

# 河川感潮部における浄化用水の導水効果の解析

早稲田大学大学院理工学研究科 学生会員 西村 俊彦、成毛 将利  
東京建設コンサルタント 茂木 鉄平  
早稲田大学理工学部 フェロー 鮎川 登

## 1. はじめに

汚濁物質の流入により水質が汚濁されている河川感潮部の水質改善のために浄化用水を導水するときの効果について水質シミュレーションモデルを用いて検討した。

## 2. 検討対象河川

図1に示すように、幅25m、河床勾配1/3500の長方形断面河川の感潮部において、汚濁物質が一点から流入する

場合について、上流から浄化用水を導水することを想定し、水質シミュレーションモデルを用いて浄化用水の導水による水質改善効果について検討する。なお、検討対象区間の上流端(非感潮部)の流量は $2\text{ m}^3/\text{s}$ 、汚濁物質濃度は $10\text{ mg/l}$ とし、流入汚濁水の流量は $0.5\text{ m}^3/\text{s}$ 、濃度は $100\text{ mg/l}$ とする。また、浄化用水の導水流量は $1\text{ m}^3/\text{s}$ 、汚濁物質濃度は $5\text{ mg/l}$ とする。

## 3. 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、汚濁物質の濃度は水質方程式

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

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、 $x$ は河道に沿う距離を表す。

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なくすことができ、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。

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 $A$ を与えることが必要になるが、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る。

## 4. 河川感潮部における浄化用水の導水効果の検討

浄化用水の導水が河川感潮部の水質に及ぼす影響としては希釈のほかに流況の変化が考えられる。ここでは、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(ケースA)と導水する場合、導水する場合は希釈の効果を考慮しない場合(ケースB)と考慮する場合(ケースC)について、それぞれ分散係数を $E=5|u|h$ 、減衰係数を $k=0.1\text{ day}^{-1}$ とし、下流端の境界条件として実測の潮位を与えて濃度の計算を行い、それらを比較することにより河川感潮部における浄化用水の導水効果について検討する。

浄化用水の導水による流況の変化の様子を示すために、浄化用水を導水する場合(ケースA)と導水しない場合(ケースB、C)について上流端を出発した水粒子の移動の軌跡を比較して示すと、図2のようになる。図2によると、浄化用水を導水すると、感潮部の流れは逆流が弱められ、水粒子ははやく流下し、汚濁物質の流入点を通

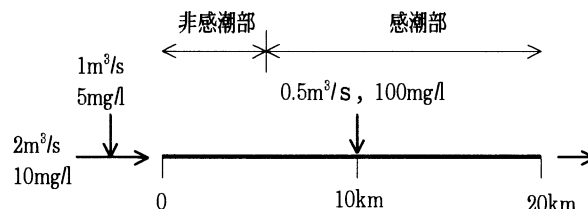


図1 検討対象河川

過する回数が少なくなることがわかる。そのため汚濁物質の流入による汚濁の度合いが小さくなることが考えられる。また、滞留時間が短くなることにより減衰による濃度の減少が小さくなることが考えられる。

図2に示す水粒子の流下に伴う濃度の変化の様子をケースA、B、Cについて比較して示すと、図3のようになる。図3で、ケースAとケースBの差は浄化用水の導水による流況の変化に伴う濃度の変化を表し、ケースBとケースCの差は希釈による濃度の変化を表す。ケースAとケースCの差が浄化用水の導水による濃度の変化を表す。図3によると、浄化用水を導水すると、流況の変化と希釈により汚濁の度合いが小さくなることが認められる。

下流端から5kmの地点における濃度の時間変化をケースA、B、Cについて比較して示すと、図4のようになる。図4によると、浄化用水を導水すると、浄化用水の導水による流況の変化と希釈により下流端から5kmの地点における濃度は低下することが認められる。

下流端から5kmの地点における1ヶ月間の濃度の相対度数分布をケースA、B、Cについて比較して示すと、図5のようになる。図5によると、浄化用水を導水すると、相対度数分布の形状が全体的に濃度の低い方に移ることが認められる。計算によると、浄化用水を導水しない場合の濃度の平均値は24mg/lであるのが、浄化用水の導水による流況の変化により20mg/lに低下し、さらに希釈の効果加わると、19mg/lに低下することが示された。

濃度の平均値の縦断変化をケースA、B、Cについて比較して示すと、図6のようになる。図6によると、浄化用水を導水すると、浄化用水の導水による流況の変化と希釈により各地点の濃度の平均値が低下することが認められる。

