

II-234

河川感潮部の水質シミュレーション

中電技術コンサルタント

正会員 木村 綾

早稲田大学大学院理工学研究科 学生会員 石原 透江、成毛 将利

早稲田大学理工学部

フェロー 鮎川 登*

1. はじめに 河川感潮部における汚濁負荷の大きい支川の合流により水質が汚濁されている河川の水質シミュレーションを行った結果について述べる。

2. 水質シミュレーションモデル

2.1 支配方程式 河川における汚濁物質の濃度は水質方程式により解析される。汚濁物質の濃度変化が移流、分散と減衰による場合には、水質方程式は式(1)のように表示される。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} = \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} \left(AE \frac{\partial C}{\partial x} \right) - kC \quad (1)$$

ここで、Cは汚濁物質の濃度、uは流速、Aは流水断面積、Eは分散係数、kは減衰係数、tは時間、xは河道に沿う流下距離である。水質方程式(1)を時間分割法により

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} = 0 \quad (2) \quad \frac{\partial C}{\partial t} = -kC \quad (3) \quad \frac{\partial C}{\partial t} = \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} \left(AE \frac{\partial C}{\partial x} \right) \quad (4)$$

の3つの方程式に分割し、移流方程式(2)を特性曲線法により、減衰方程式(3)を解析的に、分散方程式(4)を差分法により順次解くことによって水質方程式(1)の解を求める。これらの式に含まれる流速uと流水断面積Aは開水路の非定常流の連続方程式と運動方程式を解いて求める。

2.2 初期条件 初期条件としては、計算開始時点における各計算断面の水位、流量および濃度を与えることが必要である。初期条件としてはこれらの量の観測データを与えるべきであるが、一般にはこれらの量の観測データはないので、これらの量の初期値を適当に仮定し、予備計算をして仮定した初期値の影響がなくなるとされる時点の計算値を初期条件として与える。

2.3 境界条件 境界条件としては、本川の上流端(非感潮部)で流量(あるいは水位)と濃度、下流端(感潮部)で水位と逆流時の濃度、および支川の流量と順流時の合流濃度を与えることが必要である。河川感潮部においては水位、流量、濃度は時々刻々と変化する。水位は自記水位計による観測データを用いることができるが、流量と濃度については観測データを得ることができないことが多い。ここでは、感潮部において合流する支川の流量と順流時の合流濃度および本川下流端の逆流時の濃度は次のように推定することにする。

合流部の支川の流量 Q_i は $Q_i = \alpha Q$ として推定する。ここで、 Q は支川合流部の直下流の本川流量、 α は係数である。 α は順流時と逆流時で別々に定める。支川の順流時の合流濃度は、逆流時に支川を遡上した本川の水が順流時に本川に流出し、本川からの逆流水が流出し終えた後に、支川の水が本川に流出するものと考え、順流時の支川の合流濃度を本川の濃度と支川の固有濃度から推定する。本川下流端の逆流時の濃度は順流時に下流端を流下した水が逆流時に遡上するものとして推定する。

3. 解析対象河川の概要 水質シミュレーションの対象とし

たのは、感潮部において汚濁負荷の大きい支川の合流により水質が汚濁されているX川の約20kmの区間である(図1)。この区間は下流端が河口から約12kmの地点にあり、塩分の遡上の影響は殆ど受けないが、潮位変動の影響は上流端の約3km下流までおよぶ。解析対象の河道区間には、6本の支川が合流し、支川から流入する汚濁水が潮位変動に応じて流下と遡上を繰り返す、X川の水質を汚濁している。

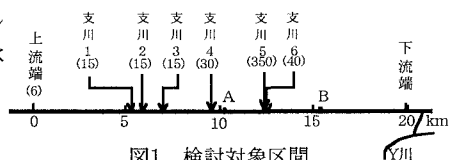


図1 検討対象区間
[支川の数値: BOD濃度(mg/l)]

