

## 対流圏オゾン観測のための小型UVライダー

A Compact UV Lidar for the Tropospheric Ozone Observation

内海通弘 小野高志 吉田寿朗 柴田 隆\* 前田 三男

M. UCHIUMI, T. ONO, T. YOSHIDA, T. SHIBATA\*, M. MAEDA

九州大学工学部

\* 郵政省通信総合研究所

Faculty of Engineering, Kyushu University

\* Communications Res. Lab.

SYNOPSIS: A compact DIAL for tropospheric ozone measurement through day and night is proposed and demonstrated, using the first and the second Stokes lines (277, 313nm) of a  $H_2$  Raman laser pumped by a KrF laser. The developed ozone DIAL is in the mobile size, and the detection range is 3km for 100 shots in the daytime observation.

## (1) ソーラー・ブラインド・ライダーの原理

昼間のライダー観測にとって強力な太陽放射は、大きな障壁となっている。しかし、太陽光のうちほぼ300nmよりも短い波長の光は、主に成層圏オゾン層によって吸収され、ほとんど地表まで到達しない。そこで、逆にこの付近の波長を利用して、二波長差分吸収ライダー法(DIAL)で地上からオゾン測定を行えば、適度なオゾン吸収と弱い背景光により、昼間でも良好なSN比が得られる波長領域が存在することが解る。この波長領域では(オゾン測定に限らず)、昼間でもSN比が良いことをソーラー・ブラインド効果と呼んでいる(Ref.1-2)。

我々はこれまでにソーラーブラインド効果を利用してオゾンDIALにおける最適送信波長の選定について種々の解析を行ない、大気のカットオフ波長より若干短い、290-308nmの組合せが最適であることを見出した(Ref.3)。しかし、容易に二波長同時発振が得られるKrFレーザー励起ラマンレーザーの第一、第二ストークス線の組合せ277-313nmも、5km以下の高度域で比較すれば大差ない特性が得られることが解った。このシステムは、250mmの望遠鏡で約3kmの測定域が100ショットで期待できる。また航空機搭載し、UV光の減衰が大きい地表より高い位置から上下に測定すれば、約8kmまで高度域を広げられることをシミュレーションにより示した(Ref.3)。我々は、このような発想で小型UVライダーを製作し、測定を行った。

## (2) ライダー・システム

920×500×400mm<sup>3</sup>の大きさのコンパクトなKrFレーザーを試作した。安定共振器の場合、最大出力は310mJ、繰り返しは60Hzである。

実際の観測では、不安定共振器にして使用し、良好なビームをラマン媒質に照射する。最終的には、第一ストークス線で40mJ、第二スト-

Table.1 Specification of compact ozone lidar

|                      |   |
|----------------------|---|
| Transmitter          |   |
| Pump laser           | KrF laser   |
| Wavelength           | 248 nm  |
| Energy               | 310 mJ/pulse  |
| Pulse rep. rate      | 60 Hz   |
| Size of laser system | 920×500×400 mm <sup>3</sup>                             |
| (Power source)       | 178×432×483 mm <sup>3</sup> )                           |
| Two-wavelength Laser |   |
|                      | $H_2$ Raman Laser                                       |
| Cell length          | 500 mm  |
| $H_2$ pressure       | 30 atm  |
| Wavelength           | 277 nm, 313 nm  |
| Energy               | 40 mJ, 35 mJ/pulse                                      |
| Receiver             |   |
| Telescope            | 250 mm diam., F5 (in parallel)                          |
| Filter               | Grating monochromator (f200 mm, F4.2) + dichroic mirror |
| Field of view        | 1.6 mrad  |

クス線で、35mJ の出力を得た。送受信のパラメータをTable 1. に示す。受信系には、口径250mmの受光望遠鏡2本にそれぞれダイクロイック・ミラーとf=200mmの回折格子モノクロ・メーターを用いた。これによつて二波長を別々に同時に測定することができる。

