

ミー散乱レーザーレーダーによる低層大気構造の連続観測 Observations of the lower atmospheric structures by Mie scattering laser radar

松井一郎、笹野泰弘、杉本伸夫
(Ichirou Matsui, Yasuhiro Sasano, Nobuo Sugimoto)
国立公害研究所
(The National Institute for Environmental Studies)

SYNOPSIS: A laser radar measuring aerosol distribution can detect atmospheric structures such as the surface inversion layer and the convective layer and the convective mixed layer. Information on these atmospheric structures is essential in air pollution studies. The present paper describes the one-month measurements of the lower atmosphere by a Mie laser radar in Tokyo on Dec., 1988.

1 はじめに

ミー散乱レーザーレーダー(以下、レーザーレーダー)は、低層大気構造(特に、夜間の接地逆転層および日中の混合層高度)をエアロゾル濃度分布をトレーサーとして測定できる。原理は、接地逆転層・混合層内にエアロゾルが停滞している状態を捉えて、濃度の高いエアロゾル層の上端が接地逆転層・混合層高度に対応することによる。レーザーレーダーによる測定は、通常的气象観測では得ることの困難な上空の情報を時間的に連続して、細かい高度分解能で行なうことができるという特徴を有しており、都市域の高濃度大気汚染などの解明に有用である。筆者らは、1988年12月に東京都大手町に於て、1カ月間に亘り接地逆転層・混合層高度の日変化の様子を観測した。ここでは、レーザーレーダー装置の概要と観測結果について報告する。

2 レーザーレーダー装置の概要

観測に用いたレーザーレーダーの構成図を Fig.1 に示す。レーザー発振器には、YAG レーザーを使用し、波長 532nm 、出力 50mJ/pulse 。受光望遠鏡は、ニュートン型口径 500mm である。光電子増倍管(PMT)で受けた信号は、トランジェントレコーダーで変換し磁気テープ(MT)に記録される。同時に、リアルタイムでの出力も行なっている。トランジェントレコーダーは最小サンプリング時間 50nsec/word 、分解能 10bits/word である。この装置の特徴は、特に低高度からの測定を行なうために送光光学系を工夫してある。装置全体は、縦 2m 横 4.3m 高さ 2.5m のコンテナに納められている。

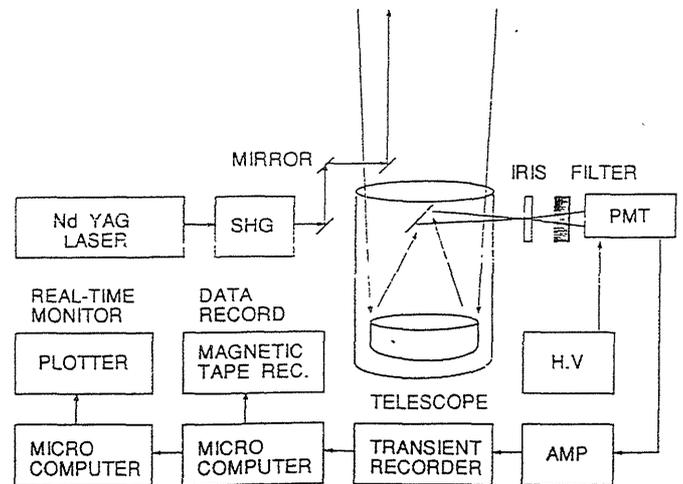


Fig.1 Block diagram of laser radar system.

