

感潮域での浮遊懸濁粒子の挙動についての一考察

長崎大学工学部 学生員 ○柳本 諭
長崎大学工学部 正 員 西田 渉

長崎大学大学院 学生員 満原一徳
長崎大学工学部 正 員 野口正人

1. まえがき

近年、親水性の確保や生態系の保全に配慮した形で河川環境整備が実施されてきているが、本来的には水質汚濁の防止、改善施策が同時に行われる必要がある。勿論、河川の水質管理を効果的に行うためには、流域からの流入負荷量や水質変化機構が適切に評価されておかなければならない。本研究室では、【図-1】に示す長崎県諫早市を流れる本明川において水質観測を実施してきたが、これまでに得られた結果から、本明川の感潮域の水質は浮遊懸濁粒子(SS)の影響を大いに被っていることが推察された。

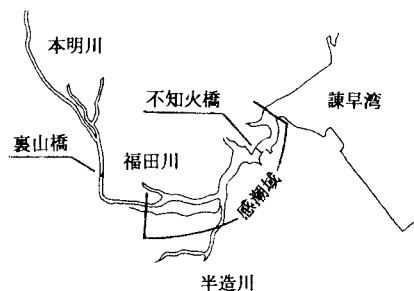
そこで、本研究では本明川感潮域の水質変化とSSとの関係を明らかにするための連続観測を行った。また、SSを評価するためのモデルを作成し、数値シミュレーションを行うことによりモデルの妥当性を検討した。

2. 現地観測の概要と考察

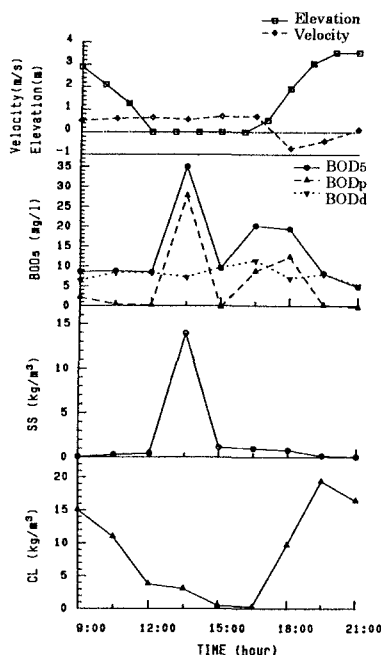
平成7年9月7日に本明川の不知火橋で12時間連続観測を行った。水質指標としてSS、生物化学的酸素要求量(BOD)、溶存酸素(DO)、塩化物イオン(Cl)、化学的酸素要求量(COD)を計測した。濾過処理した採取試料からBODd(溶存態)を計測し、BOD5との差をBODp(懸濁態)とした。得られた結果を【図-2】に示す。水位は河川情報センター(FRICS)の端末機から得られたデータを用いている。BOD5とSSの値は、潮汐変化を受け不知火橋で最低水位となり、Cl値が最小となる前に急激に増加している。またBOD5の値はその後一度低下するが、水位が上昇する時に再び増加することが分かる。BODpについてもBOD5と同様な変化を示している。BODdの変化をClの変化と併せて見ると、BODdはClの値が小さい時に増加する傾向があることが分かる。これらのことから、不知火橋付近のBOD5はSS中に含まれるBODpの影響と上流から流下してくる水塊中のBODdの影響を受けた変化を示すことが考えられる。BOD5とSSとの関係を【図-3】に示す。この図を見るとSS値が小さいときに多少のばらつきが見られるが、両者には正の相関があり、SSが高濃度となると、それに比例してBOD5の値が大きくなることが分かる。

3. SSの数値予測モデルの概要

以上の結果から、感潮域での水質変化機構を把握するためには、SSの発生を正確に評価することが必要であると考えられる。そこで河床泥粒子の挙動を考慮したかたちでSS発生モデルを作成した。即ち、SSの変化の支配要因として、底泥粒子の河床からの巻き上げと懸濁粒子の沈降を取り上げた。また底泥は【図-4】に示すように初期にDiniの厚さで堆積しているものと考えた。以下に数値シミュレーションに用いたSSの収支式を示すが、連続の式と運動方程式についても同様に定式化されている。



【図-1】本明川および観測地点の概要図



【図-2】12時間連続観測結果

〔浮遊懸濁粒子(SS)の収支式〕

$$\frac{\partial(C_{SS}A)}{\partial t} + \frac{\partial(C_{SS}Q)}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left(EA \frac{\partial C_{SS}}{\partial x} \right) + F_C \cdot S + F_d \cdot \frac{A}{h} + C_{SS \cdot in} \cdot q_{in} \cdots (1)$$

