

8. レーザレーダの大気中の後方散乱強度と地上の粉塵およびオゾン量との比較観測実験  
COMPARISON BETWEEN INTENSITY OF LASER RADAR  
BACKSCATTERED LIGHT IN THE AIR AND QUANTITY OF  
PARTICULATES AND OZONE ON THE GROUND

辻 尊文 , 後藤 顕也 , 岡本 正義 ,  
Takafumi TSUJI , Kenya GOTO , Masayoshi OKAMOTO ,

吉田 弘美 , 坂本 嘉男\*  
Hiromi YOSHIDA , Yoshio SAKAMOTO\*

東京芝浦電気株式会社 総合研究所, 計測事業部\*

TOSHIBA R&D CENTER AND INSTRUMENT & AUTOMATION  
DIVISION, TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO., LTD

## 序

大気汚染公害が都市部よりその周辺地域へ広がるにつれ、その監視システムの必要性がクローズアップされてきた。汚染物質の定量には化学的方法、物理的方法を使った各種測定器があるが、中でも瞬時に遠隔測定できるレーザーレーダが注目をあびている。

我々は、昭和43年夏に3MW 100 ppsのジャイアントパルス(G.P.)YAGレーザーレーダを完成し<sup>(1)</sup>、昨47年にはこれを改良小形化して、有効径45 cmの望遠鏡を使ったMie散乱観測用レーザーレーダ車を開発した<sup>(2)</sup>。Mie散乱は、Rayleigh散乱、Raman散乱に比べ、散乱断面積が大きく、1~2波長を使うだけで取扱いが簡単であり、大気中の粉塵や水滴を遠隔測定するのに最適である。しかも、分布、流れが検出でき、他の測定手段と組み合わせることにより偉力を発揮する。

一方、東芝総研屋上で、大気汚染物質、気象要素の観測を続けてきたが、本年4月より、汚染物質に異状が生じたときレーザーレーダで同時に観測し、相補って現象解析する手段をとってきた。地上の粉塵とレーザーレーダ観測とに着目すると、今回の観測で特に晴天の日には汚染物質の情報を含んだデータが得られ、光化学スモッグ発生を予知する手段となるであろうと思われる。

### Mie散乱レーザーレーダ

本実験に使用したレーザーレーダ車は、送信部に波長 $1.06\mu$ 、最高出力7MW、最高くり返し100 ppsのG.P.YAGレーザを備え、受信部には口径45 cmのカセグレン改良形望遠鏡を用いて後方散乱光を集め、光電子増倍管(R.C.A.7102)で受けた信号をシンクロスコブで表示するものである。また、送信波長は $0.53\mu$ も可能となっている。

Mie散乱レーザーレーダは、送信レーザ光の波長に比べ、同程度かまたはそれよりも大きい粒子が対象で、粉塵、エアロゾル、水滴などがこれに相当する。微分散乱断面積で比較すると、Mie散乱は $10^{-8}\text{ cm}^2/\text{str}$ 程度と大きく、分子等からのRayleigh散乱は4~5桁小さい。現在、東芝総研では25MW、50 ppsのYAGレーザ発振に成功しているが、これを用いてS/N改善、受信距離の延長等期待される。

### 気象要素および汚染ガス測定機器

気象要素の観測には小笠計器A-1300を使用している。粉塵測定には柴田化学器機工業A-703形を使用し、サンプルガス中の粒子数を光散乱により測定している。その他、 $\text{O}_3$ 、 $\text{NO}_x$ 、等数種のガスの濃度測定を行なっている。

### 観測場所

図1.に観測場所の模様を示す。東芝総研は川崎市の海岸から約6 km、3方を多摩川に囲まれ、第2京浜国道に隣接したところである。気象要素、汚染成分の量の測定は、5階の屋上で行なった。周囲には遮るものはなく、測定点としては理想的である。レーザーレーダは地上より上空へ向けて観測を行なった。

