

河川感潮部の水質シミュレーションモデルの開発

鉄道総合技術研究所(前早稲田大学大学院理工学研究科)	正会員	成毛 将利
早稲田大学大学院理工学研究科	学生会員	貴島 啓文
早稲田大学大学院理工学研究科		神戸 奈海
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水質改善対策の効果を評価するための水質シミュレーションモデルを開発し、実河川に適用し、モデルの妥当性を検証し、各種水質改善対策の効果を評価した結果について述べる。

2. シミュレーションモデル 汚濁物質の濃度は移流、分散および減衰によって変化するものとし、水質方程式

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

により解析されるものとする。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り水質方程式(1)の解を求める。移流方程式を特性曲線法により解くことによって数値散逸を生じないようにすることができ、また河川水の移動に伴う濃度の変化を計算できることになり、河川水の汚濁過程を明確に把握できるようになる。なお、分散係数 E は次式で与える。

$$E = \alpha |u| h \quad ; \quad \alpha : \text{係数}, \quad h : \text{水深} \quad (5)$$

移流方程式(2)の計算では流速 u を、分散方程式(4)の計算では流水断面積 A 、分散係数 E の計算では流速 u と水深 h を与えることが必要であるが、これらは開水路非定常流の連続方程式と運動方程式

$$\text{連続方程式} \quad \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \quad (6)$$

$$\text{運動方程式} \quad \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \left(\frac{\partial H}{\partial x} + \frac{n^2 |Q| Q}{A^2 R^{4/3}} \right) - q v_q \cos \theta = 0 \quad (7)$$

を4点陰差分法により解くことにより与える。ここで、 Q は流量、 A は流水断面積、 H は水位、 R は径深、 q は流路の単位長さ当りの横流入流量、 v_q は横流入水の流速、 θ は横流入の方向と主流の流下方向のなす角、 n はManningの粗度係数、 g は重力の加速度である。

境界条件としては、流れの計算では本川と支川の上流端(非感潮部)で流量、本川の下流端(感潮部)で水位を与え、本川および支川の横流入流量として家庭、工場からの排水流量を与える。水質の計算では、本川と支川の上流端で濃度、本川の下流端で逆流時に濃度を与え、また本川および支川の横流入水の濃度を与える。初期条件としては、流れの計算では計算開始時における各計算断面の水位と流量を与え、水質の計算では濃度を与える。

3. シミュレーションモデルの適用例 図1に概要を示したA川のBOD濃度の解析に水質シミュレーションモデルを適用し、観測値と比較し、モデルの妥当性を検証し、また各種の水質改善対策の効果を評価することを試みた。A川は緩勾配の平地河川で、河口から約30kmの地点V付近までが感潮部で、感潮部において家庭排水や工場排水により汚濁されている支川a, b, cが合流し、A川の水質を汚濁している。水質シミュレーションは支川a, b, cを含めたA川の地点U

キーワード：水質シミュレーションモデル、河川感潮部

連絡先：東京都新宿区大久保3-4-1

～Z間について行い、BOD濃度の計算値と観測値を比較し、モデルの妥当性を検証した。その結果を図2に示す。ただし、 $\alpha = 5$ 、 $k = 0.1 \text{ day}^{-1}$ とし、また家庭および工場からの排水流量とBOD濃度は測定されていないので、推定値を用いた。図2によると、計算値と観測値はほぼ一致しており、モデルの妥当性が示された。

シミュレーションモデルを用いて家庭、工場からの排水のBOD濃度を半減した場合(ケース1)、排水量を半減した場合(ケース2)および浄化用水(A川に $1.17 \text{ m}^3/\text{s}$ 、b支川に $0.6 \text{ m}^3/\text{s}$ 、c支川に $0.12 \text{ m}^3/\text{s}$)を導水した場合(ケース3)について水質シミュレーションを行った。その結果を現況と比較して示すと、図3のようになる。図3によると、汚濁負荷の削減(ケース1)、下水道の整備(ケース2)、浄化用水の導水(ケース3)の水質改善効果を評価することができる。

