

# 中川運河における水質の鉛直構造に関する研究

指導教官 富永晃宏 教授

森下真那人

**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** 水質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、

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→小栗橋→猿子橋
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→小栗橋→猿子橋
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→小栗橋→猿子橋
第4回	10月22日 7:00～10:00 16:00～19:00	西日置橋→長良橋→小栗橋→猿子橋
第5回	11月14日 7:00～10:00 16:00～19:00	西日置橋→長良橋→小栗橋→猿子橋
第6回	11月22日 7:00～10:00 16:00～19:00	西日置橋→長良橋→小栗橋→猿子橋
第7回	12月4日 9:30～15:30	東海橋→昭和橋→野立橋→篠原橋→長良橋→小栗橋→猿子橋→西日置橋

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。降雨により運河には直接の降雨と処理水、雨水吐越流水(CSO)が流入する。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であるが、これ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により飽和値に達している場合も見られる。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と見てよい。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

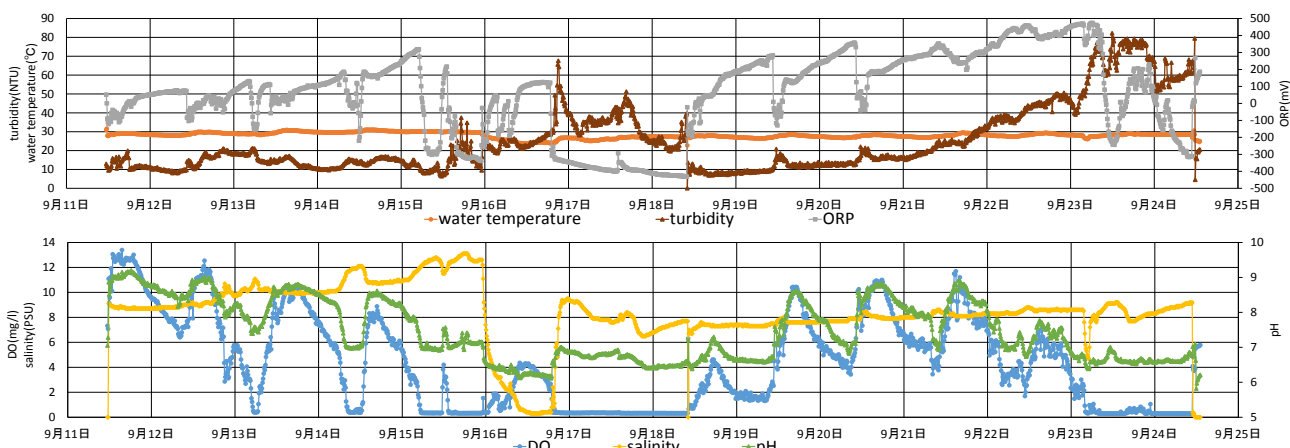


図-1 定点観測結果 DO 塩分濃度 pH 水温 濁度 ORP (9月11～24日)

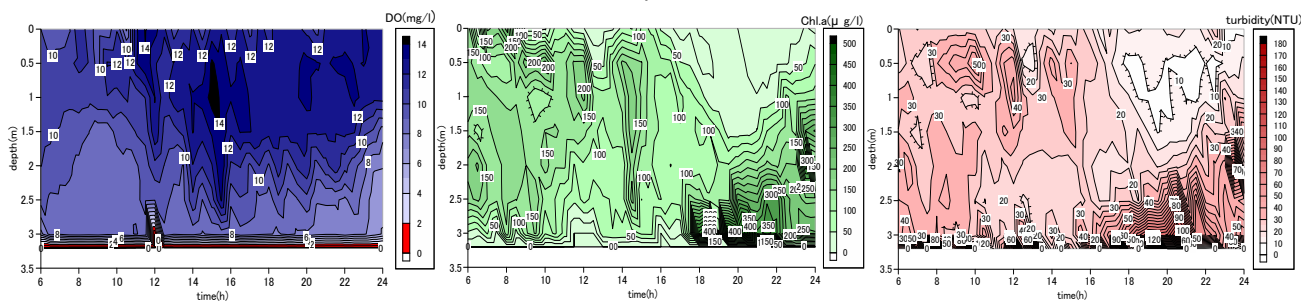


図-2 連続観測結果 DO Chl.a 濁度 コンター (1月9日6:00～24:00)