## 観測結果

東芝総研屋上での各種気象要素，大気汚染成分観測に加え，レーザーレーダにより，上空のMie散乱成分の立体的分布やその動きを同時観測した。雨や，曇りの日に比べ，晴れた日の大気からのMie散乱強度は一般に弱く，散乱体は微小粉塵（ $1\sim 10\mu$ 程度），排煙，エアロゾル等と考えられるが，このようなときのデータは，汚染物質の情報を含んでいる。

粉塵計での観測によると，風向が変化したとき肉眼では判別できないが，粉塵の量が飛躍的に増すことがある。その場合，しばしば尖頭値の高い変動を伴って現われる。例えば，1973年5月12日午前11時に現われている。その日の日射のパターンは，ほとんど快晴であったことを示している。風のデータによると，午前9時から9時30分の間に北々西 $3\text{m/s}$ の風から $1\sim 2\text{m/s}$ に弱まり，東へ回って東南の風 $3\text{m/s}$ に落ち着き，その後徐々に強まって13時には約 $6\text{m/s}$ となっている。図2に地上の粉塵とオゾンの量の変化を示す。粉塵の量は，風向きの変った9時ごろから増加し，11時～11時40分には激しい変動を伴ない，その後減少している。その尖頭値は $700\mu\text{g}/\text{m}^3$ に達している。

レーザーレーダ観測によれば，10時ごろから地上付近のMie散乱強度が増え，粉塵計に変動のあった時刻に相当する11時20分前後を見ると，写真ではわからないが，激しい変化をくり返し，地上近傍に現われたピークが次々と移動していく様子が観測された（図3-a, b, c）。11時40分過ぎに一旦Mie散乱は減少したが，14時ごろから上空のMie散乱強度が増加し，その後，沈降，拡散を繰り返す様子が観測された（図4-a, b, c）。

長期間のデータにより，通常，晴天のときは地上のオゾン $\text{O}_3$ の量は，日射と正の相関を示すことが確かめられているが，この日の観測では図2に示すように午前10時には激変し，その後も小さなうねりがありながらも前後の日に比較して小さかった。その他5月7日午前8～10時にかけても $\text{O}_3$ が減少し，風，日射等と同じパターンが現われている。ただし，このときは地上の粉塵の激変がない。このようなパターンは4～5月の間に数回現われている。

風向きで言えば，東南方面の微風のとときに粉塵濃度が増加し，そのとき $\text{O}_3$ が減少する。その際，地上の粉塵の量が少なくなっても， $\text{O}_3$ が増加せずに低いレベルで増減することがある。しかし，レーザーレーダ観測により，上空300m付近までの中にMie散乱強度が強く，上層の粉塵を含んだ大気の上昇，下降に対応して $\text{O}_3$ が増減することが認められた。

## 結 論

オゾンと粉塵のくわしい因果関係については今秋の第14回大気汚染研究全国協議会大会に報告する予定であるが，今回の粉塵 $\text{O}_3$ の測定，レーザーレーダ観測のデータを眺めると，粉塵の存在によりオゾンが破壊され，消滅することが推定される。例えば，上に述べた5月12日についてみれば，地上で粉塵が観測されないときであっても上空300m位まで漂っていることがあり，上空の大気が下降気流によって地上に降りてきた時刻に対応してオゾン量が減少し，上昇気流により拡散したときにオゾン量が増加することが観測された。光化学スモッグは夏のうす曇りの日に起り易く，観測に好都合である。当社の20MW級，50 p. p. s. レーザレーダを5～10km間隔に設置すれば発生の子知が可能になるであろうと思われる。

