

京都大学 学生員 ○堀北 弘之
 “ 正員 平岡 正勝
 “ “ 池田 有光

1. はじめに

大気拡散方程式を解いて汚染物質の濃度推定を行なうに際して、風速の鉛直プロファイルを決める必要がある。Plumeモデルの場合には、風速の鉛直プロファイルを考えている層内では一定としているので測定値とかなりかけ離れてしまう。Yehは、風速の鉛直プロファイルにべき乗近似 $[u=U_0(z/z_0)^P]$ を与えて修正を行ない大気拡散方程式を解いているが、解くに際して、Pに条件を加えるために測定値となかなか合わない。本研究では、このために簡単なモデルとして、1次式を考えることにした。また、比較の意味合いも含めて、Shrom E. Nicholsonらの指数法則と対数法則を組み合わせたモデルの検討も行なった。使用したデータは、大阪府が昭和52年から昭和53年にかけて測定されたデータの内、回りの建物状況の異なる3地点において測定されたものである。なお、鉛直方向には、1m, 4m, 8m, 15mの高度で測定された。

2. モデルの設定

2-1. 1次近似モデル(以下、Aモデルと呼ぶ)

風速を高さの1次式で表わした式 $U = \alpha z + \beta$ において、 α , β と高さ15mでの風速 U_{15} との関係を表わしたグラフが、図2.1、図2.2である。図を見ると、 α は U_{15} の1次式 $\alpha = a_1 U_{15} + a_2$ で表わされるのがわかる。 β については誤差が大きいがこれも U_{15} の1次式 $\beta = b_1 U_{15} + b_2$ で表わす。ここで、 $U_{15} = 0\text{m/s}$ のとき他の高度でも風速は0m/sとなるはずである。従って、 $a_2 = b_2 = 0$ とすべきであり、

$$U = (a_1 z + b_1) U_{15} \quad \dots\dots\dots ①$$

となる。このパラメータ a_1 , b_1 を求めればよい。

2-2. 指数法則と対数法則を組み合わせたモデル(以下、Bモデルと呼ぶ)

$$z \leq h_0 \text{ のとき } U = U_0 \cdot \exp(z_0 z / h_0 D^*) \quad \dots\dots\dots ②$$

$$z \geq h_0 \text{ のとき } U = U_K \cdot \ln(z + d + z_0 / z_0) \quad \dots\dots\dots ③$$

建物が乱立している時ある高さ h_0 より下の層では、②式が、上の層では、③式が成り立つとする。②, ③式が $z=h_0$ で接する条件として次式が与えられる。

$$\begin{aligned} \chi \ln \chi &= h_0 D^* / z_0^2 \\ U_0 &= U_K^* \cdot \ln \chi \cdot \exp(-z_0 / D^*) \\ \text{但し、} d + h_0 + z_0 &= z_0 \chi \end{aligned}$$

ここで、 $U_K^* = 0.529 G / (\ln G - \ln z_f)$ を用いた。(Lettau, 1969)

計算の仕方は、 h_0 に地域の建物の代表高さを与え、 $D^* = P_1 h_0$, $G = P_2 U_{15}$ と仮定してRosen Block法により、 P_1 , P_2 , χ を推定した。

3. データ解析と結果

まず、測定地点の特性を述べると、S地区は約4~6mの高さの低層住宅地域で、M地区は約6mの高さの低層密集地域で、K地区は約11mの高さの中層ビルが平行に幾列も並んでいる地域である。利用可能なデータ数は有効測定回数×4で表わされるので、S地区では60, M地区では80, K地区では40 である。Aモデルのパラメータ

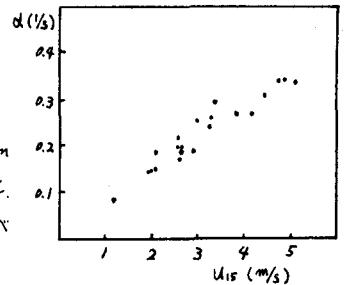


図 2.1

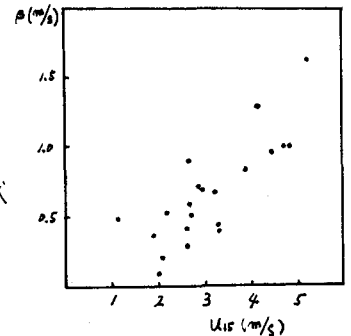


図 2.2

記号表	
U^*	層標速度
K	Karman 定数
d	0面移動長さ
z_0	空気力学的粗度
h_0	代表高さ
U_0	一定代表速度
D^*	障害物間の空間有効直径
z_f	コリオリパラメータ
G	地衡風速