〔巻き上げフラックス(F_C)の評価式〕

$$\tau_* \leq \tau_{*c} \cdots F_C = 0 \cdots (2)$$

$$\tau_* > \tau_{*c} \cdots F_C = \sigma \cdot v_s \cdot P_s \cdot P_1 / a_s$$

底泥粒子の巻き上げ量は P_s ¹⁾で評価されるが、流れによる河床の粗粒化等による変化を考慮するための係数 P_1 を以下のように仮定した。

$$P_1 = \exp\{-\alpha D_{ini}(1-D/D_{ini})\} \cdots (3)$$

〔沈降フラックス(F_d)の評価式〕

$$F_d = C_{SS} \cdot w_0 \cdot \exp(-V^2/V_c^2) \cdots (4)$$

ここに、 C_{SS} :断面平均SS濃度、 A :流水断面積、 Q :流量、 E :

分散係数、 S :潤辺、 q_{in} :横流入量、 τ_* :無次元掃流力、 τ_{*c} :

移動限界時の無次元掃流力、 σ :土粒子の密度、 v_s :土粒子の体

積、 a_s :土粒子の断面積、 D_{ini} :底泥粒子の初期堆積厚さ、 D :底泥

粒子の堆積厚さ、 P_s :底泥粒子のPick-up rate、 w_0 :沈降速度、

V_c :浮遊限界流速である。なお、底泥粒子については粒径 50.0

μm の球として取り扱った。計算手法として陽形式の有限差

分法を採用し、本明川に1次元解析法を、本明川の河口がある

諫早湾には3次元解析法をそれぞれ適用し計算した。底泥の初期堆積厚さは、河川と海域に対してそれぞれ

0.03m、0.01mとした。境界条件は、現地での観測データを基に与えた。

4. 計算結果と考察

【図-5】に不知火橋での水位、流速、SS及び土粒子の堆積

厚さの計算結果を示す。不知火橋の水位は、下流端条件に影響

を受けた変化をしており、その時間変化は遅れて生じることが分か

る。満潮時には、背水効果により不知火橋の水位が0.083m 高く

なっている。流速と水位は、干潮時にはほぼ一定値となっているが、

これは河川の固有流量で流下しているためである。つぎにSSの

計算結果については、水位の時間変化が大きく流速の絶対値が大

きい時に値が増加していることが分かる。干潮時には上流から

SS値の小さい河川水が流下し、河床からの補給が減少するため

にSS値が下がっている。一方、満潮時にSS値が減少するのは、

流速が小さく、沈降フラックスが巻き上げフラックスよりも支配

的であるためと思われる。水位上昇時にSS値の増加すること、

下げ潮時の時間変化の割合に【図-2】に示される観測結果との

違いが見られるが、これらの違いは、計算結果の値が断面平均濃

度であること、採水間隔がSSの時間変化に比べて長かったこと

等によるものと考えられる。

5. あとがき

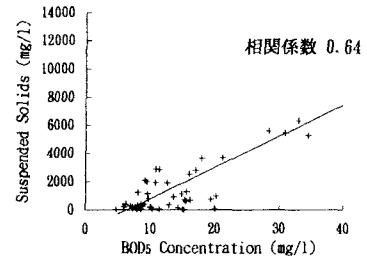
SSが感潮域の水質に与える影響を調べるために、本明川で連続観測を行い、同時にSS発生

のモデル化を行った。数値シミュレーションの結果は観測結果を概ね良好に表現しており、モデル化が妥当に行われた

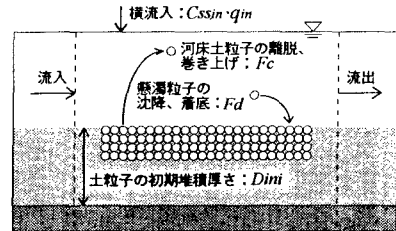
ものと思われる。ただし、SSの生物学的、理化学的側面からの発生も考えられるため、これらについても

今後引き続き検討したいと考えている。

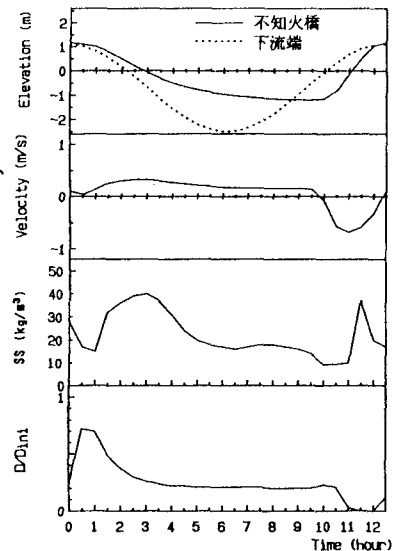
参考文献(1)村上、辻本、中川：河床砂礫のPick-up rateの推定式について、土木学会論文集 No443/II-18, pp9-16, 1992



【図-3】BOD5とSSの相関図



【図-4】SS予測モデルの説明図



【図-5】水位、流速、SS、 D/D_{ini} の計算結果

SSが感潮域の水質に与える影響を調べるために、本明川で連続観測を行い、同時にSS発生