

II-580

新町川水系の現地泥の沈降速度とSS濃度のシミュレーション

徳島大学工学部
徳島大学大学院
徳島県

正会員 中野 晋
学生会員 中川 紀雄
正会員 三橋 伸也

㈱フジタ建設コンサルタント 正会員 渡辺 章弘
徳島大学工学部 正会員 三井 宏

1.はじめに 河川感潮部における底泥はSSとして一潮汐間に沈降、巻き上げを繰り返し、航路の埋没や河道断面の減少等の問題、あるいは種々の汚濁物質の輸送媒体として水環境にさまざまな悪影響を及ぼす。これらの問題を予測解析するには現地におけるSSの沈降特性を明らかにすることが最も重要である。そこで、本研究では実験装置を開発し、感潮河川である新町川水系を対象に現地の底泥を用いて沈降実験を行い、求めた沈降速度をSSの輸送過程シミュレーションの計算式に導入し、その再現性について検討した。

2.実験の概要 本研究では図-1のような実験装置を開発した。この装置は光学的濁度計と自動昇降装置、データ集録装置の3つの機能をコンピュータの制御により実現したものである。

(1)実験方法 沈降筒に蒸留水、所定量の塩分、所定量の現地底泥（74 μ mのふるいを通過したものを乾燥させて粉末にしたもの）を十分攪拌した後、濁度計の先端を自動昇降装置により水表面から30cm往復させ1mmごとのデータを計600個読みとるように設定した。また塩分を0.0, 0.01, 0.1, 0.5, 1.5, 10, 30g/lの計8種類、初期SS濃度を1, 3, 5g/lの3種類、合計24種類に設定し、濃度の経時変化を調べることでそれぞれの沈降速度を求めた。

(2)データ処理 実験から得られた図-2のSS濃度時間変化から、次のようにして沈降速度 w を求めた。ここで沈降筒内での濃度 C は、深さ z と時間 t の関数である。沈降速度を w とすると C と w の関係は式(1)から導かれた式(2)で与えられる。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial (wC)}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

$$\therefore w = \frac{S}{(t_1 - t_2) \overline{C_z}} \quad (2)$$

$\overline{C_z}$ は t_1 , t_2 の C の平均を表す。

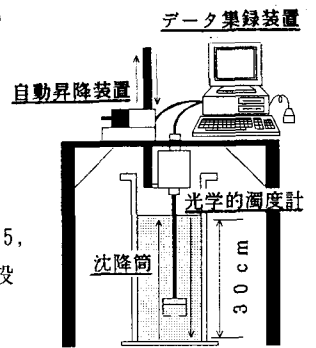


図-1 実験装置

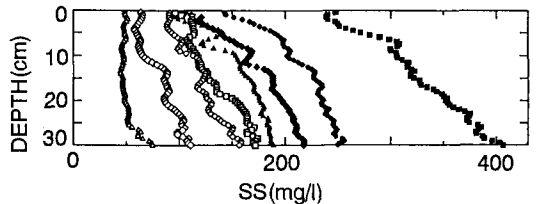


図-2 SS濃度鉛直分布の時間変化

0分、60分後のデータから沈降速度の鉛直分布が図-3のように得られる。沈降速度の鉛直分布から、各々の沈降速度より遅いものの全沈降速度に対する百分率をプロットして、図-4のような沈降速度加積曲線を得る。

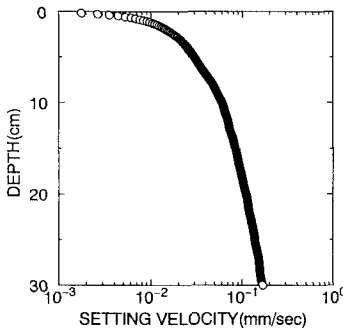


図-3 沈降速度鉛直分布

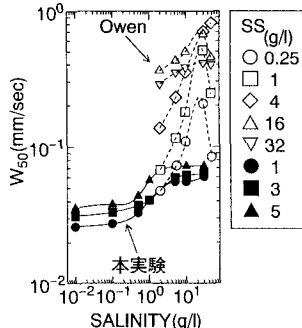


図-5 w_{50} -塩分濃度関係

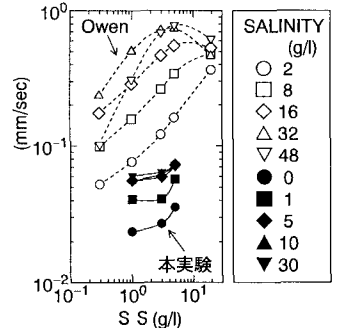


図-6 w_{50} -初期SS濃度関係

この曲線から、50%における沈降速度を代表沈降沈降速度 w_{50} として決定する。このようにして得られた24種類の w_{50} を塩分濃度、初期SS濃度の関係として従来のOwenによる実験結果¹⁾とともに図-5、図-6に示す。

