

感潮河川における物質輸送現象の長期シミュレーションに関する研究

九州大学工学部 学生員○小野雅人 正 員 二波 了
同 上 正 員 古米弘明 正 員 楠田哲也

1. はじめに

河川感潮部での水質の予測は、その水質変動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であるために困難なものとなっている。とくに、底泥は懸濁物質自体としてあるいは、汚濁物質の輸送媒体として、水質環境に種々の影響を及ぼしており、これら底泥の挙動を把握することは水圏環境保全上不可欠なことである。本研究は実感潮河川を対象に、長期間の底泥及び懸濁物質の挙動についての数値シミュレーションを行い、実測値との比較検討を加えながら、これらの長期変動機構を解明することを目的としている。

2. 計算方法

対象河川は、六角川本川に支川牛津川を加えた六角川水系であり、下流側境界を海域まで延長した。計算期間は、現地観測が行われた1988年11月27日午前11時(満潮)から同年12月16日午後2時(満潮)までの20日間(460時間)とした。

水理量は従来¹⁾ (Leap-Frog法)で計算した。初期条件は満潮位を全川レベルで与え、各断面の流量を0とし、最初の2周期を計算して、その計算結果を改めて初期条件とした。境界条件は上流端で一定流量を、下流端で実測の有明海潮位を与えた。

Cl及びSS濃度の計算は、数値拡散(計算誤差による輸送)を抑えるために、座標系を従来の固定座標から移動座標系に変換して行った。移動座標系における物質収支式を次に示す。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + Qf \frac{\partial C}{\partial V} = - \frac{\partial j}{\partial V} + r$$

ここで $j = -Q_e (C_i - C_j)$, $Q_e = \alpha u \cdot A$

ただし、A:流水断面積(m²)、C:濃度(kg/m³)、j:フラックス(kg/s)、Q_e:交換流量(m³/s)、Qf:固有流量(m³/s)、r:生成・消滅速度(kg/m³s)、t:時間(sec)、u:摩擦速度(m/s)、V:水量(m³)、α:交換係数

水理量計算結果をもとに、水量Vを、上流端より10000m³、100000m³、1000000m³がそれぞれ10個ずつとなるように設定した。上流端からの固有流の流入により追加されたΔVが10個となった時点で100000m³のものを1個増加させた。また分合流による流入及び流出によりΔVが変化するところでは、ΔVが2000000m³を超えた時点でΔVを2個に分割した。

初期条件はCl、SSともに実測値をもとに定めた。初期堆積量は、全計算グリッドで底泥を0、牛津川上流部を除いた各計算グリッドで浮泥をそれぞれ1×10⁶kg与えた。限界摩擦速度は、従来の研究成果²⁾より、浮泥の巻き上げ限界摩擦速度を0.03 m/s、下層底泥のものを0.04m/s、懸濁物質の沈降限界摩擦速度を0.005m/sとした。境界条件は、Clについては、上流端の流入分の濃度を0.03kg/m³、フラックスを0、下流端の濃度を13.9 kg/m³、フラックスを0、SSについては、上流端、下流端の濃度とフラックスをそれぞれ0とした。また、交換係数αをCl濃度計算において水塊内の濃度分布が定常になるように定め、SSの計算には定められたQ_eをそのまま用いた。底泥の巻き上げ速度、懸濁物質の沈降速度及び下層底泥化速度は、従来の研究で得られている実験式²⁾を用いた。

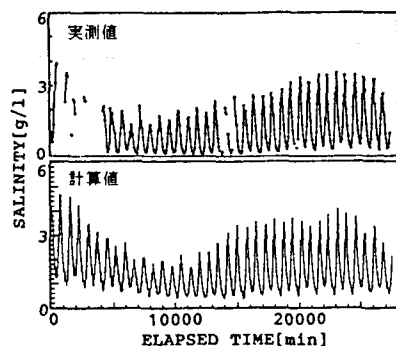


図-1 Cl濃度(馬田橋)

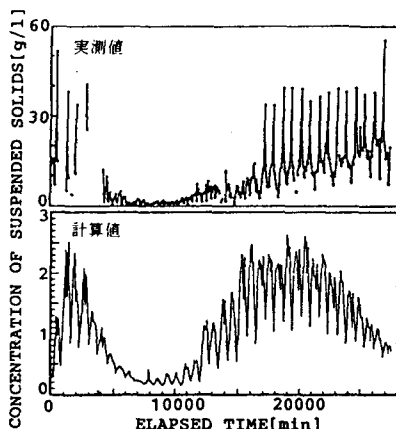


図-2 SS濃度(馬田橋)

