

京大工 正員 松岡 謙
京大工 学員 ○水田裕之
京大工 正員 岩井重久

水系の形状変化、中でも凹部における水質挙動の把握は、河川における死水域、又海湾等の水質の変化を定量化する上で非常に重要であると思われる。本研究では、特に、河川の凹部が、後流分散へ及ぼす影響を調べるため、凹部と主流部間での水質の移動係数を導入し、そのモデルの妥当性について研究した。

本研究では、まず図-1の様な水路において、凹部の水質収支式を次に様にあく。⁽¹⁾

$$H(x_1, x_2) \frac{\partial c_1}{\partial t} = k(c - c_1)H(x_1, x_2) \quad (1)$$

ここに、 c_1 は凹部の濃度、 c は主流部の濃度、 k は水質移動係数であり、関数 $H(x_1, x_2)$ は、 $x < x_1$, $x > x_2$ の時 $H=0$, $x_1 < x < x_2$ の時、 $H=1$ である。

次に、主流部における分散の基礎式は、次式で表わされる。⁽²⁾

$$\frac{\partial c}{\partial t} + u \frac{\partial c}{\partial x} = E \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{2B}{D} k(c_1 - c)H(x_1, x_2) \quad (2)$$

本研究においては、水路の両側に凹部を設置しているの、右辺第2項の係数が2Bとなる。式(2)をそのままで解く事も可能であるが、本研究には、区間 $x_1 \sim x_2$ において、右辺第1項に比べ第2項が卓越していると考え、第1項は除外する。そこで、分散の増分を求めるために、式(1), (2)を、それぞれラプラス変換すると次式となる。

$$H(x_1, x_2) s Y_1(x, s) = k \{ Y(x, s) - Y_1(x, s) \} H(x, x) \quad (3)$$

$$s Y(x, s) + u \frac{d}{dx} Y(x, s) = \frac{2B}{D} k \{ Y_1(x, s) - Y(x, s) \} H(x_1, x_2) \quad (4)$$

式(3), (4)より Y_1 を消去し、 $x > x_2$ として、 x まで積分すると、次式を得る。

$$Y(x, s) = \exp \left[- \frac{s}{u} \left\{ \frac{2B}{D} \frac{(x_2 - x_1)}{(s/k) + 1} + x \right\} \right] \quad (5)$$

ここで、次式の様に、 m_1 , m_2 をおく。

$$\lim_{s \rightarrow 0} \frac{dY}{ds} \bigg/ \lim_{s \rightarrow 0} Y = -m_1, \quad \lim_{s \rightarrow 0} \frac{d^2 Y}{ds^2} \bigg/ \lim_{s \rightarrow 0} Y = m_2 \quad (6), (6')$$

すると、凹部における分散の増加分 $\Delta \alpha^2$ は、近似的に次式となる。

$$\Delta \alpha^2 = m_2 - m_1^2 = \frac{4B\lambda}{k u D} \quad (7)$$

実験では、まず、水の性質を調べるため、凹部にパンクをくぐるまま、その数%になる時間 $T(\text{min})$ を、求めている。時間係数 T を求めたグラフの一例を、図-2に示す。なお、測定は、長さ21m、幅16cmの水路両側に、設け

Fig.1

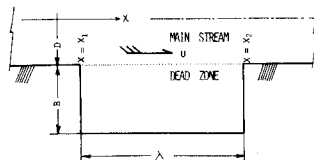


Fig.2

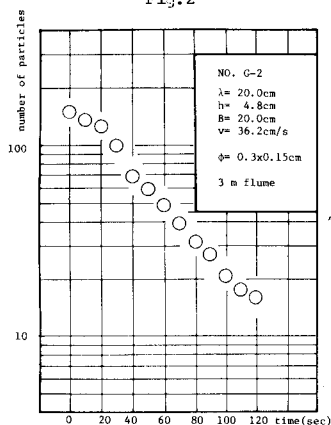
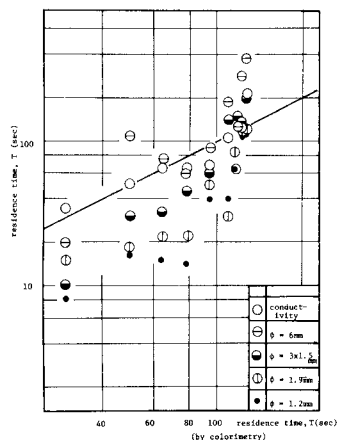


