

PSII-24 河川感潮部における懸濁物質濃度の長期変動に関する研究

九州大学工学部 正員 二渡 了 正員 楠田哲也
同 上 正員 古米弘明

1. はじめに

河川感潮部での水質は、潮汐の影響を受けて周期的な変動を示し、一日2回の満干潮による変動の他に、大潮・小潮と云った約15日を周期とする水質変動が生じている。とくに、懸濁物質は流況の変化に伴い底泥の巻き上げ量が変化し、その濃度変動も大きくなっている¹⁾。このような感潮部における懸濁物質の長期的な挙動を明らかにすることは、感潮部における水質管理のためにも重要である。本研究では、有明海に流入する佐賀県六角川感潮部を対象に、移動座標系で表した拡散方程式を用いて懸濁物質濃度変動の数値シミュレーションを行い、河道方向への懸濁物質の長期的な輸送機構について検討を行った。

2. SS濃度変動現象のモデル化と計算方法

河川感潮部の水質予測には、従来より距離基準の固定座標系での1次元非定常拡散方程式が用いられ差分解析による方法が行われてきたが、差分計算に伴う誤差が生じ、とくに、長期間の濃度変動計算ではその影響がかなり大きくなり、十分な検討が行えなかった。そこで、拡散方程式を累積水量を基準とする移動座標系で表し、ラグランジェ的な取扱をすることにした。移動座標系での拡散方程式は次に示す通りである。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + Q_r \frac{\partial C}{\partial V} = - \frac{\partial j}{\partial V} + r \quad \text{ただし、} j = -Q_e \Delta C$$

ここで、C：物質濃度(kg/m³)、j：交換フラックス(kg/s)、Q_r：固有流量(m³/s)、

Q_e：交換水量(m³/s)、r：生成・消滅速度(kg/m³s)、V：水量(m³)、t：時間(s)

交換フラックスjは、交換水量Q_eと濃度勾配ΔCの積で表され、交換水量Q_eは隣合った水塊相互間の混合の程度を示し、流水断面積A(m²)と摩擦速度u_{*}(m/s)の積に比例するものとした(Q_e=αu_{*}A、α：係数)。この係数αは、塩分濃度計算の際に実測濃度分布に計算結果が一致するように定めた。

まず、水理量の計算をLeap-Frog法を用いた1次元不定流モデルを用いて行った²⁾。計算領域は、六角川に支川牛津川を加え、さらに下流側境界を海域まで延長したものを対象にした。計算期間は、現地観測を行った1988年11月27日～12月16日(12月9日大潮、12月1日及び16日小潮)の20日間(27540分)とした。水理量計算結果をもとに、上流端からの固有流の流入及び合流部での分合流を考慮しつつ、所定の水量に分割し、それらの境界を定めた。濃度計算の初期条件には、実測の濃度分布を内挿して与えた。SS濃度の計算では、SSの沈降及び底泥の巻き上げを考え、さらに堆積底泥を浮泥(Fluid Mud)と下層底泥(Bed Mud)に分け、SSが沈降後浮泥として堆積している間に圧密され底泥化するものとした。これらは、巻き上げの限界摩擦速度が異なり、浮泥が全て巻き上げられ摩擦速度が下層底泥の限界値を越えたときに下層底泥の巻き上げが生じるようにした。なお、底泥の堆積量は固定座標上で考えている。

3. 計算結果及び物質輸送機構の検討

六角川のような強混合河川感潮部での塩分濃度分布は、累積水量を基準にするとほぼ定常的に定まっている。図-1は、六角川3地点において1時間間隔で観測された塩分濃度と数値計算結果より求められた各観測地点までの累積水量との関係を示したものである。この図から分かるように、水塊内の塩分濃度分布は時間によらずほぼ一定であり、累加水量のみの関数となっている。SS濃度の計算では、本モデル上でSS濃度変動に影響を及ぼす①沈降・巻き上げの限界摩擦速度、②沈降・巻き上げ速度、③底泥の初期堆積量を変化させて計算を行った。表-1にその計算条件を示す。表中、Case1の限界摩擦速度及び沈降・巻き上げ速度の実験値は現地底泥を用いた室内実験において得られたものであり、詳細については文献2を参照されたい。図-2は、馬田橋地点(河口

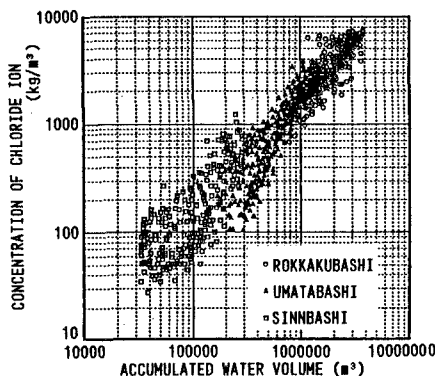


図-1 塩分濃度と累積水量の関係

より24.2km) 及び新橋地点 (17.0km) で

のSS濃度の観測結果及び計算結果を示したものである。計算結果においてもSS濃度が大潮時に高く、小潮時に低くなっており、潮相の変化による周期的な濃度変動をよく再現している。計算条件の違いを比較すると次のようになる。まず、沈降・巻き

