

超音波ドップラー流速計を用いた感潮都市河川における懸濁粒子の挙動観測に関する研究

名古屋工業大学 ○学生会員 郭 緯 名古屋工業大学 学生会員 岩切辰郎
 名古屋工業大学 中西祐貴 名古屋工業大学 正会員 富永晃宏

1. はじめに

水質問題を抱えている名古屋市を流れる感潮都市河川・堀川では様々な研究活動が行われてきた。潮汐による流動特性についてはかなり明らかになってきたが、ヘドロとなる懸濁粒子 (SS) の分布特性について未解明の点が多く、潮汐変動による塩水先端部分の移動に伴う SS の増加や移流プロセスを明らかにする必要がある。これまで、SS 濃度の測定方法としては、採水したものを実験室で分析するのが一般的であったが、感潮域における SS の空間分布は不均一性が強く時間的な変動も大きいので、採水などによる間欠的な測定から水中に存在する SS の動態を把握することは困難である。そのため、本研究は SS の分布を連続的に捉えることを目的として、超音波ドップラー流速計を用いて、堀川における SS 濃度分布特性について検討したものである。

2. 現地観測

(1) 定点観測による懸濁物質 (SS) の推定式の算出

2008 年 10 月 29 日名古屋市堀川河口から 7.59km の松重開門付近において、Sontek 製超音波ドップラー流速計 (River cat) を固定設置し、3 分間で反射強度を測定すると共に水面から 1m 水深の位置で 1 時間おきに採水を行った。潮状況は大潮である。

超音波ドップラー流速計で流速と共に測定される反射強度は水中の SS 濃度と相関がある。これを利用して、水中 SS 濃度を推定する試みを行った。

水中における音波の伝搬損失は次式で表される。

$$T = k \log r + 2\alpha r \quad \dots\dots(1)$$

ここで、 T : 伝搬損失, r : センサーからの距離, k : 拡散損失係数, α : 吸収係数である。

反射強度から SS 濃度変換式は次式で表される¹⁾。

$$40 \log C = I - B + T \quad \dots\dots(2)$$

ここで、 C : SS 濃度, I : 反射強度, B : 基準音圧である。音響強度は「count」という単位で表され、1count=0.43dB である。従って、SS 濃度の推定式は次式のようなになる。

$$40 \log C = I - B + k \log r + 2\alpha r \quad \dots\dots(3)$$

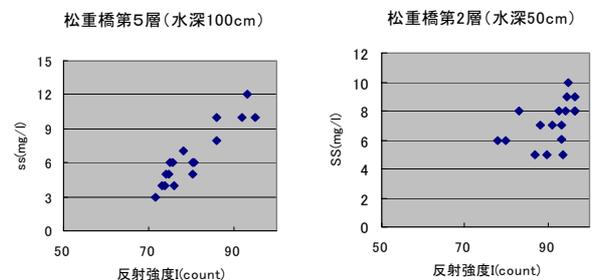


図-1 反射強度と SS 濃度の相関

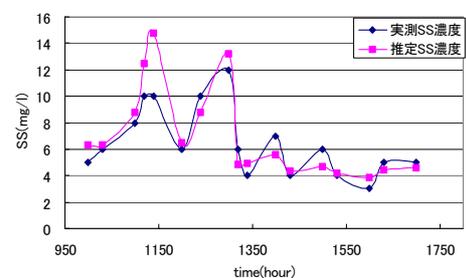


図-2 実測 SS と推定 SS の比較

各係数のうち、 α は製品仕様によると、周波数が 3000KHZ の時に塩分濃度が 0 から 3.5% 間で 2.4~2.5 の値になる。本研究では α は 2.4 を用いた。

残りの係数 B と k は、現段階で定式化出来ていないため、現場で採水を行い、実験室に持ち帰り SS 濃度の分析を行うことにより算出した。

図-1 に反射強度と実測された SS の関係を示す。表面から 1m の実測 SS 濃度値を用いて B を算出した後、0.5m の値から k を決定し、次式が得られた。 $40 \log C = I - 53 + 20 \log r + 4.8r \quad \dots\dots(4)$

得られた SS 濃度推定式を用いて、反射強度から SS 濃度分布を計算すると、図-2 のようになった。計算結果と実測値をよく再現できており、超音波ドップラー流速計により SS 濃度を推定できることが示された。

(2) 横断分布の計測

2008 年 11 月 13 日 (観測直前の降雨なし) と 2008 年 11 月 28 日 (観測直前の降雨あり、最大 5.5mm/h) 大潮の状況で松重開門付近において River cat を用

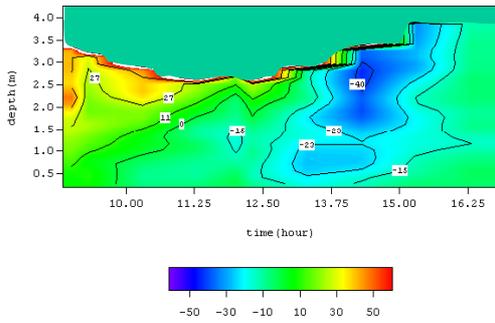


図-3 流速時間変化図 (11月13日)

