

1. まえがき 等流の開水路における(移流)分散については多くの研究がなされているが、そこに障害物がある場合についてはあまり行なわれていない。しかし、河川における砂洲や橋脚などの障害物の影響や、分散を制御する可能性と考えるために、このような研究は必要である。本研究は障害物として円柱を用い、障害物のない場合とある場合について実験を行ないその影響を調べた。分散は一般にFick型の拡散方程式(1)式で表され、これを界面濃度の条件で解くと、濃度分布は(2)式になる。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + U \cdot \frac{\partial C}{\partial X} = D \cdot \frac{\partial^2 C}{\partial X^2} \dots (1) \quad , \quad C(X, t) = W / (P \cdot g \cdot A) \cdot 1 / (2 \sqrt{\pi D t}) \cdot \text{Exp}(-(X - Ut)^2 / 4Dt) \dots (2)$$

C:断面平均濃度, U:断面平均流速, D:分散係数, W:分散物質の投入重量, ρ_g :木の単位体積重量, A:断面面積, X:物質投入後の距離, t :投入後の時間。Xを固定して t について考える。(2)式を規格化してC- t 曲線の時間平均 $\bar{C}$, 濃度分散 σ^2 は(3)式で示され, 各々第二項は第一項に比して無視できる。

$$\left. \begin{aligned} \bar{x} &= \int C \cdot x \cdot dt / \int C \cdot dt = X/U + 2D/U^2 \doteq X/U \\ \sigma_x^2 &= \int C \cdot (x - \bar{x})^2 \cdot dt / \int C \cdot dt = 2DX/U^3 + 8(D/U^2)^2 \doteq 2DX/U^3 \end{aligned} \right\} (3) \quad \bar{x} \text{は広がりの中心, } \sigma_x^2 \text{は}$$

実験でC-16曲線を得て、(3)式の積分式を離散化して、 σ_{max} を求め、これらの値に注目した。

2. 実験方法 図1に示す長さ10.3m水路幅29.3cm、勾配 $1/2200$ 、マンングの粗度係数0.01、ペンキ塗布の鉄製水路で、流量5.0ℓ/sの等流水深6.3cm、断面平均流速27cm/sで行なった。障害物は直径dが 48° , 35° , 26° (mm)の塩化ビニールのパイプを用い、図2のように水路中央に設置した。トレーサは食塩、純水、比重調整用のメチルアルコールを用いて、塩分濃度が6%で比重がほぼ1.00になるように調整して使用した。このトレーサ100ccを図3に示す投入装置で瞬間面源になるよう投入するため、塩ビの桶にトレーサを入れ、これを瞬時に回転させ、5mm幅のガイドで流れを一樣にして水面へ落した。ガイド端から水面まで約1cmである。投入されたトレーサは、温度補償付導電率計(MK-106, 計測技研)とペンレコーダで薄さ 0.5 mm測定し、各測点のC- α 曲線を得た。導電率計のアローブは4mmで、この影響は無視

した。測定点Xの断面における観点は図2に示すように、各断面につき3点、水深はほぼ中央で底から3.2cmの点、横方向は断面3等分の各中心である、プロブは4本用い、1本はX=11cmの中央に固定し、投入後、この点のレーザ到達時間を投入後0.3秒として、時間

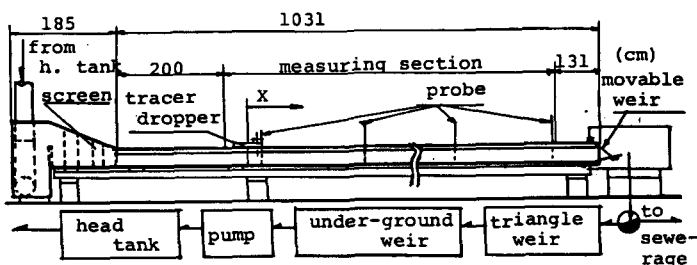


圖 1. 實驗水路

した。残りの3本は、図1に示すように、各断面1本としてX方向に一直線になるように設置した。各測点3個のC- α 曲線、1断面9個のC- α 曲線を0.1秒刻みに値を読み、電算機で濃度補正、移動平均した後、同一時刻オについて9個のCの

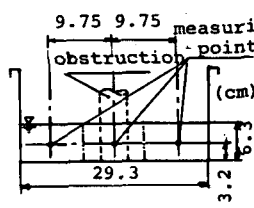


图2. 水路断面测点

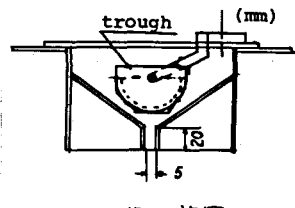


圖3. 投入裝置

値の平均値を求め、これを断面平均濃度 C とした。この合成 C - t 曲線に関して、 $\bar{\sigma}_x^2$ を求めた。なお障害物の前後 $5d$ から $10d$ の間は流れが乱れているので測定点からはずした。

3. 実験結果ならびに考察 $\bar{\sigma}_x^2$ と X の関係：図4に示すように障害物のない場合とある場合とでは差が見られなかった。ともに X と $\bar{\sigma}_x^2$ は比例関係にあった。障害物のない場合を代表させると、トレーサ中心の流速は 27.8 cm/s で断面平均流速(27 cm/s)とほぼ等しくなり

