

レーザーレーダー観測による  
都市域の夜間低層大気構造と高濃度大気汚染現象

Mie Lidar Measurements of Nocturnal Urban Boundary  
Layer Height and Its Relation to Sever Air Pollution

松井一郎 笹野泰弘

Ichiro Matsui, Yasuhiro Sasano

国立環境研究所

National Institute for Environmental Studies

**Abstract:** High concentration of air pollutants like nitrogen oxides found in an urban area during the nighttime was shown to be closely related to boundary layer (UBL) heights and wind speed. The UBL heights were estimated from continuous measurements of aerosol profiles with a Mie lidar. Since the aerosol profiles reflect the structures of UBL, they can be used to infer the heights of UBL. When defining a stagnant factor as an average of the reciprocal of the product between the height of UBL and the wind speed, the nighttime averages of nitrogen oxide and nitrogen dioxide were shown to be linearly proportional to the stagnant factor.

### 1.はじめに

都市域の夜間における窒素酸化物高濃度大気汚染現象の発現は都市境界層高度、平均風速と密接に関係していることを、ミー散乱レーザーレーダーを用いた低層大気構造の観測データをもとに論じることができる。ミー散乱レーザーレーダーは、エアロゾルの高度分布を時間的に連続して捉えることができる。エアロゾルの高度分布は大気の成層構造を反映することから、都市境界層の検出に用いることができる。都市境界層高度と平均風速の積の逆数で定義される停滞係数(Stagnant Factor)を用いて夜間平均の窒素酸化物( $\text{NO}_x$ )濃度、二酸化窒素( $\text{NO}_2$ )濃度を表現することができる。

### 2. レーザーレーダーによる都市大気の観測<sup>1,2)</sup>

ここでは、1988年12月の一カ月間に亘り東京都において行なったレーザーレーダー観測の結果をもとに解析を行なった。観測の詳細は、前回の本シンポジウムにて報告している<sup>3)</sup>。窒素酸化物濃度データおよび気象データは、大気汚染測定局国設東京において測定された毎正時前1時間の平均値である。風速データも同様に1時間平均値である。

### 3. 都市境界層構造と $\text{NO}_x$ 濃度

都市境界層の高度は、地表面粗度(建築物など)による機械的混合や人工熱源の及ぶ範囲であるとするれば、地表付近から排出された汚染質はおよそこの高度領域の中に拡散し、分布するものと考えられる。したがって、非反応性あるいは反応によっても保存される汚染質(たとえば $\text{NO}_x$ )の濃度は都市境界層が薄ければ、一般に高くなると期待される。また、風の弱い日には、それだけ汚染質の水平方向の輸送が小さくなるため、同様に高濃度となる。

夜間平均の風速、夜間平均の都市境界層の厚さの関数として、夜間の $\text{NO}_x$ 濃度をFig.1に示した。Fig.1より高濃度の発生は、都市境界層高度の小さいときに集中しており、またこの時、平均風速も小さい。低濃度の日は、都市境界層高度の高いとき、あるいは風速の大きいときに限られる。都市境界層の厚さはある程度、風速の関数ともなっている。これは都市境界層の形成が機械的な混合に起因することに関係している。

風速と都市境界層の厚さは一種の換気容量の指標となる。また、その逆数は汚染気塊の停滞の程度を表わすと考えることができる。これを停滞係数(Stagnant Factor)Sと書けば、風速をW、都市境界層高度をHとして各時刻iの停滞係数S(i)は $S(i)=1/[W(i)H(i)]$ とおける。Fig.2に夜間平均の停滞係数と $\text{NO}_x$ 濃度の関係を示した。12月1,3,13日を除いた観測データから求められる停滞係数と $\text{NO}_x$ 濃度

との相関係数は0.98であり、良い対応関係が見られる。停滞係数がおよそ $2.6 \times 10^{-3}$ より大きいとき $\text{NO}_x$ 高濃度日、およそ $0.3 \times 10^{-3}$ より小さいとき低濃度日となっている。