4. 水質シミュレーションモデルのパラメータの推定 本研究で使用した水質シミュレーションモデルにはパラメータとして、分散係数 E 、減衰係数 k および支川の流量に関わる係数 α と支川の汚濁物質(BOD)の固有濃度が含まれる。1991年12月に解析対象河川で実施された本川および支川における水位、流量およびBOD濃度の観測により得られたデータを用いてこれらのパラメータの値を推定した。分散係数は $E = \beta u h$ （ u ：流速、 h ：水深）と表示し、解析したところ $\beta = 5$ と推定された。また、減衰係数は $k = 0.1 \text{ day}^{-1}$ と推定された。支川の流量に関わる係数 α と支川固有のBOD固有濃度は、それぞれ支川ごとに推定値が得られた。

5. 水質シミュレーションモデルの妥当性の検討 水質シミュレーションモデルを用いて解析対象河川で1997年11月の大潮時と小潮時に実施された水質観測データを解析した。1991年当時と支川の汚濁負荷の状況が変化しているので、支川固有のBOD濃度は1997年の観測データを用いて推定し直したが、それ以外は1991年の観測データにより推定されたパラメータの値を用いて解析し、観測値と比較した。その例を図2に示す。図2によると、BOD濃度の計算値と観測値はほぼ一致しており、水質シミュレーションモデルの妥当性が示された。

6. 支川の汚濁負荷の軽減による水質改善効果の推定 支川のうち汚濁負荷の大きい支川4の固有のBOD濃度 350 mg/l を 50 mg/l に減少させる場合および固有のBOD濃度が 20 mg/l 以上の支川(支川4～6)のBOD濃度を 20 mg/l に減少させる場合について、本川の水質がどの程度改善されるか、水質シミュレーションモデルを用いて検討した。計算は渇水時の上流端の流量がほぼ一定である1ヶ月間にわたって行い、各計算断面の30分ごとのBOD濃度を求め、支川の汚濁負荷の軽減による水質改善効果を推定した。その一例として、各計算ケースについて各計算断面のBOD濃度の75%を求め、縦断変化を描くと、図3のようになり、支川の汚濁負荷の軽減による水質改善効果を推定することができる。

7. おわりに 貴重な資料を提供下さいました関係各位に謝意を表します。

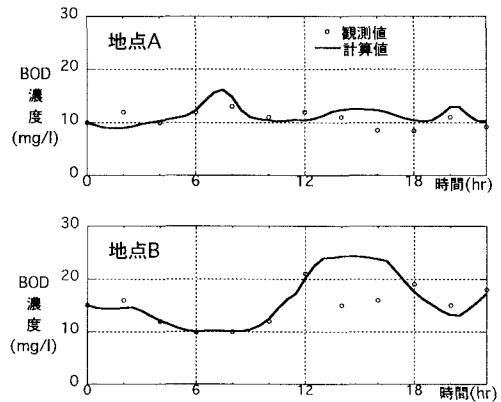


図2(b) BOD濃度の計算値と観測値の比較（小潮時）

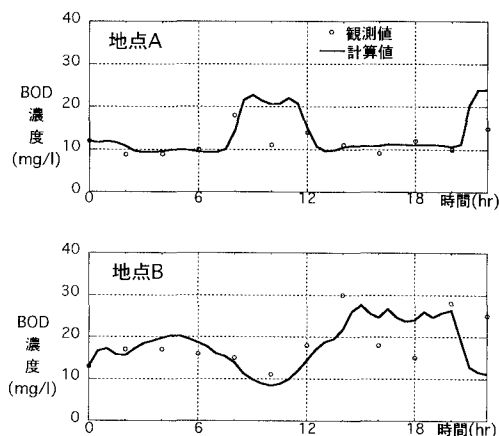


図2(a) BOD濃度の計算値と観測値の比較（大潮時）

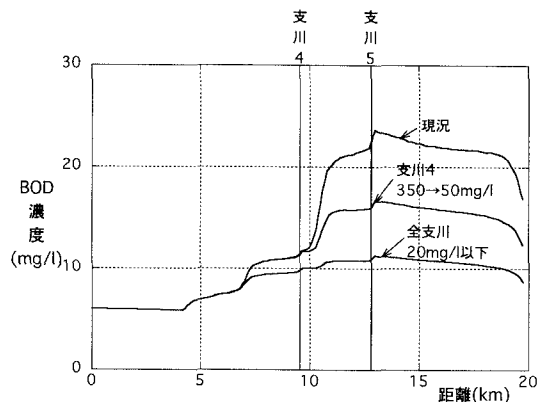


図3 支川の汚濁負荷の軽減による水質改善効果の推定