

III-19

流下方向密度勾配が流れに及ぼす影響について (II)

九州大学 正員 栗谷 高一
長崎大学 " 古本 勝弘
九州大学 " 中尾 正和
" 学生員 加藤 健一

1. まえがき

新報で、現象に近い混合状態の懸濁河川をモデルとして、流速分布、濃度分布、及び混合の拡散係数の解析解を与えたが、今回は、一連の実験を行ない、理論との比較を試みた。

2. 実験装置と実験方法

図-1 に示す様子、模型水路を使用し、懸濁河川に於ける拡散実験を行った。模型水路は、長さ 156 cm、高さ 9.6 cm、幅 9.7 cm の大きさのアクリル製水路を使用し、その両端には、淡水槽、及び塩水槽を備えつける。淡水と塩水との混合は、水路底に装着して回転するベルトによって起こされ、流速は、ベルトの回転速度を変えることによって調整する。また、塩水は、ウランによって着色する。

塩分濃度の測定は、塩分濃度計を用い、流下方向に 2 点、水深方向に 2 点、両水槽で 2 点、計 6 点で測定した。

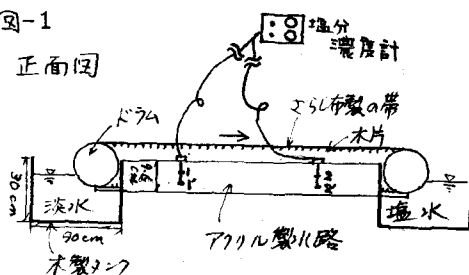
平均流速は、ベルトの回転速度より換算して求め、動水勾配は、マノメータによって実測した。

ベルトの表面は、適当な粗度をもたせるため、横を等間隔に貼付けた。Manning の粗度係数は、 $n = 0.017$ であった。

表-1 に実験条件を示している。

図-1

正面図



平面図

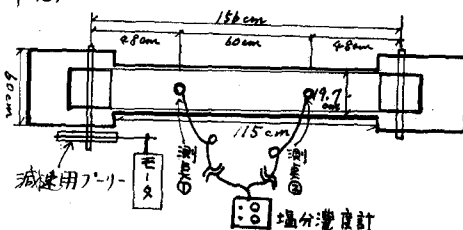


表-1

EXPERIMENT	EXP SIGN	DEPTH h (cm)	MEAN VELOCITY u (m/sec)	$E_s = \frac{u_s - u}{u}$	INTERNAL FROUDE N $Fr_i = \frac{u}{\sqrt{g h}}$	MEAN TEMPERA T (°C)	KINETIC VISCOSITY $\nu \times 10^6$ (m^2/sec)	REYNOLD NUMBER $Re = \frac{u h}{\nu}$
1	○	0.062	0.238	0.0320	1.707	12.0	1.240	11900
2	○	0.041	0.206	0.0220	2.191	12.0	1.240	6811
3	X	0.040	0.128	0.0050	2.891	12.0	1.240	4129
4	△	0.041	0.198	0.0063	3.935	12.0	1.240	6547
5	□	0.047	0.204	0.0055	6.040	12.0	1.240	11523
6	●	0.041	0.333	0.0075	6.066	12.0	1.240	11010

3. 実験結果及び考察

鉛直密度勾配により、見かけの拡散係数が増加する

場合には、濃度の水平勾配に比べて、鉛直勾配が増加

するはずである。試みに $\frac{(S_1 - S_2) + (S_2 - S_1) + (S_3 - S_1) + (S_3 - S_2)}{2}$

を σ に対して図示すると、図-2 のようになり、明らかにこの傾向が示される。

図-3 に流下方向の濃度勾配に対する、見かけの拡散

係数の変化の様子を示している。ここで、 σ 、 σ' は、

それぞれ、無次元化濃度勾配、及び、無次元化見かけ

の拡散係数であり、次の様に定義した。

$$\sigma' = \frac{2 S_0 u_*}{g \ell^2} \cdot \sigma$$

$$D_0 = \frac{u_* \ell}{\kappa^2} \cdot D$$

ただし S' : 流下方向濃度勾配 ($= \frac{\partial S}{\partial x}$)、 x : 流下方向座標

D_0 : 見かけの拡散係数、 S_0 : 淡水密度

κ : 濃度勾配のない場合の Karman 定数 (0.4 とした)

