

河川感潮域における土砂輸送と底質変動の数値解析

広島大学大学院 学生会員 ○荒木 大志

広島大学大学院 正会員 川西 澄

国土交通省中国地方整備局 正会員 水野 雅光

1. 序論

河川感潮域は、潮汐の影響や河川水の影響により、激しい環境変化を受ける水域である。そのため、河道内における浮遊砂泥の輸送、堆積現象は複雑であり、実態を把握することは非常に困難である。図-1 に示す太田川放水路では、上流約 9 km 地点の祇園水門により流量調節が行われており、底質の堆積過程に大きな影響があると考えられる。河岸干潟底質の時空間的変動過程を把握することは、土砂動態や干潟環境に及ぼす影響を総合的に理解するうえで重要である。そこで本研究では、太田川放水路において底質調査を行うことで、底質の変動特性を明らかにすると同時に、数値実験により、土砂の輸送特性を把握するモデル構築を行うことを目的としている。

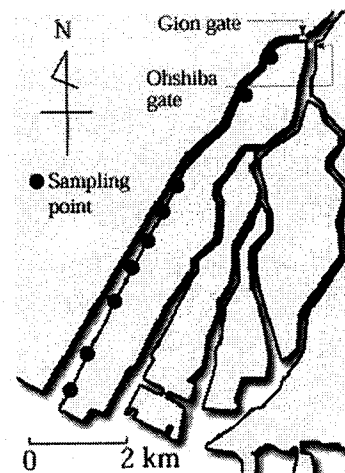


図-1 調査地点

2. 底質調査方法と数値モデル概要

図-1 に太田川放水路での底質調査地点を示す。調査は大潮の干潮時のみに干出する河岸干潟において行い、底質の表層約 3 cm を採取して、実験室に持ち帰り、粒度分布を測定した。採取地点は放水路の左岸側の河岸干潟とし、採取地点の間隔は約 1 km とした。

数値モデルには、Hydroqual 社の開発した流体・土砂輸送モデルである ECOMSED¹⁾ をベースにモデル構築を行った。流体解析モジュールは POM に基づいている。なお、河岸干潟の冠水・干出の効果を取り入れるため、内山による冠水・干出スキームをモデルに組み込んでいる。土砂輸送モジュールは、輸送される土砂粒子を粘着性粒子と非粘着性粒子に分類して 3 次元の移流拡散方程式を解いている。粘着性粒子の沈降速度については、Burban の沈降実験より (1) 式を用いている。非粘着性粒子については、ユーザーが沈降速度を 1 つに設定する必要があるが、平水時は放水路内の大部分で、粘土・シルトと比べて砂分の輸送量は小さいので大きな問題はないと考えられるが、出水時を対象とする場合では不具合が生じると考えられる。そのため、今回は細かな粘着性粒子の輸送現象にのみ焦点を当て、数値実験を行った。再懸濁量の算出には (2) 式を用いている。しかし、(2) 式では侵食速度係数が 1 つのグリッドにおいて、常に一定として設定されるため、粘着性粒子の割合が変化した際の侵食抵抗の変化が考慮されない。そこで本研究では単純な形ではあるが、侵食速度が変化する効果を取り入れている。計算条件については、格子間隔を 70 m × 70 m とし、σ 座標を用いて鉛直 10 層に分割した。上流境界である祇園水門では、平水時 10 m³/s、出水時については水門全開時を想定し、200 m³/s の河川流量を与えた。土砂濃度は平水時 5 mg、出水時には 50 mg を与えている。河口部開境界の水位変動は、河口沖およそ 2.4 km にある草津潮位観測所で測定された毎時間おきの潮位データを、最小 2 乗近似により補間して与え、塩分と水温はそれぞれ 32 psu、22 °C の一定値とした。なお、土砂濃度は平水時、出水時ともに 0 とした。土砂輸送モデル中での底質特性のパラメータは、過去に行った現地観測結果と計算結果を比較して与え、初期の底質分布は底質調査結果を補間して与えた。

$$w_s = \alpha (CG)^\beta \quad (1)$$

C: 土砂濃度, G: せん断力

Barban の室内実験より

$$\alpha = 2.42, \quad \beta = 0.22$$

$$\varepsilon = \frac{a_0}{T_d^m} \left(\frac{\tau - \tau_c}{\tau_c} \right)^n \quad (2)$$

