

II-370

旭川感潮部における底質の変化速度と空間分布に関する基礎的研究

日 水 コ ン 正 員 西内康裕
 岡山大学工学部 正 員 河原長美
 岡山大学工学部 学生員 依藤正明

1. はじめに

筆者ら¹⁾²⁾は従来より旭川感潮部を対象として、底泥の組成変化に関して検討を加えてきており、感潮部の底質は、出水が一つの原因となって、季節的に大きく変化すること、ならびに春季の比較的流量の小さい出水後には細粒度化し、その他の時期の大きな出水後には、粗粒度化するか、もしくは変化しない傾向にあることを明らかにしてきた。

今回は、以上の現象の変化速度と底質変化の生じる空間的範囲とについて現地調査に基づき検討を加えると共に、底質変化の要因について数値シミュレーションにより検討を加えた。

2. 底質調査

旭川感潮部は、朔望月の平均潮差が 1.34 m、上流部からの淡水流量は平水量で約 40 m³/s であり、塩分濃度の分布より、緩混合的である。感潮部には下水処理水や工場排水の流入が認められるが、さほど汚染されていない。採泥地点は、図-1に示される旭川感潮部の各地点であり、地点1、2は従来の研究において季節変化を調査するために設定された地点と同一である。分析は、粒度分布、強熱減量、COD、TN、TP、重金属(Cu, Zn, Pb, Mn, Fe, Ni)について行なった。

3. 解析方法

感潮部における底泥の変化を計算するために、以下の基礎式を用いた。なお、河床構成材料については、便宜上、粒径40μmを基準にして砂れきと泥とに区分した。

流動に関して

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial y} = 0 \text{ ---- (1)} \quad \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(uu) + \frac{\partial}{\partial z}(uw) = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial T_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial T_{zz}}{\partial z} \right) \text{ ---- (2)} \quad \frac{\partial p}{\partial z} + \rho g = 0 \text{ ---- (3)}$$

塩分濃度に関して $\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(uS) + \frac{\partial}{\partial z}(wS) = \frac{\partial}{\partial x}(D_x \frac{\partial S}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial z}(D_z \frac{\partial S}{\partial z}) \text{ ---- (4)}$

SS濃度に関して $\frac{\partial C_i}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(uCi) + \frac{\partial}{\partial z}(wCi) = \frac{\partial}{\partial x}(D_x \frac{\partial C_i}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial z}(D_z \frac{\partial C_i}{\partial z}) + W_{pi} \frac{\partial C_i}{\partial z} \text{ ---- (5)}$

河床高(Z_b)に関して

河床上昇 $\frac{\partial Z_b}{\partial t} = -\frac{1}{(1-\lambda)} \frac{\partial \theta_B}{\partial x} + \frac{F}{(1-\lambda)} \text{ ---- (6)} \quad F = \sum_i f_i / \rho_i \text{ ---- (7)} \quad f_i = \begin{cases} W_{pi} C_{ib} \text{ (沈降)} \\ -r_i = -\alpha(T/T_c - 1)^{\beta} i_b \text{ (巻き上げ)} \end{cases} \text{ ---- (8)}$

$\theta_B = \sum_i \theta_{Bi} \text{ ---- (9)} \quad \frac{\theta_{Bi}}{i_b i_{b0} \rho_i} = 17 T_{nci} (1 - T_{nci} / T_{ni}) (1 - \sqrt{T_{nci} / T_{ni}}) \text{ ---- (10)}$

河床低下 $\frac{\partial Z_b}{\partial t} = -\frac{1}{(1-\lambda)} \frac{\partial \theta_B}{\partial x} + \frac{F}{(1-\lambda)} \text{ ---- (11)}$

粒度変化に関して

河床上昇 $\frac{\partial i_b}{\partial t} - \frac{i_b}{a(1-\lambda)} \frac{\partial \theta_B}{\partial x} + \frac{F i_b}{a(1-\lambda)} = -\frac{1}{a(1-\lambda)} \frac{\partial (g_B i_a)}{\partial x} \text{ (砂れきについて) ---- (12)}$
 $= \frac{f_i}{\rho_i (1-\lambda) a} \text{ (泥について)}$

河床低下 $\frac{\partial i_b}{\partial t} - \frac{i_{b0}}{a(1-\lambda)} \frac{\partial \theta_B}{\partial x} + \frac{F i_b}{a(1-\lambda)} = -\frac{1}{a(1-\lambda)} \frac{\partial (g_B i_a)}{\partial x} \text{ (砂れきについて) ---- (13)}$
 $= -\frac{f_i}{\rho_i (1-\lambda) a} \text{ (泥について)}$

ここに、W_{pi}: 粒径d_iの粒子の沈降速度、Z_b: 基準面からの河床高、θ_{Bi}: 粒径d_iの砂れきの流砂量、α: 交換層厚、i_b、i_{b0}: 粒径d_iの粒子が河床交換層もしくは交換層直下の原河床において占める割合、i_B: 粒径d_iの粒子が

