

II-4

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

九州大学工学部 学生員 ○野正 博之
九州大学工学部 正員 栗谷 陽一
九州大学工学部 正員 楠田 哲也
九州大学工学部 正員 古賀 憲一

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おり、また沈降性SSは、航路に影響を及ぼしている。一般に我が国の河川の水質現象は、流下時間が短いので、BODとDOのみで取り扱われることが多い。一方海域では、滞留時間が長いことから植物プランクトンの一次生産が、物質変換の主要なものとして取り扱われることが多い。しかし、河川感潮部での取扱いは水質現象が各河川感潮部ごとに大きく異なり、しかもその現象が複雑なものとあいまって、未だ確立されていない。本研究は、六角川を対象として、河川感潮部の水質現象を明らかにすることを目的としている。水質調査の結果によれば六角川の水質は、SSに大きく支配されていることが明らかにされているので、本報では、このSSの挙動のシミュレーションを行ない、河道内に存在するSS塊の輸送現象について、若干の知見を得たので報告する。

2. 基本式 河川感潮部のSS塊の輸送現象は、攪混合の不定流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。

$$\begin{aligned} \frac{1}{g} \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{v}{g} \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{n^2 v^2}{R^2} &= 0 \quad \text{--- (流れの運動方程式)} \\ \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} &= g \quad \text{--- (流れの連続式)} \\ \frac{\partial AC}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(AVC) &= \frac{\partial}{\partial x}(AD_L \frac{\partial C}{\partial x}) + E \frac{A}{R} + GB + g' \quad \text{--- (浮遊物質の連続式)} \\ U_* &= \frac{g n^2 v^2}{R^{1/3}} \quad \text{--- (摩擦速度の式)} \\ U_* \geq U_{*c} \text{ の時; } E &= \alpha (U_*^2 / U_{*c}^2 - 1)^m \quad \text{--- (巻き上げフラックスの式)} \\ U_* \leq U_{*d} \text{ の時; } G &= -\omega C \quad \text{--- (沈降フラックスの式)} \end{aligned}$$

但し H : 水位(T.F.m), A : 流水断面(m^2), R : 径深(m), B : 川幅(m)
 Q : 流量(m^3/s), v : 流速(m/s), n : 粗度係数($s/m^{1/3}$), C : SS濃度(g/l)
 E : 巻き上げフラックス($kg/m^2 \cdot s$), G : 沈降フラックス($kg/m^2 \cdot s$)
 D_L : 分散係数(m^2/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 : 定数, m : 定数, ω : 沈降速度(m/s)
 g : 単位長さ当りの横流入量($m^3/m \cdot s$), g' : 重力加速度(m/s^2), x : 距離(m)
 t : 時間(sec), g' : 単位長さ当りの流入フラックス($kg/m \cdot s$)

3. 計算方法及び条件 数値計算するに当ってはLEAP-FROG法¹⁾を用いた。

潮流流によるSSの輸送項の計算は、風上差分法を用いた。図-1、図-2にそれぞれのスキームを示す。初期条件として、SSは現地観測資料をもとに、補間法により求め、水位は満潮位を全川レベルで与えた。また流量は、各断面で零とした。境界条件は、29.6kmで $Q=1(t/s)$, $C=0(g/l)$, 5.0kmでの実測値の断面平均濃度及び水位である。また各区間ごとに、初期堆積量(巻き上げ時には上層水へ輸送されるべき量)を与え、予め試行錯誤により求めた。本例では、17.6kmより上流は0とし、17.6km以下は河口に向って、直線的に増加させた。また、粗度係数については、5.0km~11.0km, 11.0km~17.0km, 17.0km~20.6km, 20.6km~24.2km, 24.2km~29.0kmの5区間に分けて、実測値とを比較より定めた。巻き上げフラックス、沈降フラックスを左右する係数や、 U_{*c} , U_{*d} については、数値計算結果と実測値との比較を行い、定めた。尚、 D_L , g , g' については、それぞれ零として計算した。