推定は最小自乗法を用いて計算を行った。その結果を表2.1に示す。S地区、M地区、K地区では測定値とAモデルを用いて計算した値との間の相関が高い。このことは、このモデルを用いたの近似度がよいことを示している。K地区

地区	データ数	相関係数	標準偏差	1次近似式
S	60	0.926	0.295	$U = (0.036z + 0.46) U_{15}$
M	80	0.959	0.337	$U = (0.048z + 0.28) U_{15}$
K	40	0.814	0.532	$U = (0.046z + 0.31) U_{15}$

表 2.1

区において相関がやや低か、たのは、建物が約11mと比較的高く平行に並んでいるため、建物に対して直角もしくは斜向風と平行風の時とでは、かなり違、た鉛直プロファイルが見ら

地区	データ数	相関係数	標準偏差	d	D^*/h_0	z_0	h_0	U_{15}/G
S	60	0.962	0.208	0.73	0.394	0.86	6	0.40
M	80	0.980	0.241	-2.86	0.073	0.31	6	0.48
K (全方向)	40	0.831	0.485	-2.58	0.261	1.78	11	0.40
K (直角, 斜向風)	24	0.972	0.258	-6.78	0.038	0.41	11	0.50
K (平行風)	8	0.995	0.129	1.16	1.156	0.70	2	0.41

表 2.2

れると推測されるにもかかわらず、これらを分けずにパラメータ推定を行な、たためと思われる。Bモデルを用いて計算した結果を表2.2に示す。シカゴ、フランクフルト等で測定された U/G の値は、0.40~0.45である。Sharon E. Nicholson の文献では、 D^*/h_0 の値を都市域では0.1と仮定しているが今回の測定では、S地区0.39、M地区0.07とな、た。K地区に関しては、S、M地区と比べて相関が低い。この理由はAモデルの所で述べた理由と同じである。そこで、Bモデルについては建物に対して直角もしくは斜向風と、平行風の時に分けてパラメータ推定を行な、た。その結果を表2.2に示す。相関は高くなったがデータ数が少いために、は、きりした事は言えない。しかし、風向別に分けると、かなり相関が高くな、た近似度が増すと思われる。図2.3に、測定値とA、B両モデルで計算された値の1例を示す。

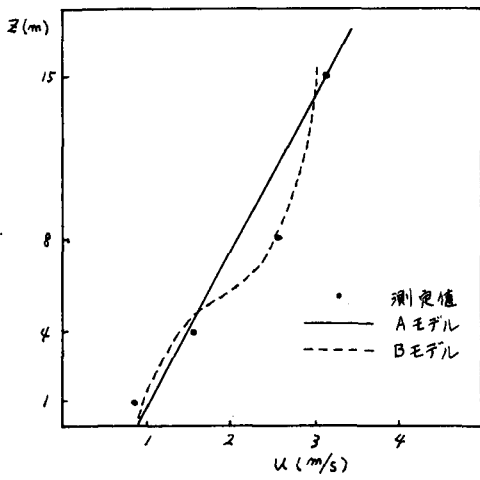


図 2.3

3. 結論

A、B両モデルについて比較検討を行な、た結果、3地区共にBモデルの方がよく測定値を表わしていると言える。風速の鉛直プロファイルについてだけ言えばBモデルがAモデルよりやや優れていると言えるかもしれないが、筆者の最終目的である、汚染物質の濃度推定にBモデルを利用すると、式が複雑になる可能性がある。この点から言えば、Aモデルの方が利用度が高いと言えようである。今後、データ数を増やして精度を高める必要があるが、S、M地区においてもまた、モデルの同定を風向別に行なえば、た優れたモデル式ができると思われる。また、 $z=h_0$ の上下で風速の鉛直プロファイルが変化すると思われるので、Bモデルと同様に、Aモデルの場合にも2つの層に分けるとよいと思われる。

- 1) Sharon E. Nicholson : A Pollution Model For Street-Level Air
Atm. Env. Vol. 9 (1975)
- 2) 大阪府：低濃度源散発態調査報告書 (昭和52年度 環境庁委託調査) (1978)