

大型レーザーレーダーによる広域エアロゾル濃度分布の測定
Obtaining Quantitative Aerosol Concentration Distributions
Over a Wide Area with Large Laser Radar

中根英昭・笹野泰弘・清水浩・杉本伸夫・松井一郎・
竹内延夫・大喜多敏一・浦慶*・北村新三*

H. NAKANE, Y. SASANO, H. SHIMIZU, N. SUGIMOTO, I. MATSUI,
N. TAKEUCHI, T. OKITA, Pu QING* and S. KITAMURA*

国立公害研、神戸大*

National Institute for Environmental Studies, Kobe University*

はじめに

国立公害研究所のレーザーレーダーを用いると、水平方向50~60kmの遠距離にわたって良好な信号が得られる。しかし、ここからエアロゾル濃度分布を定量的に導き出すには、レーザーレーダー方程式を精度よく解く方法を開発する事が必要である。

レーザーレーダー方程式を解くうえの大きな問題は、装置定数を決定する問題と減衰の効果を補正する問題である。Klett の解¹⁾やそれを一般化したFernald の解²⁾はこの問題の解決の方向を与えた。Fernald の解は次式で与えられる。

$$\alpha_1(R) = -\frac{S_1}{S_2} \alpha_2(R) + \frac{X(R) \exp[2(\frac{S_1}{S_2} - 1) \int_R^{R_c} \alpha_2(R) dR]}{\alpha_1(R_c) + \frac{S_1}{S_2} \alpha_2(R_c) + 2 \int_R^{R_c} X(R) \exp[2(\frac{S_1}{S_2} - 1) \int_R^{R_c} \alpha_2(r) dr] dR} \quad (1)$$

ここで、 α は消散係数を、 R は距離を表す。 $X(R)$ は距離自乗Aスコープを表し、添字1、2はそれぞれはエアロゾルおよび空気分子の寄与を表す。 R_c は境界条件を決める距離である。この解では、装置定数の問題は境界条件の決定の問題に、減衰補正の問題は散乱パラメータ S_1 ($\alpha_1(R)$ と $\beta_1(R)$ の比)を求める問題に帰着する。本研究では、エアロゾル濃度分布(消散係数 $\alpha_1(R)$ で表す)を求めるために、Fernald の解の境界条件および散乱パラメータを評価する方法を開発した。

境界条件の評価方法および誤差

境界条件を表す項(Fernald の解の第2項の分母の第1項)の中の $\alpha_1(R_c)$ は区間 $[R_1, R_2]$ でスロープ法を使って求める。 S_2 および $\alpha_2(R_c)$ は既知である。 S_1 については後にのべる推定値を用いる。 $X(R_c)$ は、エアロゾルの分布の不均一性の影響を避けるため、次式であらわされるスムージング方法を使って求めた。

$$X(R) = \left[\int_{R_1}^{R_2} X(R) dR \cdot \exp(2\alpha R) \right] \exp(-2\alpha R) / (R_1 - R_2) \quad (2)$$

この方法によって得られた境界条件の誤差は、実測データに基づいた検討によると5~25%であった。境界条件の誤差と解の誤差の関係を図1に示す。境界条件を設定する距離 R_c を測定対象の10km程度遠方に置くと、 $\alpha_1(R)$ の誤差が境界条件誤差の約10分の1になることが分る。