$\text{NO}_2$ 濃度について、夜間平均の $\text{NO}_x$ 濃度と $\text{NO}_2$ 濃度の関係をFig.3に示した。これによれば、 $\text{NO}_x$ 濃度と $\text{NO}_2$ 濃度の間にはほぼ一対一の関係があり、 $\text{NO}_x$ の増大につれて $\text{NO}_2$ も増大する。 $\text{NO}_2$ 濃度と停滞係数の関係は、 $\text{NO}_2$ の高濃度日の発生もまた停滞係数で記述できる。夜間平均の停滞係数が $3.0 \times 10^{-3}$ 以上の時、 $\text{NO}_2$ の夜間平均値は環境基準の60ppbを越える。

文献

1)松井：ミ-散乱レーザーレーダーによる都市域における低層大気構造の連続観測，光学，19(1990)，438-446。

2)松井，笹野：レーザーレーダーで観測される都市域の夜間低層大気構造と高濃度大気汚染、環境科学会誌、4(1991)、33-41。

3)松井，笹野，杉本：ミ-散乱レーザーレーダーによる低層大気構造の連続観測，第13回レーザーセンシングシンポジウム予稿集（1989），5-6。

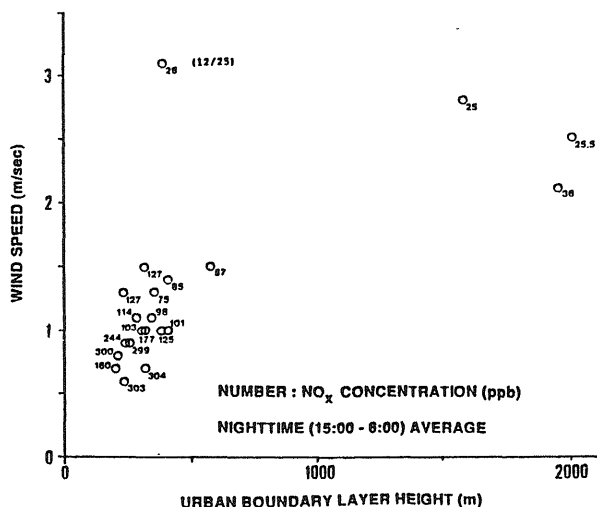


Fig.1 Correlation between wind speed and urban boundary layer height.

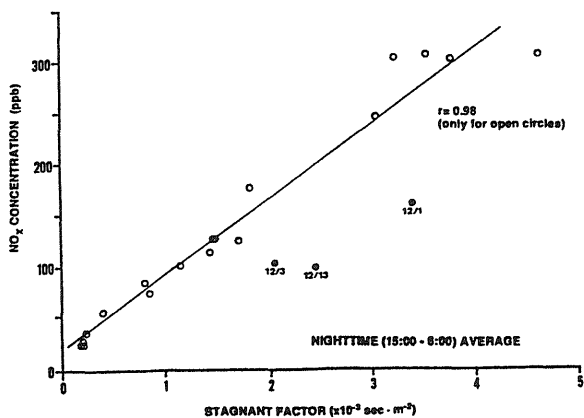


Fig.2 Correlation between  $\text{NO}_x$  concentration and the stagnant factor.

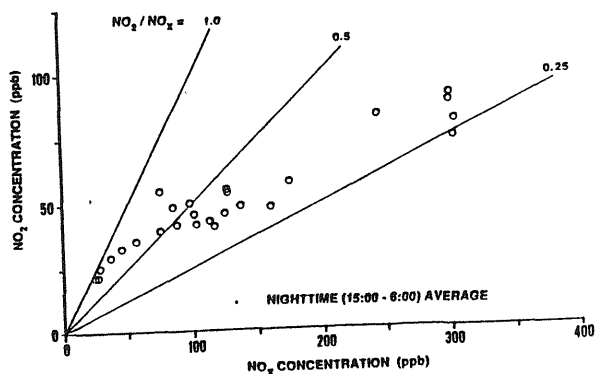


Fig.3 Correlation between concentrations of  $\text{NO}_2$  and  $\text{NO}_x$ .