u_* : 摩擦速度 ($\sqrt{g \ell i}$)、 i : 動水勾配

ℓ : 水深、 g : 重力加速度

図-2 に於いて、解析値より、実験

値の方が過大に見かけの拡散係数を与え

ている。流下の Reynolds 数が

減少するにつれて、理論値よりも一般

に大きくなっている。理論値は、Re 数

が、十分大きいとして、導かれたもの

であるが、実験の Re 数は、十分大き

いとは言えず、特に密度勾配の大きい

ときには、乱流強度が、単に Re 数より

推定されるものよりも、はるかに弱

くなるため、普通には、十分乱流域と

考えられる Re 数に対しても、Re 数の低

下による見かけの拡散係数の増大が顕著

にあらわれるものと考えられる。解析

解の算出に当たって、密度差のない場合に対する混合距離を、単に、 $\ell_0 = \kappa \cdot z$ (z : 水路底より鉛直上方に

とった座標) と仮定している。しかしながら、自由表面の影響も考慮すれば、これは、当然、補正する必要が

あり、見かけの拡散係数の解析値は、これ以上に増加すると考えられる。

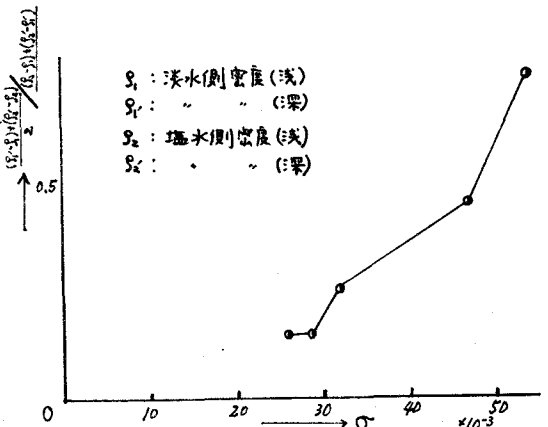


図-2

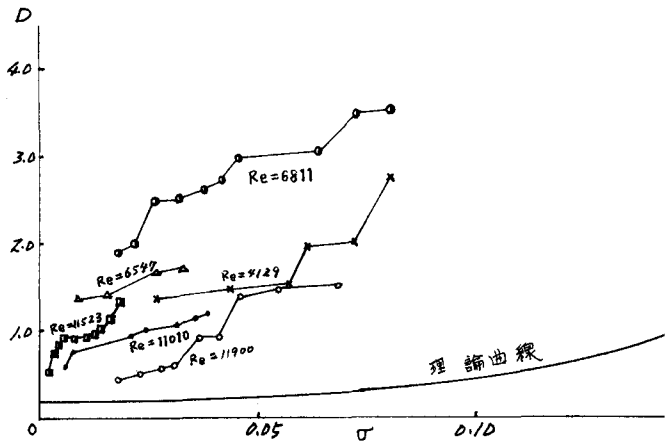


図-3 無次元濃度勾配 σ と無次元拡散係数 D の関係

参考文献

1) 栗原道徳 "渦動状態の確率論的新定義とその基礎方程式の誘導" 九州大学流研報告 1巻1号 (1977)

2) J. W. ELDER "The Dispersion of Marked Fluid in Turbulent Shear Flow" Journ. Fluid Mechanics, Vol. 4 (1959)

3) 日本橋弘 "流下方向密度勾配が流れに及ぼす影響について" 第28回土木学会年次学術講演会概要集 (1973)