

感潮都市河川の塩水遡上と鉛直混合特性の現地観測

名古屋工業大学大学院 学生会員 ○川上哲生

名古屋工業大学 正会員 富永晃宏

名古屋工業大学大学院 学生会員 尾崎 勝

名古屋工業大学 正会員 庄建治朗

名古屋港管理組合

佐藤裕二

1. はじめに 名古屋市の中心部を南北に流れる堀川は、名古屋城築城のために掘られた人工の川であり、歴史的には名古屋の経済の大動脈として重要な役割を果たしてきたが、現状はヘドロが堆積して生物のいない、市民から背を向けられた川となっている。この堀川を再生して都市に水辺環境を取り戻そうという市民運動が活発になってきており、環境導水の増量に伴ってその効果を調べるという、一般市民、大学、民間企業と行政が一体となった堀川の調査が実施されている。本研究では、堀川の水質改善の阻害要因となる塩水遡上について現地観測を行い、塩水・淡水の鉛直混合特性の場所的・時間的変化について検討したものである。

2. 現地観測方法 現地観測場所として水質改善が望まれる都心部の感潮域である納屋橋（9.1km）、岩井橋（8.1km）および景雲橋（10.15km）を選定した。図-1に堀川の概略図と観測地点の橋の位置を示す。計測法は橋上から電磁流速計およびポータブル他項目水質計をロープで釣って下ろし、水面から鉛直下向きに0.5 m間隔で底面まで鉛直分布を計測した。計測項目は気温、水深、水温、DO、ph、電気伝導度、塩分濃度、濁度、流速である。計測日時は2003/12/23（納屋橋）、2004/1/8（岩井橋）、1/22（景雲橋）の大潮の日を選択した。

3. 観測結果と考察 図-2(a)～(d)に納屋橋地点における水深、塩分濃度、流速およびDOの鉛直分布の時間変化を示す。図の(b)から(d)には概略の水位を重ねて示している。この日は大潮で0時、12時に干潮、6時、18時が満潮であった。ただし、12時の干潮は他より水位が高い。0時、24時の干潮時では塩分濃度がほぼゼロとなり淡水で占められていることがわかる。上げ潮時には水深全体にわたって塩分濃度が增大していき、満潮時前後では底面側に濃度の高い塩水の進入が見られ上層は塩分濃度が低い成層流状態となっていることがわかる。12時の小干潮時は水位低下が小さいものの上層には淡水の層が現れ、底層にはまだ高い塩分を持つ層が残っている。ここから再び満潮時にかけて底層に塩水の浸入が見られ成層化したまま上層へ塩分が押し上げられている。下げ潮時にはやや急速に塩分濃度が減少する。流速分

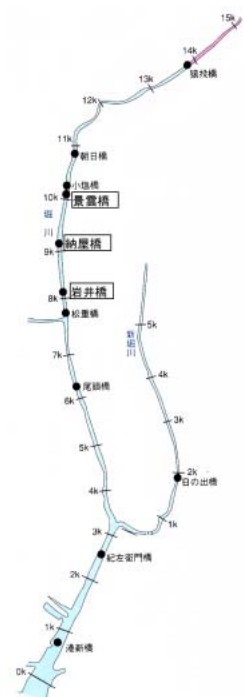
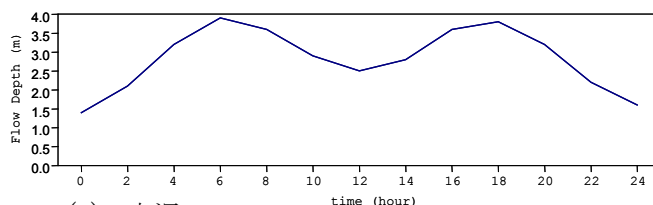
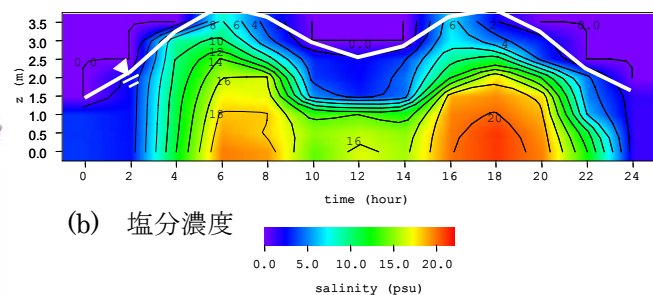


