

貞山・北上・東名運河の潮汐による水質挙動と水質保全に関する基礎研究

東北大学大学院工学研究科 正会員 後藤光亀

東北大学工学部

山本真央

東北大学工学部

木下龍之介

1. はじめに

津波で大きな被災を受けた日本一長い運河群である貞山・北上・東名運河の再生・復興の動きが活発化してきた。運河群の保全・利活用に際して、良好な水質・生態系・景観などを保全する潮汐による運河の水質挙動の把握は重要である。また、農業排水による運河の濁度の長期化や藻類の大発生に関する事象など、運河の今後の水運用上の参考に資する基礎調査を行なった。

2. 運河の濁水長期化

貞山運河には増田川が流下する。その上流の樽水ダムから運河までの浮遊物質(SS)濃度の変化を図-1に示す。同図より河川を流下するに伴い農業用水路に農業排水が流下する4月末からSSは増加し、田植え期の5月に最大となり稲刈りが終わる10月ごろまで漸減する。この影響が貞山運河の濁水の長期化につながっている。

北上運河の定川でも、定川大橋ではSS濃度が200 mg/Lを示す。北上運河の蛇田新橋地点では、5月に農業排水の影響を受け170 mg/Lと高い値を示す。6月から翌年2月でもSS濃度は15~35 mg/Lと高いのが問題である。

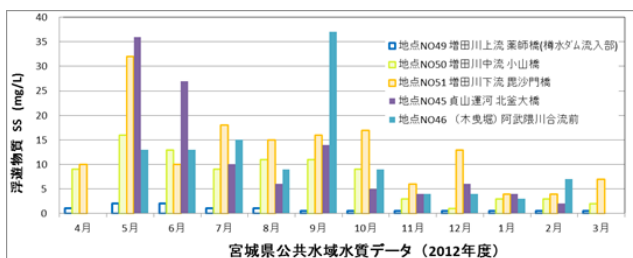


図-1 貞山運河へ流下する河川水質

(宮城県公共用水域の水質データより、2012年度)

3. 運河の水質調査

河口域や港湾域に接続する運河群の水質鉛直分布に関する報告がない。そこで、各運河の基礎データとして各運河の潮汐による水質鉛直分布の経時変化を調査した。用いた水質計測器は多水質項目計測器 AAQ-RINKO で運河の橋上から計測した。計測項目は、水温、塩分濃度、濁度、溶存酸素濃度である。また、表層水を採水し懸濁物質の特性や凝集フロックの観察を行った。

1) 北上運河 2015年5月20日の水質鉛直分布調査(図-2)では、蛇田地区の農業排水(蛇田小橋一号橋、写真-1)の濁度は表層50度(FTU)~底層60度と高く、旧北上川は12~19度である。北上運河では石井閘門(運河側)15~20度、中埠橋41~48度、中浦橋28~47度、明神新橋22~28度で、農業排水中の懸濁物質は石井閘門から釜閘門まで広範囲に濁度鉛直分布に影響している。

2) 東名運河 2015年7月下旬に地元から東名運河の一面に藻の大発生の連絡があり、その実態解明の調査依頼があった。調査は、8月3日、5日、19~20日の24時

間連続調査を行った。また、表層水と藻類を採取し懸濁物質の特性や藻類を観察した。発生状況と発生藻類を写真-2に示す。藻類は、緑色を呈するボウアオノリ、スジアオノリ、アオサとこれらに付着し茶色を呈する珪藻などであった。仙台管区気象台の過去10年間の気象データから、4月から7月までの日平均気温と平均全日射量の積算量を比較した。その結果、2006年から2013年までと比較し、2014年と2015年は1割ほど高く、2015年が過去10年で最大であった。温度と光条件は藻類の大発生の可能性を示唆した。一方、東名運河の北端に位置する新不動橋の南側の右岸(陸側)より農業排水の間欠的な流入がある。この農業排水に含まれる懸濁物質と栄養塩も藻類の大発生の可能性を示唆した。

