

感潮河川における懸濁物質の輸送現象のシミュレーション(Ⅱ)

九州大学工学部 学生員 ○野正 博之
 同 上 正 員 二 渡 了
 同 上 正 員 楠 田 哲 也
 同 上 正 員 栗 谷 陽 一

1. まえがき 河川感潮部の水質は、地域住民の生活環境や、水資源としての利用等に大きな影響を及ぼしている。特に底泥は、SS自体としてあるいは、栄養塩類、重金属類等の汚染物質の輸送媒体として、水質環境に種々の悪影響を及ぼしている。佐賀平野を流れる大角川の昭和58年11月より昭和59年7月までの5回に渡り、行なわれた現地水質調査の結果により、この河川の水質は、SSに大きく支配されていることが明らかにされている。本研究では、このSSの挙動のシミュレーションを行ない、現地観測資料と比較検討することにより、河川感潮部におけるSSの輸送現象について、検討を加えた。

2. 基本式 河川感潮部のSSの輸送現象は、強混合の不定流一次元モデルとして取り扱い、その基本式は次に示す通りである。

$$\begin{aligned} \frac{1}{gA} \frac{\partial Av}{\partial t} + \frac{1}{gA} \frac{\partial Av^2}{\partial x} + \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{n^2 v |v|}{R^{4/3}} &= 0 \quad \text{----- (流れの運動方程式)} \\ \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} &= 0 \quad \text{----- (流れの連続式)} \\ \frac{\partial AC}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(AVC) &= \frac{\partial}{\partial x}(AD_L \frac{\partial C}{\partial x}) + A \sum_j S_j(C_j) + E \frac{A}{R} + GB + g' \quad \text{----- (物質の収支式)} \\ U_*^2 &= \frac{g n^2 v^2}{R} \quad \text{----- (摩擦速度の式)} \\ U_* &\geq U_{*c} \text{ の時 ; } E = \alpha (U_*^2 / U_{*c}^2 - 1)^m, G = 0 \quad \text{----- (巻き上げフラックスの式)} \\ U_* &\leq U_{*d} \text{ の時 ; } G = -WC, E = 0 \quad \text{----- (沈降フラックスの式)} \\ C' &\geq 5.0 (g/l) \text{ の時 ; } W = 0.0018 (m/s), C' \leq 0.1 (g/l) \text{ の時 ; } W = 0.0003 (m/s) \\ Q_L (m^3/s) &< C' < 5.0 (g/l) \text{ の時 ; } W = 0.0003 + 0.0015 / 4.9 (C' - 0.1) (m/s) \quad \text{----- (沈降速度の式)} \end{aligned}$$

但し H: 水位 (T.P.m), A: 流水断面 (m²), R: 径深 (m), B: 川幅 (m), Q: 流量 (m³/s)
 v: 流速 (m/s), n: 粗度係数 (s/m^{1/3}), C: SS濃度 (g/l), C': 塩分濃度 (g/l)
 E: 巻き上げフラックス (kg/m²s), G: 沈降フラックス (kg/m²s), W: 沈降速度 (m/s)
 D_L: 縦方向分散係数 (m²/s), U_{*}: 摩擦速度 (m/s), U_{*c}: 巻き上げ限界摩擦速度 (m/s)
 U_{*d}: 全沈降限界摩擦速度 (m/s), α: 巻き上げ速度 (kg/m²s), m: 指数, t: 時間 (sec)
 g: 単位長当りの流入量 (m³/m.s), g': 単位長当りの流入フラックス (kg/m.s)
 S_j(C_j): j物質のSSへの内部変換速度 (kg/m²s), g: 重力加速度 (m/s²), x: 距離 (m)

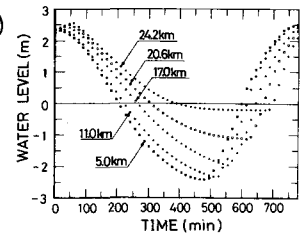


図-1 水位の時間変化(7A28日)

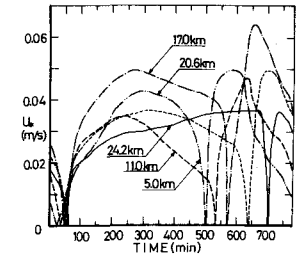


図-2 摩擦速度の時間変化(7A28日)

3. 計算方法及び諸条件 数値計算するに当り、水理量の計算には、Leap-Frog法¹⁾を用い、潮汐流によるSSの輸送項の計算には、Up-Stream法を用いた。流れの初期条件として、満潮位を全川レベルで与え、各断面の流量を零とした。SSの初期条件は、現地観測資料をもとにして与えた。境界条件としては、上流端29.6kmで流量Q=3(t/s)及びSS濃度を与え、下流端5.0kmで実測値の断面平均濃度及び水位を与えた。またSSについては、各計算断面ごとに初期堆積量(巻き上げ時に上層水へ輸送される限界量)を与え、その値は、予め試行錯誤により求めた。粗度係数及び巻き上げ、沈降フラックスを規定するパラメータ(α, W, m, U_{*c}, U_{*d})については、計算値と実測値との比較を行ないつづめた²⁾。尚粗度係数については、実測断面5.0km, 11.0km, 170km, 20.6km, 24.2kmを境に5区間に分けて定めた。また計算に際して、D_L, g, g', S_jは零と置いて計算を行なった。計算は、昭和58年11月20日(大潮), 12月27~28日(小潮), 昭和59年3月17日(大潮), 5月26日(中潮), 7月28日(大潮)について行なった。

