

(II-22) 河口における土砂流入と塩水くさびの遡上連成数値計算

長岡技術科学大学大学院 学生会員 青山 了士 長岡技術科学大学 正会員 細山田 得三

1. はじめに

平水時及び濁水時の河口において塩水くさびが遡上する場合があるが、細かい粒径を持った土砂も絶えず上流から河口に供給されている。またこれらの現象には、河口の地形形状も強く影響していると考えられる。しかし、従来の塩水くさびの計算においては流体の連続・運動方程式を大胆な仮定と微小項の消去などにより近似的で定常な解を求めることが多い。そのような方法では河床の形状の変化や遡上していく塩水くさびの動態や土砂輸送への影響を計算として表現することは原理的に不可能である。しかしながら近年、計算機能力の向上にともない、これらの現象をシミュレーションできるようになってきている。本研究では塩水くさびと土砂輸送の動態を精度よくとらえるため、有限差分法により流体数値シミュレーションを行い、土砂濃度と塩水くさびの時間発展の可視化結果について報告する。

2. 計算手法

数値計算の基礎方程式はナビエ・ストークス方程式及び非圧縮性の連続式である。圧力場は初期条件と圧力増分を加えて計算される。圧力増分は SOLA 法による p - v iteration を用いて計算した。土砂および密度場の方程式は移流拡散方程式であり、土砂に関しては、沈降速度を考慮している。

図1には本計算の模式図を示している。一定の水深を持つ河川から、一定の勾配で水深が大きくなる海へ淡水が流れ込んでゆく2次元平面を想定している。200cm×20cmの実験室スケールの計算領域を対象とする。計算領域 x - y 平面の計算格子点は(200, 100)で、単位格子当たりの長さ Δx を1cm、単位格子当たりの高さ Δy を0.2cmとする。境界条件は図1の左端上半分の格子に土砂混合の水を流速 $u_0=3\text{cm/s}$ で供給し、右端格子を自由流出面とする。上端は水位変動がない固定境界となっている。塩分と土粒子の初期条件は図2の初期状態に示す分布とする。土砂重量は $W_s=0.1$ とし、沈降速度 $D_c=0.1\text{cm}$ を持つものとする。

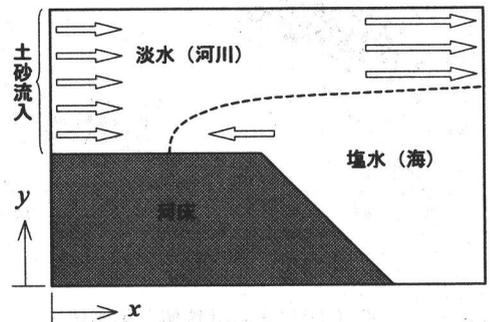


図1：塩水くさびのモデル図

3. 解析結果

図2は上から順に計算開始後0,20,40,60秒における塩分・土砂濃度・渦度の空間分布図である。

計算の初期条件は塩水くさびの形状を小さめに設定したため、塩水は河床へ流出せずに塩水と淡水の界面が上昇し、それにともない海面上の淡水の流速は上昇する。計算開始後に流入した土砂は拡散と沈降をし、沈降の影響を受けて河床付近に土砂濃度の大きい部分が発生する。塩水先端では流入する流れにより水と塩水の混合が行われ、2cm弱の厚さを持つ混合層が流下方向に形成される。計算開始後25秒に塩水くさびと河床摩擦抵抗の影響をほとんど受けていない土砂の先端が交互し、30秒後には河床付近の土砂と塩水くさびの先端部が衝突している。塩水の先端部と土砂に挟まれた面は鉛直上向きに流れ、その流れにより塩水上部に