3. シミュレーション

(1) 計算式 物質収支の式

$$\frac{\partial (AC)}{\partial t} + \frac{\partial (QC)}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left(AD_L \frac{\partial C}{\partial x} \right) + E \frac{A}{R} + GB + q' \quad (3) \quad \text{図-4 沈降速度加積曲線}$$

A ：流水断面積(m^2)、 R ：径深(m)、 B ：川幅(m)、 Q ：流量(m^3/s)、 U ：断面平均流速(m/s)、 n ：粗度係数($\text{s/m}^{1/3}$)、 w ：沈降速度(m/s)、 C ：SS濃度(kg/m^3)、 E ：巻き上げフラックス($\text{g/m}^2 \cdot \text{s}$)、 G ：沈降フラックス($\text{g/m}^2 \cdot \text{s}$)、 D_L ：分散係数(m^2/s)、 q' ：単位長さ当たりの横流入負荷量($\text{g/m} \cdot \text{s}$)
実験で得られた沈降速度は式(4)、(5)、(6)である。これを沈降フラックスの式に導入する。

$G = wC$ S ：塩分濃度(g/l)

$$w = 1.63 \times 10^{-5} S + 2.51 \times 10^{-5} \quad (0 \leq S < 0.5) \quad (4)$$

$$w = 4.62 \times 10^{-6} S + 3.33 \times 10^{-5} \quad (0.5 \leq S < 5) \quad (5)$$

$$w = 2.09 \times 10^{-7} S + 5.45 \times 10^{-5} \quad (5 \leq S) \quad (6)$$

また、巻き上げフラックスに関しては、

$$E = \alpha \left(\frac{u_*^2}{u_{*e}^2 - 1} \right)^m \quad (u_* \geq u_{*e}), \quad E = 0 \quad (u_* \leq u_{*e}) \quad (7)$$

u_* ：摩擦速度(m/s)、 u_{*e} ：巻き上げ限界摩擦速度(m/s)、 u_{*d} ：全沈降限界摩擦速度(m/s)、

α, m ：定数

ここで、定数 m に関しては野正ら²⁾を参考に $m=1.7$ 、 α に関しては渡辺ら³⁾を参考に $\alpha=0.0001$ ($\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}$)を、また、 u_{*e} 、 u_{*d} については山下ら⁴⁾を参考に $u_{*e}=0.071$ (m/s)、 $u_{*d}=0.003$ (m/s)を与えた。

(2) 計算結果 SS濃度の経時変化

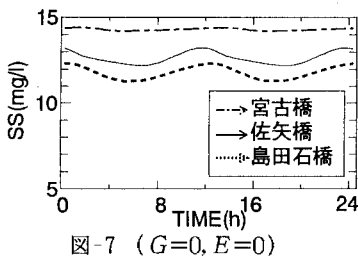


図-7 ($G=0, E=0$)

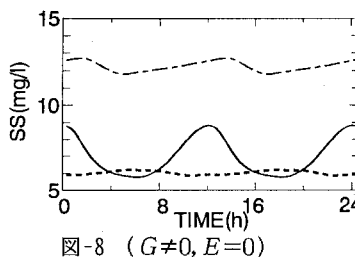


図-8 ($G \neq 0, E=0$)

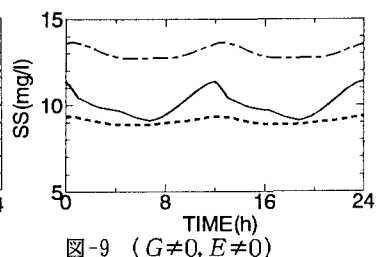


図-9 ($G \neq 0, E \neq 0$)

4. 考察 本実験はOwenの実験に比べて沈降速度が小さくなっており、塩分濃度、初期SS濃度の増加に伴う沈降速度の増加の程度も小さい。これは本実験で用いた沈降筒の規模、現地泥を用いる際の処理方法、また、実験方法の違い等に原因があると思われるが、各感潮部ごとに沈降特性は異なるので一概には評価できない。しかし、図-8、図-9において佐矢橋付近におけるSS濃度の変動が大きいことが実測値と同じ傾向を示していることから、本実験および計算結果における、ある程度の信頼性が得られたといえる。また、シミュレーションによる計算結果（図-7、図-8、図-9）と実測値（表-1）を比べると、沈降および巻き上げフラックスの両方を考慮した場合（図-9）最も実測値に近い値を示しているといえ、本計算における巻き上げフラックスの諸係数の妥当性が確認されたといえる。

参考文献

- 1)小笹：港湾技研資料，運輸省港湾技術研究所，1980。
- 2)野正ら，九大工学集報，1985。
- 3)渡辺章弘：平成5年度徳島大学修士論文。
- 4)山下 智：平成2年度徳島大学修士論文。