文 献

(1) 後藤・樋口；昭和44年電気四学会連合大会№1735

(2) 木村 他；昭和48年電子通信学会全国大会№951

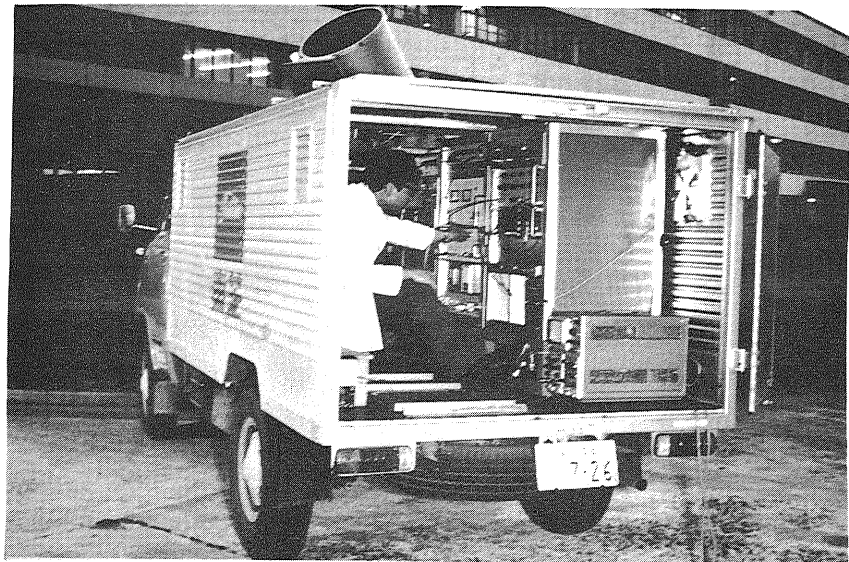


図1. 観測場所の模様

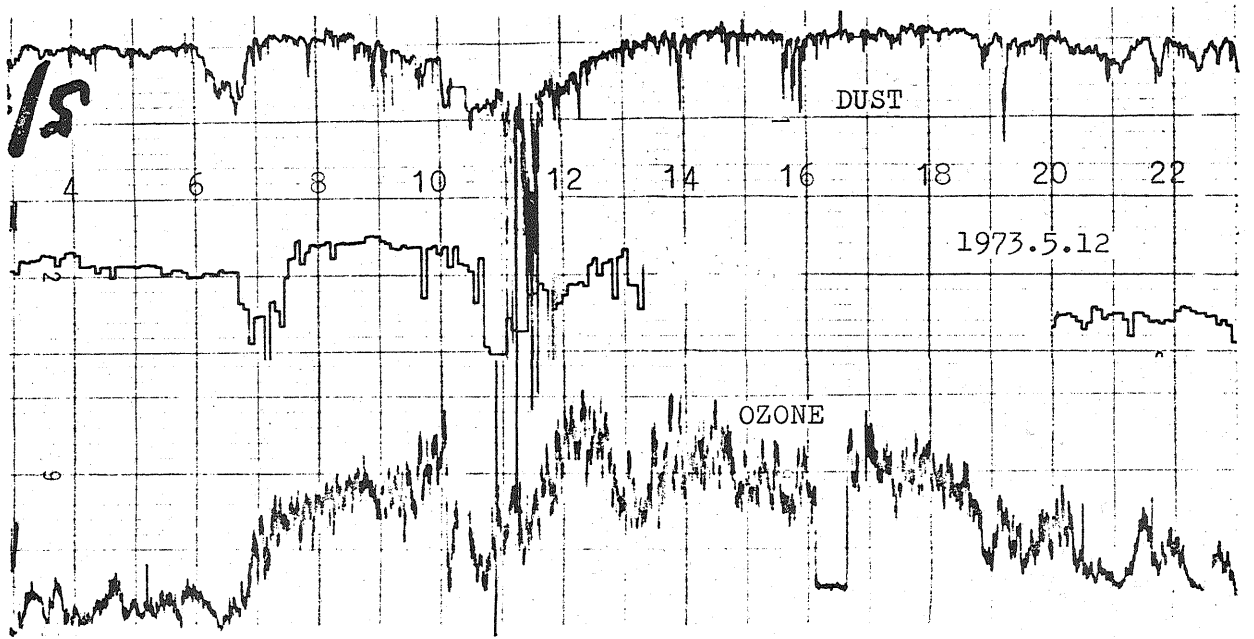


