

II-226

都市河川感潮部における懸濁物質の輸送計算

徳島大学大学院 学生員○小津 慶久

徳島大学工学部 正会員 中野 晋

高知県庁 正会員 山下 智

徳島大学工学部 正会員 三井 宏

1. はじめに 感潮部は流域からの生活排水等の集中する地域であり、特に固定流量の少ない都市河川では水質、底質の挙動は潮汐の影響を受け複雑な現象を呈している。そこで本研究では図-1に示すように徳島市内を網目状に流れる新町川水系の水質、底質の挙動に多大な影響を及ぼすと考えられるSS濃度について検討を加えた。

2. 数値計算手法¹⁾ 数値計算は、次の基礎方程式(連続式、運動方程式、物質収支式)に基づいて行った。

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial X} = q \quad \dots (1) \quad \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial A} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gAI_t = 0 \quad \dots (2)$$

$$\frac{\partial (AC)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (AUC) = \frac{\partial}{\partial x} (AD_L \frac{\partial C}{\partial x}) + E \frac{A}{R} + GB + q' \quad \dots (3)$$

ここで、Qは流量、Aは流水断面積、qは横流入出流量、Hは水位、 $I_t = (n^2 U |U| / R^{4/3})$ 、nは

Manningの粗度係数、Rは径深)は摩擦勾配、CはSS濃度、Uは断面平均流速、 D_L は移流分散係数、 q' は物質の横流入負荷量である。SS濃度 $E = \alpha (u_*^2 / u_{*c}^2 - 1)^m$ 、 $G = 0$ ($u_* \geq u_{*c}$) $\dots (4)$

は移流による拡散の他に河床からの底泥 $E = 0$ 、 $G = 0$ ($u_* < u_* < u_{*c}$) $\dots (5)$

の巻き上げおよび沈降により濃度に変化 $E = 0$ 、 $G = -WC$ ($u_* \leq u_{*d}$) $\dots (6)$

する。そこで、次式によりこれらの量を表現する。ここで、 $u_* (= \tau_0 / \rho R^{1/3})$ は摩擦速度、Eは巻き上げフラックス、 α は係数、 u_{*c} は巻き上げ限界摩擦速度、Gは沈降フラックス、mは指数、 u_{*d} は沈降限界摩擦速度、Wは沈降速度である。流れの計算には須賀ら²⁾の提案した一次元陰形式差分法を用い、拡散計算には移流による輸送と分散による輸送を別々に求める split-operator approachを用い、移流項の計算にはHolly-Preissmann scheme³⁾で分散項はCrank-Nicholson schemeでそれぞれを計算した。

3. 境界条件および初期条件 計算対象地域は

図-1に示すように不等間隔54断面に分割した。

図中に示した断面で流量と水位を計算し、2断面の中央で物質濃度を計算した。境界条件として外海である新町樋門、沖州樋門、新町川河口は振幅2m、周期720分の余弦波で潮位を与え、田宮川、大岡川上流端での流入量を $0.0 \text{ m}^3/\text{s}$ とした。また、境界でのSS濃度は徳島県⁴⁾の調査による年平均値より新町川河口、新町樋門、沖州樋門、田宮川、大岡川上流端で5, 9, 7, 11,

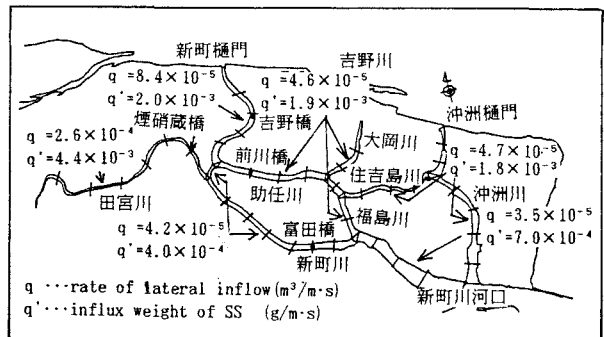


図-1 計算対象地域

23ppmとした。初期条件として河道内流量を $0 \text{ m}^3/\text{s}$ 、水位を新町川河口潮位と等しいとし、SS濃度を0ppmとした。各河道への横流入量、横流入負荷量は徳島県の調査に基づき、BODの推計値から換算係数0.8を乗じてSS負荷量とし図-1のように各河道に配分した。ここで、Manningの粗度係数は0.035、分散係数は $20 \text{ m}^2/\text{s}$ 、また野正ら⁵⁾を参考にして $\alpha = 0.003 (\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 、 $m = 1.7$ とし、 u_{*c} は現地泥のスランプ試験から求めた降伏値 τ_0 を基に $0.071 (\text{m}/\text{s})$ とし、 u_{*d} は $0.003 (\text{m}/\text{s})$ の一定とした。計算のタイムステップは120秒、助走計算時間は20日間とした。