結局、境界条件の誤差によるエアロゾルの消散係数の誤差は、2~3%になる。

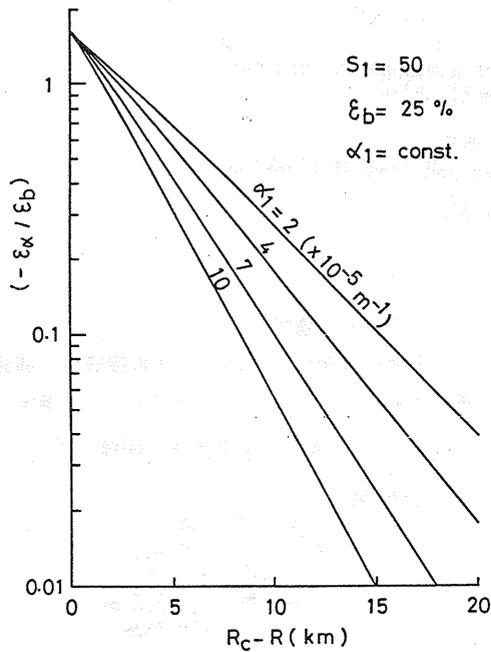


図1 境界条件の誤差による α_1 の誤差

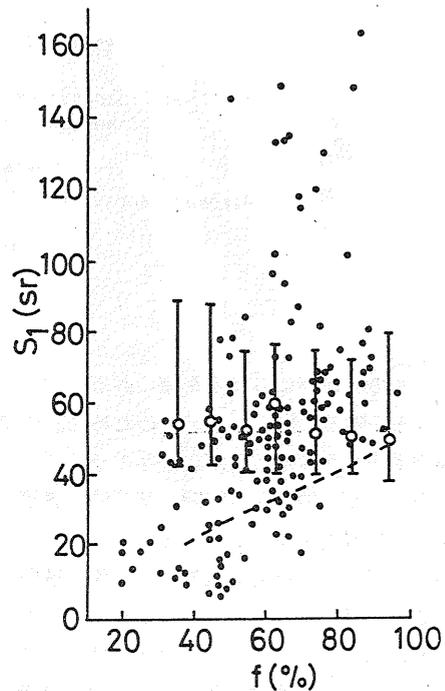


図2 散乱パラメータの文献値

散乱パラメータの推定

図2は散乱パラメータの文献値をプロットしたものである。黒丸で表される値の平均値は50、標準偏差は30であった。そこで、散乱パラメータについて全く情報を持っていない場合は $S_1 = 50$ を使って解析し、 $S_1 = 20, 80$ を用いて、誤差を評価した。誤差はエアロゾル濃度の平均値が高く、エアロゾル濃度の空間的変動が小さい程小さく、数%から30%の間の値をとった。さらに、散乱パラメータについての情報が得られる場合には、消散係数の誤差をより小さくすることができる。

観測結果

観測結果の一例を図3に示す。国立公害研究所の南東、東京を含む半径50km圏のエアロゾル濃度分布（消散係数で表す）である。消散係数の誤差は平均すると20%以下である。

エアロゾルが風向（北西）に沿って流れていること、東京周辺のエアロゾル濃度が高いことが分る。

まとめ

以上の成果を、大気汚染監視システムの検討、大気の運動の観測等に応用したいと考えている。

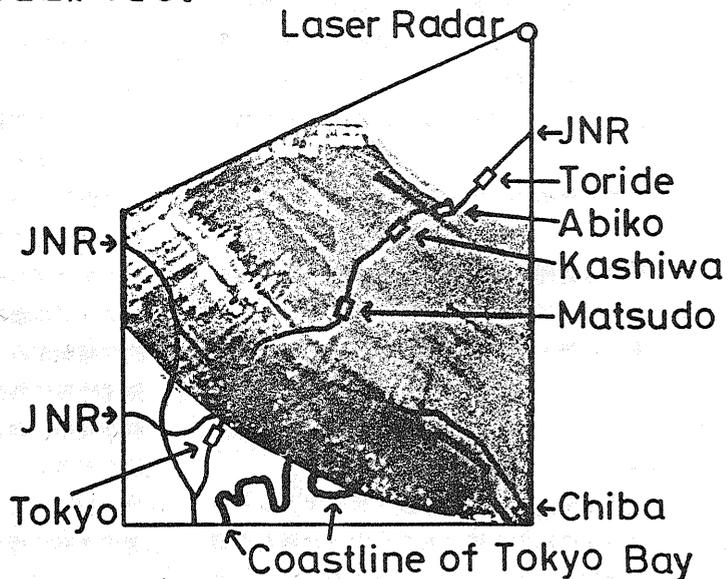


図3 50km圏のエアロゾル濃度分布

文献

- 1) J. D. Klett, Appl. Opt., 20, 211 (1981).
- 2) F. G. Fernald, Appl. Opt., 23, 652 (1984).