図 2. 地上の粉塵, オゾン量の変化

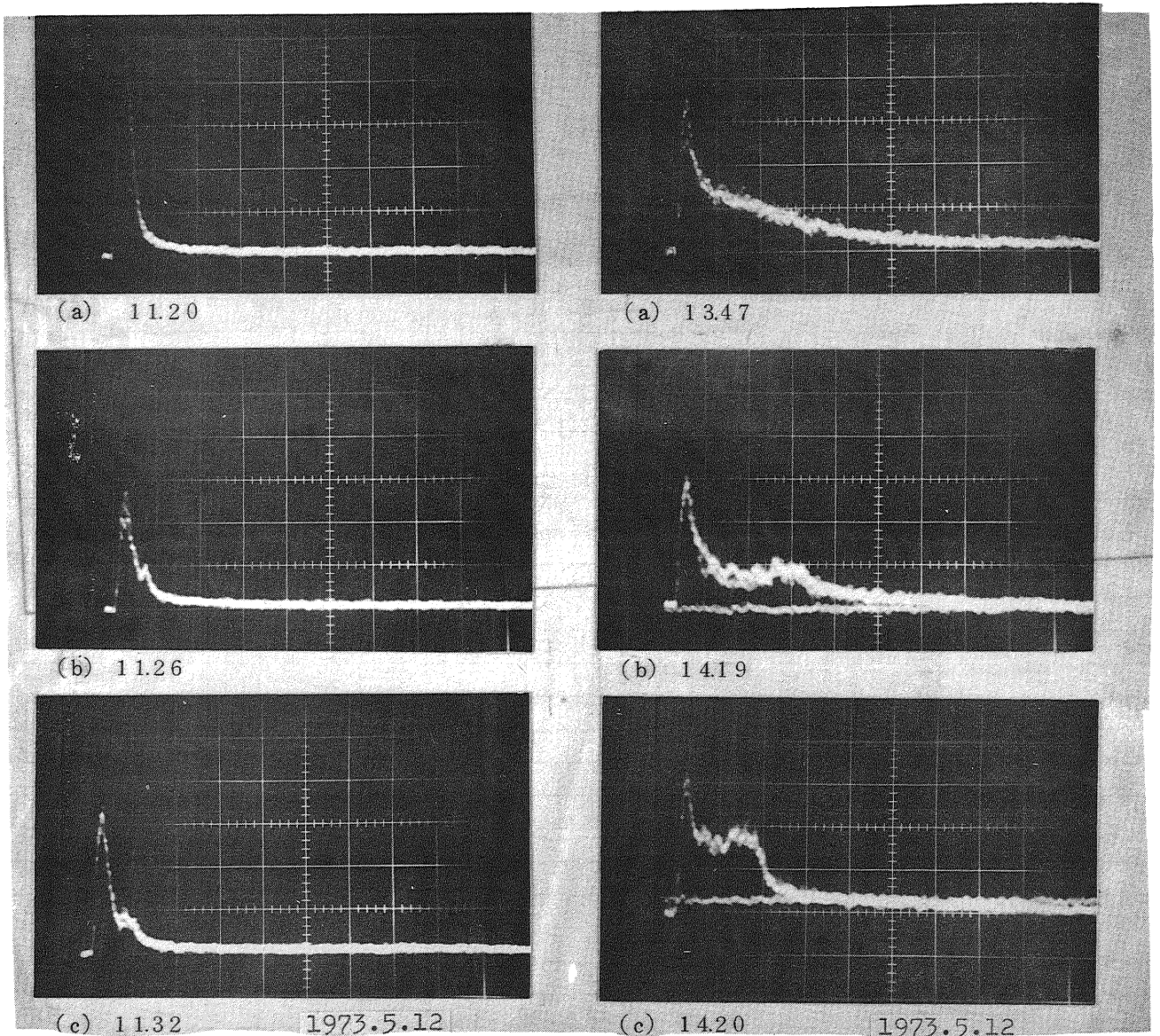


図 3. 粉塵変動時の Mie 散乱 ( $2 \mu\text{s}/\text{div}$ )

図 4. 粉塵の下降 ( $2 \mu\text{s}/\text{div}$ )