ユ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。また、吉田ら(1973)は、海域の栄養階級区分とその特徴(7~9月の成層期)でChl.aが10~200 $\mu\text{g/l}$ の海域を過栄養域としており、観測値と比較をするとChl.a濃度は高いと言え、午前は表層~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の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 $\sigma_t$ 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、合計降雨量が20mm以上の日を挙げると、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。それ以深では底層のヘドロによる酸素消費が伴い、貧酸素あるいは無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、これは定点観測でも示したように、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)と比較すると、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、午後の日射量の増加に伴い植物プランクトンが光合成を行うことで、自身の増殖を繰り返しているためと考えられる。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ものと思われる。図-5に示す現場密度 $\sigma_t$ 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 $\sigma_{t1}$ 、底層の現場密度を $\sigma_{t2}$ 、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水中および底層の有機物を酸化・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ことが分かる。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。

**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。これにより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。また、降雨による淡水やCSOの流入による水質の一時的な変化を確認することができた。今後は、従来の観測を続けつつ、栄養塩類, BOD, 雨水吐から流入する淡水の水質などの観測・評価に加え、植物プランクトンの種類と生活史, 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と思われる。

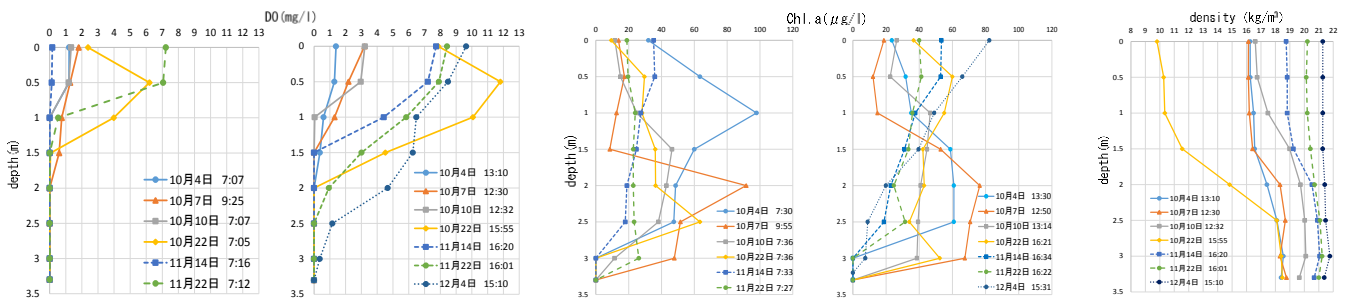


図-3 DO鉛直分布(左:朝・右:午後)

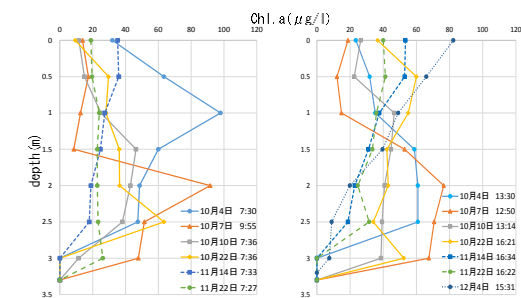


図-4 Chl.a鉛直分布(左:朝・右:午後)

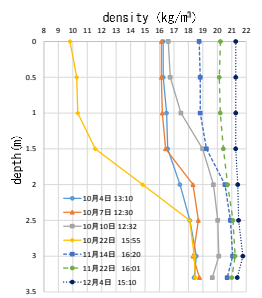


図-5  $\sigma_t$ 鉛直分布

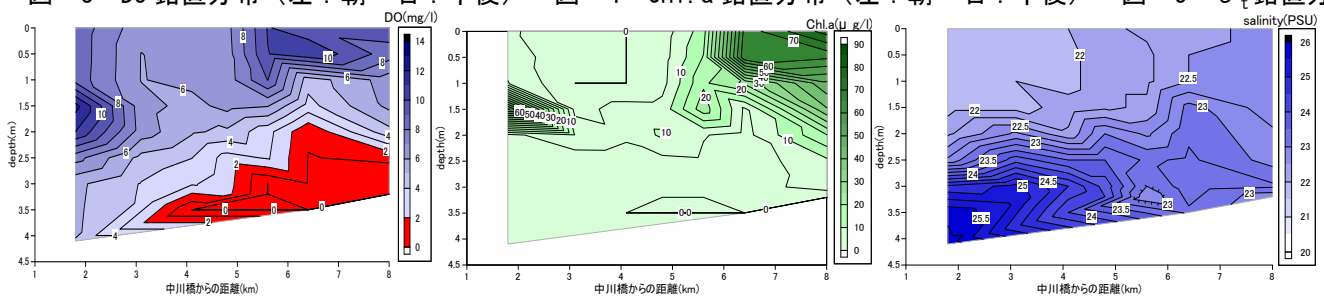


図-6 移動観測結果 DO Chl.a 塩分濃度 コンター(第7回12月4日9:30~15:30)