

京都大学工学部 正員 工博 岩 佐 義 朗

京都大学工学部 正員 工修 今 本 博 健

京都大学大学院 学生員 O 井 上 和 也

1. 序 言

せん断乱流場における拡散現象は、乱れの特性和局所的平均流速分布の特性和によって規定されるが、せん断乱流場におけるこれら二つの特性については未解明の点が多く、現段階において、拡散現象を理論的に取り扱うことは、ほとんど不可能であるといえよう。すなわち、拡散現象を解明するさいに広く用いられている二つの方法、拡散基礎式による方法および統計論的方法において、前者の方法の適用にさいしては、拡散係数を与える必要があるが、せん断乱流場における拡散係数は場所によって異なるため、拡散基礎式の解を得ることは困難であり、また、拡散係数の概念についても不明確な点を有している。一方、せん断乱流場における乱れの構造ないしはその統計的特性が解明されていない現在、後者の方法の適用も困難である。本報告は、点源から希薄な食塩水を流れの中へ注入した場合の濃度変化の状態を実験的に把握するとともに、せん断乱流場における濃度分布特性を究明しようとするものである。

2. 濃度分布式

無限の広がりをもつ等方性一様乱流場において、点源からの拡散現象に対する濃度分布は正規分布となるが、われわれが対象とする南水路流れにおいては、流れの場が、水面、両側壁および底壁によって限定されており、また、乱れの構造の見地からは、等方性乱流場とせん断乱流場との二つの乱流場より成り立っているため、濃度分布の正規性は一般に認められな。しかしながら、1において述べたように、せん断乱流場における濃度分布式を理論的に導くことは不可能であるため、以下においては、流れの場をすべて等方性一様乱流場とし、拡散物質は各境界面で完全に反射されるとして導かれる濃度分布式¹⁾

$$C_{3D}(x, y, z) = \frac{S_0}{4\pi} \sum_{i=1}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left[-\frac{(y_i - y_0)^2}{2\sigma^2}\right] \sum_{j=1}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left[-\frac{(z_j - z_0)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (1)$$

ただし $y_1 = (\frac{1}{2} + 2i)B \mp (H - y_0)$ および $y_i = (\frac{3}{2} + 2i)B \pm (\frac{B}{2} - y_0)$, $z_1 = (1 + 2j)H \mp (H - z_0)$ および $z_j = -(1 + 2j)H \pm (H - z_0)$

S_0 : 点源から流れに注入される単位時間当りの拡散物質の量, σ^2 : 拡散場が無限の広がりをもつ場合の濃度分布の分散を基礎として、せん断乱流場における拡散特性を考慮した補正を行ない、近似的な濃度分布式を導く。

J. O. Hinge²⁾などの空気の流れにおける熱拡散実験によると、せん断乱流場における温度分布は正規性を失ない、局所的平均流速の大きな方へひずむことが確かめられている。この結果より、せん断乱流場での濃度は、一様乱流場の場合の $(\bar{U}/U)$ 倍となると仮定すると、つぎのようになる。

$$\bar{C}_{\text{shear}} = K \frac{\bar{u}}{U} \bar{C}_{\text{iso}} \quad (2)$$

ここで、 U および $\bar{u}$ は、それぞれ、一様乱流場およびせん断乱流場における局所的平均流速であって、実用上においては、 U として断面平均流速 Q/A を用いる。

3. 実験結果および考察

実験装置および実験方法については、既報告³⁾のものと同様であるので省略する。

図-1は、濃度分布の分散 σ^2 と x との関係を示したもので、曲線(1)は、G.I.Taylorの拡散理論によるもの、曲線(2)は、(1)式にもとづく結果である。 σ^2 の測定値は、曲線(2)に比し、やや小の値となっており、せん断乱流場での濃度は、(1)式より小となることを示している。

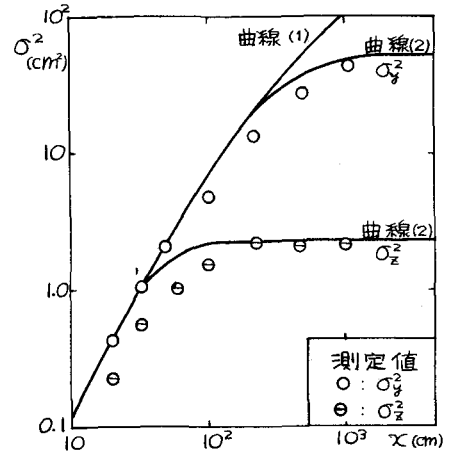


図-1

図-2は、上の実験における y -方向の濃度測定値の結果であるが、拡散場が等方性乱流場と見方しうる $1/8B \leq 0.6$ の領域内にある場合($x=50\text{cm}$ の場合)には、(1)式とよく一致しているのに対し、拡散場がせん断乱流場にまで広がっている場合には、とくに、せん断乱流場の領域において(1)式と離反することが認められる。せん断乱流場の影響として、局所的平均流速分布のみを考慮した(2)式の関係と比較すると、比較的良好に一致していることがわかる。

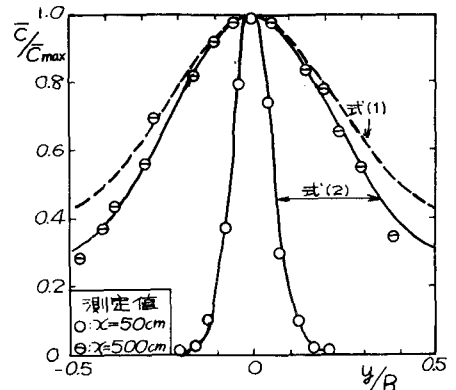


図-2

以上の実験は、泉源の位置 $(0, y_0, z_0)$ を、 $(0, 0, H/2)$ とした場合であって、泉源の位置を変えた場合における(2)式の適用性については不明であるが、この種の実験については現在進行中であるので、講演時に述べる予定である。

せん断乱流場の拡散現象は、乱流拡散現象の一般的形式のものであって、その解明は、水工学上の立場からも、きわめて重視されている問題であるが、この現象を本質的に解明するためには、現象論的立場から論ずるのみでは不十分であって、輸送機構の解明が必要とされ、今後においては、輸送機構の解明を目的として、研究を進める予定である。

参考文献

- 1) Iwasa, Y. and H. Imamoto, "Turbulent Diffusive Process in Open Channel Flow by Means of Tracer Injection", 11th IAHR Congress, Leningrad, Sep. 1965.
- 2) J.O. Hinge and B.G. van der Hegge Zijnen, "General Discussion on Heat Transfer", London, 1951.
- 3) 岩佐義朗, 今井博徳, 藤田善信, "南水路流れにおける拡散過程について(オ5報)" オ20回土木学会年次学術講演会講演概要 1965