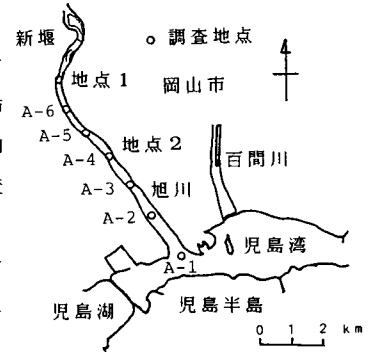


図-1 調査地点

流砂中において占める割合、 λ, λ_0 : 交換層もしくは原河床における間隙率

本研究では旭河感潮部を想定した鉛直2次元水路を対象に差分解析を行なった。なお、格子間隔は $\Delta x = 400\text{m}$ 、 $\Delta z = 2\text{m}$ とした。水理量の計算には、拡散項にオイラー法、移流項にはリーブフログ法を、河床変化の計算には後退差分法を用いた。

境界条件として、流れに関しては、上流端で流量を、下流端で水位 (Sin カーブ) を与えた。SS濃度に関しては、上流端では、 $SS_i = \alpha Q^b \times P_i$ (P_i : 粒径 d_i の粒子が全SS中に占める割合) なる式で、下流端では、流向により変化させ、順流の場合は境界より1つ内側の濃度を、また逆流の場合は一定値に漸近するように与えた。

4. 調査結果

図-2に、細粒度化時および粗粒度化時の変化速度を示す。ここでは、地点2の場合の例を示している。細粒度化は、必ずしも単調な変化ではないが、2週間程度で粒径変化が完了している。他方、粗粒度化については、4日以内に变化しているが、おそらく出水のあった日のうちに变化しているものと考えられる。細粒度化時の成分濃度の変化を図-3に示すが、各成分も、粒度変化と良好な対応を示して、変化することが認められる。

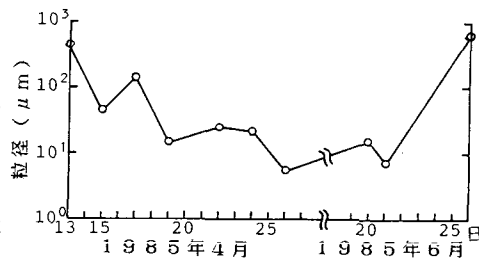


図-2 ϕ_{50} の経日変化 (地点2)

流下方向の粒径変化を図-4に示す。粗粒度化時は河口のみ粒径が細かく、細粒度化時は、地点A-4まで細かくなっている。なお、粗粒度化時と細粒度化時とでは、河口における底泥の堆積量に、数10cm以上の差があったことが認められた。

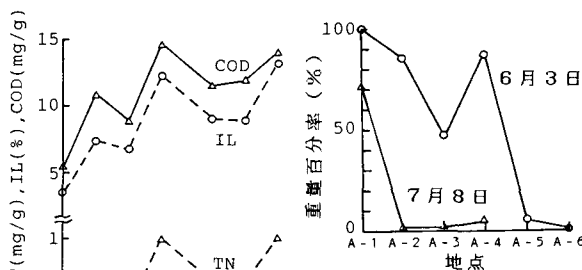


図-4 P_{75} の流下方向変下

鉛直分布に関してはサンプル数が少ないが、図-5に河口での粒度の鉛直分布を、図-6に細粒度化時のA-4地点での鉛直分布を示す。図-5より河口においては、細粒度化時には、表層から下層へ粒度がゆるやかに粗くなる様子が認められるが、粗粒度化時には表層のほうが粗粒子が多いという傾向が現われている。地点A-4においては、細粒度化時時のみ採泥が可能であり、細粒子は表層の数cm程度であった。

図-3 有機物および栄養塩の経日変化 (地点2)

図-4 P_{75} の鉛直方向変化 (地点A-1)

5. 数値シミュレーション

従来観測結果より流量が $100\text{m}^3/\text{s}$ を越える程度の流量の場合に、細粒度化が生じやすいことが認められたので、この場合を対象に計算した。結果を図-7に示す。細粒度化の過程をある程度説明しうるが、実現象と比較すると検討の余地がまだ残されている。

図-5 P_{75} の鉛直方向変化 (地点A-1)

図-6 P_{75} の鉛直変化 (地点A-4)

紙面の都合で、説明が不十分となったが、詳細については、講演時に発表する。

- 1) 河原他: 水処理技術, V o 1. 2 6, N o. 6, 1985
- 2) 河原他: 衛生工学研究論文集, V o 1. 2 2, 1986

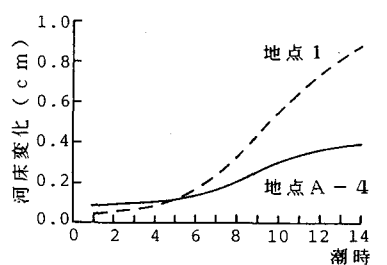
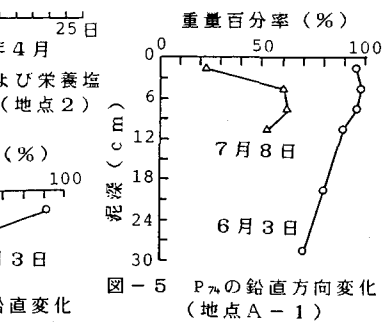


図-7 河床高の時間変化 (Case 5)