

中川運河における水質の鉛直構造に関する研究

名古屋工業大学大学院 学 生 会 員 ○森下真那人

名古屋工業大学大学院 フェロー会員 富永晃宏

1. はじめに 中川運河は名古屋港と旧国鉄笹島貨物駅を結ぶ総延長 8.2km の運河であり、南は中川口閘門、北は松重閘門で区切られた極めて閉鎖的な水域である。とりわけ運河の最奥部に位置する北・東支線は、植物プランクトンの異常増殖、貧酸素化が問題となっている。本研究では、水質改善を望む声の多い中川運河北・東支線に着目した水質観測を実施し、考察・検討を行った。

2. 観測概要 汚濁が激しい支線を中心に現地観測を行った。9月11～24日まで多項目水質計（東亜 DKK 製 WQC-24）を松重ポンプ所の水底から 1m の位置に設置し、10 分毎に pH、DO、塩分濃度、水温、濁度、ORP（酸化還元電位）を計測した。また、表-1 に示す観測日時と地点にて水面から鉛直方向に 0.5m 間隔で先ほどの水質項目にクロロフィル a (Chl.a) を加えた移動観測を行った。さらに、1月9日に東支線西日置橋にて 6:00～24:00 の計 18 時間、30 分毎に各水質項目を測定した。

3. 定点観測結果と考察 図-1 に松重ポンプ所における定点観測結果を示す。DO は 10 時頃から午後にかけて急激に上昇、15～18 時頃にピークに到達している。また、ピーク時は過飽和状態に近いことが分かる。その後、緩やかに減少し、早朝 7～9 時頃に最低濃度に至る日変動が見られる。この DO の日変動は植物プランクト

表-1 観測日時と観測地点

観測日	観測時間帯	観測地点
第1回	10月4日 7:00～10:00 13:00～16:00 19:00～21:00	西日置橋→柳原橋→長良橋→小瀬橋→渡子橋
第2回	10月7日 7:00～10:00 13:00～16:00 19:00～21:00	西日置橋→柳原橋→長良橋→小瀬橋→渡子橋
第3回	10月10日 7:00～10:00 13:00～16:00 19:00～21:00	西日置橋→柳原橋→長良橋→小瀬橋→渡子橋
第4回	10月22日 7:00～10:00 16:00～19:00	西日置橋→長良橋→小瀬橋→渡子橋
第5回	11月14日 7:00～10:00 16:00～19:00	西日置橋→長良橋→小瀬橋→渡子橋
第6回	11月22日 7:00～10:00 16:00～19:00	西日置橋→長良橋→小瀬橋→渡子橋
第7回	12月4日 9:30～15:30	東海橋→昭和橋→野立橋→瑞穂橋→長良橋→小瀬橋→渡子橋→西日置橋

ンの光合成と呼吸の影響が強いと思われる。pH は DO と強い正の相関 ($R=0.904$) が見られ、DO 同様、光合成が支配的な要因となっている。次に、降雨による影響について見る。観測期間の降雨状況は、15 日に計 23.5mm（時間雨量最大 9mm）、16 日 101mm（21mm）、23 日 32.5mm（32.5mm）となっている。15、16 日の降雨（前期降雨）では淡水流入による塩分濃度の急激な減少、直接降雨による内部攪乱や底層の巻き上げ、有機物等の汚濁物質が含有する CSO の流入により、DO の減少、ORP の低下、濁度の上昇が見られる。12 時前後の ORP の急激な低下については、中川運河に隣接する堀川への導水開始時と対応し、ポンプ稼動により底層の還元状態にある流体塊の巻き上げによるものと推察する。図-2 に 1 月 9 日の東支線西日置橋における連続観測結果を示す。DO は、表層～中層で 1 日を通じて 10mg/l を超えており、午後になると、植物プランクトンの光合成が活発となり、飽和値に達している場合も見られる。