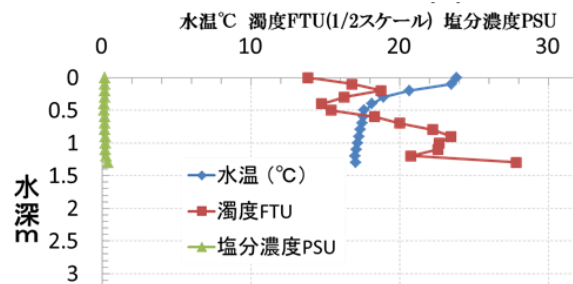


図-2 北上運河の水質鉛直分布 (中浦橋 2015.05.20 14:41)



写真-1 北上運河へ流入する農業排水

北上運河への流入する農業排水(左)、運河と農業排水の濁度の差(右)は歴然としており、水質・生態系のみならず水辺利用・景観上も問題が多い。

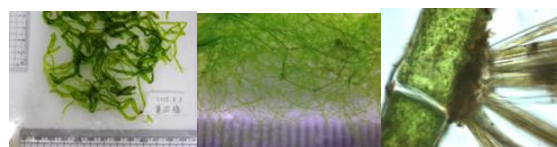


写真-2 東名運河の藻類大発生状況 (2015.08.03)

左上: 藻類大発生状況(不老橋から)、右上: 藻の群落状態、左下: ボウアオノリ (*Ulva intestinalis* Linnaeus アオサ目 アオサ科)、中下: スジアオノリ、右下: スジアオノリに付着する珪藻(茶色を呈する)

3) 貞山運河の潮汐による水質鉛直分布調査

貞山運河（大代堀区間）は仙台新港と塩釜港、両港からの潮汐の影響を受け両側から塩水が入る運河で、全長約3kmである。この貞山運河の潮汐による水質鉛直分布調査を2015年6月18日に行った。観測地点は仙台港から塩釜港に向かい、橋本橋、中峯橋、貞山橋、港橋である。図-3に調査結果を示す。仙台港に近い測定地点では明確な塩水クサビが観察された。また、仙台港に隣接しているS浄化センターからの下水放流水が潮汐に伴う水の流動と水質形成に大きく寄与するものと推察された。また、干満の潮位変動が大きいとき、底層に巻き上げに起因する濁度の上昇が観察された（図-4）。

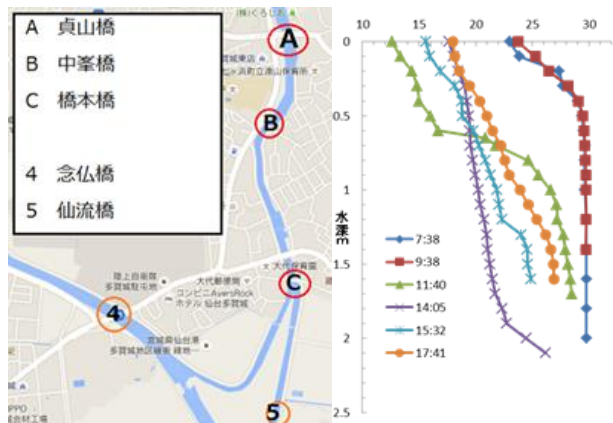


図-3 貞山運河（大代堀区間）の潮汐による水質鉛直分布
(2015.6.18)

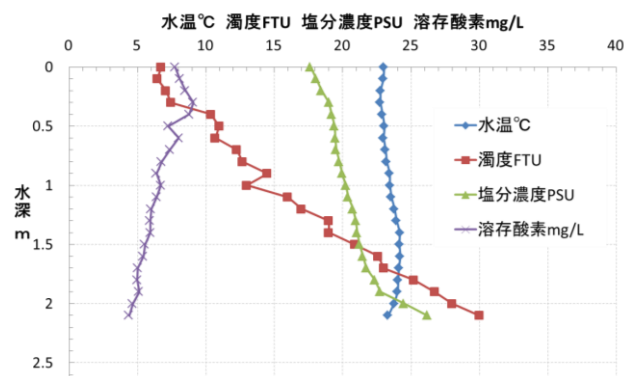


図-4 貞山運河 橋本橋 (2015.06.18 14:05)