3 接地逆転層・混合層高度の算出

大気中を浮遊するエアロゾルが、大気中に形成された温度逆転のために停滞すると、エアロゾル濃度の高度分布に濃度差が現われる。レーザーレーダーでは、観測されたエアロゾル濃度の高度分布より急激に濃度の減少する高度を求めることにより、夜間の接地逆転層、および日中の混合層高度を求めている。

この急激に濃度が減少する高度を算出する方法として、Sasano et al.¹⁾は、レーザーレーダーで観測されたエアロゾル濃度の鉛直勾配に対して、局所的な濃度で正規化した濃度勾配を求め、これが一定の値を越える高度をもってエアロゾル層上端の高度と定義している。高度

ごとの濃度で基準化された濃度勾配 (NCG ; Normalized Concentration Gradient) は、

$$NCG(R) = -\frac{\Delta C_i}{\Delta R_i C(R)} \times 100\% \quad (1)$$

ここで、

$C(R)$ は、高度 R での相対的エアロゾル濃度

$$\Delta C_i = C(R + \Delta R) - C(R - \Delta R)$$

$$\Delta R_i = (R + \Delta R) - (R - \Delta R)$$

で求めることができる。Sasano et al.¹⁾によれば、日中の混合層高度は、 $NCG(R)$ 値が高度差 40m 以上を渡って 50%/100m を越えるとき、低層ゾンドで求めた温度逆転層とよい一致を示している。今回の解析では、接地逆転層も含めた大気構造の日変化の様子を捉えるため、 $NCG(R)$ 値を 30%/100m に設定し、やや緩やかな勾配によって求めた。

4 観測結果

1988年11月29日から12月28日までの、雨天などを除く約28日間の観測を行なった。測定データは、磁気テープに記録し、後日大型計算機によって、さきに述べた処理を行なった。

NCG により検出できた、接地逆転層・混合層高度の日変化の状態をいくつかの型に分類を行なった。その結果、気象条件の日平均風速と日積算全天日射量が、よい指標となることが認められた。

未明より接地逆転層が形成され、日中に混合層の発達していく状態が混合層高度から顕著に現われている日は、日積算全天日射量 $9MJ/m^2$ 以上で、日平均風速 3m 以下である。これらの日に該当する12月2,7,8,11,12日のデータを平均値と標準偏差で表わした結果を Fig.2 に示す。

Fig.2 から、夜間形成される接地逆転層の上端が高度 200m 付近にあることがわかる。このことから、夜間も混合がおこなわれているヒートアイランドの状況が発生していると思われる。日の出後、日射量の増加とともに地表面の温度が高くなり、混合層高度が上昇していく。14時頃に、日最大混合層高度に達しており、その時の高度は 1000m 付近である。夕方、地上付近に新たに接地逆転層が形成を始めていく。

日変化の中で、接地逆転層・混合層高度が検出されているときには、地上から排出される大気汚染物質も層内に蓄積される。特に、夜間接地逆転層が形成されている状態と、高濃度の大気汚染が発生している状態を比較するとよい一致が得られた。

レーザーレーダーを用いて、連続的に接地逆転層・混合層高度の観測を行なうことは、高濃度大気汚染の発生予測に有用な測定手段となる。

参考文献

- 1) Y.Sasano, A.Shigematsu, H.Shimizu, N.Takeuchi, M.Okuda: On the relationship between the aerosol layer height and mixed layer height determined by laser radar and low-level radiosonde observation, Jour. Meteorol. Soc. Japan, 60, 889 ~ 895 (1982).

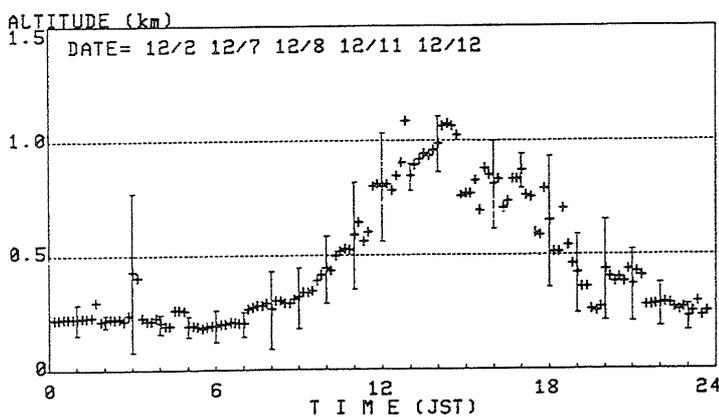


Fig.2 Variation of mixed layer height.