

II-197 河川における水質伝播に及ぼす流況特性の影響について

京都大学工学部 正員 末石 富太郎

同 上 “ 佐友 恒

同 上 “ 和田 安考

1. はじめに

筆者らは流体中に生ずる短絡流が水質伝播に重要な影響を及ぼすことを沈殿池を例としてこれまで明らかにしてきた¹⁾。ここでは同様に河川の流況により生じる短絡流に注目し、河川流入水質の水質変動が短絡流の効果によって緩衝作用を受け、水質伝播に大きな影響をもたらす点に注目している。河川の水理学的流況特性による短絡流の水質伝播特性に与える影響については、水質のみを考慮したものは一部発表されているが²⁾、水量、水質両者を考慮した解析はまだほとんどなされていない。ここでは水量の式と水質の式とを考慮した短絡流の水質伝播効果について水路実験を中心に報告する。

2. 短絡を考慮した従来の研究

Thackstonらは河川内で生じる短絡流において、短絡部と非短絡部にに関して次の水質の連続式を立て水質伝播の予測を行なっている。

$$\frac{\partial C_a}{\partial t} = D_a \frac{\partial^2 C_a}{\partial x^2} - \bar{u} \frac{\partial C_a}{\partial x} + K_a(C_a - C_d) \quad (1)$$

$$\frac{\partial C_d}{\partial t} = K_d(C_a - C_d) \quad (2)$$

C_a : 非短絡部の平均濃度

D_a : 非短絡部の拡散係数

K_a : 非短絡部の物質輸送係数

C_d : 短絡部の平均濃度

D_d : 短絡部の拡散係数

K_d : 短絡部の物質輸送係数

これを用いて各地点、各時刻における濃度を解析的に求め、実験値と検討しており、テネシー川ではほぼ妥当な結果を発表している。一例として、流下時間 6.95 時間での短絡流の割合による濃度変化を表わいたものが図-1 である。短絡率が大きくなるに従ってピーク濃度は低下し、しかも早い時間にピークの生じることが指摘されている。これによっても短絡流の影響が水質伝播特性に大きな影響を与えていることがわかる。

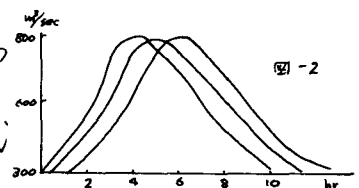
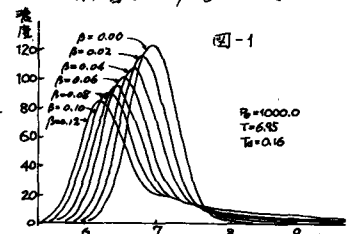
一方、常松らは実河川の河道の茨水追析において、河道のモデル化を行ない河道の複断面を矩形断面に置き換え、粗度が大くなるに従いピーク到達時刻が図-2に示すように影響を受けることを報告している。

3. 模型水路における実験と考察

短絡流は河川の流況特性、河道特性の影響を受け、これが水質伝播に影響するため水量と水質の連続式、運動方程式とを組みこんで解析をする必要がある。

3-1. 理論的考察

実河川では短絡部と非短絡部の間に水量、水質の流出入が行なわれるため、横から流出入のある開水路を仮定する必要がある。流速の大きい河川では輸送による影響が拡散よりも大きいと考え、その基礎式



を次のように表わす。

$$\frac{\partial C_1}{\partial t} + C_1 \frac{\partial u_1}{\partial x} + u_1 \frac{\partial C_1}{\partial x} = C_1 g_1 - C_2 g_2 \quad (3)$$

$$\frac{\partial C_2}{\partial t} + C_2 \frac{\partial u_2}{\partial x} + u_2 \frac{\partial C_2}{\partial x} = C_2 g_2 - C_1 g_1 \quad (4)$$

$$\frac{\partial u_1}{\partial t} + \alpha u_1 \frac{\partial u_1}{\partial x} - (\alpha - 1) \frac{u_1}{h_1} \frac{\partial h_1}{\partial t} + g \cos \theta \frac{\partial h_1}{\partial x} = g \sin \theta - \frac{\tau_0}{\rho R} - \alpha u_1 \frac{g_1}{h_1} \quad (5)$$

$$\frac{\partial u_2}{\partial t} + \alpha u_2 \frac{\partial u_2}{\partial x} - (\alpha - 1) \frac{u_2}{h_2} \frac{\partial h_2}{\partial t} + g \cos \theta \frac{\partial h_2}{\partial x} = g \sin \theta - \frac{\tau_0}{\rho R} - \alpha u_2 \frac{g_2}{h_2} \quad (6)$$

