

九州大学工学部 学生員 ○野正博之
 同 上 学生員 石橋仁嗣
 同 上 正員 二渡了
 同 上 正員 楠田哲也

1. まえがき

河川感潮部における底泥は、潮汐現象に伴って、巻き上げ・沈降現象を繰り返しながら、輸送されている。SSは、それ自体あるいは、汚染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、その挙動を予測することが必要である。筆者らは、六角川の過去5度に渡る現地調査の結果に基づいて、この河川のSSの挙動のシミュレーションを行なった¹⁾²⁾。本報はさらに、巻き上げ、沈降速度を現地の底泥を用いた室内実験より定め、河川感潮部におけるSSの輸送現象について検討を加えたものである。

2. 巻き上げ、沈降速度に関する実験方法及び実験結果

巻き上げ実験には、円形回転水路³⁾を用いた。実験は現地より採取した底泥を水中スランプ試験を用いて所定の含水比に調整した試料を用いて、所定の塩分濃度に調整した水を実水深15cmまで注入して、一定の剪断力下で行なった。実河川の底泥の含水比とは異なるが、塩分濃度による影響を調べるため、実験では、底泥の含水比を400%程度とした。実験中には、経時的に採水を行いSSの経時変化より巻き上げ速度 α を求めた。図-1に α と塩分濃度(C_{cl})の関係を示す。

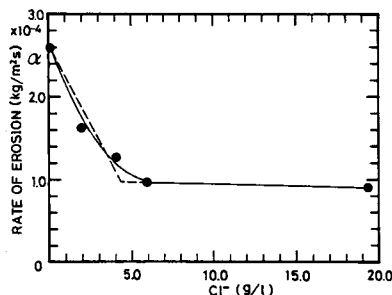


図-1 巻き上げ速度と塩分濃度の関係

この結果より、 $\alpha = (-0.375 C_{cl} + 2.609) \times 10^{-4} \text{kg/m}^2\text{s}$ ($C_{cl} \leq 4.37 \text{g/l}$)、 $\alpha = (-4.3806 \times 10^{-3} C_{cl} + 0.98995) \times 10^{-4} \text{kg/m}^2\text{s}$ ($C_{cl} > 4.37 \text{g/l}$)を得た。また沈降実験には、3mの亚克力製の沈降筒⁴⁾を用いた。実験は、所定のSS濃度の懸濁水を筒を水平にして注入し、所定の攪拌強度で攪拌後、直ちに筒を鉛直にして天秤と沈降皿を連結して行った。以後、経時的に沈降重量を読みとり、さらに側壁に設けた採水口より採水して、沈降速度 w を求めた。その結果を図-2に示す。沈降速度 w は、塩分濃度に関してはあまり変化が見られなかったので、SS濃度(C_{ss})の関数として $w = (7.467 \log_{10} C_{ss} + 7.100) \times 10^{-4} \text{m/s}$ ($C_{ss} \geq 0.125 \text{g/l}$)、 $w = 0.357 \times 10^{-4} \text{m/s}$ ($C_{ss} < 0.125 \text{g/l}$)とした。

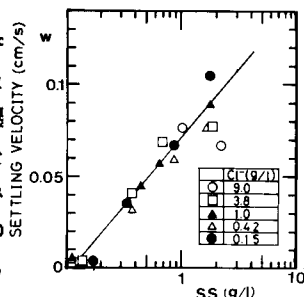


図-2 沈降速度とSSの関係

3. 基本式

$$\frac{1}{gA} \frac{\partial Av}{\partial t} + \frac{1}{gA} \frac{\partial Av^2}{\partial x} + \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{n^2 |v| v}{R^{4/3}} = 0 \quad \text{----- (流れの運動方程式)}$$

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \quad \text{----- (流れの連続式)}$$

$$\frac{\partial AC}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(AvC) + \frac{\partial F_s}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x}(A D_L \frac{\partial C}{\partial x}) + A \Sigma S_i(C_i) + E \frac{A}{R} + GB + q' \quad \text{(物質の収支式)}$$

$$U_*^2 = \frac{g n^2 v^2}{R^{1/3}} \quad \text{----- (摩擦速度の式)}$$

$$U_* \geq U_{*c} \text{の時}; E = \alpha(U_*^2/U_{*c}^2 - 1)^m, G = 0 \quad \text{----- (巻き上げフラックスの式)}$$

$$U_* \leq U_{*c} \text{の時}; G = -wC, E = 0 \quad \text{----- (沈降フラックスの式)}$$

但し H; 水位(T.p.m), A; 流水断面(m²), R; 径深(m), B; 河幅(m), Q; 流量(m³/s)

v; 流速(m/s), n; 粗度係数(s/m^{1/3}), C; SS濃度(g/l), F_s; SHEAR効果による付加フラックス(Kg/s)

E; 巻き上げフラックス(Kg/m²s), G; 沈降フラックス(Kg/m²s), w; 沈降速度(m/s)

D_L; 縦方向分散係数(m²/s), U_{*}; 摩擦速度(m/s), U_{*c}; 巻き上げ限界摩擦速度(m/s)

