

II-235 浄化用水の導水が河川感潮部の水質におよぼす影響の検討

早稲田大学大学院理工学研究科 学生会員 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

図1に示すように、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に浄化用水を導水すると、水質がどのように変化するかに関して水質シミュレーションモデルを用いて検討した結果について述べる。

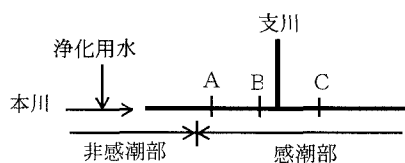


図1. 検討対象河川

2. 浄化用水の導水が河川感潮部の水質に及ぼす影響要因

浄化用水を導水すると、希釈により水質が改善されることが考えられるが、河川感潮部の場合には浄化用水の導水により逆流が弱められ、順流が強められるように流れが変化することによっても水質が影響されることが考えられる。具体的には、浄化用水の導水が河川感潮部の水質に及ぼす影響要因として、(1)希釈、(2)支川の合流により汚濁された水の逆流時の遡上距離の減少、(3)同一の河川水が支川合流点を通る回数の減少、(4)河川水の感潮部における滞留時間の減少、(5)(浄化用水の導水が支川の流れに影響をおよぼす場合には)支川の汚濁水の流出の増加、が考えられる。

3. 水質シミュレーションモデル

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

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -kC \quad (3)$$

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} \left(AE \frac{\partial C}{\partial x} \right) \quad (4)$$

の3つの方程式に分割し、移流方程式を特性曲線により、減衰方程式を解析的に、分散方程式を差分法により順次解くことによって水質方程式の解を求める。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なくすことができ、また河川水の移動に伴う水質の変化を直接計算できることになり、河川水の汚濁過程を明確に把握することができるようになる。

移流方程式の計算では流速 u を、分散方程式の計算では流水断面積 A を与えることが必要であるが、これらは開水路の非定常流の連続方程式と運動方程式を解くことによって与えられる。

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。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と思われる時点の計算値を初期条件として与える。境界条件としては、本川の上流端(非感潮部)で流量と濃度、下流端(感潮部)で水位と逆流時の濃度、および支川の上流端(非感潮部)で流量と濃度を与える。

4. 浄化用水の導水が河川感潮部の水質に及ぼす影響の検討

図1に示すような河川について、浄化用水を導水しない場合とする場合について水質シミュレーションモデルを用いて水質を計算し、比較することにより浄化用水の導水が河川感潮部の水質に及ぼす影響を検討した。

河川感潮部、浄化用水、水質シミュレーション 〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1

計算条件は本川上流端の流量を $1.0\text{m}^3/\text{s}$ 、BOD濃度を 10mg/l 、支川上流端の流量を $0.5\text{m}^3/\text{s}$ 、BOD濃度を 100mg/l とし、本川下流端の水位は想定河川の潮位変動の観測値を用い、逆流時のBOD濃度は順流時に流下した水が逆流時に遡上するものとして推定した。浄化用水の流量は $1.0\text{m}^3/\text{s}$ 、濃度は 3mg/l とした。分散係数は $D=\alpha|u|h$ (u :流速、 h :水深)とおき、 $\alpha=5.0$ とし、減衰係数は $k=0.1\text{day}^{-1}$ とした。

図1に示す地点A,B,Cについて、浄化用水を導水しない場合とする場合の計算結果を比較して示すと、図2のようになる。なお、図2には希釈の効果を評価するために、希釈がない場合(浄化用水の濃度を 10mg/l とする場合)の計算結果も示してある。また1ヶ月にわたって計算を行い、各計算断面における30分ごとの濃度を計算し、その75%値を求め、縦断面をかくと、図3のようになる。図2および図3によると、浄化用水を導水すると、希釈の効果と、流況の変化により水質がよくなることが認められる。流況の変化による水質の変化を確かめるために、浄化用水を導水しない場合とする場合について、河川水の移動に伴って水質がどのように変化するかを示すと、図4のようになる。図4には参考のために減衰による濃度変化がない場合($k=0.0$)の計算結果も示してある。図4によると、浄化用水の導水により逆流が弱められ、順流が強められるために、河川水が支川合流点を通る回数が減ることになり、支川の合流による汚濁の度合いが減少することが認められ、このことが浄化用水の導水による河川感潮部における、水質改善効果に関係するものと考えられる。また、浄化用水を導水する場合はしない場合より減衰による濃度低下が小さくなっているが、これは浄化用水の導水により滞留時間が短縮されることによるものである。

なお、今回のシミュレーションでは、支川の流れは浄化用水の導水の影響を殆ど受けなかった。

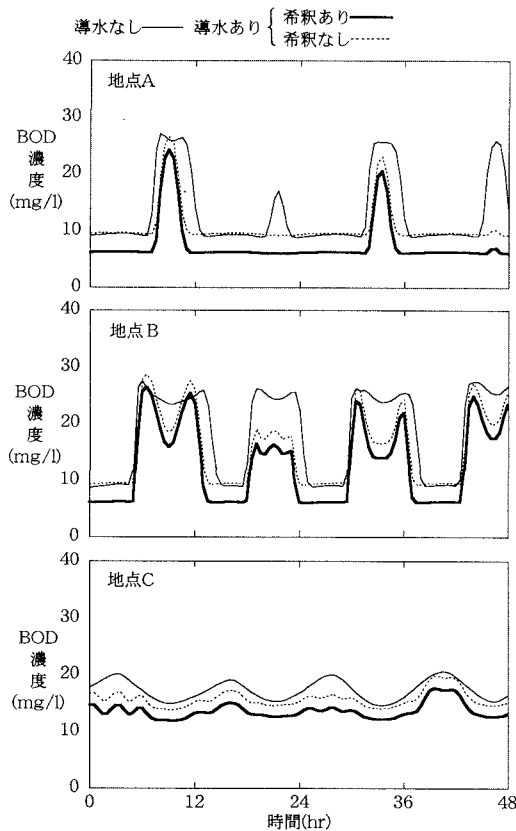


図2.浄化用水の導水による水質改善効果

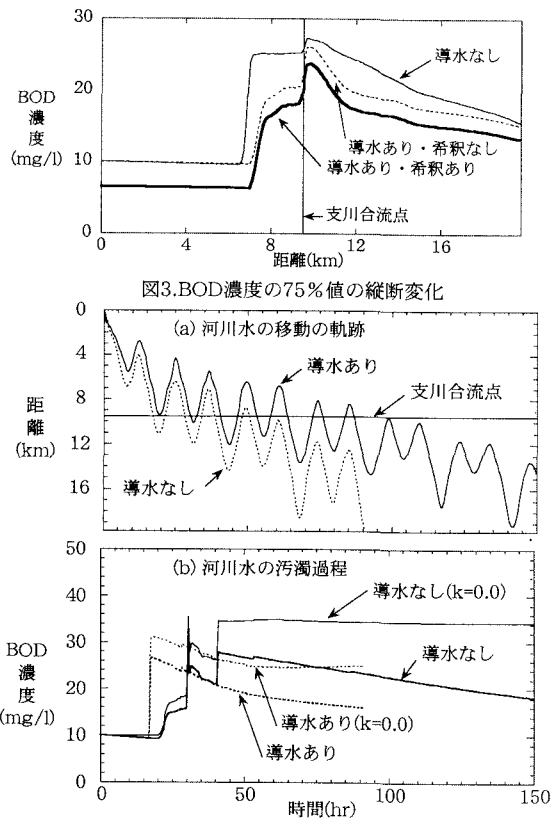


図4.河川水の移動の軌跡と汚濁過程