

那珂川河口域における塩水遡上の現地観測

九州大学大学院 学生員○高橋大吉 正会員 安達貴浩
 学生員 橋本彰博 学生員 中茂義晶

1. はじめに

本研究が対象とする那珂川は、茨城県のほぼ中央部を流れ太平洋に注ぐ、流域面積3,270km²、流路延長150kmの一級河川であり、その河川淡水は農業用水や都市用水の貴重な水資源として地域住民に広く利用されている。しかしながら、記録的な少雨だった昨年を始めとして、ここ数年の渇水時期には塩水遡上が増大し、高濃度の塩分混入水が水道水や農業用水に混入するといった被害が度々生じている。またその一方で、河川上流にはダム等がなく、下流部には無堤・弱小堤区間が多いことから洪水による被害も頻発している。このため、洪水対策として河川水の流下の妨げになる河床の浚渫や流水障害率の大きな橋脚の改築工事が進められているが、このような洪水対策により河口の塩水遡上がより一層深刻化することが懸念されている。このため本研究では、現在の那珂川の塩水侵入の時空間的な変化特性を詳細に把握すること、また今後の河川改修による塩水遡上の変化を正確に予測するための数値シミュレーションの検証データを収集すること、等を目的として現地観測を行った。

と音響測深器(カイジョー:PS-30R)とを用いて、流速と密度界面の縦断面内の分布を漆筋に沿って観測し、同時に河口から0,4,6,8,10km上流地点においてSTDによる塩分濃度と水温の鉛直分布の観測も行った。

一方、小潮である21日には音響測深器とSTDの観測を14日とほぼ同様に行った。

また、13日から21日までの期間には1.7km上流地点に塩分・水温計(アレック電子:COMPACT-CT)を、9.7km上流地点に塩分・水温計と水深計(アレック電子:COMPACT-TD)を係留し、1分毎の測定を行った。なお、1.7km,9.7km地点のいずれについても水深は約6mであったが、塩分濃度の変動が一番大きいと思われる表層付近に塩分・水温計を集中して配置した(1.7km上流地点:水深1.0,1.5,2.0,2.5,3.0mの計5点,9.7km上流地点:水深1.0,1.5,2.0,2.5,3.5mの計5点)。

更に17日から20日にかけては、河口から12km上流地点までの区間について、2km間隔毎に計7地点の塩分濃度と水温の鉛直分布を測定した。

2. 現地観測の概要

今回の現地観測は2001年12月14日(大潮)から21日(小潮)までの期間において、那珂川河口域の密度流構造の全体像を捉える目的で、河口から塩水遡上の先端である12km上流地点までの区間について観測を行った。午前8時から午後4時までの8時間を2時間毎の計4セットに分け、下流から上流までを小型船で移動しながら観測を繰り返した。

大潮である14日には、ADCP (RD社:ワークホース1200kHz)

3. 河川流量ならびに潮汐の概要

今回の観測期間における河川流量は図-1に示すようにほぼ年平均流量と等しい60m³/s前後で安定していたが、潮汐は日潮不等の程度が比較的大きな時期であった。また、9.7km上流で測定した水深と1.7km上流の湊大橋水位観測所で測定されている水位を比べると、ほぼ同位相で変化していた。