U_{*c}; 全沈降限界摩擦速度(m/s), α 巻き上げ速度(Kg/m²s), m; 指数, t; 時間(sec)

q; 単位長当りの横流入量(m³/ms), q'; 単位長さ当りの流入フラックス(Kg/ms)

S_i(C_i); J 物質からSSへの内部変換速度(Kg/m²s), g; 重力加速度(m/s²), x; 距離(m)

4. 計算方法及び諸条件

数値計算の方法や初期条件、境界条件等は、前報¹⁾通りとした。本報では、粗度係数を実測断面を境に5区間に分けて、上げ潮、下げ潮時で各々定め、巻き上げ、沈降速度は実験値を用いて計算を行った。また計算に際して、 D_L 、 F_s 、 q 、 q' 、 S_1 は零と置いて計算を行った。計算は昭和59年3月17日(大潮)について行った。

5. 結果及び考察

前報までの方法では、下げ潮時に河川上流部の水位が、実測値とややずれていたために、粗度係数を上げ潮、下げ潮時について各々与えた。その結果を表-1、図-3に示す。六角川は大きく湾曲していることや上げ潮、下げ潮時の流速分布形が異なることから考えて、妥当な結果と言える。図-4 a、図-4 bに各々、六角橋(11.0km地点)、大町橋(20.6km地点)におけるSS濃度の時間変化について実測値との比較例を示す。CASE 1は前報通り沈降速度 w は塩分濃度(C_{c1})の関数として、 $w=0.0018m/s(C_{c1} \geq 5.0g/l)$ 、 $w=0.0003m/s(C_{c1} \leq 0.1g/l)$ 、 $w=0.0003+0.0015/4.9 \times (C_{c1}-0.1)m/s(0.1 < C_{c1} < 5.0g/l)$ 、巻き上げ速度 α は一定値 $\alpha=0.003kg/m^2s$ と与えて計算したものである。CASE 2では実験で求めた沈降速度及び巻き上げ速度を用いて計算を行った。CASE 3では沈降速度は実験値を、巻き上げ速度は実験値の10倍を用いて計算を行った。CASE 4は、沈降速度は実験値の2倍を、巻き上げ速度は実験値の10倍を用いて、また巻き上げ継続時間を開始時から60分間起るとして計算を行ったものである。図-4 aから分かるように、実験で求められた巻き上げ速度をそのまま適用すると、巻き上げ量に不足が認められたため、その10倍値を用いると実測値によく一致した。さらに、CASE 4は、CASE 3に比べてかなりよく一致した。このことは、巻き上げ実験時の底泥の含水比よりも、河川の底泥含水比はかなり高いものと考えられることや、巻き上げ現象が進行するにつれて底泥の硬化現象が起り、底泥の巻き上げ量が減少することから考えて、妥当な結果だと言える。また図-4 bから分かるように、沈降速度を2倍にすると計算値はよく実測値に一致している。このことは、穏やかな剪断流下におけるSSの沈降速度は粒子間の凝集力が増すために、静水中での沈降速度より大きくなることから考えて、妥当だと思われる。今後は、現地観測を含めて、巻き上げ、沈降現象の解明を進めるとともに、縦方向分散係数 D_L 、SHEAR効果による付加フラックス F_s 等を考慮して検討を進めていく予定である。

表-1 粗度係数

距離(km)	5.0~11.0	11.0~17.0	17.0~20.6	20.6~24.2	24.2~29.0
下げ潮	0.020	0.032	0.030	0.028	0.028
上げ潮	0.017	0.024	0.028	0.030	0.030

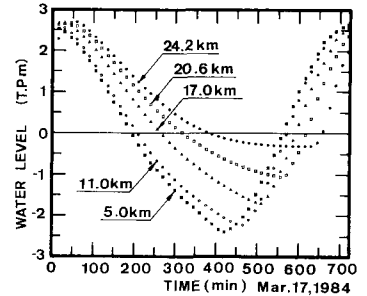


図-3 水位変化

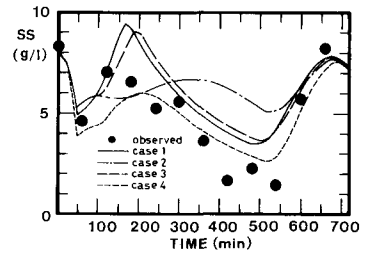


図-4 a SSの経時変化

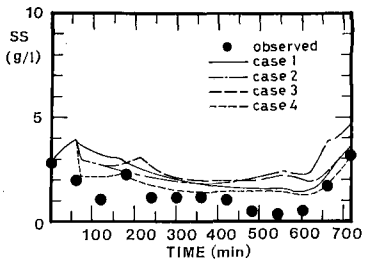


図-4 b SSの経時変化

参考文献

- 1) 野正 他: 感潮河川における懸濁物質の輸送現象のシミュレーション、第39回年次学術講演会、PP.711~712(1984)
- 2) 野正 他: 感潮河川における懸濁物質の輸送現象のシミュレーション(II)、土木学会西部支部研究発表会、PP.150~151(1985)
- 3) 松永 他: 底泥の巻き上げ機構に関する実験的研究、土木学会西部支部研究発表会、PP.234~235(1983)
- 4) 川崎 他: 静水中における微粒子の凝集沈降に関する実験的研究、土木学会西部支部研究発表会、PP.126~127(1984)