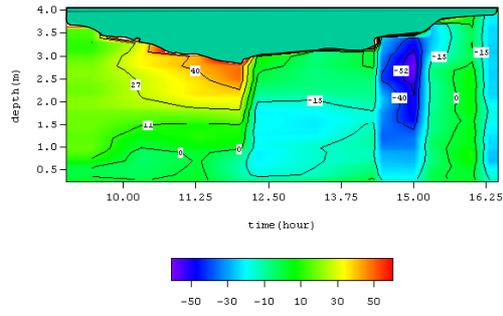


図-6 流速時間変化図 (11月28日)

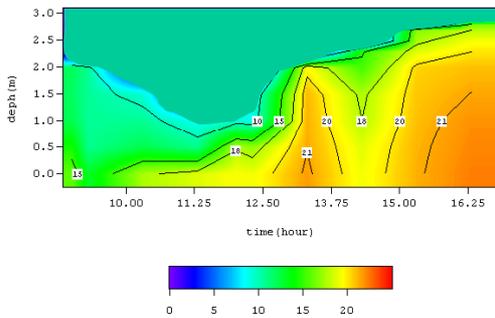


図-4 塩分濃度時間変化図 (11月13日)

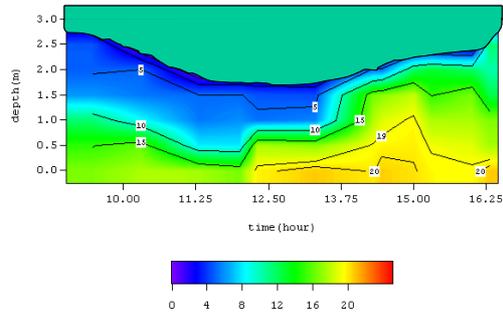


図-7 塩分濃度時間変化図 (11月28日)

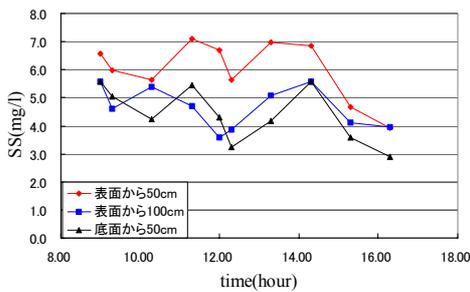


図-5 SS濃度層ごと時間変化図 (11月13日)

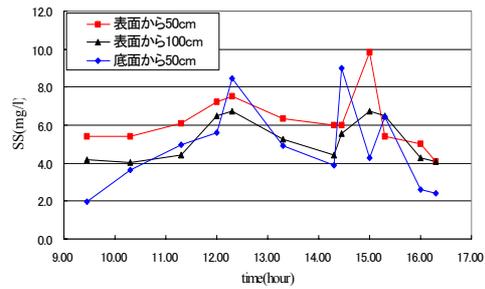


図-8 SS濃度層ごと時間変化図 (11月28日)

いて横断流速分布と反射強度の計測を行うとともに多項目水質計 (東亜 DKK 製) を用いて、塩分, DO, 濁度などの鉛直分布の計測を実施した。

3. 観測データ及び考察

図-3, 4, 5 は 2008 年 11 月 13 日に観測得られた流速, 反射強度による濁質濃度及び塩分濃度それぞれの分布図である。図-6, 7, 8 は 2008 年 11 月 28 日の観測データ分布図である。

これらの観測結果から次のことが言える。1) 堀川における SS 濃度分布は常に表層が中層と底層より高い傾向がある。2) SS 濃度は干潮から上げ潮の始めに、流向の変化によって全層で上昇が見られ、塩水楔の先端部が通過するによるものと推測される。3) SS 濃度は上げ潮のある時点に急に上昇し、その時の塩分濃度が高くなったことから、上流向き流速の増加によると考えられる。4) 降雨は塩分濃度を抑えたが、SS 濃度は若干の増加を見せるに止まった。

4. おわりに

本研究では超音波ドップラー流速計の反射強度が懸濁物質 (SS) 濃度との相関が高い性質を利用し、SS 濃度の推定法の可能性を示し、流速、河床形状を測ると共に堀川における SS 濃度分布特性について検討した。SS 濃度は流速とある程度相関があること、降雨の有無に関わらず、塩水先端通過による巻上げの影響が大きいと分かった。今後、観測精度を上げるため、決定した係数の再検討の必要がある。

【参考文献】

- 1) 横山勝英・藤田光一:多摩川感潮域の土砂動態に関する研究, 水工学論文, 集第 45 巻, pp.937-942,2001
- 2) 川西澄・山本洋久・余越正一郎:超音波流速計と散乱光式濁度計を用いた懸濁粒子の濃度, 粒径, フラックスの測定, 水工学論文集, 第 42 巻, pp.559-564,1998