 a_0 : 侵食速度係数, τ_c : 限界せん断力 T_d : 堆積時間, m, n : 環境特性値

3. 結果及び考察

図-2に河川流量の経時変化と底質調査日を示す。図-3に2005年5/22, 7/23, 9/3の(a)中央粒径, (b)含泥率, (c)ふるいわけ係数の縦断分布を示す。7月4日の出水では河川流量が400 m³/s を越えており、祇園水門を全開とする操作が行われている。含泥率は、全重量に占める74 μm 以下の粘土・シルト重量の割合とした。河口より2.8 km 上流と5.8 km 上流地点で同時に浮遊砂泥フラックスの長期間測定を行った結果、平時はこの2点間に堆積する事が明らかとなっており、図中の縦線はこの堆積区間を示している。(a)より中央粒径 d_{50} は平均的に河口に向かうにつれて小さくなる傾向が認められ、河口から5km 上流付近までは主に粘土・シルト・細砂で構成され、5km 以上では細砂・粗砂で構成されていることが分かる。(b)を見ると、7/4の出水(最大流量670 m³/s)により、河口から4.5 km 以上の地点での含泥率が減少し、下流域での含泥率が増加している事が分かる。含泥率が増加した地点ではふるいわけ係数も増加し、逆に減少した地点ではふるいわけ係数も減少している。このような出水によって河口付近の含泥率が増加するという底質分布の変化は2004年の台風18号出水時(最大流量2500 m³/s)でも確認されている²⁾。7/23と9/3を比較すると、河口~2.8 km 上流までの区間で含泥率が減少し、河口より4.5, 4.8 km 上流地点で含泥率が増加している。この変動は、潮流による浮遊砂泥の上流方向輸送によって引き起こされたものと考えられる。

図-4に平時時と出水時における粘着性粒子濃度の縦断分布の数値実験結果を示す。平時時満潮付近(a)を見ると、河口で再懸濁された粘着性粒子が、河口から上流約6 km 付近まで遡上していることが確認できる。これより、粘着性粒子の一部は浮遊し続けてはいるが、底質調査とほぼ同じ地点で堆積していることが分かる。一方、出水時干潮付近(b)では河口域において高濃度となり、堆積していることが分かる。以上より、本研究で用いた数値モデルは、底質調査結果の傾向を上手く捉えているといえる。今後はさらにモデル改良を行い、非粘着性粒子についてもシミュレートできるモデル構築を行う必要がある。

4. 結論

本研究では河川感潮域での土砂輸送と底質変動を把握するために、太田川放水路において底質調査及び、数値実験を行った。底質調査・数値実験結果より、出水が発生すると、河岸干潟底質のピークが中流域から下流域へと移動し、平時時は、河口で再懸濁された粘着性粒子が、潮流による上流方向輸送によって、元の中流域に堆積することが明らかとなった。

参考文献

- 1) HydroQual (2002). A primer for ECOMSED ver. 1.3 ; User manual., HydroQual Inc. New Jersey
- 2) 川西 澄, 筒井孝典, 中村智史, 西牧均: 太田川放水路における土砂動態と底質変動, 海岸工学論文集, 第52巻, pp.906-910, 2005

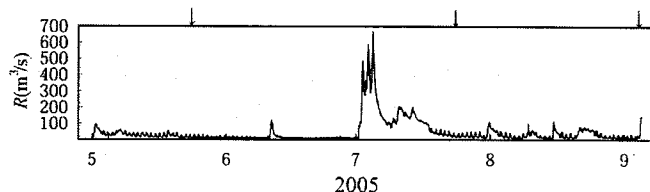


図-2 河川流量の経時変化と底質調査日

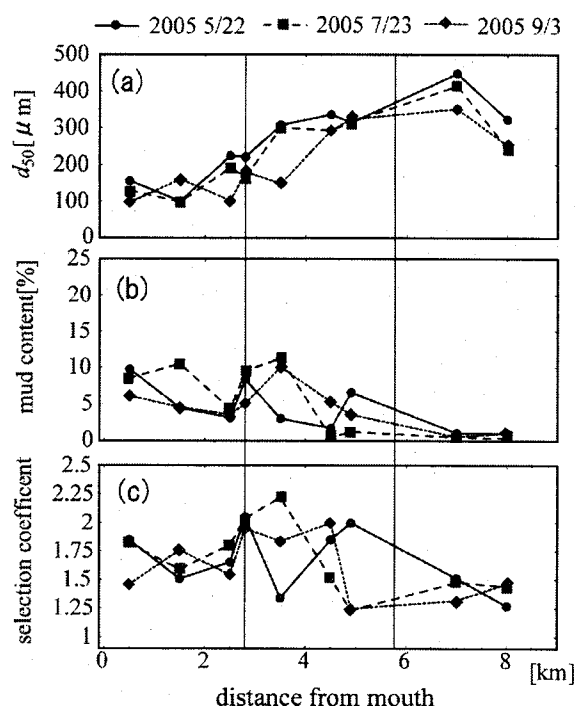


図-3 2005年5/22~9/3の底質の縦断分布

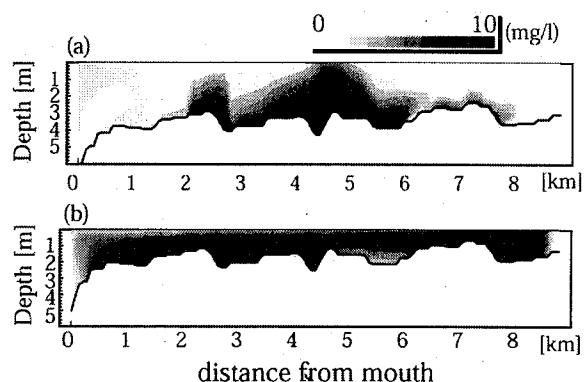


図-4 粘着性粒子濃度の縦断分布

(a) 平時時満潮付近, (b) 出水時干潮付近