

移流分散式の数値解析と現地河川への適用

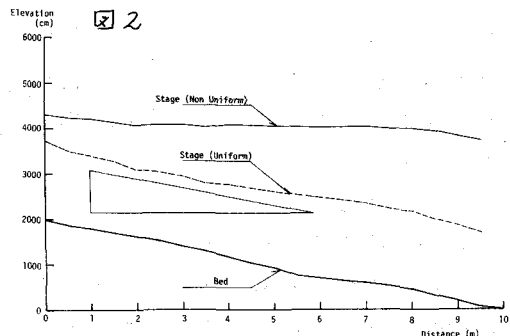
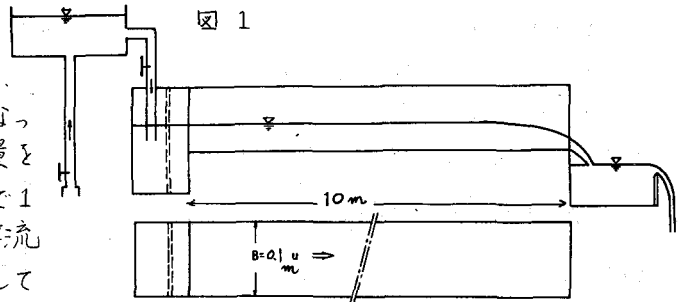
京都大学工学部 正員 岩佐 義朗
 正員 〇綾 史郎
 京都大学工学部 小門 武

1. はじめに

流水中の保存物質の挙動は、一次元解析法を用いることにより、いわゆる移流分散方程式で記述される。流れの場が一様である場合は、流速、移流分散係数も定数となり、解析解も求まることが多いが、我々が主として対象とするような河川では、流れは、多く不等流、不定流として、扱われねばならず、このような場合には、解析解を求めることは困難で、数値的に解を求めねばならないことが多い。本研究は、このような場における物質の挙動を把握することと目的として、その数値解法について、検討しようとしたものであり、等流 および、不等流における移流分散実験を行ない、解析解 および、数値解と比較し、現地河川への適用をはかろうとしたものである。

2. 移流分散実験

図-1に、実験水路の概要を示す。水路は木製で、底勾配は $\frac{1}{500}$ であり、全長10mである。実験は3ケース行なった。すなわち等流状態において、流量をかえて、2ケースおよび、水路末端で1cmのせきをつくり、せきあげて、不等流をつくった。実験はトレーサーを流して導電率計を用いて、トレーサーの濃度を計測した。トレーサーとしては、アルコールで比重調整した6%食塩水を用いた。実験の際の水理量を表-1に示す。実験資料の解析は、等流状態の際



$$\sigma_t^2 = \frac{\int_0^\infty C(x,t) t^2 dt}{\int_0^\infty C(x,t) dt} \quad (1)$$

の路離的变化が直線的になるようになってからのものを対象にしたが、Fischerの示した、無次元時間では、遷移域から、分散域へのあたりに相当する。

図-2は、1cmせきあげた場合における水面形状を示したものである。図-3は、不等流時におけるモーメントの成長を示したものであるが、直線的に変化しているとも言いがたい。表-1には、モーメント法を用いて計算した分散係数も記入してあるが、不等流の

場合においても、近似的に次式で求めた値を記入してある。

$$D = \frac{1}{2} u^3 \frac{d\sigma t^2}{dx} \quad (2)$$

また 図-4 は 不等流状態における、移流分散過程において、ピーク濃度、重心の伝播速度をみるために、その生起時刻と場所との関係を示したものである。参考のために、平均流速で移動した場合のものも記してあるがこのような、不等流では、三者はほぼ一致しているようである。

3. Routing 法

ここでは Routing 法としては、Fischer の示した式ではなく、次式を用いておこなった。

すなわち

$$\begin{aligned} t=0 \quad & \text{で} \quad C(x, 0) = 0 \\ x=0 \quad & \text{で} \quad C(0, t) = f(t) \\ x \rightarrow \infty \quad & \text{で} \quad \frac{\partial C}{\partial x} \Rightarrow 0 \end{aligned}$$

の境界条件のもとで移流分散方程式

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} - D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \quad (3)$$

を解いた。

$$C(x, t) = \frac{x}{2\sqrt{\pi D}} \int_0^t f(t-\tau) \exp\left[-\frac{(x-u\tau)^2}{4D\tau}\right] \frac{d\tau}{\tau^{\frac{3}{2}}} \quad (4)$$

である。

図-5 は 表-1 の Run 1 について Routing した結果を示したものであり、分散係数値として、モーメント法で求めた値は、若干大きいようである。

図-6 は 不等流(Run II) に対して、Routing した結果であるが、流速としては、水路各断面の平均流速を、また分散係数としては、 $15 \text{ cm}^2/\text{sec}$ の値を用いて Routing した結果である。この実験結果では、ほぼ(3)式が成立しているようである。

数値解析の手法と、その結果については 講演 に述べる。

水理			
流量 (L/s)	0.394		0.786
平均水深 (cm)	3.30 (3.19~3.46)		2.47
水路幅 (cm)	10.0		10.0
平均流速 (cm/s)	11.9 (12.3~11.4)		31.8
Fr. No.	0.210		0.650
Re. No.	3230		6400
摩擦速度 (cm/s)	0.702 (0.28~0.88)		1.80
分散係数 (cm ² /s)	49.3 (103~30)		110.0
分散係数 (D/u _h)	21.3 (34.6~11.8)		24.8

