し、大きく日変動することが分かる。底面近傍では貧酸素状態に近い値を示し、水面・底面近



図-1 外濠(市ヶ谷濠~牛込濠)の集水域図

および観測地点の位置図。

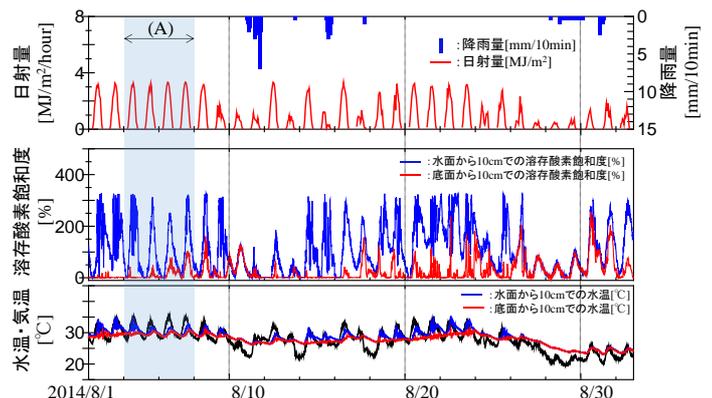


図-2 市ヶ谷濠(A濠)における降雨量,日射量,溶存酸素飽和度,水温,気温の時系列(2014年8月1日~31日)。

傍間の差が大きいことが分かる。以上の結果より、観測期間中、水面・底面近傍において水生生物が生息するのに困難な低い値であることが分かった。理由として、この期間に目視でアオコを確認したことから、水面近傍では植物プランクトンによる光合成によって酸素供給が行われ、底面近傍では底泥による化学的酸素消費や水面に浮遊しているアオコによって底面まで光が届かないことによる光合成の減少および動植物プランクトンの呼吸による酸素消費が卓越していると考えられる。

5. 溶存酸素濃度と日射量

図-3は図-2の(A)区間における4日間表層の溶存酸素濃度の上昇開始時刻からピーク時刻までの日射量[MJ/m2/hour],溶存酸素濃度[mg/L],1時間ごとの溶存

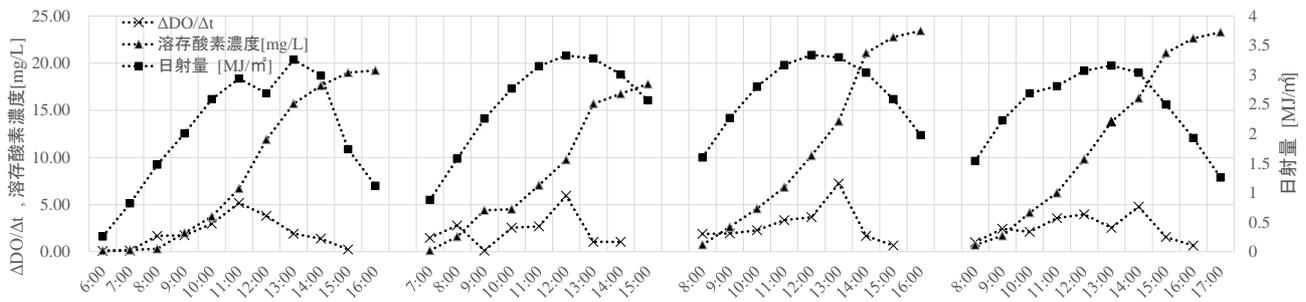


図-3 日射量, 溶存酸素濃度, 溶存酸素濃度変化量の時系列 (2014年8月4日~7日).