4. 塩水遡上の時間変化の特性

まず、1.7kmならびに9.7km上流の地点に係留した塩

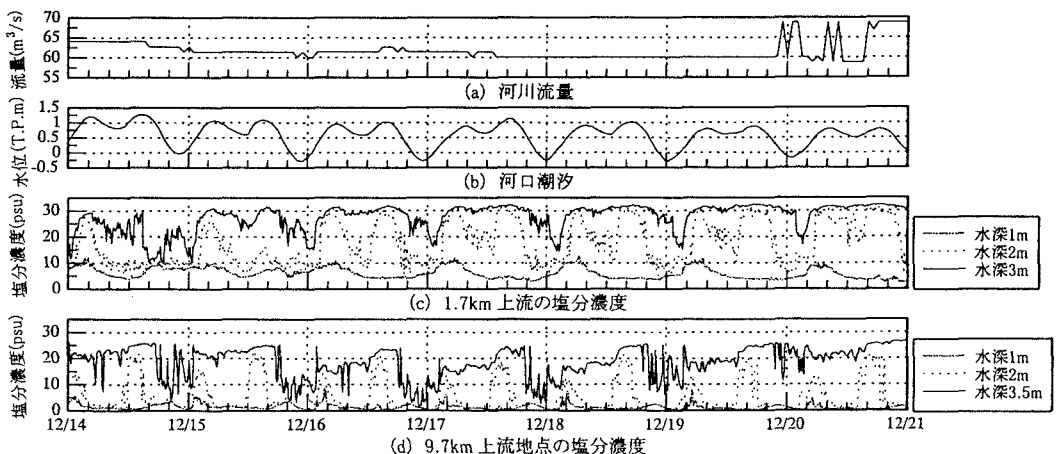


図-1. 河川流量,河口潮汐,係留計で計測された塩分濃度の経時変化

分・水温計の時系列データを用いて、塩水遡上の時間変化の特性について検討する。データの大部分において、同一地点でも塩分濃度は鉛直方向に大きく異なっており、しかも河口から9.7km上流地点の下層においても海水の塩分濃度に近い塩水が侵入していることから、ほぼ全観測期間において弱混合型の塩水遡上が形成されていたものと理解できる。また、高低潮の後の満潮時において成層がより安定し、比較的水深の深い場所において塩分濃度が大きな値を示している。一方、干満差が大きい場合には、底層近傍での塩分が低下し、鉛直方向に塩分濃度がほぼ同程度の値を示す期間も見られる。この結果から、従来弱混合型の塩水侵入のみが観測されている那珂川河口域においても、潮汐条件によっては緩混合型の塩水遡上が実現されている可能性があることが示唆された。次にこのような特性を定量的に把握するために、9.7km上流地点の水深3.5mにおける満潮時の塩分濃度とその直前の干満差の関係を調べたところ、両者の関係はほぼ一意的であり、干満差が小さい程、下層の塩分濃度は高くなっていることが確認された(図-2)。また、干満差0.8m付近を境にしてプロットが左右に大きく分離しており、観測期間を通じて日潮不等の影響が常に大きかったことが分かる。いずれにしても、河川流量が比較的安定している範囲においては、那珂川河口域の塩水侵入状況は潮汐条件に応じて変動していることが分かる。

5. 塩水遡上の空間分布の特性

図-3に12月14日の12:10から14:00までの上げ潮時において、ADCPによって得られた流速の縦断分布を示す。縦軸は水深であり、水面から約0.5mまではADCPの不感領域に相当する。横軸は河口からの曳航距離であり、その値は河口からの距離標と概ね一致する。図-3の結果を見ると、下層では河口から上流に向けた流動が、表層では上流から河口に向けた流れが見られ、弱混合型塩水侵入特有の、いわゆるexchange flowが形成されていることが分かる。また、同図には流速が0となる地点を結ぶ曲線も描かれているが、地形の凹凸に対応

してゼロ流速面も縦断方向に複雑な分布を示していることが見て取れる。一方、14日の同一時間帯における塩分濃度の鉛直分布を見ると、いずれの地点においても濃度が急変する密度界面が存在し、弱混合型の塩水侵入が形成されていることが分かる(図-4)。しかしながら、8km、10km地点において中間層の濃度の勾配は4km、6km地点に比べて若干緩やかになっており、界面位置も1m程度上昇している(図-4)。詳細は省略するが、上記のような密度界面の変化の出現は水深2mの塩分濃度を用いて判別できることが分かった。この判別指標を用いると、図-4のように密度界面が上流側で上昇するといった現象は上げ潮時特有の現象であることが分かった。したがって上記の結果は、上げ潮時に下層から高濃度の塩水が、比較的河床の高い6kmから10kmまでの区間を通過する際に、特に上・下層間の混合が活発となることを意味するものと考えられる。

6. まとめ

那珂川河口域の6kmから10km上流地点までの比較的浅い区間は、淡水と下層塩水を鉛直方向に活発に混合する効果を有している。このため洪水対策として、仮に6kmから10km上流地点までの河床を低くするようなことがあると、塩水が混合せずに成層したまま上流側に流入するので塩水侵入がより一層増加すると推測される。

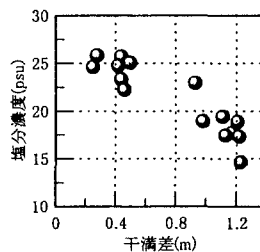


図-2. 塩分濃度と干満差の関係

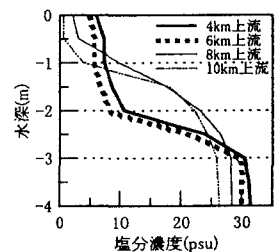


図-4. 塩分濃度の鉛直分布

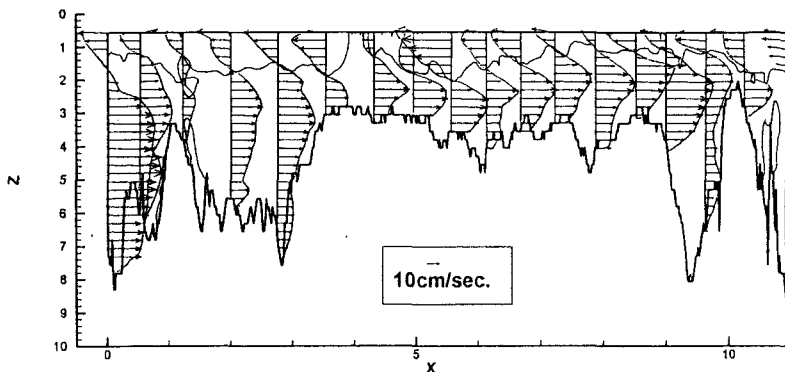


図-3. 流速の縦断分布