II-235 大気環境基準について（その4）

関西大学工学部　正　庄司 光
京都大学原子炉実験所　正　○塚谷 恒雄

大気汚染物質の濃度が不規則に変動しているとき、これらの最大値やパーセンタイル値が観測時間や平均化時間の長短によって異なることはよく知られている。この不規則変動の性質を把握することは、大気汚染問題における微量長期の慢性的障害や短時間高濃度の急性的障害を考えるうえでも、あるいはまた大気汚染予測のための拡散実験等を評価するうえでも重要な課題である。

濃度の時間変動 $\chi(t)$ の対数値 $X(t)=\log\chi(t)$ は正規分布で近似されることが多い。したがって時系列 $X(t)$ を s 時間で移動平均した変動の確率密度関数 $B_s(X)$ は、次式で示される。

$$B_s(X)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\ \sigma(s)}\ \exp\left\{-\frac{(X-\bar{X})^2}{2\sigma(s)^2}\right\} \quad \text{--------(1)}$$

ここで $\sigma(s)$ は時系列 $\frac{1}{s}\int_{-s/2}^{s/2}X(t+u)\,du$ の標準偏差であり、$\bar{X}$ は $X(t)$ の平均値である。原変動 $\chi(t)$ の幾何平均濃度 $\bar{\chi}_{g.m.}$ は $\exp\bar{X}$ であり、$\bar{\chi}_{g.m.}$ と $\bar{X}$ は s に対して一定値を保つ。

単位時間で平均化された変動の標準偏差 $\sigma(1)$ が既知であれば、任意の平均化時間 s に対する $\sigma(s)$ は次式によって求まり、したがって $B_s(X)$ が決定される。ここで $\Phi(n)$ は $X(t)$ に関するスペクトル密度関数であり、n はその周波数である。式(2)の証明は既に行なっている。

$$\sigma(S)=\sigma(1)\sqrt{G(S)/G(1)} \qquad ここで\quad G(S)=\int_0^\infty \Phi(n)\left(\frac{\sin\pi nS}{\pi nS}\right)^2 dn \quad \text{-----(2)}$$

さて s で平均化された濃度変動が任意の一定濃度 $\chi(s)$ を超過する確率を $\eta(s)$ とすると、$\eta(s)$ はつぎのようになる。

$$\eta(S)=\int_{\chi(s)}^\infty B_s(X)\,dX=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{y(\chi(s))}^\infty \exp\left(-\frac{u^2}{2}\right)du \quad \text{-------(3)}$$

ここで
$$y(\chi(s))=(\log\chi(s)-\bar{X})/\sigma(S) \quad \text{-------(4)}$$

それゆえ、任意のパーセンタイル $\zeta=(1-\eta(s))\times100$ に対応する式(3)中の誤差関数の積分下限値を y_ζ として、これを計算機もしくは数表によって求め、y_ζ を固定して s を変化させれば次式が成立する。式(5)が ζ パーセンタイル濃度 $\chi^\zeta(s)$ の平均化時間 s による挙動を表わす式である。

$$\frac{\chi^\zeta(s)}{\bar{\chi}_{g.m.}}=\exp\left\{y_\zeta\cdot\sigma(1)\sqrt{G(S)/G(1)}\right\} \quad \text{------(5)}$$

大気汚染対策上、最大濃度と平均濃度が議論の焦点になることがある。この場合、最大濃度は観測時間 T において出現するであろう頻度が唯1回である極大値と解釈できるから、平均化時間 s に対応する最大濃度は $\zeta_m=(1-s/T)\times100$ パーセンタイル濃度に一致する。それゆえ最大濃度は観測時間 T の関数ともなる。

以上に述べた理論の妥当性を検討するために、実測値と比較した例を示す。実測値としては浮遊粉塵濃度を採用しているが、これは大気汚染連続自動測定のうち比較的に欠測の少ないものとして選択したものであって、いおう酸化物その他の大気汚染物質についても同様の結果が期待される。

① $G(s)$ の決定。式(2)のスペクトル密度 $\Psi(n)$ を既報のようにマルコフスペクトルで近似すれば、解析的に積分できて、 $G(s) = \{2a-1+\exp(-2a)\}/a^2$, $a=s/\ell$ ------(6)

② 最大濃度の挙動。図1は式(5)で示される最大濃度を図示したもので、実測値をも併せてプロットしてある。Tは1年である。図中で $-1/2$ 乗, -1.3 乗を示す直線は、日野による逓減則である。