4. 農業排水と凝集フロック形成

運河群の濁水長期化問題となる懸濁物質の挙動を知るため、その大きな供給源である水田土壌懸濁物質の凝集実験を行った。高い塩濃度の試水を計測するため、ベックマン・コールター社のリアルタイムゼータ電位・ナノ粒子径測定装置 (DelsaMax) を用いゼータ電位と粒径分布の時間変化を計測した。水田土壌は1mmの篩にかけ、100gを1Lの蒸留水に懸濁させ1Lポリ瓶で20時間以上沈降ふるいをかけ、表層部の粒子径1 μ m未満の微細粒子懸濁液を作成した。下水水放流水は、S浄化センターから採取した。使用した海水は関上港の水面下3mから採水した。水田土壌懸濁液、下水放流水、海水のEC (カッコ内は塩分濃度 PSU) はそれぞれ3.9 (0.02)、145 (0.90)、4085mS/m (25.5) である。海水と下水放流水は0.45 μ m

でろ別して使用した。水田土壌懸濁液、下水放流水、海水のpHはそれぞれ6.31、7.39、7.73である。凝集実験時にpHの調整を行わず、懸濁液の初期濁度が混合後100度 (カリン) と設定した。実験条件は以下に示す。

実験A：水田土壌懸濁液50%：蒸留水50%

実験B：水田土壌懸濁液50%：下水放流水25%：海水25%

実験C：水田土壌懸濁液50%：下水放流水50%

実験D：水田土壌懸濁液50%：海水50%

実験Aのブランク実験では、ゼータ電位と平均粒子径は変化がない。実験B、C、Dでは、1分後に粒子の荷電中和が進んだ。実験Cで下水放流水の混合で粒子の荷電中和が促進されるのは興味深い。しかし、実験Cの下水放流水の混合のみでは、荷電中和は促進されるが粒子径の増加が進まない。下水放流水と海水の混合した実験Bでは、ゼータ電位が実験Cとほぼ同レベルであるが、粒子径は実験Cより大きい。実験Dの海水混合では荷電中和を大いに促進されるが、粒子径の増大は実験Bより遅れて10分以降に急激に促進されることに注目したい。

なお、ジャーテストによる凝集実験では実験BとDは沈降分離性が良好であった。

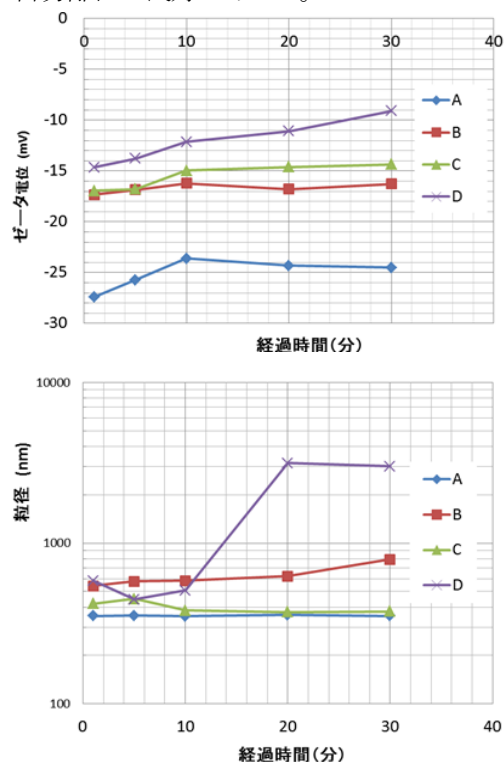


図-5 水田土壌と下水放流水・海水との混合凝集実験
(採取場所：仙台市子鶴、薄ヶ沢、NO.2)

5. おわりに

農業排水などによる懸濁物質の挙動は、運河群の水質・生態系そして景観や水辺利用 (ボート・カヌーなど) ・観光などの大きな課題となっている。今後、農業排水中の懸濁物質と生物の代謝物質などによる生物凝集フロック形成機構について検討を加えたい。

謝辞： 本研究ではベックマン・コールター社のご協力を頂いた。記して感謝の意を表します。