

II - 7 開水路流れにおける拡散過程について (オ5報)

京都大学工学部 正員 工牌 岩 佐 義 朗

京都大学工学部 正員 工修 今 本 博 健

大阪市役所 正員 上修 藤 田 善 俊

開水路流れにおける拡散現象を説明する方法には、(1) 拡散基礎式にもとづく方法と、(2) 統計論的取り扱いにもとづく方法との二つの方法に大別されるが、(1)の方法は、拡散定数の時間あるいは場所の関数の場合には、一般に解を求めることが困難となり、また、拡散基礎式計算にといつものの問題点も有しているため、実際問題に適用するにさいしては、多くの困難性があるといえる。一方(2)の方法は、拡散場が等方かつ一様乱流場に属している場合に付きわづかしくなるが、非等方性乱流場における拡散現象に対しては未解明の点が多く、まだ一般化されるに至っていないといえる。本研究は、非等方性乱流場における拡散現象を説明するためのもので一段階として、せん断流場について導かれる拡散場をすべて等方性乱流場に属する場合の濃度分布式の、実際の開水路流れにおける拡散現象との適合の程度を明らかにしようとするものである。

1. 乱流場の分類

一般に、定常流れにおける乱流場は局所的平均流速 (local mean velocity) と乱れ (turbulence) とによって特性づけられる。また、局所的平均流速は、uniform と non-uniform とに、乱れは、空間性からい、isotropic と non-isotropic とに、空間性からい、homogeneous と non-homogeneous とに分類され、それらの組み合わせによって数種の乱流場が考えられるが、実用上産現される乱流場は、つぎの2種である。

1. 一様乱流場 $\left\{ \begin{array}{l} \text{local mean velocity ; uniform} \\ \text{turbulence ; isotropic and homogeneous} \end{array} \right.$
2. せん断乱流場 $\left\{ \begin{array}{l} \text{local mean velocity ; non-uniform} \\ \text{turbulence ; non-isotropic and non-homogeneous} \end{array} \right.$

2. 実験装置および実験方法

本研究に用いた実験水路は、幅 25 cm、深さ 35 cm、長さ 16 m の長方形断面直線水路で、内壁は全面に透明な強化ビニール樹脂の滑面からできている。水路床は配管 $1/500$ に固定し、上流端に整流箱、下流端に水位調節用の堰き上げ板が設置されている。

拡散物質として食塩水を使用し、その濃度は 500 g/30 L とし、直径 2 mm の pipe を通して下流に何れも連続的に放流する。なお注入装置設置による影響は流下距離 5 cm では、ほとんど無視できると確認されている。資料採取装置は直径 1 mm 程度の注射針の先端 2 cm 程度を流れの上流方向に曲げ、1 cm 間隔で 22 本並列したものを用いた。これらをビニールチューブに連結し、サイフォンで必ずに設けた採取ビンに受け、その電導度と測定して濃度を換算する。

3. 実験結果および考察

理論的には Taylor の統計理論より出発し、拡散物質が境界面で完全反射されると仮定した式⁽¹⁾を使用

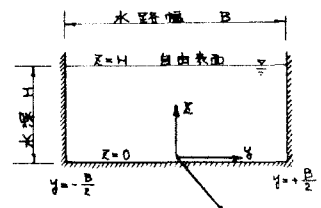


図 (1)

する。すなわち、無次元化表示によって、2 換は

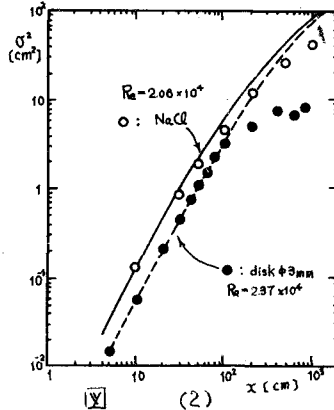
$$\bar{C}_b(x, y_*, z_*) = \frac{q_b}{u_{HB}} f_y(y_*, \sigma_{yB}) \cdot f_z(z_*, \sigma_{zH})$$

$$\text{である。ここで } \frac{\sigma}{B} = \sigma_{yB}, \quad \frac{y}{B} = y_*, \quad f_y(y_*, \sigma_{yB}) = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_{yB}} \exp\left[-\frac{(y_{i*} - y_{s*})^2}{2 \sigma_{yB}^2}\right]$$

$$\frac{\sigma}{H} = \sigma_{zH}, \quad \frac{z}{H} = z_*, \quad f_z(z_*, \sigma_{zH}) = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_{zH}} \exp\left[-\frac{(z_{i*} - z_{s*})^2}{2 \sigma_{zH}^2}\right]$$

また座標系は図(1)に示す通りである。

図(2)は濃度拡散と粒子拡散について標準分散と流下距離の関係を示したものである。なお、実線は濃度拡散、点線は粒子拡散に関して Taylor の統計理論から求めた理論曲線である。この図より、拡散現象は拡散物質とその媒質との相互作用によつて大きく異なることが示されている。



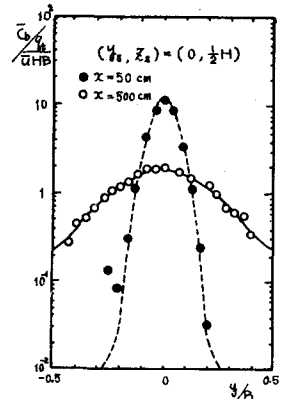
(2)

また一様乱流域と考えられる領域

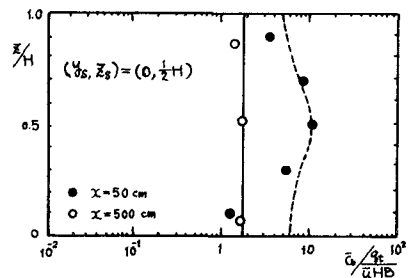
では理論曲線と実験値が一致し Taylor の理論が成り立つ

$$D_y = \frac{1}{2} \frac{d\sigma^2}{dx} = \overline{v^2} \int_0^{\infty} R_t dt$$

が十分適用されることを示している。ここで D_y は y 方向の拡散係数、 R_t は時間間隔 t だけ離れた点における変動速度の相関係数である。図(3)においても一様乱流域と考える部分は理論曲線と実験値が比較的よく一致している。しかし境界面近くの流れの強さが大きく異なる部分は等方性乱流域と考えられず、実験点にはばらつき傾向を有す。図(4)の x 方向の分析では、local mean velocity が大きく異なる所で実験値は大きく



(3)



(4)

なり、小さく異なる所で反対の結果を示している。これは理論的考察とは違つた結果となる。すなわち y 方向は一様乱流域と仮定することができず、turbulent shear flow として解析しなければならぬ。

この現象の説明として局所的な時間の変れ、局所的な平均流速の異なりによる圧力差などが考えられるが、それらによる輸送過程の説明するまでには至っていない。また平均流速の配の存在にもかかわらず、濃度が全断面を通じて一定の領域が生ずることも今後の課題として興味ある問題である。

1) 岩佐、今本、藤田：“南水路流れにおける拡散過程について(予報)”

土木学会関西支部年次学術講演会講演概要(1964)