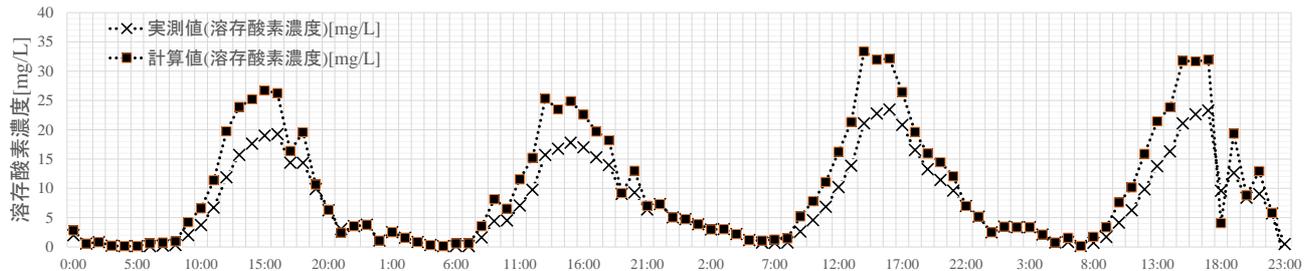


図-4 溶存酸素濃度の実測値と計算値の比較 (2014年8月4日~7日).

酸素濃度の変化量を示す。選定期間は前後5日間降雨のない平水時である。溶存酸素濃度変化量と日射量から、変化量が最も大きくなるのは12:00~14:00時における日射量2.8~3.2[MJ/m²/hour]であることが分かる。つまり、夏季における光合成による溶存酸素濃度の生産が最も活発になる時刻・日射量が分かった。

6. 溶存酸素消費速度の推定方法

溶存酸素消費速度は夜間で日射が全くない時間帯における溶存酸素濃度の時間変化から推定する。本研究では、日没後の21時から翌日の4時までのデータを用いた。溶存酸素を消費する要因として、動植物プランクトンの呼吸、懸濁態・溶存態有機物の分解、底泥による化学的酸素消費などがあるが、ここでは呼吸による酸素消費のみを考える。溶存酸素濃度を以下の式より考える。

$$\frac{\Delta DO}{\Delta t} = P - R + D \quad (1)$$

ここで、DOは溶存酸素濃度、tは時間、Pは光合成速度、Rは呼吸速度、Dは再曝気量である。呼吸・光合成を行う植物プランクトンは一定とみなす。再曝気量については水温の観測値による飽和溶存酸素量から溶存酸素量を引き、再曝気係数0.2を掛け算出した。

7. 光合成速度の推定方法および分析結果

光合成速度は(1)を用いて算出した。なお、呼吸速度については上記で算出した各時刻での呼吸速度の平均値2.9[mg/L/h]を用いた。また、日射がある時のみ光合成が行われると仮定し算出した。図-4に2014年8月4日~7日における表層における溶存酸素濃度の実測値および

計算値を示す。計算値は実測値に概ね一致した。夜間の溶存酸素減少時は精度良く表せているが、ピーク時は一致していない。この原因として、呼吸速度を一定として与えているため、水温上昇時の昼間は平均値より増加すると考えられる。また、日中は植物プランクトンによる光合成と動植物プランクトンによる呼吸が同時並行で行われているため、それぞれの厳密な速度を求めることは困難である。よって、表層の溶存酸素濃度は水温と日射量を用いて予測することが示唆された。

8. まとめ

(1)夏季に水面近傍は日中、溶存酸素飽和度は100%を超える過飽和を多く示し、夜間は貧酸素状態を示し、大きく日変動し、底面近傍では貧酸素状態に近い値を示した。

(2)溶存酸素濃度を水温と日射量より概ね予測することが示唆されたが、更にクロロフィル濃度や窒素・リンを加えた分析が必要である。また、式をもとめ要素モデルを作成し、CommonMPに組み込み水質予測を行う予定である。

謝辞

本研究は中央大学共同研究プロジェクト「横断的学術連携による水辺再生技術と総合的なランドデザインの融合手法の確立に関する研究〜外堀通りを事例として〜」(代表者、山田正)の支援を受けて、行われたものである。記して謝意を表す。

参考文献

- (1)千代田区, 新宿区, 港区:「史跡江戸城外堀跡保存管理書」, 2008.
- (2)千代田区安全生活課:「千代田区の環境」, 2003.