Fig.3



られた、 $B=8\text{cm}$ の凹部を使用し行なっている。また、測定値に、一般性を与えるために、別の長さ 3m 、幅 51cm の水路を用い、凹部の形状比 λ を、段階的に変化させ、パンチくずの大きさも変えて、 T を測定している。さらに、パンチくずと実際の水質との関係を調べるため、メタレンブルー及び KCl 溶液を流し、凹部において、定常状態からの濃度の減少率を測定し、同様の操作を行い、 T を導いている。その比較結果を図-3に示す。また、パンチくずによる結果を図-4に、所数との関連においてプロットした。

上述した T とは、 $T=2\frac{3}{4}$ の関係にあり、この式を、式(7)に代入すると、式(8)となる。

$$\Delta\sigma_c^2 = \frac{1.74B\lambda T}{uD} \quad (8)$$

いっぽう、式(8)に対応して、前述した長さ 21m 水路を使用し、凹部における分散の増加分を求めている。測定は、 KCl 溶液を投入し、白金電極を用い、データレコーダに記録した C - x 曲線から、モーメント法により分散を求め、図-5の様に推定している。なお、投入は、水深、流量、入を系統的に変化させて行った。1つの水理条件で、3回の投入を行い平均値を出した。

士2、式(8)より、 $\Delta\sigma_c^2$ と T との関係は式(9)の様に書くことができる。

$$\frac{\Delta\sigma_c^2 u^2 D}{1.74B^2 \lambda} = \frac{Tu}{B} \quad (9)$$

上式の $\Delta\sigma_c^2$ 、 T に実験結果を代入しプロットしたのが図-6である。

結論： 1. 凹部における水質交換は、所数、及び形状比 λ により系統的に変化する事が推測される。いっぽう、流量による顕著な差は見られず、この事は、凹部における水質移動に、 R_c 数が主な関与してはいない事を示す。

2. また、粒子の大きさにより、凹部における水質移動係数に違いが見られる。

3. 図-6より理解できるように、基礎式(1)、(2)より導かれたモデル式(8)では、凹部による分散の増加を完全に説明できない。これは、式(1)では、凹部の水質は横方向に完全混合されると考えたのに対し、実際は、その一部分でしか混合が行なわれていない事によると思われる。

4. 従って、河川の形状変化の移流分散に及ぼす影響を調べるに当たっては、以上の3つのことを考慮して行う必要があると思われ、これらの事に注目して、現在、凹部と主流部の境界面における乱れによる、移動係数の機構の把握、及び定量化を行っている。

最後にあたり、本研究に際し、終始助言を賜った京都大学衛生工学教室、佐々木助教授に、感謝の意を表します。

Fig.4

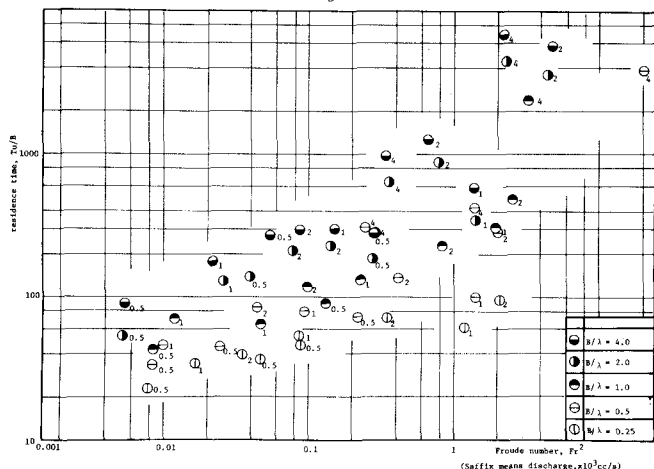


Fig.5

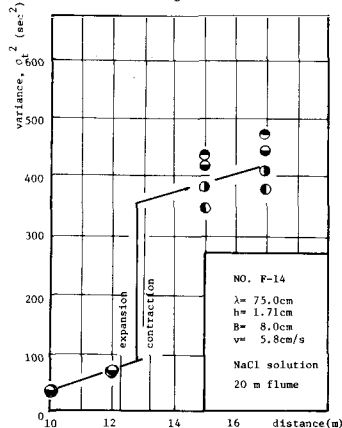


Fig.6