(3)式が適用できる。障害物のある場合も同じと言うことは、トレーサと木の粒子の挙動が同じと考えられる。なお $X=27.8t$ と十分に近

びと $\bar{\sigma}_x^2$ 、 X の関係：図5に示すように、障害物のない場合の $\bar{\sigma}_x^2$ は $\bar{\sigma}_x^2$ 、 X に比例しない。よって D は定数とはならない。Fischerが指摘するように、この水路のLagrangian time scale $T_L (=0.3l^2/Ru_*$ l :水路幅の半分, R :径深, u_* :摩擦速度)は 10.4 秒で t/T_L が3以下なので、測定区間は移流域で式(1),(2)は成立しない。しかしこの障害物のない場合を基準にして、ある場合と比較、検討することはできる。障害物のある場合は、障害物の前までは、投入後の距離が短いから、変化が見られなかった。つまりセキ上げの影響が見られなかった。障害物の後は、概して $\bar{\sigma}_x^2$ は小さくなった。障害物の後の $\bar{\sigma}_x^2$ の曲線の発点は、障害物のない場合の障害物設置点の $\bar{\sigma}_x^2$ の値、 $\bar{\sigma}_{x0}^2$ が合いそうなので、この値も測定値の1つと考えた。なお $\bar{\sigma}_x^2$ 曲線は対数で直線近似した。図6は横軸に障害物後の距離 X_a 、縦軸に障害物後の $\bar{\sigma}_x^2$ の増加分 $\bar{\sigma}_{xa}^2 (= \bar{\sigma}_x^2 - \bar{\sigma}_{x0}^2)$ をとったもので、障害物後の $\bar{\sigma}_x^2$ の増加割合は、障害物の直径が大きいほど増加割合が小さくなっている。

$\bar{\sigma}_x^2$ 曲線より、局所平均値としての D を定数と考えると(3)式より $D = U^2/2 \cdot \partial \bar{\sigma}_x^2 / \partial X \approx U^2/2 \cdot (\bar{\sigma}_{x2} - \bar{\sigma}_{x1}) / (X_2 - X_1)$ で D が求められる。障害物が水路中央に設置されると、 D の値は障害物のない場合よりも小さくなる。これは実験値で求めた D でも、最適の D を求めるためのルーティング²⁾によって得られた D においても、その傾向が見られた。

これらの原因は、障害物を中央に設置することによって、一時的にも兩岸付近の流速が速くなり、また、障害物によって十分に流れが混合されるためと思われる。これらについては現在検討中である。なお本計算に関しては、信大データステーションを経由して東大計算機センターのHITAC 8800/8700を利用した。

(参考文献)

1) 村本道上中：縦分断における移流域の特性，第22回水理講演会論文集。

2) H.B. Fischer: The Mechanics of dispersion in natural streams, Proc. ASCE, HY6, 1967.

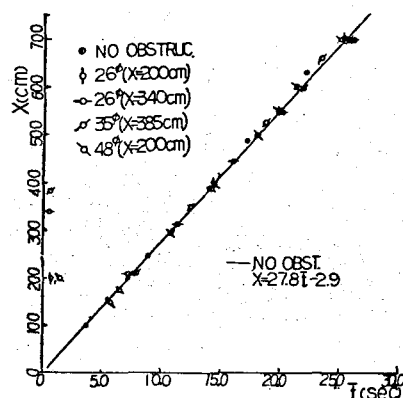


図4. X - $\bar{\sigma}_x^2$ の関係。

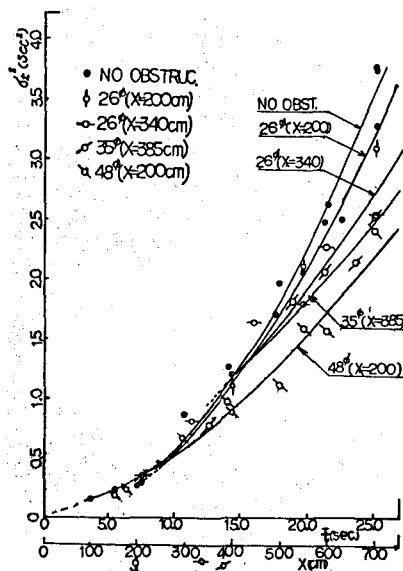


図5. $\bar{\sigma}_x^2$ - $\bar{\sigma}_x^2$, X の関係。

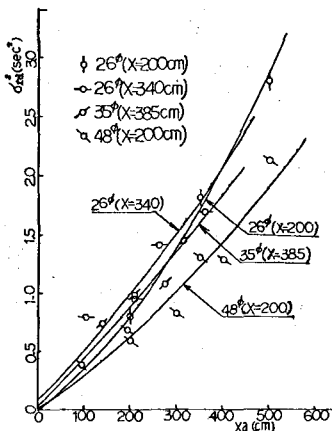


図6. $\bar{\sigma}_{xa}^2$ - X_a の関係。