(3) エアロゾルの補正

送信二波長差の大きい時に問題になるのは、対流圏エアロゾルによる効果である。我々は、この点においても考慮し解析を行った(Ref.4)。またこの結果、副産物としてエアロゾルの情報も得ることができる。Fig. 1に測定結果を示す。

(4) 測定

2波長につき100ショットを積算し、高度約1kmから約3kmまでのオゾン測定ができた。

Fig. 1とFig.2は、観測によつて得られた昼間の対流圏下部のオゾンの密度を示したものである。現在使用しているウェーブ・メモリー(ADC)のダイナミック・レンジの制限があつて、3kmまでの測定を半分に分けて行う時もある。現在、測定高度域の低空への拡張を検討している。この為には、下の方で、送受信の軸が完全に合わないこととADCのダイナミックレンジの制限が障害になっている。今のところ、送信レーザー光の2波長が、コリメータの色収差によりビーム拡がり角に差を生じることを考慮しても、レーザーのビーム拡がり角を小さくすることと、送受信間の距離を縮めることにより、600mから上の測定は軸合わせが可能なが解つた。ダイナミックレンジに関してはADCとフotonカウントの併用等を検討している。

(5) まとめ

ソーラー・ブラインド帯域を利用する下部対流圏オゾン観測用可搬型ライダーを構成するために小型エキシマーレーザーを製作した。これにより、昼間でも、100sで1~3kmのオゾン密度を場所に制約されずに、測定することができるようになった。尚、夜間では従来のオゾンライダーと組み合わせて、対流圏から成層圏にわたるオゾン層の測定も行える。

文献

1. 柴田 隆等、レーザー研究、Vol.16, No.6 (1988), pp. 318-327.
2. Shibata, T. et al., Appl. Opt. 26, (1987), pp. 2604-2608.
3. Maeda, M. et al., Solar-blind UV ozone lidars, Appl. Opt. (1989) (in press)
4. Browell, E. V. et al., Appl. Opt., 24, 17, (1985), pp. 2827-2836.

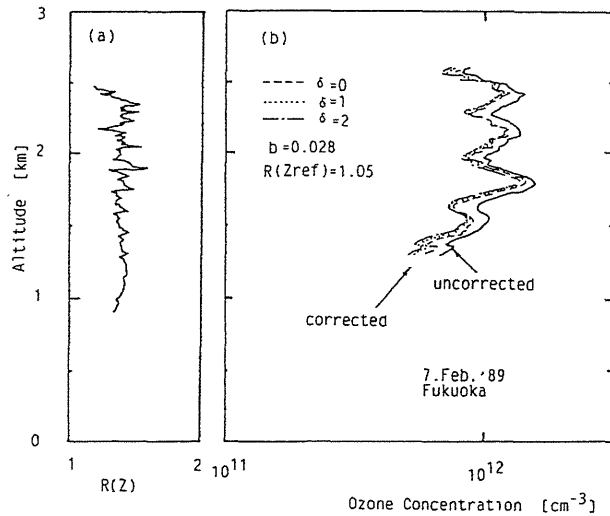


Fig.1 The ozone concentration in daytime obtained with 100 laser shots, and corrected assuming  $\delta = 0, 1, 2$ ,  $b = 0.028$ ,  $R = 1.05$ .

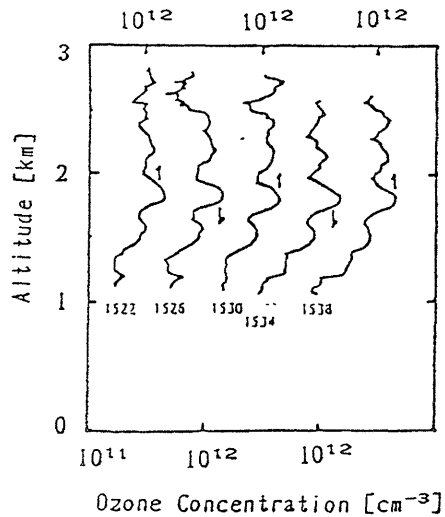


Fig.2 Temporal variations of the daytime ozone (100 shots,  $\delta = 1$ ). The local time is indicated.