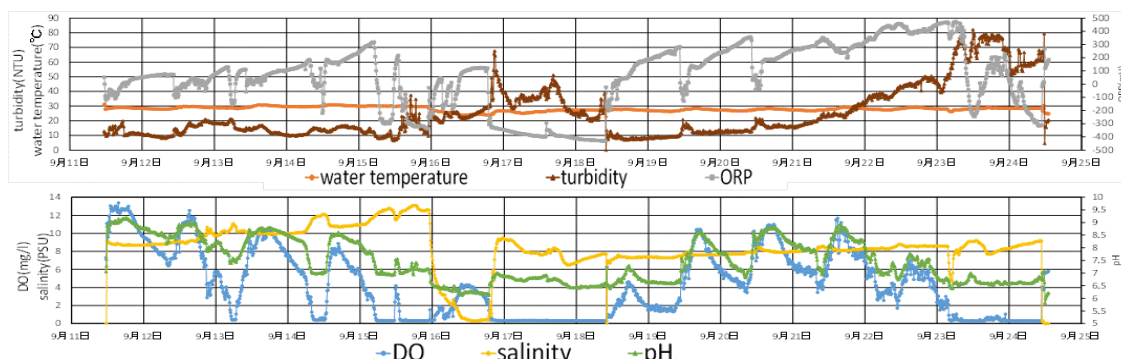


図-1 定点観測結果 DO 塩分濃度 pH 水温 濁度 ORP (9/11～24)

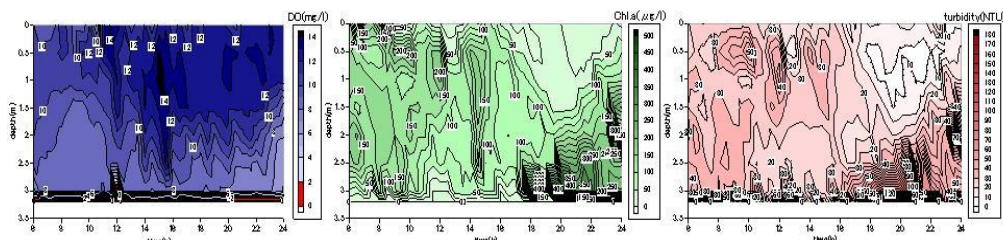


図-2 連続観測結果 DO Chl.a 濁度 コンター (1/9 6:00～24:00)

キーワード 密度成層、貧酸素水塊、閉鎖性水域、水質、現地観測

連絡先 〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学 都市社会工学科

水底はヘドロに起因する酸素消費により DO はゼロを示すものの、中層～底層における貧酸素水塊はほぼ解消されている。Chl.a は、前日 8 日の降雨を対象とする先行晴天日数が 12 日であり、ファーストフラッシュによる豊富な栄養塩の流入が考えられ、1 日を通して $100\mu\text{g/l}$ 前後、また箇所によっては $200\mu\text{g/l}$ を超えていることが分かる。Chl.a は、午前中は表層～中層、午後は底層で高濃度である。また濁度コンターを見ると、濁度と Chl.a の互いの高濃度水塊分布の対応がよいことが分かる。

4. 移動観測結果と考察 第 1～7 回の西日置橋における DO, Chl.a, 現場密度 σ_t の観測結果を図-3～図-5 に示す。また、図-6 に第 7 回 12 月 4 日における DO, Chl.a, 塩分濃度の移動観測結果を示す。観測期間の降雨状況は、15 日 70mm(12mm), 16 日 43.5mm(13mm), 20 日 (83mm) である。今回の観測は、10～12 月と期間が限定的であるが、その期間において DO の回復が見られる。観測回による比較をすると、第 1～3 回の 10 月の観測では、成層が形成され、水深 1.5m 付近に躍層が見られる。それ以後では底層のヘドロによる酸素消費が伴い、貧酸素状態となっている。第 5～7 回の 11～12 月の観測では、秋から冬への循環期に入り、表層と底層の水温差が減少することで鉛直混合が促進され、表層の DO が回復、底層の貧酸素水塊が減少している。DO (朝) と DO (午後) では、後者の方が高濃度で、貧酸素水塊の解消が見られるが、これは午後に入り、日射により植物プランクトンの光合成が促進されたためである。Chl.a (朝) と Chl.a (午後) を比較すると、植物プランクトンの浮遊・沈降による Chl.a の変動は見られるものの、分布傾向は同様である。ただ午後は、表層付近で $20\mu\text{g/l}$ 程度の Chl.a の上昇が見られる。これは、光合成により自身の増殖を繰り返すためである。第 4 回 10 月 22 日の DO 鉛直変化を見ると、他の観測日に比べ高い値を示している。これは