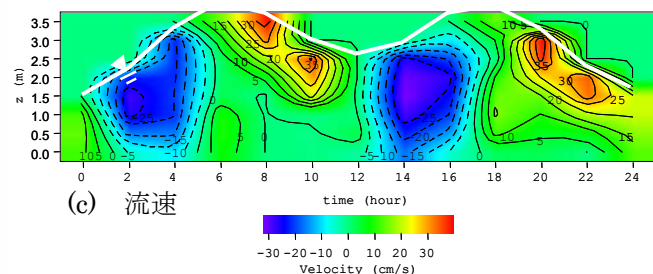
図-1 堀川河川図と観測地点



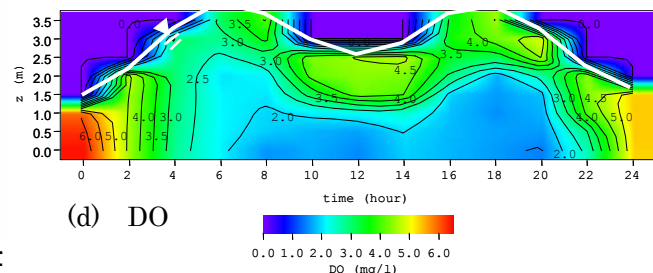
(a) 水深



(b) 塩分濃度



(c) 流速



(d) DO

図-2 納屋橋における水質・流速の時間変化

キーワード 感潮河川、密度流、成層、鉛直混合、水質

連絡先 〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学工学部社会開発工学科 TEL 052-735-5490

布を見ると、上げ潮時にほぼ水深全体にわたって逆流が発生しているのに対し、下げ潮時には水面から約1mまでが強い順流となりそれより下では非常に遅い流れとなっている。DOの変化を見ると、0時および24時の干潮時には水面から底層まで大きな値を示すが、潮位が上昇するにつれて底層にDOの低い流体が進入し、いったんは水面近くもDO濃度が下がる。満潮時には水面近くの値は増大するが底層は2mg/l以下の低い値を示す。12時の干潮にかけて上層の値は大きくなるが、水位低下が小さいため底層までは回復しないことがわかる。

現在これらの観測点より上流における堀川への流入流量は庄内川から0.3m³/sの導水と下水処理場からの放流水約0.7m³/sの合計1m³/s程度である。観測地点においても潮汐による流量が支配的で上げ潮時には逆流となる。図-3に流入流量と河口潮位を与えて河川流1次元計算ソフトであるMIKE11（DHI製）によって計算した断面平均流速と計測値を比較を示す。計算値は概ね実測値と一致し、断面平均の流動特性は流入流量と潮汐の関係からよく説明できる。

次に納屋橋の1km上流の景雲橋および1km下流の岩井橋における塩分濃度鉛直分布の時間変化を図-4に示す。観測日は異なるが、いずれも大潮期で気象条件もほぼ同様であるため、これにより場所的な変化特性をある程度考察できると考える。ただし、岩井橋では6～18時までの12時間、景雲橋では0～18時までの18時間計測であった。下流の岩井橋では満潮時に濃度の高い塩水が底層に現れており、水面近くも比較的高い濃度を示している。一方上流の景雲橋では満潮時に底層の塩分濃度が高くなるが濃度は下流に比べて減少している。混合形態の分類の目安として C_s/C_b （ C_s ：表層の塩分濃度、 C_b ：底層の塩分濃度）の値を用いることとする。 $C_s/C_b \leq 0.1$ で弱混合、 $0.1 < C_s/C_b \leq 0.5$ で緩混合、 $0.5 \leq C_s/C_b$ で強混合と分類される¹⁾。それぞれの地点における C_s/C_b の底層塩分濃度に対する時間変化を図-5に示す。図中の数字は時間を示し矢印は時間進行方向を示す。最下流の岩井橋では底層塩分濃度は相対的に高く、全体に C_s/C_b の値が0.5以上の強混合状態を示す。それでも小干潮時には若干の成層化が見られる。中間の納屋橋地点では上げ潮時に底層塩分濃度の増大に伴って C_s/C_b の値が減少し、弱混合へと移行するようすが認められる。小干潮時に底層塩分濃度は減少するが C_s/C_b の値はあまり変化せず0.2付近の値をとっている。下げ潮時には上げ潮時に比べて成層化が強いこともわかる。最上流の景雲橋ではさらに底層塩分濃度が減少し混合が進行している。 C_s/C_b の値の時間変化過程については納屋橋と同様の傾向を示すが、小干潮を挟む満潮期間で底層塩分濃度の変化は小さい。

