

水質浄化対策としての河川浚渫の評価

㈱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 中野 晋
 徳島大学 工学部 学生会員 中川 紀夫 徳島大学 工学部 正会員 三井 宏
 鳥取大学 工学部 正会員 細井 由彦

1. はじめに 河川底泥の浚渫は河川空間の整備, 水質の浄化の観点から積極的に行われている河川工事の一つである。本研究では新町川河川網を対象に行われている河川底泥の浚渫による水質浄化効果を数値計算により評価しようとするものである。

2. 計算モデル 計算モデルは流れと水質とに分けて作成した。

①流れの計算モデル; 流れの計算は下記に示した一元次元不定流計算式を用いた。差分は須賀¹⁾らの陰形式差分法を用いた。河道分割を図-1に示した。

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q, \quad \frac{1}{gA} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{2Q}{gA^2} \frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{Q^2}{gA^3} \frac{\partial A}{\partial x} + \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{|Q|Q}{K^2} = 0 \quad (1)$$

ここに g ; 重力加速度, A ; 流水断面積, t ; 時間, Q ; 流量, x ; 下流向きを正とする距離, q ; 単位幅当りの横流入量(流入 正, 流出 負), H ; 水位, K^2 ; 通水能 ($K = AR^{2/3}/n$), n ; Manningの粗度係数, R ; 径深である。

②水質の計算モデル 水質の計算は一元次元移流分散方程式によることとした。また, 本研究では河

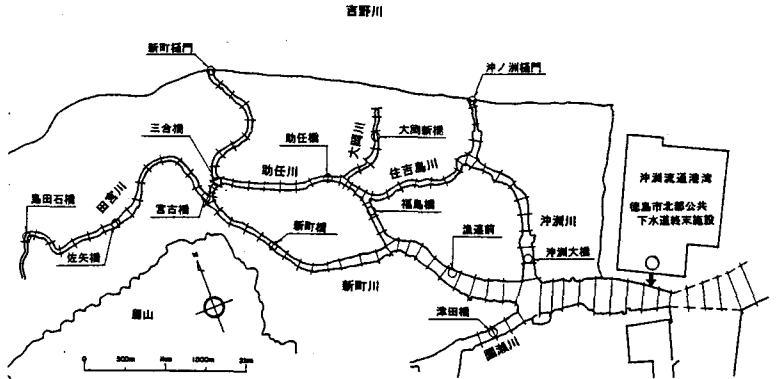


図-1 流れの計算モデル

床底泥の浚渫が水質に及ぼす影響を評価するため, $SS(C_{SS})$, 溶解性BOD(C_{BODd}), 浮遊性BOD(C_{BODp})の関係を表す単純なモデルを提案した。図-2に C_{SS} , C_{BODd} , C_{BODp} の関係を示し, 下式にそれぞれの基本方程式を示した。なお, 方程式の差分は2次精度を持ち, また安定度も高いCrank-Nicholson schemeを用いた。

SSの計算

$$\frac{\partial (AC_{SS})}{\partial t} + \frac{\partial (QC_{SS})}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left(AD_L \frac{\partial C_{SS}}{\partial x} \right) + E \frac{A}{R} + GB + q_{SS} \quad (2)$$

$$E = \varepsilon \left(\frac{u_*^2}{u_{*c}^2} - 1 \right) \quad (u_* \geq u_{*c}) \quad (3)$$

$$E = 0 \quad (u_* < u_{*c}) \quad (3')$$

$$G = -wC_{SS} \quad (4)$$

BODdの計算式

$$\frac{\partial (AC_{BODd})}{\partial t} + \frac{\partial (QC_{BODd})}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left(AD_L \frac{\partial C_{BODd}}{\partial x} \right) - AK_d C_{BODd} + q_{BODd} \quad (5)$$

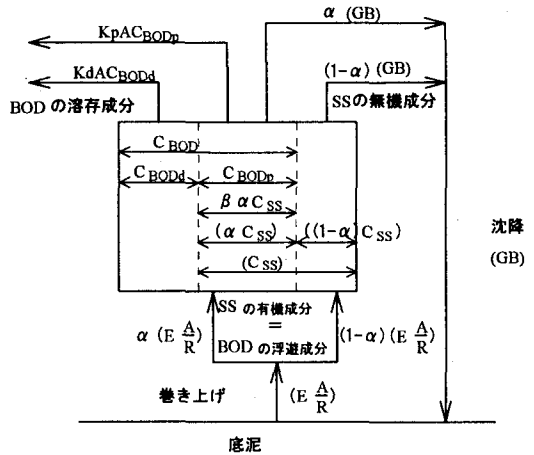


図-2 C_{SS} , C_{BODd} , C_{BODp} の関係

BODpの計算式

$$\frac{\partial (AC_{BODp})}{\partial t} + \frac{\partial (QC_{BODp})}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left(AD_L \frac{\partial C_{BODp}}{\partial x} \right) + \beta \alpha E \frac{A}{R} + \beta \alpha GB - AK_p C_{BODp} + q_{BODp} \quad (6)$$

