

河川流入の影響を考慮した白川河口域における干潟地形変化の数値解析

熊本大学 学生員 ○柿木哲哉 正会員 滝川清・山田文彦

1.はじめに

有明海沿岸部に発達する干潟は河川から運び込まれた微細粒子が堆積したものである。従って干潟の形成には河川からの流入土砂及び底泥の再浮上・移流・沈降過程が重要な位置を占める。本研究は白川河口干潟の地形変化特性の解明及びその予測モデルの開発を行うことを目的とし、河川流入及び底泥の再浮上・移流・沈降過程を考慮した地形変化の数値解析を行い、潮汐・潮流と河川流量が地形変化に与える影響を調べた。

2.基礎方程式

(1)潮流計算

潮流計算は運動方程式と連続の式を水深方向に積分し平均化したものを基礎方程式とした。

$$(x \text{ 方向}) \quad \frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} - fV + g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gU\sqrt{U^2+V^2}}{(h+\zeta)C^2} - \frac{\rho_a C_D W_x \sqrt{W_x^2+W_y^2}}{\rho (h+\zeta)} = 0$$

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} [(h+\zeta)U] + \frac{\partial}{\partial y} [(h+\zeta)V] = 0$$

ここで、U,V は鉛直平均流速、f はコリオリ係数、g は重力加速度、h は静水深、 ζ は水位変動量、 ρ は海水の密度、 ρ_a は空気密度、 W_x, W_y は水平方向風速、C はシェジの粗度係数、 C_D は海表面の抵抗係数である。

(2)地形変化計算

地形変化の計算は渡辺らの提案した底面高変化の計算式をもとに、以下に示す式を用いた。

$$\frac{\partial z_b}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x} (q_x - \varepsilon_x |q_x| \frac{\partial z_b}{\partial x}) - \frac{\partial}{\partial y} (q_y - \varepsilon_y |q_y| \frac{\partial z_b}{\partial y}) - Q_e + Q_d$$

ここで、 Z_b は任意の高さを基準にした局所底面高、 q_x, q_y は掃流による漂砂量、 Q_e は底泥の巻き上げ量、 Q_d は浮遊泥の沈降量である。

(3)漂砂量算定 (掃流)

掃流漂砂量計算には次の Brown の式を用いた。

$$q = \begin{cases} 0 & \psi \leq \psi_c \\ 40\omega d\psi^3 & 0.6 \geq \psi > \psi_c \\ 10.86\omega d\psi^{0.45} & \psi \geq 0.6 \end{cases}$$

ここで、 $\psi = \frac{\tau_b}{(\sigma \rho - 1)\rho g d}$

τ_b は底面せん断応力、 σ は砂の密度、d は砂の粒径である。沈降速度 ω は粒径により、Rubey の式と Stokes の式を使い分け、計算した。

(4)漂砂量算定 (浮遊)

河川からの流入土砂及び底面から巻き上げられた浮遊泥の輸送は水深方向に積分し平均化し、水平方向平面 2 次元化した拡散方程式により計算した。

$$\frac{\partial [(h+\zeta)C]}{\partial t} + \frac{\partial [(h+\zeta)UC]}{\partial x} + \frac{\partial [(h+\zeta)VC]}{\partial y} = \frac{\partial [(h+\zeta)K_x \frac{\partial C}{\partial x}]}{\partial x} + \frac{\partial [(h+\zeta)K_y \frac{\partial C}{\partial y}]}{\partial y} + (h+\zeta)(Q_e - Q_d)$$

ここで、C は浮遊泥濃度、 K_x, K_y は水平拡方向拡散係数である。

底泥の巻き上げ及び沈降の計算は以下の式を用いた。

(巻き上げ) $E = M \left(\frac{\tau_b}{\tau_e} - 1 \right)$

ここで、M は巻き上げ定数、 τ_b は底面せん断応力、 τ_e は巻き上げ限界せん断応力である。

(沈降) $D = \omega_s \left(1 - \frac{\tau_b}{\tau_d} \right) C$

ここで、 ω_s は浮遊泥の沈降速度、 τ_d は沈降限界せん断応力である。

(5)河川からの土砂供給量

河川からの土砂供給量は、白川における実測浮遊砂量 Q' と実測河川流量 Q_{riv} との関係式を用いた。坪井川についてはこれに相当するものがないため、これに河口幅を考慮して流用した。

$$Q' = 10^{-7} \times Q_{riv}^{2.70}$$

ここで Q' は単位幅あたりの流入土砂量、 Q_{riv} は河川流量である。

3.解析領域及び計算条件

解析領域は図 1 に示す熊本県白川河口付近の南北方向 7.5km、東西方向 7.5km の範囲である。計算格子間隔は 50m、計算時間間隔は 4 s、計算時間は 6 潮汐とし、計算開始後 1 潮汐は前駆計算とした。強制潮汐及び河川流量は平成 12 年 6 月 18 日～6 月 20 日に熊本新港及び白川 (代継橋流量観測所) において観測されたものを用いた。