4. 計算結果と考察

沈降速度は、対象とするSSの粒径や比重に大きく依存するが新町川水系では明らかにされていない。また、SSの沈降は河川の流れの状況にも大きく左右される。そこで、水系

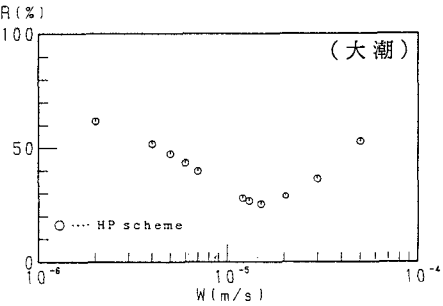


図-2 W と相対誤差の自乗平均の関係

内の8地点についてのSS濃度の観測値と計算値の相対誤差Rと沈降速度Wとの関係を求めたものを図-2に示す。これを見ると $W=1.5 \times 10^{-5}$ (m/s) で観測値と計算値の誤差は最小となっており、約20%程度の誤差で再現できる。またsevern estuary⁶⁾でも濃度100ppm程度の場合に $10^{-5} \sim 10^{-4}$ (m/s) の沈降速度が観測されており、妥当な値と考えられる。次に水系内の各地点の摩擦速度 u_* と水位の時間変化を図-3に示す。 u_* の値は上げ潮時よりも下げ潮時のほうが大きい、これは下げ潮時の潮汐による下流向きの流れに河川の固有流量が加味されるためであると考えられる。また、いずれの計算値でも u_* は u_{*c} より小さく流れによる底泥の舞い上がりは起きないものと考えられる。 $W=1.5 \times 10^{-5}$ (m/s) を用いた計算値と各河川の観測値を比較したものを図-4に示す。図中の記号は徳島県の⁴⁾昭和60年度の調査結果を示したもので各河川とも計算値と観測値はばらつきが見られるもののある程度再現できたと思われる。ここで、計算値のばらつきの原因はSS濃度の横流入負荷量を各河川の平均値から配分して与えているため局所的な濃度変化が再現できなかったためであると思われる。以上のようにして行った計算結果の富田橋（新町川中流）、前川橋（助任川）、吉野橋（新町川上流）、煙硝蔵橋（田宮川）の各地点でのSSの濃度変化を図-5に示す。煙硝蔵橋では他の橋と比較してSSの濃度変化が大きくなっている。これは、この橋は田宮川下流部に位置するため上げ潮時には低濃度の河川水が新町川、助任川から流入し、下げ潮時には高濃度の河川水が田宮川上流から流出してくるためであると考えられる。

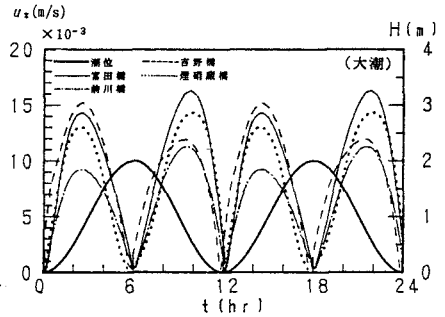


図-3 u_* と水位の時間変化

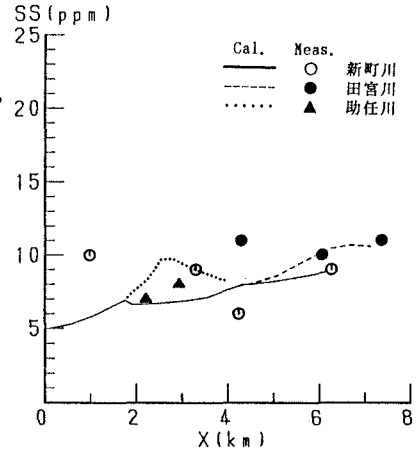


図-4 河口からの距離とSS濃度

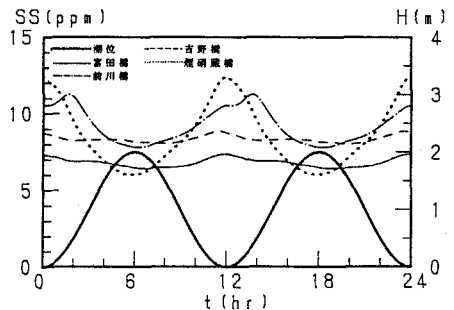


図-5 SS濃度と水位の時間変化

謝辞 本研究を実施するにあたり、徳島大学工業短期大学部教授村上仁士博士、同助教授細井由彦博士には研究の全般にわたり貴重な御助言、御協力を頂いた。また徳島県土木部、同徳島土木事務所からは貴重なデータの御提供頂いた。ここに記して深謝の意を表します。

参考文献 1)山下ら(1991):水工学論文集,35,225-230 2)須賀・葛西(1982):土木技術資料,24-2,193-198 3)Holly F.M. and A.preissmann(1977):Accurate calculation of transport,A.S.C.E 103,1259-1277 4)徳島県公害対策審議会資料(1987):新町川の将来水質予測について 5)野正・二渡・楠田・栗谷(1985):九大工学集報,58-1,183-190 6)Thorn(1981):Proc.Hydraulic Modelling,ICE,London