ここで、 B ;川幅、 w ;沈降速度、 C ;濃度、 E ;巻き上げフラックス、 G ;沈降フラックス、 D_L ;分散係数、 u_* ;摩擦速度、 u_{*e} ;巻き上げ限界摩擦速度、 e 、 m ;定数、 K ;BODの自浄係数、 q ;単位長さ当たりの横流入負荷量とした。なお、(6)式中の α はSSに含まれるBODpの割合、 β はSSの単位がmgであるのでBODと単位系(O_2 mg)を同一とするための補正係数である。(6)式に $C_{BODp} = \beta \alpha C_{SS}$ 、 $G = -wC_{SS}$ の関係を代入し、整理すると

$$\frac{\partial (AC_{SS})}{\partial t} + \frac{\partial (QC_{SS})}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left(AD_L \frac{\partial C_{SS}}{\partial x} \right) + E \frac{A}{R} - (wB + AK_p \beta \alpha) C_{SS} + q_{BODp} \quad (7)$$

となる。(7)式中の wB と $AK_p \beta \alpha$ の係数比較を行ったところ、 $wB \gg AK_p \beta \alpha$ となった。これにより、(5)式からBODd、(3)式からSSを解き、その値に $\beta \alpha$ の値を乗じてBODpを求め、両者の和をBODとする。

③巻き上げ限界速度、沈降速度 河床底泥の巻上フラックスを規定する巻き上げ限界速度(u_{*e})は底泥の降伏値(τ_y)と移動限界掃流力(τ_c)の関係($\tau_c = 0.1 \tau_y^{1/2}$)を用いて求めた。また、沈降速度は室内実験から得られた結果をもとに塩分濃度の関数形で表現した。

3. 数値計算結果 今回提案したモデルを用いて新町川で行われている河床底泥の浚渫の効果を数値計算で評価する。

①水理条件 水位境界は新町川河口、沖ノ洲樋門、新町樋門とした。境界とする水位波形は周期0.5日の正弦波とし、潮位差は1.20mの一定値として与えた。現在、新町樋門では浄化対策の一環として1日数時間、吉野川から強制的にポンプで導水が行われている。それを考慮するため、新町樋門から1日5時間、下げ潮時に $4m^3/s$ の強制導水を行うこととした。また、田宮川の河川流量は既存流量資料から $0.377m^3/s$ とし、園瀬川流量は田宮川の流量を参考に $2.53m^3/s$ とした。計算は34潮汐について、 $\Delta t = 120sec$ で行い、31~34潮汐の平均値を代表計算値とした。

②水質条件 水質条件は過去の水質計算条件³⁾を参考とした。河床底泥の降伏値は現地底泥の測定結果から、浚渫前2Pa、浚渫後10Paとした。 $\beta \alpha$ はデトリタスの自己減衰係数、現地底泥の熱熱減率を参考に0.25としたが、0.25とした場合、実

測SSから換算したBODpが全BODより大きくなる区間が見受けられ、その傾向は塩分濃度の高い区間で顕著であった。このため、 $\beta \alpha$ の上限値を0.25とし、0.25以下の場合にはBODとSSの計算結果から逆算して $\beta \alpha$ を求めた。

③河床底泥の浚渫による水質浄化の効果 計算結果を図-3に示した。その結果、BODで最大8%の水質浄化の効果があることがわかった。

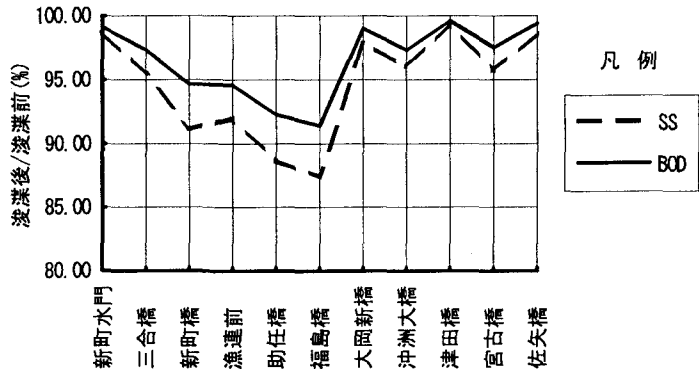


図-3 河床底泥の水質浄化効果

参考文献 1)須賀勉三・葛西敏彦：陰形式差分法による不定流計算法,土木技術資料,Vol.24,No.2,pp.27-32,1982. 2)中野 晋・藤平依彦・片山剣緑：高含水比底泥の安定限界と移動限界掃流力,第43回土木学会中四国支部研究発表会講演概要集, pp.145-155, 1991. 3)中野 晋・山下 智・小津慶久・三井 宏：徳島市内感潮河川網の水質将来予測,第29回環境工学研究フォーラム, pp.70-72, 1992.