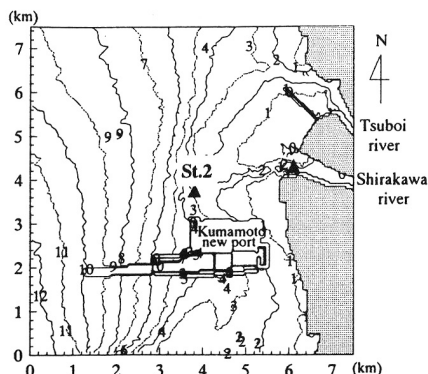


Fig.1 Computational domain

4. 計算結果

図2は図1のSt.2における潮位、濁度、流速の経時変化の計算結果を示す。横軸は計算開始後の経過時間で、図2中の「計算開始36時間後」は平成12年6月18日13:00に相当する。また、図3は同日・同地点における観測結果で、観測期間は平成12年6月18日13:00~6月19日14:00までの25時間である。計算結果を見ると、流速は上潮時、下げ潮時に最大値0.2~0.3(m/s)を取り、干潮時、満潮時に最小値を取る。これは潮汐にあわせ周期的に繰り返されている。この傾向は観測結果についても同様であるが、計算結果の方がやや値が小さい。次に、濁度の計算結果であるが、これも流速と同様の傾向が見られる。しかしながら、流速とは異なり各1潮汐区間内の濁度の最大値は河川流量に対応しており、河川流量が低減するにつれて濁度の最大値も小さくなる。

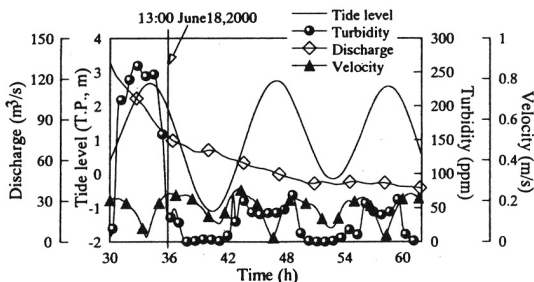


Fig.2 計算結果

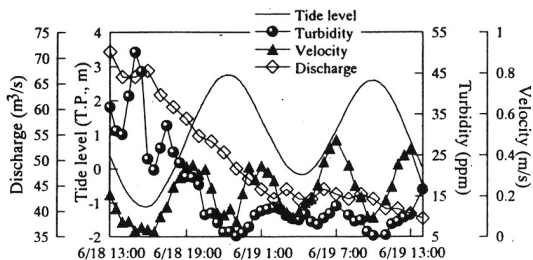


Fig.3 観測結果

る。この傾向は観測結果についても同様であるものの、計算結果は位相が観測結果に比べ若干ずれており、また値もやや大き目である。これは入力条件である河川流量の観測点が河口から十数km離れた地点であることなどが考えられる。

図4は地形変化計算開始後5潮汐の地形変化計算の結果で、初期地形からの増減を色で表したものである。白が堆積傾向、黒が侵食傾向を示している。これを見ると白川及び坪井川から流下方向に伸びる滞筋及びその両側に沿って地形が変化しているのが分かる。特に白川の左岸側及び右岸側の地形変化の様子を見ると、左岸側に地形変化の領域が傾いているのが分かる。当研究室で行っている干潟測量においても左岸側の地形変化量が大きいことを確認している。これは白川からの河川流入の方向が滞筋に沿って左岸側に傾いていることによるものと考えられる。

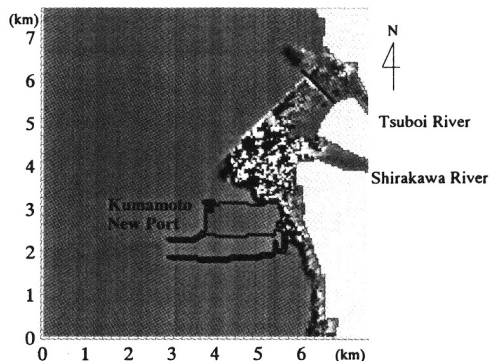


Fig.4 地形変化の計算結果

5. まとめ

- (1) 河口前面の干潟上の濁度場は河川流入の影響を受けていることが分かった。
- (2) 白川河口干潟の地形変化は河川流入の影響を受けており、その傾向は右岸側よりも左岸側のほうが強いことが分かった。

謝辞：本報告中で用いた現地観測結果は、国土交通省九州地方整備局熊本港湾空港工事事務所並びにアジア航測株式会社の御協力を頂いたものであり、ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 加藤一正, 田中則男, 灘岡和夫(1979): 干潟上の潮流計算および干潟変形予測の手法, 港湾技術研究所報告, 第18巻, 第4号, pp.3-75
- Hiroichi Tsuruya, Kazuo Murakami and Isao Irie (1990). Mathematical modeling of mud transport in ports with a multi-layered model - Application to Kumamoto port -, Report of the port and harbor research institute, Vol.29, No.1, pp.3-14.