③ パーセンタイル濃度の挙動は、図2に理論値と実測値を併せて示してある。

④ 幾何平均 $\bar{x}_{g.m}$ から算術平均 $\bar{x}_{a.m}$ への変換は $\dfrac{\bar{x}_{a.m}}{\bar{x}_{g.m}} = \exp(k\sigma^2)$

筆者らは $k=0.47$ を得た。

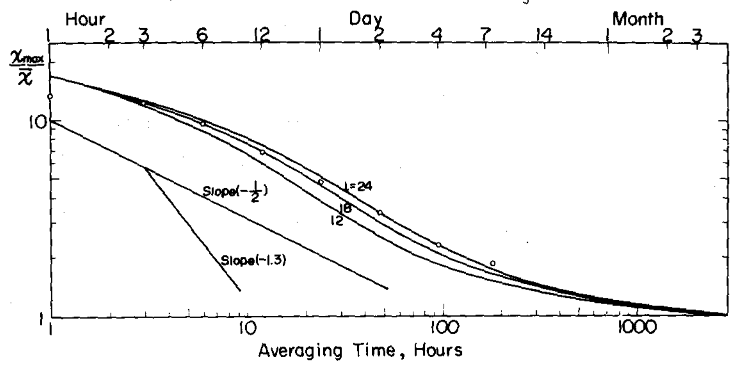

Fig. 1 Maximum Concentration at Various Averaging Times

Curved lines are computed from (5),(6) in which ℓ=12,18,24hr σ=0.77 ; Data from Apr.1967 to March 1968 at Osaka, ℓ=24.5hr σ=0.7701

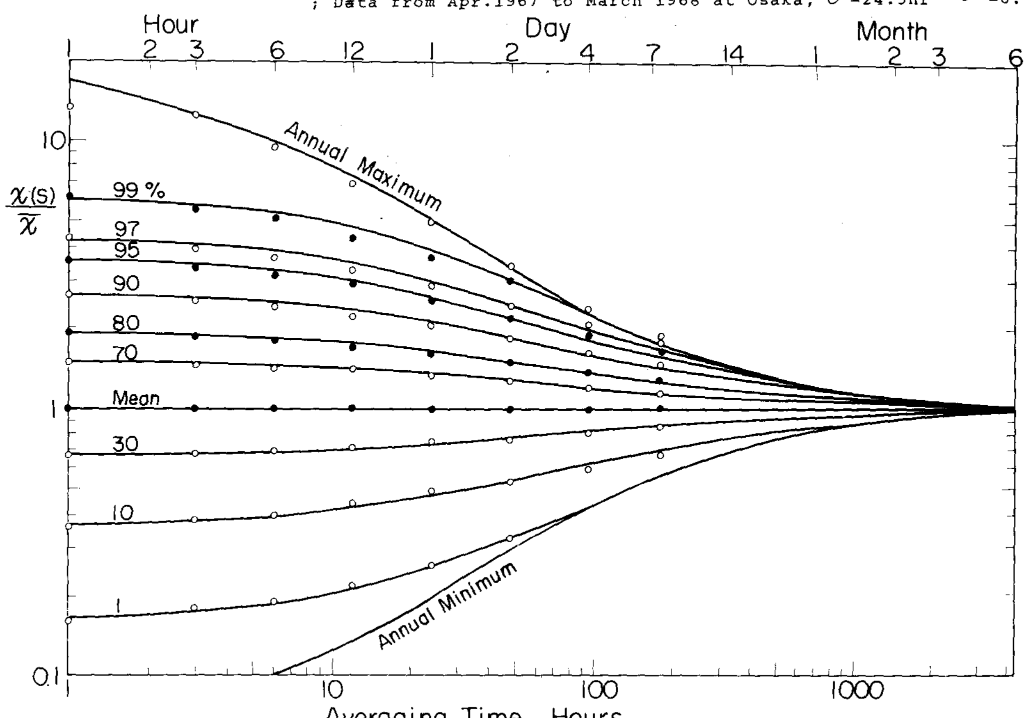

Fig. 2 Percentile Concentration at Various Averaging Times

Curved lines are computed from (5),(6) in which ℓ=24hr, $\sigma(1)$=0.77

○ ● ; Data from Apr.1967 to March 1968 at Osaka, ℓ=24.5hr, $\sigma(1)$=0.7701