## 5. おわりに

汚濁物質の流入により汚濁されている河川感潮部の水質改善の為に浄化用水を導水するときの効果について水質シミュレーションモデルを用いて検討し、河川感潮部における導水効果は希釈のほかに導水による流況の変化によってもたらされることを示した。

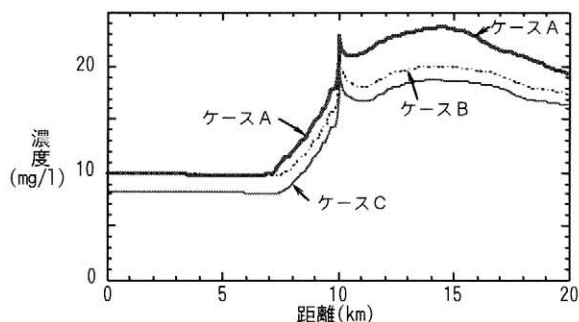


図6 浄化用水の導水による平均濃度の縦断変化

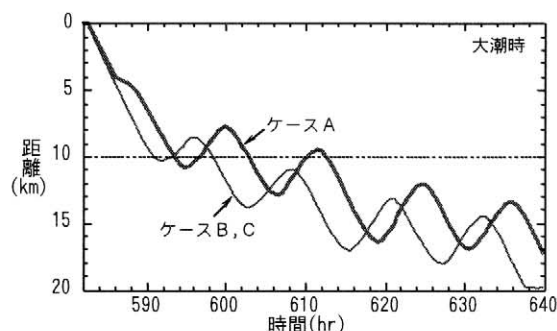


図2 浄化用水の導水による河川水の軌跡の変化

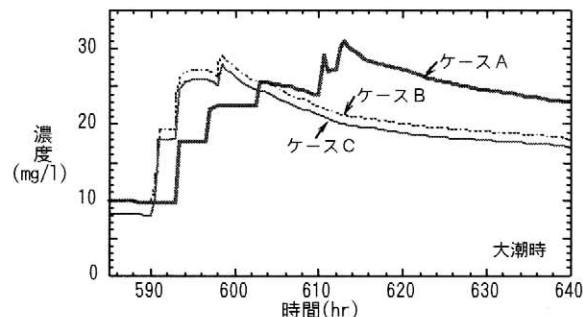


図3 浄化用水の導水による汚濁過程の変化

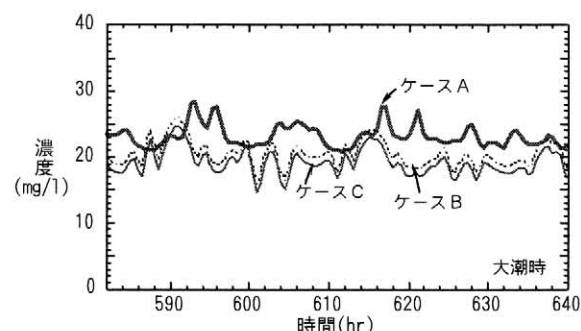


図4 浄化用水の導水による濃度変化 (15km 地点)

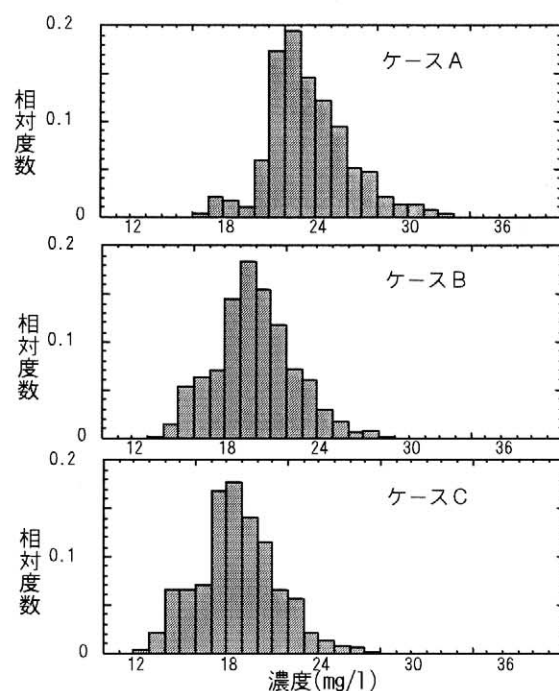


図5 浄化用水の導水による濃度の相対度数分布の変化 (15km 地点)