キーワード：塩水くさび、有限差分法、SOLA法

連絡先：長岡市上富岡町1603-1 長岡技術科学大学 建設環境系 TEL:0258-47-9621

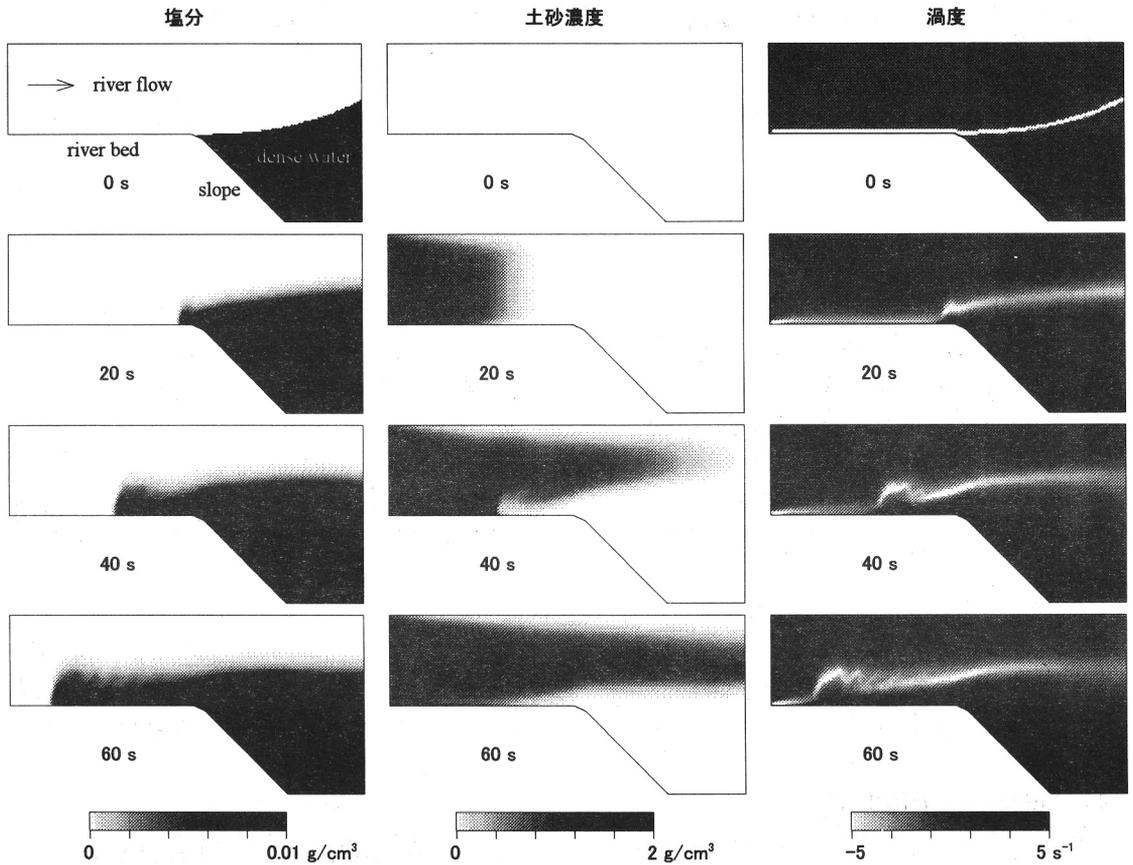


図2：塩分、土砂濃度、渦度の空間分布図

渦が発生していることが確認できる。塩水部先端では右回りの渦により河床に沈降した土砂を進行方向へ押し出して、土砂濃度のかなり高い部分が発生している。

計算開始 40 秒以後は海側における塩水の界面上昇は起こらずに定常状態を保ち、塩水の遡上のみが発生している。塩水の遡上形状を見ると、塩水先端は鈍角となっており一定の厚み h を持ち、長さは $2\sim 3h$ 程度で、そこから河口までは直線的に上昇している。界面抵抗について定量的な検討を加えているが、これは講演時に報告する。

4. 結論

有限差分法による流体数値シミュレーションにより河口近くでの土砂濃度と塩水くさびの動態の可視化を行うことができた。塩水くさびの河川遡上時に塩水の先端内部では右回りの渦が発生して、その流れにより塩水の先端は河床の土粒子が集められ、土砂が高濃度となる現象が見られる。また、その河床の土粒子は巻き上げられて、遡上する塩水上部に発生する渦により急激に塩水と混合する事がわかった。本研究ではたいへん単純化した河口境界形状を対象とした流れでも複雑な物質の混合が生じることが明らかとなった。今後、河床形状の変化・塩分の影響・潮汐変化を取り入れた解析や実際の 3 次元河川形状等で計算していき、解析精度の確認と実験との比較を行っていく予定である。

5. 参考文献

- 1) 細山田得三: コンピュータシミュレーションによるロックエクスチェンジ流れの可視化, 「ながれ」18 (1999) 133-134