4. おわりに 本研究の遂行にあたり貴重な資料を提供くださいました方々に謝意を表します。

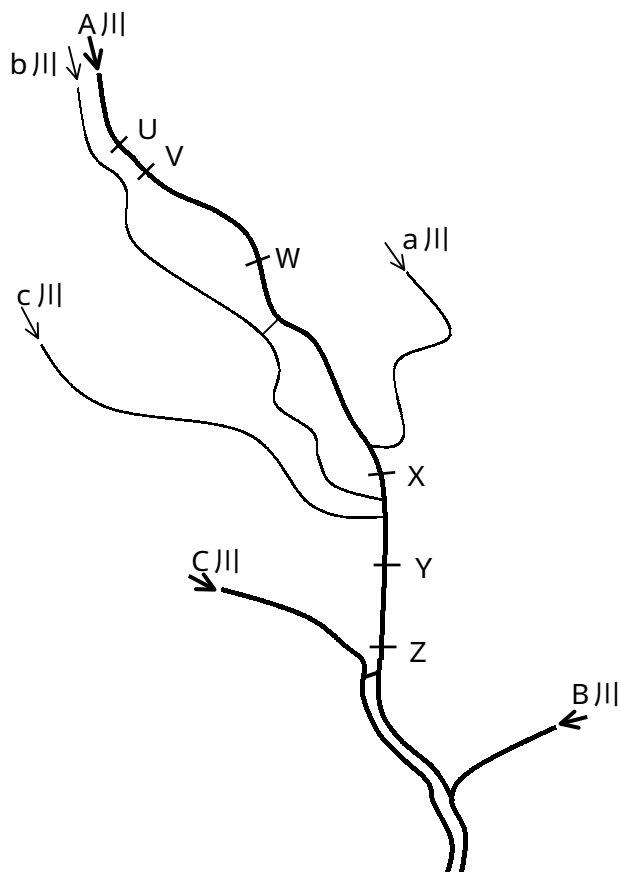


図1 解析対象河川の概要

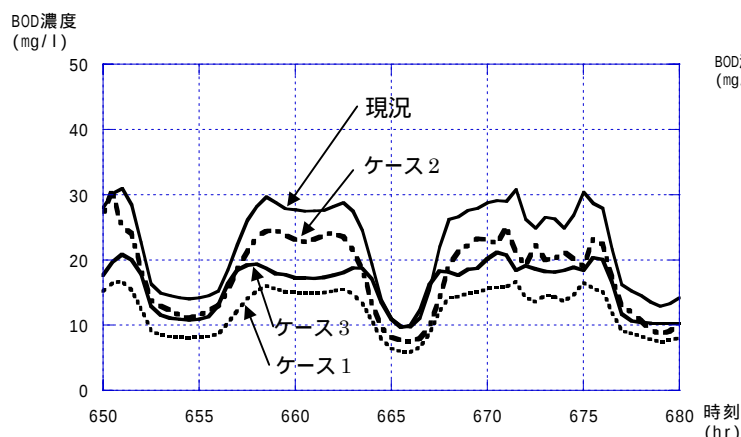


図3 水質改善対策の評価例(地点Y)

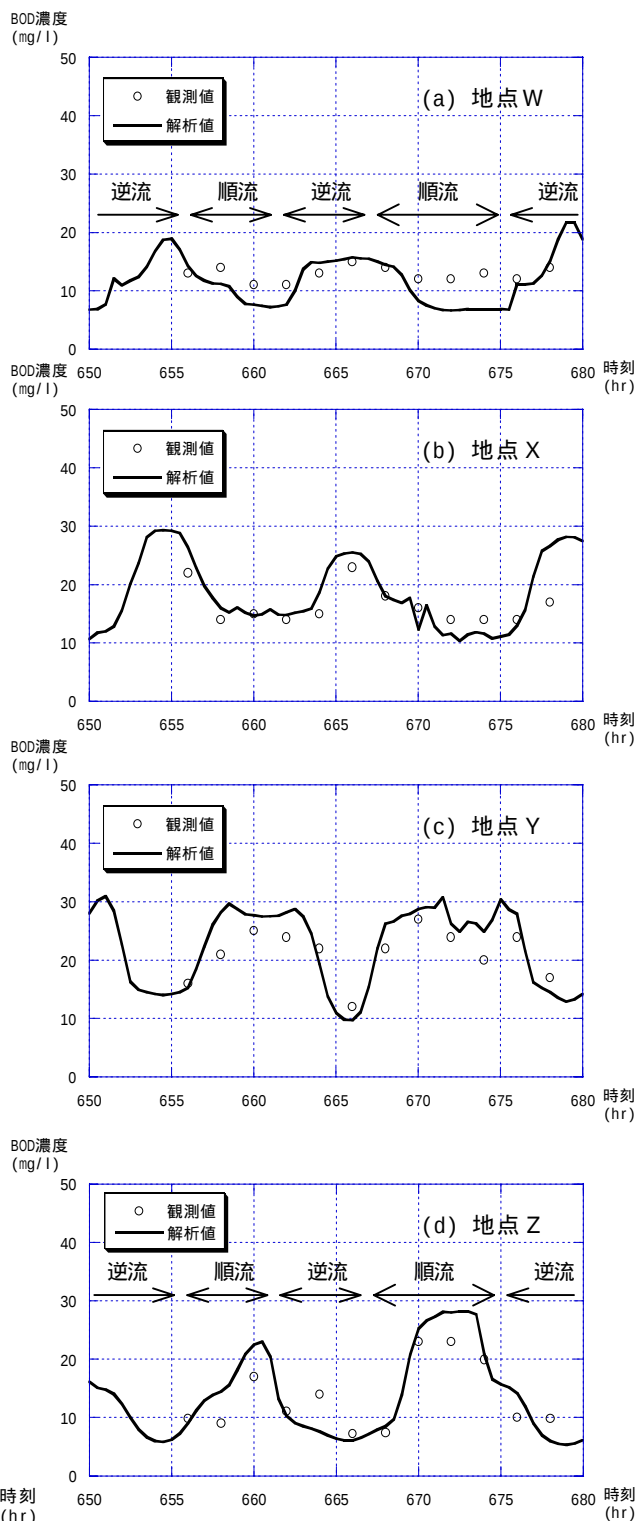


図2 BOD濃度の計算値と観測値の比較