15, 16, 20 日の 20mm 以上の連続降雨によりファーストフラッシュが少なく、高 DO 水塊を含むと考えられる淡水が運河の表層から中層にかけて滞留したため、DO が一時的に上昇したと思われる。図-5 に示す現場密度 σ_t 鉛直分布を見ると、22 日は流入した淡水が表層～中層に滞留し、底層との密度差が大きくなっている。ここで表層の現場密度を σ_{t1} 、底層の現場密度を σ_{t2} 、平均水深を h として密度勾配 $d\sigma_t/dz = (\sigma_{t2} - \sigma_{t1})/h$ を算出したところ、10 月 22 日の観測を除くと、 $d\sigma_t/dz$ は秋期から冬期に向かって緩やか (10 月, 11 月, 12 月 $d\sigma_t/dz = 1.0, 0.5, 0.1$) となり、密度成層がしだいに解消されている。図-6 に第 7 回 12 月 4 日の DO, Chl.a, 塩分濃度の移動観測結果を示す。水質汚濁の激しい支線で高 DO 水塊が見られるが、これは植物プランクトンの光合成が活発な時間帯に観測を実施したためである。Chl.a と DO には正の相関 ($R=0.534$) があることから、植物プランクトンの光合成が DO の増加に影響を与えていることが分かる。底層の 2mg/l 以下の貧酸素水塊の層は、全線において微生物が有機物を酸化・分解する際に酸素を消費するため、上流に進むにつれ厚みを増している。塩分濃度は、名古屋港から導入される海水により下流の底層でやや高めとなっているものの、上流に進むにつれ表層と底層の濃度差が減少していることが分かる。

5. おわりに 現地観測を通して、運河の水質の鉛直構造を把握した。また閉鎖性に伴う富栄養化が植物プランクトンの異常増殖をもたらし、周辺の水質に大きな影響を与えていることが分かった。さらに降雨により流入する淡水や雨水吐越流水が水質に影響を及ぼすことが分かった。今後は運河に流入する淡水や雨天時未処理水、栄養塩などの水質観測、植物プランクトンの種類と生活史、また春期及び夏期における長期的な水質観測を行い、水質の季節変動を捉える必要がある。

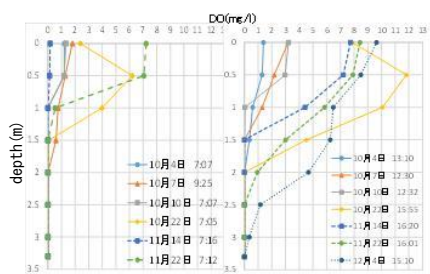


図-3 DO 鉛直分布 (左: 朝・右: 午後)

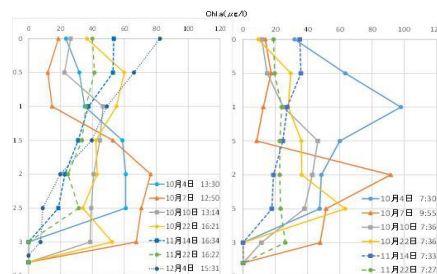


図-4 Chl.a 鉛直分布 (左: 朝・右: 午後)

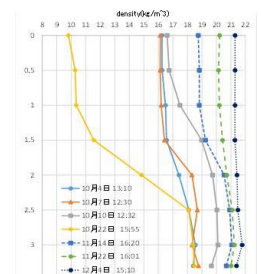


図-5 σ_t 鉛直分布

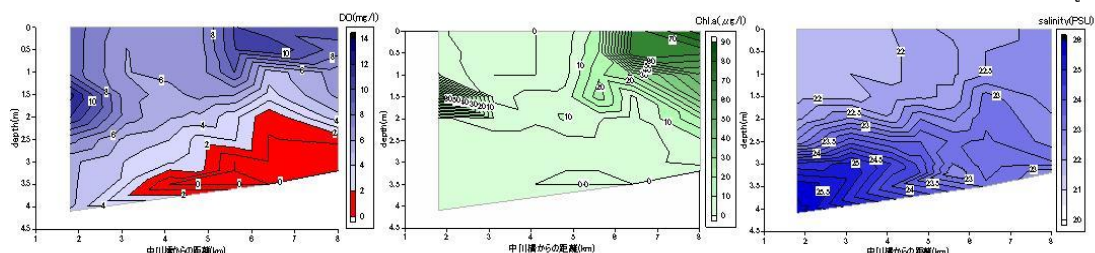


図-6 移動観測結果 DO Chl.a 塩分濃度 コンター (12/4 9:30～15:30)