上げ速度を実験値より大きくする (Case 2) と1潮汐間の濃度変動が大きくなる。とくに、計算開始後小潮までの間の巻き上げ量がかなり大きくなっている。一方、沈降速度を実験値より小さくしたCase 3ではCase 2に比べ停潮時の濃度減少が少なくなっている。沈降の限界摩擦速度を変えたCase 3と4では大きな違いは見られなかった。以上の各Caseでは、12月9日 (大潮) 前後で計算開始直後に比べSS濃度が低くなっている。これは、河道方向への懸濁物質の輸送が生じ底泥の堆積量の分布が変化したために、巻き上げられる底泥量が少なくなったことによるものと考えられる。20日間の計算を行いその計算終了時の堆積量の分布を底泥の初期堆積量とした場合 (Case 5) には、周期的な濃度変動を再現するようになっているが、全体的な濃度はかなり低くなっており、長期間の周期的な濃度変動に寄与する底泥堆積量が少なくなったためと思われる。また、新橋地点の計算結果ではいずれも大潮時に観測された高濃度は再現されなかった。これは、大潮満潮時に上流域ではかなり水位が上昇し、河道内高水位付近に保持されていた懸濁物質が流入してくることも考えられるが、今回のモデルではこの現象を考慮していなかったためと思われる。次に、図-3にCase 2の場合の全計算領域で合計したSS量及び底泥量の経時変化を示す。時間の経過とともに浮泥が下層底泥化し、10000分までの間に下層底泥がかなり増加している。その後は下層底泥量の変化は小さくなっている。一方、全体的なSS量は大潮～小潮で周期的に変化し、流れの周期的な変化に対応している。底泥堆積量の縦断分布の経時的な変化をみると、中流域では浮泥量が減少し、上流あるいは下流側へ輸送され、そこでの浮泥量の増加が生じていた。さらに、その一部は下層底泥化し、下層底泥量も増加していた。大潮前後には、下流部でも浮泥量が減少しているところがあり、これが全体的なSS量の増加に寄与しているものと考えられる。以上のように、今回の計算では大潮時の高濃度を十分に再現することができなかった。この点については、

河道方向への懸濁物質の輸送機構を含めて、今後さらに詳細に検討する必要があるものと思われる。

<参考文献>1) 二渡ら; 土木学会第43回年次学術講演会講演概要集Ⅱ, pp878~879, 1988

2) 二渡ら; 土木学会衛生工学研究論文集, 第24巻, pp139~148, 1988

表-1 計算条件

Case	限界摩擦速度(m/s)			沈降・巻き上げ速度		底泥初期堆積量
	沈降	巻き上げ		沈降	巻き上げ	
		浮泥	底泥			
1	0.005	0.03	0.04	実験値	実験値	全区間一定(10 ⁶ kg) Case 2 の計算終了時の値
2	0.005	0.03	0.04	実験値×2	実験値×10	
3	0.005	0.03	0.04	実験値×0.5	実験値×10	
4	0.003	0.03	0.04	実験値×0.5	実験値×10	
5	0.005	0.03	0.04	実験値×2	実験値×10	

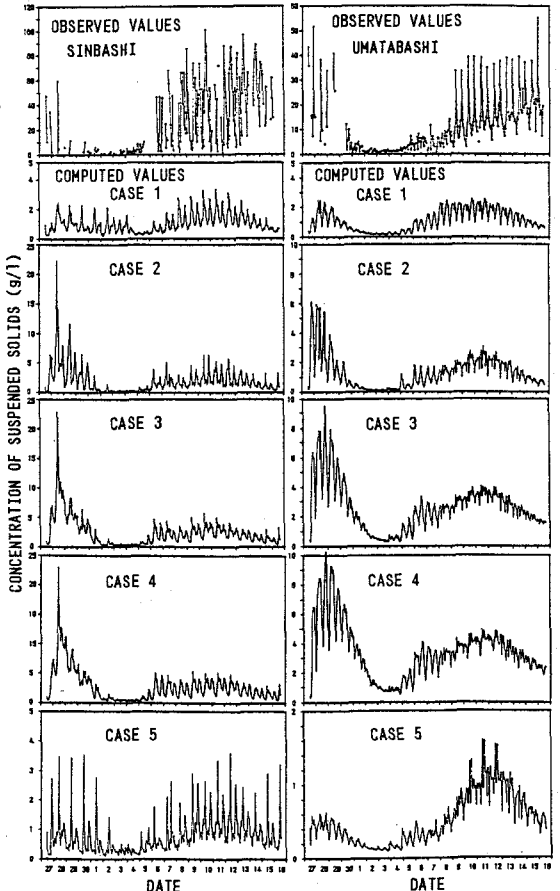


図-2 SS濃度経時変化

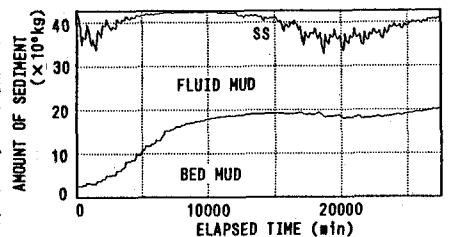


図-3 SS量及び底泥量の経時変化