

II-122

河川における分散係数の推定

早稲田大学大学院 学生会員 栗崎 夏代子
 早稲田大学理工学部 正会員 鮎川 登
 早稲田大学大学院 学生会員 根本 浩史

1 はじめに 河川感潮部に支川から汚濁水が流入すると、逆流時に支川合流点より上流へ汚濁水が遡上し、水質を汚濁する。本研究では、支川から流入した汚濁水が逆流時に本川を遡上することにより本川の水質をどのように汚濁するかを調べるために行った水質観測の結果について述べる。また、河川の水質を計算するさいに必要となる分散係数と減衰係数の値を水質観測データに基づいて推定した結果について述べる。

2 水質の観測 水質観測は綾瀬川の、汚濁負荷の大きい古綾瀬川の合流点より上流の区間を対象として行った。流れが順流から逆流に変わる時点に、図1に示すように、古綾瀬川の合流点をはさんで約100m間隔で4つの浮子を投入し、追跡し、合流点より上流の5つの橋（松江橋、谷古字橋、松下興産大橋、松原大橋、松並橋）で、各浮子が橋下を通過するときに採水し、BOD、COD、DOおよびSSを測定した。

水質観測結果を用いて各地点におけるBOD濃度の時間変化を示すと、図2のようになる。図2によると、各地点のBOD濃度は、古綾瀬川から流入した汚濁水の遡上に伴って大きくなるがわかる。

各浮子ごとに遡上に伴うBOD濃度の変化を示すと、図3のようになる。図3によると、BOD濃度は遡上に伴って減少することがわかる。遡上に伴うBOD濃度の減少は分散や溶存酸素DOによる分解、SSの沈澱などによるものと考えられるが、DOとSSの濃度は遡上に伴ってあまり変化していないので、この場合の遡上に伴うBOD濃度の減少は主に分散によるものと思われる。

3 分散係数の推定 図2に示すような、各地点における物質濃度の時間変化は水質方程式(1)に基づいて解析される¹⁾。

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

ここで、 C は物質濃度、 u は流速、 A は流水断面積、 E は分散係数、 $-kC$ は溶存酸素による分解やSSの沈澱などによる物質の単位時間単位体積当りの減少量、 k は減衰係数、 S は汚濁水の流入や河床汚泥の巻き上げ、溶出などによる物質の単位時間単位体積当りの増加量を表す。図2に示す測定データを用いて式(1)に基づいて分散係数 E の値を推定するときには、式(1)の左辺第2項の移流項の取り扱いによる数値拡散が問題になり、分散係数 E の値を精度よく推定することが困難になる。

図3に示すような河川水の移動に伴う物質濃度の変化を解析する場合には、移流項は考慮しなくてもよいことになるので、物質濃度の変化は次式によって解析されることになる。ただし、流水断面積および分散係数の場所的变化および S は無視する。

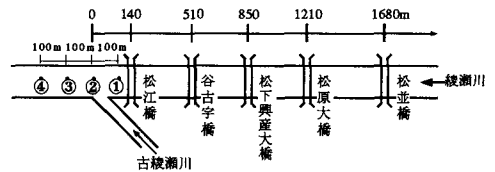


図1 水質観測区間

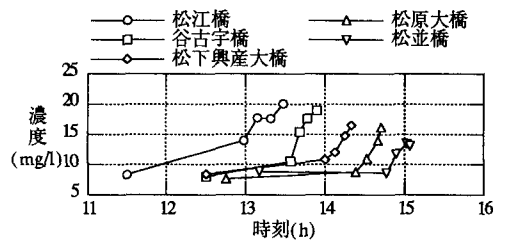


図2 各地点におけるBOD濃度の時間変化

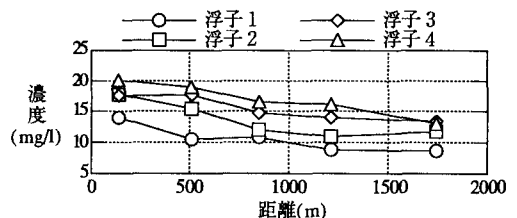


図3 遡上に伴うBOD濃度の変化

$$\frac{\partial C}{\partial t} = E \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - kC \quad (2)$$