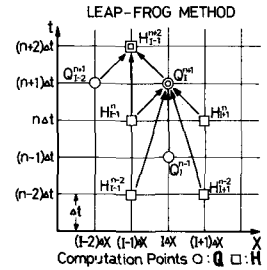


図-1

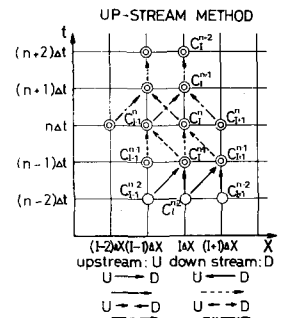


図-2

4. 結果及び考察 図-3に計算で求めた周期的に定常となつたときの水位の時間変化を示す。この図から干潮時においては、上流で固有流量に基づく定常な流れが認められ、河口に行くに従い、潮汐流の影響がよく現れている。実測値との比較を示していないが、干満時の潮位等については、実測値ともよく一致している。また粗度係数は、前述のように、実測値との比較より、5.0kmから29.0kmに向けて、0.023, 0.024, 0.025, 0.026, 0.027とした。図-4に U_{ke} の時間変化を示す。流れの反転時における U_{ke} の減少、及び反転時間のずれが5.0kmと24.2kmで約3時間ある。 U_{ke} の最大値は、0.03~0.05となっている。図-5に20.6km, 11.0km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フラックス、沈降フラックスを規定するパラメータは、全区間について、 $U_{ke}=0.03(\text{m/s})$, $U_{kd}=0.005(\text{m/s})$, $\alpha=0.003(\text{kg/m}^2\text{s})$, $\omega=0.0003(\text{m/s})$ とした。 U_{ke} は、実験値と比べてやや大きいようである。この図から計算結果は、概ね実測値を再現しているようである。河口付近において、双方の結果にややずれが認められ、計算値の巻き上げ及び沈降量がやや不足しているようである。このことは、巻き上げ及び沈降を規定するパラメータを全区間について、一定値を与えたためと思われる。即ち、巻き上げられた粒子は上流にいくほど小さくなること（沈降速度が小さい）、塩水中における浮泥の凝集性を有し、沈降速度が大きくなるなどの現象が生じているものと思われる。いずれにしても、浮泥粒子の粒度分布及び塩分濃度等を考慮した上で、パラメータを決定する必要があると思われるが、今後の課題としたい。尚計算するに当たっての初期堆積量の不足は、あまり認められなかったため、本例の場合、直線的に増加させたことは、計算結果に影響を及ぼしていない。むしろ、上流付近における、沈降、巻き上げによる濃度の増加を防止するために、初期堆積量を零としなければならなかったことに注意すべきであろう。このことは、現地観測時における、底泥の採取量からも妥当な結果と言える。図-6に浮泥濃度の時間、空間的变化の計算値を示す。初期条件は、実測値及びその補間値である。この図から17km~20km付近における、高濃度SS塊が水位変動に伴って、巻き上げ、沈降を繰り返しつつ、移動していることがよくわかる。ただこの図からも1周期終了した時点での計算値と、初期値が完全には、一致しないようである。前述したような、巻き上げ、沈降の算定式に、やや改良の余地があるようである。対象とした六角川の水質は、SS濃度と強い相関があるため、BOD, COD等についても、今後の検討課題としたい。

参考文献)

1) 水理公式集 P180~188

筑後川下流部施設整備計画調査報告書 九地建

筑後川工事事務所 昭和58年3月

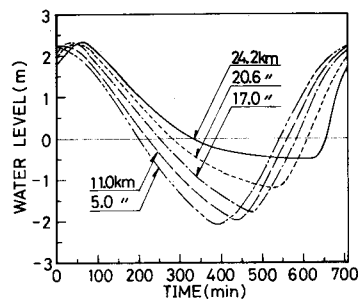


図-3

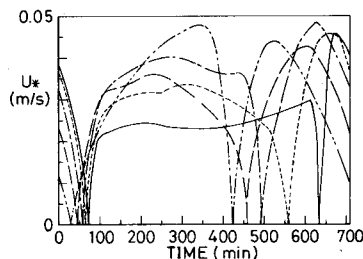


図-4(記号は図-3に準ずる)

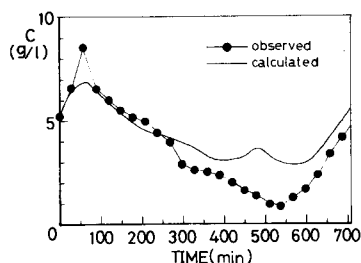


図-5-I (20.6km)

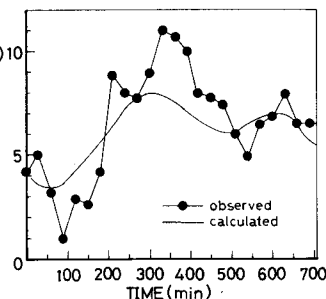


図-5-II (11.0km)

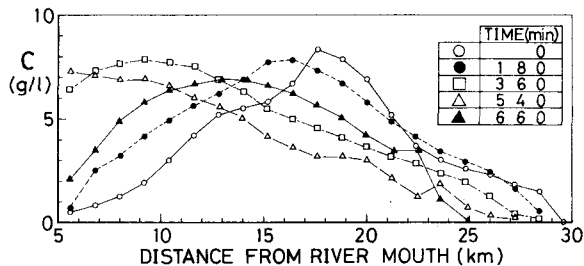


図-6