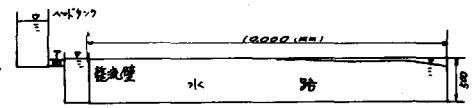
$$\frac{\partial h_1}{\partial t} + u_1 \frac{\partial h_1}{\partial x} + h_1 \frac{\partial u_1}{\partial x} = g_1 \quad (7)$$

$$\frac{\partial h_2}{\partial t} + u_2 \frac{\partial h_2}{\partial x} + h_2 \frac{\partial u_2}{\partial x} = g_2 \quad (8)$$

C_i : 濃度 u_i : 平均速度 h_i : 水深 g_i : 横からの流出入 α : エネルギー係数

τ_0 : 摩擦係数 $i = 1, 2$; 短絡部, 非短絡部

これらの式を特性曲線法を用いて非定常解析を行なう。

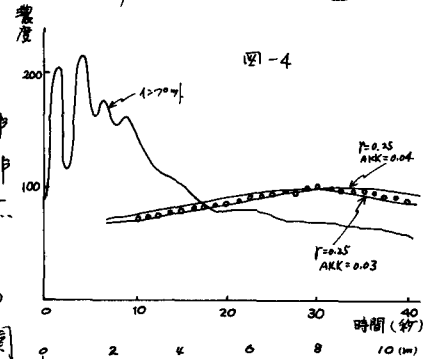


3-2. 水路実験

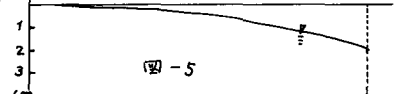
水質伝播と短絡流との関係を実験的に解析するため水路実験を行ないその概略を図-3に示す。水路の中に極端な短絡流を生じさせるためのバツフル(板長 24cm, 板中 1cm, 板厚 1cm)を1mおきに1枚、流量を(25ℓ/sec ~ 55ℓ/sec)変化させながら上流端でトレーサー(ce^-)を流し、下流端で水質伝播応答を電極で連続的に測定した。また同時に水面形も測定した。

3-3. 結果と考察

上の結果の一部を図-4, 図-5に示す。図-4は短絡部・非短絡部との交換が流速に一次関係とし、その割合を0.04, 0.03, 非短絡部を0.25と1に与えたもので、実線はインプットの状態で、点線はアウトプットの実測値であり、破線が理論的解析値である。



ほぼ実測値と理論計算値とが合っており、この場合は、みかけの短絡部分が0.75となっている。みかけの粗度と非短絡部分との関係を図-6に示す。みかけの粗度の増加とともに、非短絡部分が小さくなり、短絡が大きくなっている。交換水量と非短絡部分との関係を図-7に示す。流量が増大するにつれて短絡が小さくなっている。



4. おわりに

水質伝播と短絡流とについて実験的考察を中心に簡単に述べたが、流況特性、河道特性により短絡流が生じ、これが水質伝播に大きな影響をもたらすことが明らかになってきた。現在、水量、水質の運動の式、連続の式と関係をつけ、特に右辺に横からの流出入のある場合について研究中であり、機会をみて発表したい。本研究に当たり水路の便宜をいただいた岩佐教授に謝意を表します。

参考文献

- 1) 佐々木 昭: 短絡流による沈殿処理能力の弾力性について, 水質汚濁防止学シンポジウム, 1970.
- 2) Edward L. Thackston, Karl B. Schnelle; Predicting Effect of Dead Zone on Stream Mixing, ASCE, Vol. 96, SA 2, 1970.4
- 3) 岩佐 肇: 洪水調節における河道のモデル化について, 水質汚濁防止学シンポジウム, 1971.