式(2)に基づいて、分散係数 E と減衰係数 k の値を推定することを試みる。まず、減衰の影響は小さいものとし、図3に示す遡上に伴う BOD 濃度の変化は分散によるものと考え、式(2)で $k=0$ とし、時間微分を前進差分、空間微分を Crank-Nicolson スキームにより式(2)を差分化すると、次式が得られる。

$$C_2^{n+1} = \left[C_2^n + E\Delta t \left\{ \frac{\Delta x_{23}^n C_1^n - (\Delta x_{12}^n + \Delta x_{23}^n) C_2^n + \Delta x_{12}^n C_3^n}{\Delta x_{12}^n \Delta x_{23}^n (\Delta x_{12}^n + \Delta x_{23}^n)} + \frac{\Delta x_{23}^{n+1} C_1^{n+1} + \Delta x_{12}^{n+1} C_3^{n+1}}{\Delta x_{12}^{n+1} \Delta x_{23}^{n+1} (\Delta x_{12}^{n+1} + \Delta x_{23}^{n+1})} \right\} \right] + [1 + E\Delta t (\Delta x_{12}^{n+1} + \Delta x_{23}^{n+1}) / \Delta x_{12}^{n+1} \Delta x_{23}^{n+1} (\Delta x_{12}^{n+1} + \Delta x_{23}^{n+1})] \quad (3)$$

ここで、上付き添字 n 、 $n+1$ はそれぞれ時刻 $n\Delta t$ および時刻 $(n+1)\Delta t$ における値を表す。 C の下付き添字 1、2、3 はそれぞれ浮子①、②、③の値を表わし、 Δx_{12} および Δx_{23} はそれぞれ浮子①と②および浮子②と③の間の距離を表わす。

式(3)で C_2^{n+1} 以外の値を測定データから読み取り、分散係数 E の値を $E=1, 10, 50, 100, 500 \text{ m}^2/\text{s}$ として C_2^{n+1} を計算し、浮子②の BOD 濃度の測定値と比較すると図4(a)のようになる。

同様に、COD 濃度の測定データを用いて浮子②の COD 濃度を計算し、測定値と比較すると、図4(b)のようになる。

図4によると、この場合の分散係数の値は $10 \text{ m}^2/\text{s}$ 程度と推定される。

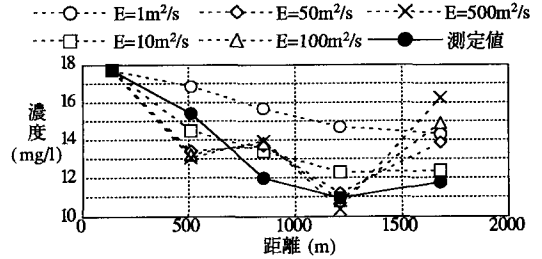
4 減衰係数の推定 図4によると、分散係数 E を $10 \text{ m}^2/\text{s}$ とすると、BOD と COD の濃度の計算値は測定値より大きめになっている。この差は減衰によるものと考え、式(3)において、 $E=10 \text{ m}^2/\text{s}$ 、右辺の第1項の C_2^n を $C_2^n \exp(-k\Delta t)$ とし、減衰係数 k の値を $0, 10^{-5}, 10^{-4}, 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ として濃度 C_2^{n+1} を計算し、測定値と比較して示すと、図5のようになる。図5によると、 k の値は 10^{-5} s^{-1} 程度と推定される。

5 おわりに 河川感潮部における水質観測データに基づいて分散係数と減衰係数の推定する方法を提案した。さらに、水質観測を行ない、分散係数および減衰係数の特性を明らかにすることが今後の課題である。

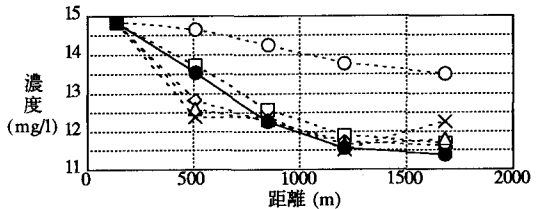
水質の現地観測に協力して下さった方々に謝意を表します。

参考文献

- 1) James, A. : An Introduction to Water Quality Modelling, John Wiley & Sons, p.142, 1993.

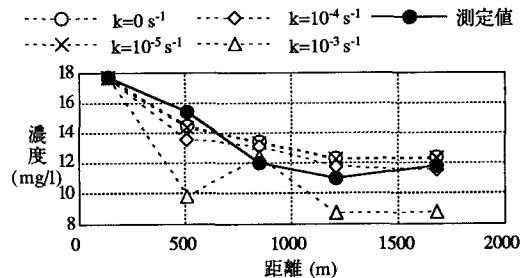


(a) BOD

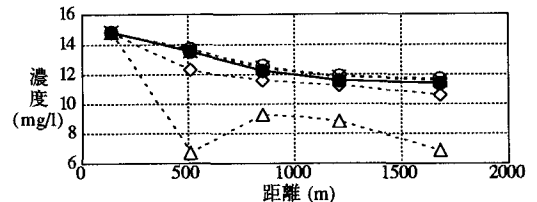


(b) COD

図4 分散係数の推定



(a) BOD



(b) COD

図5 減衰係数の推定