3. 計算結果

図-1、2に馬田橋(河口より17.2km地点)における実測値と計算値によるCl及びSS濃度の経時変化を示す。なお、実測値は1時間間隔で測定したものである。馬田橋付近は、感潮域の中流部にあたり、懸濁物質の高濃度塊が存在する区域である。潮相の変化による各濃度の周期的な長期変動をよく再現している。ただし、SS濃度の実測値と計算値のオーダーが異なるのは、計算値が断面平均濃度であるのに対し、実測値が河床付近の濃度であるため、時間によってはSSの沈降のために極端に濃度が高くなったことによるものと考えられる。また、他の地点においても同様の傾向がみられた。したがって、今回行ったシミュレーションはSSの長期的な挙動をよく再現していると言える。

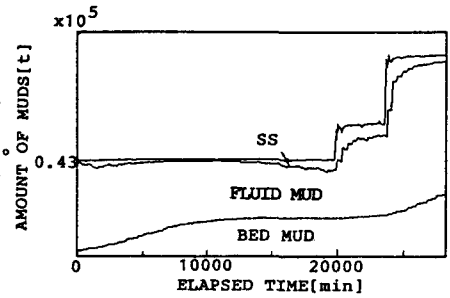


図-3 SS及び底泥の存在量の計算結果

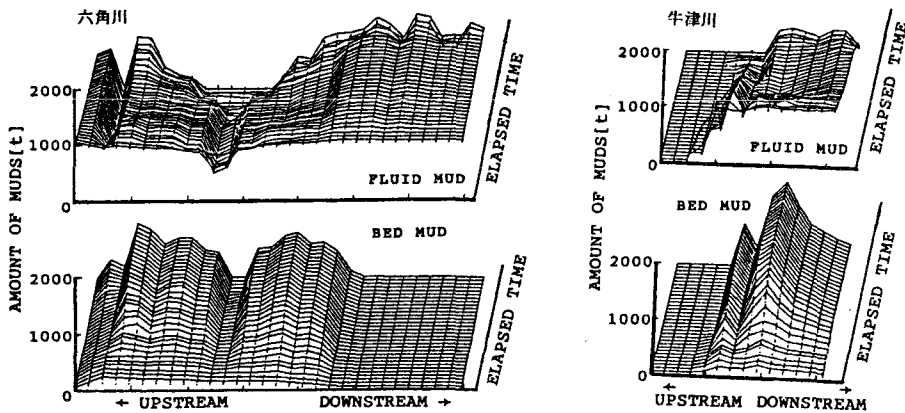


図-4 浮泥及び下層底泥の縦断分布

4. 底泥の長期輸送機構

感潮部での懸濁物質は、沈降や底泥の巻き上げを繰り返しながら、長期的には河道方向に輸送されている。ここでは、計算結果をもとに、底泥の河道方向への輸送機構について検討する。まず、図-3に全計算区間で合計したSS及び底泥の存在量の経時変化を示す。感潮域全体では、時間の経過につれ下層底泥が増加している。またSS量は小潮では減少し大潮では増加する傾向を示している。なお、ここでの検討は、底泥の収支がとれている時間(12月10日午後10時頃)までとする。図-4に六角川及び牛津川における浮泥及び下層底泥の縦断分布の経時変化を示す。合流部より下流の区域では、底泥化はほとんど起こらず、存在するのは浮泥及びSSのみである。これは、下流部では河幅が広く、浮泥が底泥化を起こす厚さを持たないためであると考えられる。六角川では、中流部で浮泥の堆積量が減少し、上流部及び下流部で増加している。これより、中流部の浮泥は上流部および下流部に輸送されていると考えられる。牛津川では、上流部での底泥の増加はほとんどみられず、底泥は下流側に輸送される傾向にある。

長期的な濃度変動を本モデルを用いてシミュレーションを行うとき、見かけ上初期堆積量はその結果にかなりの影響を与えることがわかっている。これは、初期堆積量の与え方の難しさを示している一方で、輸送現象を1次元方程式で表しているという本質的な問題も含んでいると考えられる。これらの点について、今後検討を加えていく予定である。

<参考文献>

- 1) 野正、他；感潮河川における懸濁物質の輸送過程のシミュレーション、九大工学集報、第58巻第1号、pp.33-40、1985.1.
- 2) 二波、他；感潮河川における懸濁物質輸送現象のモデル化に関する研究、土木学会衛生工学研究論文集、第24巻、pp.139-148、1988.