4. おわりに 以上の観測により堀川の河口より8～10km付近における冬季の大潮時における塩水遡上特性および鉛直混合特性が把握できた。観測した約2kmの区間でも混合形態に違いが見られたが、基本的には緩混合の形態を示していることがわかった。底層の塩水層はDO値が低く、これが潮汐に伴い遡上・流下を繰り返していることが、堀川の水質浄化を困難にしていると考えられる。

<参考文献> Simmons, H.B.: Field experience in estuaries, Estuary and Coastline Hydrodynamics (Ippen ed.), McGraw-Hill, 673-690, 1968.

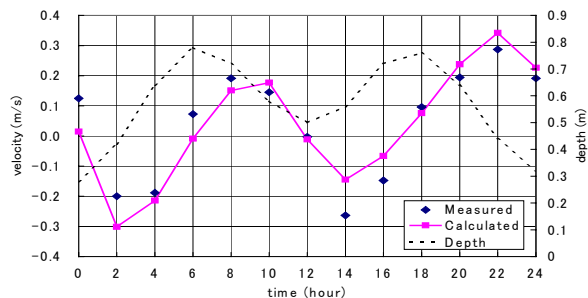


図-3 断面平均流速の時間変化

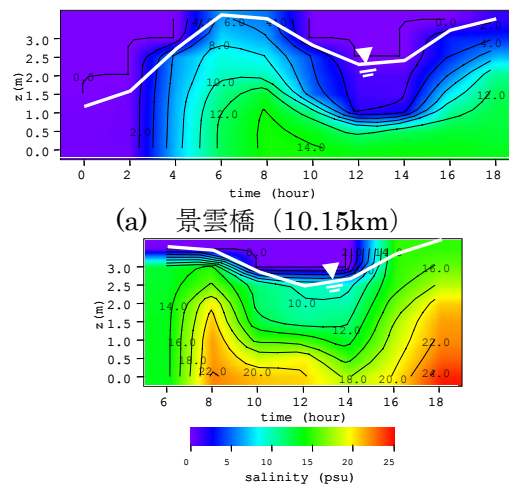


図-4 各地点における塩分濃度

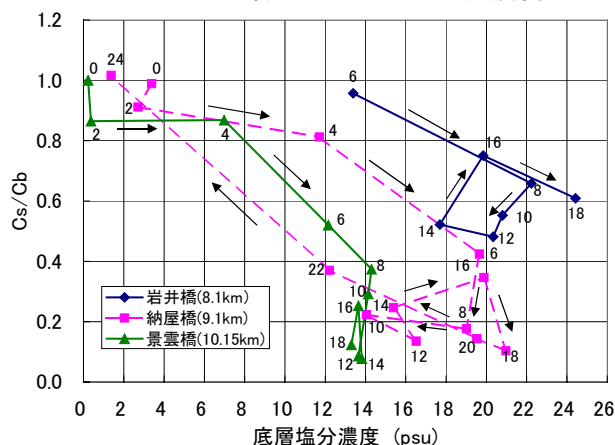


図-5 C_s/C_b - 底層塩分濃度分布