

大気汚染物の拡散式に関する一考察

京都大学工学部 正員 山本剛夫

正員〇西田 薫

まえがき

現在、大気汚染物の拡散が問題となっている。特に、排出量の多い汚染源に対して、気象条件を考慮した汚染源の管理・制御、或いは、拡散の予測が必要となっている。本報告では、従来の気象観測データ（風向・風速）により、汚染物の拡散を簡単に推定する方法を考察した。同時に、野外拡散データと風洞実験データとを用いて、拡散式の適合性についても若干の検討を行った。

1. 拡散式

連続点汚染源に対する汚染物の拡散は、横方向にも垂直方向にも正規分布（標準偏差 σ_y , σ_z ）をなし、汚染物に作用する平均風速 U 、汚染物の排出速度 Q は一定であり、汚染物は地表で完全反射すると仮定すると、濃度分布 $\chi(x, y, z; H)$ は次式で表わされる。

$$\chi(x, y, z; H) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_zU} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \left\{ \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2\right] + \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H}{\sigma_z}\right)^2\right] \right\} \quad (1)$$

ここで、 H は煙突の有効高さ、 y , z はそれぞれ横方向、垂直方向の座標である。

拡散中（標準偏差） σ_y , σ_z は

$$\sigma_y^2 = 2\bar{U}^2 \int_0^T \int_0^t R_{L,y}(\xi) d\xi dt \quad \sigma_z^2 = 2\bar{W}^2 \int_0^T \int_0^t R_{L,w}(\xi) d\xi dt \quad (2)$$

で規定される¹⁾。ここで、 R_L は乱流速度に関するLagrange相関で、各々

$$R_{L,y} = \frac{v(t)v(t+\xi)}{v^2} \quad R_{L,w} = \frac{w(t)w(t+\xi)}{w^2} \quad (3)$$

である。 v , w は y , z 方向の乱流速度である。Eq. 2, 3に含まれるLagrange相関 $R_L(\xi)$ は、Pasquill²⁾によれば

$$R_L(\xi) = R_E(\tau) \quad \xi = \beta\tau \quad (4)$$

で表わされる（ β : 定数）。従って、 $R_L(\xi)$ はEuler相関 $R_E(\tau)$ から推定される。

Euler相関は風洞実験からの実験式として次のように仮定する。

$$R_E(\tau) = 1 - (3\tau t_E)^{-1/2} \tau^{1/2} \quad 0 \leq \tau \leq 3\tau t_E \quad (5)$$

$$= 0 \quad \tau > 3\tau t_E$$

ここで、 $t_E = \int_0^\infty [1 - (3\tau t_E)^{-1/2} \tau^{1/2}] d\tau$ である。この関係を図示すると、Fig. 1となる。

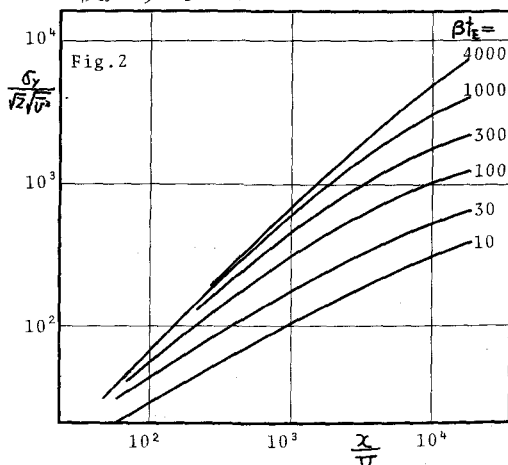
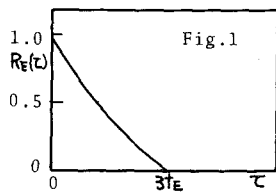
Eq. 4, 5から、Eq. 2は次のように変形される（ y 方向）。

$$\frac{\sigma_y^2}{2U^2} = \int_0^T \int_0^t [1 - (3\beta\tau t_E)^{-1/2} \tau^{1/2}] d\tau d\xi$$

$$= \frac{T^2}{2} - 0.154(\beta t_E)^{-1/2} T^{5/2}, \quad 0 \leq T \leq 3\beta t_E \quad (6)$$

$$= (\beta t_E) T - 0.9(\beta t_E)^2 \quad T > 3\beta t_E$$

Eq. 6を用いて、 βt_E に種々の値を代入して計算した結果を図示すればFig. 2となる。Fig. 2に現



在までに行なわれた野外実験データから $\sigma_y/\sqrt{z}$ と $T = z/u$ の関係をプロットし、図上より β_{Te} の値を推定してあと、拡散式 Eq. 1 を用いて汚染物濃度 χ を推定することが可能となる。

2. 拡散式の検討

Pasquill³⁾により求められた $\sigma_y - \chi$ の関係図から各安定度より代表的なものを選び $\sigma_y/\sqrt{z}$ と z/u の関係を求めたのが Fig. 3 である。

Fig. 3 によれば、Pasquill 図の各安定度の σ_y は正規化された拡がり $\sigma_y/\sqrt{z}$ と z/u との間に Eq. 6 で $\beta_{Te} = 4000$ と置くことにより表わされるようである。しかしこれを求める際に、 $\sigma_y \propto \sqrt{z}/u$ なる仮定を行なっているが、⁴⁾ この仮定の妥当性について詳しく検討しなければならない。

次に、厚生省が日本の新開発地域に対して行なった野外拡散調査の結果⁵⁾を Fig. 2 にプロットすると、Fig. 4 のようになる。これには種々な地域の結果も含まれているが、大体において、 $\beta_{Te} = 4000$ 付近にはらっているようである。しかしながら、 β_{Te} 値の大きな違いにより、 $\sigma_y/\sqrt{z} - z/u$ との関係に大きな違いが生じないという欠点がある。また Fig. 5 による β_{Te} 値を乱流強度に対してプロットすれば Fig. 5 となる。

乱流強度の増加とともに $(\beta_{Te})^{1/2}$ は減く傾向がある。

風洞実験におけるデータも上記の方法によりプロットすると、Fig. 6 のようになる。風洞実験についても Fig. 5 と同様な傾向がある。

3. 要約

拡散式の妥当性を検討するに必要なデータが不十分ため、現段階では、拡散式について詳しく検討できなかったが、横方向に関してはある程度の妥当性があると思われる。しかしながら、垂直方向については、実測データが著しく不足しているため、その検討は省略した。

参考文献 1. Taylor, G. I.: Proc. London Math. Soc., 20, 196 (1921)

2. Hay, J. S. & Pasquill, F.: Adv. in Geophysics, 6, 345 (1957), 3. Turner, D. B.

Workbook of Atm. Disp. Est. (1969), 4. Pasquill, F.: Atm. Diff. (1962)

5. 日本気象協会