4. 結果及び考察 図-1、図-2に7月の水位と摩擦速度の計算結果を示す。図-3～図-5に11.0km、20.6km及び、24.2km地点におけるSS濃度の時間変化について、実測値と計算値との比較例を示す。計算するに当たって用いた巻き上げ、沈降フラックスを規定するパラメータは、 U_{kc} については、11月、3月、7月では全区間 $U_{kc} = 0.03(\text{m/s})$ を用い、12月、5月では全区間 $U_{kc} = 0.02(\text{m/s})$ を用いた。 U_{kd} , α , m については、各月とも全区間 $U_{kd} = 0.005(\text{m/s})$, $\alpha = 0.003(\text{kg/m}^2\text{s})$, $m = 1.7$ を用いた。沈降速度 w については、河口付近の塩分濃度の高い区間に存在する浮泥粒子は凝集性を有しており、上流部の浮泥粒子に比べて沈降速度が大きいと考えられるので、各月とも塩分濃度を考慮した沈降速度とした。これらの図より、各月とも計算結果は実測値をよく再現していると言える。初期堆積量は、11月では、17.6kmから河口に向けて直線的増加とし、17.6kmから上流においては、巻き上げを防止するため零とした。さらに巻き上げ量に不足が認められた17.6kmから11.0kmの区間に一定量を均等に増加させた。12月では、上流部でもかなりの巻き上げ現象が起こっていると思われたので、20.6km～24.2kmの区間にも相当量の初期堆積量を設定した。3月、7月では、初期堆積量を全区間に渡り、零とし、5月では、17.6kmから河口に向けて直線的増加とした。これらの初期堆積量は、現地観測時の底泥の採取量とほぼ同様の傾向を示す。図-5-I、図-5-IIは、最上流実測断面24.2kmのSS濃度の時間変化の実測値と計算値であるが、実測値での400min前後に現われる高濃度のSSは、計算値では、現れていない。これは、全区間同一の U_{kc} を用いていることや、上流から高濃度のSSが流入してくるためではないかと考えられる。(しかしながら底泥の堆積位置や堆積量については、まだは、きりきざしことがわかっておらず、SSの輸送現象をよりよく説明するためには、12時間程度の同一潮汐の繰り返し計算ではなく、約1か月程度の長時間に渡り、た計算が、必要となるであろう。

参考文献

- 1) 土木学会編：水理公式集，PP. 180～197
- 2) 栗谷陽一：半閉鎖水域における物質の輸送及び収支に関する研究，昭和57，58年度科学研究費補助金研究成果報告書，昭和59年3月

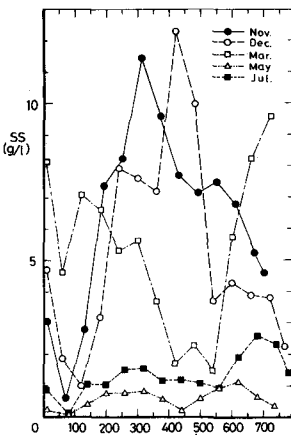


図-3-I 実測値のSSの時間変化 (11.0km)

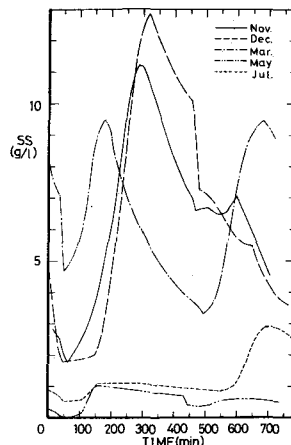


図-3-II 計算値のSSの時間変化 (11.0km)

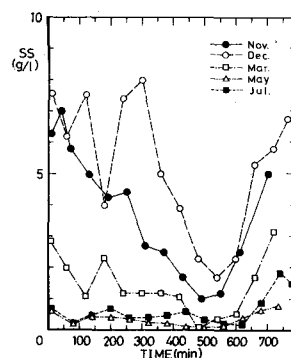


図-4-I 実測値のSSの時間変化 (20.6km)

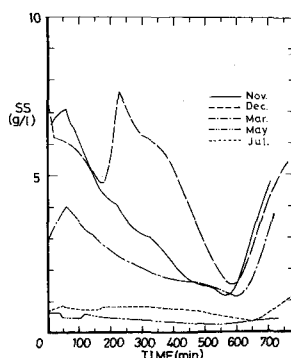


図-4-II 計算値のSSの時間変化 (20.6km)

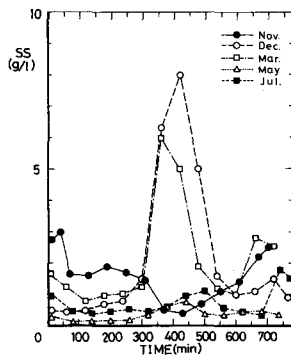


図-5-I 実測値のSSの時間変化 (24.2km)

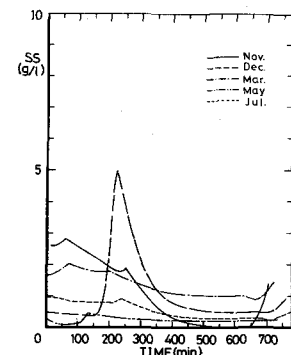


図-5-II 計算値のSSの時間変化 (24.2km)