

名古屋市	正会員	小島 昇
早稲田大学大学院理工学研究科	学生会員	石原 透江
東京大学大学院工学系研究科	学生会員	西 麻衣子
早稲田大学理工学部	フェロー	鮎川 登

1. はじめに

汚濁負荷の大きい支川が合流する河川感潮部における水質汚濁現象を解析するために開発したシミュレーションモデルについて述べる。

2. 検討対象河川の概要

本研究で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)。この区間の下流端は河口から約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すぐ下流までおよぶ。

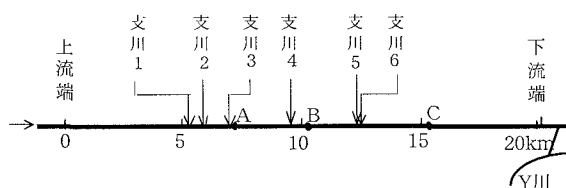


図1 検討対象区間

検討対象の河道区間には、6本の支川が合流するが、各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し、X川の水質を汚濁している。なお、検討対象区間の直下流には水質の良い河川(Y川)と連絡する水路があり、逆流時にはY川からのきれいな水がX川を遡上し、下流端付近の汚濁濃度を低下させる。

3. 水質シミュレーションモデル

3.1 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、分散および減衰による場合には、水質方程式は次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 は河道に沿う流下方向の距離である。

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¹⁾。

移流方程式(2)の解を求めるためには、流速 u を与えることが必要である。また、分散方程式(4)の解を求めるためには、流水断面積 A を与えることが必要である。流速および流水断面積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。

3.2 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、一般には観測データはないので、これらの初期値を適当に仮定し、予備計算をして初期値の影響がなくなると思われる時点の計算値を初期条件として与える。

キーワード：水質シミュレーション、河川感潮部

連絡先：〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1

3.3 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、流量および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濃度および本川下流端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は次式で推定する。

$$Q_t = \alpha Q + Q_{t0} \quad (5)$$

ここで、 Q_t は支川の流量、 Q は支川合流部の直下流の本川流量、 α および Q_{t0} は定数である。

支川の濃度は順流時に与えることが必要であるが、順流時には逆流時に支川に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、順流時の支川の濃度を本川の濃度と支川の固有濃度から推定する。

本川の下流端の濃度は逆流時に与えることが必要であるが、下流端では順流時に流下した水が逆流時に遡上するものとして、逆流時の下流端の濃度を推定する。そのさいに、Y川からの流入水の影響を考慮する。

4. シミュレーションモデルの適用

X川の検討対象区間にシミュレーションモデルを適用する。このシミュレーションモデルにはパラメータとして、本川のManningの粗度係数 n 、分散係数 E 、減衰係数 k および支川の流量にかかわる定数 α と Q_{t0} が含まれているので、これらの値を決定することが必要である。ここでは、1991年12月18日～19日に実施された本川および支川における流れ(水位、流量)とBOD濃度についての現地観測による観測データを用いてこれらのパラメータの値を決定した。

分散係数 E と減衰係数 k はBOD濃度の計算値と観測値が一致するように定めた。ただし、分散係数については $E = \alpha u h$ (u : 流速、 h : 水深)と表示し、 α の値を定めた。

以上のようにして定められたパラメータの値を用い、1991年12月18日～19日のBOD濃度を計算し、地点A, B, Cについて計算値と観測値を比較して示すと、図2のようになり、計算値は観測値とほぼ一致した。なお、図2には、境界条件として支川の合流流量とBOD濃度および本川下流端のBOD濃度の観測値を与えて計算した結果と§3.3の方法でこれらを推定した値を与えて計算した結果を比較して示したが、図2によると、境界条件を§3.3の方法で推定した値を用いても観測値とほぼ一致する結果が得られることが認められる。

5. おわりに

貴重な資料を提供して下さいました関係各位に謝意を表します。

参考文献 1) 鮭川登・片山能輔・秋元賢吾・根本浩史：特性曲線法に基づく河川水質の数値計算法、土木学会論文集、No521/II-32、pp59～68、1995。

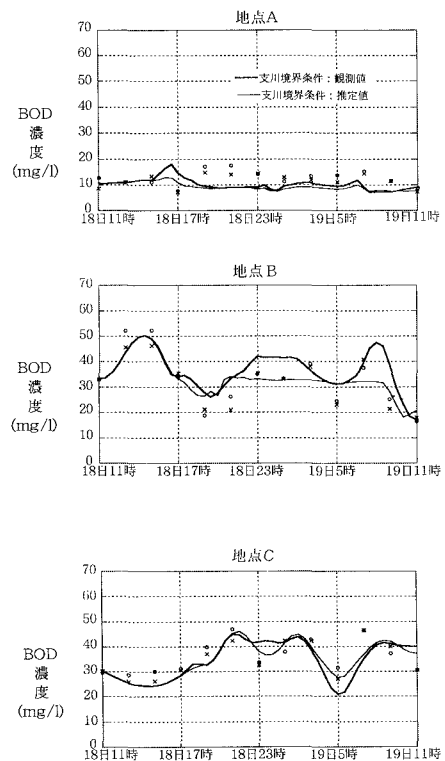


図2 BOD濃度の計算値と観測値の比較