

# D 1

## 宇宙からのDIALによる オゾン観測の可能性の検討

A feasibility study of the measurements of ozone by DIAL  
from space

林田佐智子・笹野泰弘 杉本伸夫 清水浩  
Sachiko Hayashida-Amano, Yasuhiro Sasano, Nobuo Sugimoto  
Hiroshi Shimizu  
国立公害研究所  
National Institute for Environmental Studies

\* 戸籍姓 天野

SYNOPSIS: The signal simulation of the satellite-borne ozone DIAL with 800 km orbit was done. One of the realizable ozone DIAL systems which consists of 80 cm telescope and the XeCl laser with a H<sub>2</sub> Raman shifter emitting 100mJ laser pulses of 308 nm and 353 nm in wavelength was considered. This system can observe the ozone concentration averaged in the region of 10 km range around 20 km in altitude with only several percent of the error.

### 1. はじめに

種々のオゾン観測方法のうちでも、差分吸収方式ライダー(DIAL)は、時間・高度分解能に優れ、リモートセンシングとしての多くの利点を持っている。将来、地球規模でのオゾン観測を行なうために、オゾンDIALを人工衛星に搭載することがのぞまれており、すでにいくつかの性能評価シミュレーションもおこなわれている。

本講演では、現時点で最も実現の可能性の高いスバックを取り上げ、極軌道衛星を想定して、期待できる性能をシミュレートした結果を述べる。また、測定精度をあげるための解析手法について議論する。

### 2. 計算に用いた基本式

波長1、波長2のレーザー光について距離R、R+Lからの信号をそれぞれ、P1(R), P2(R), P1(R+L), P2(R+L)と表わすと高度RからR+Lまでのオゾン濃度の平均値 $\bar{n}(R+L/2)$ は、次の式で与えられる。

$$\bar{n}(R+L/2) = 1/(2\sigma L) \times \left\{ \ln \left( \frac{P_2(R+L)P_1(R)}{P_1(R+L)P_2(R)} \right) + \ln \left( \frac{\beta_1(R+L)\beta_2(R)}{\beta_2(R+L)\beta_1(R)} \right) - 2 \int_R^{R+L} (\alpha_1 - \alpha_2) dr \right\} \quad (1)$$

ただし、下添え字は波長1、2を表わす。また、 $\sigma_d = \sigma_1 - \sigma_2$ ;  $\sigma_1, \sigma_2$ はオゾンの吸収断面積、 $\beta_1, \beta_2$ は大気分子およびエアロゾルの体積後方散乱係数の和、 $\alpha_1, \alpha_2$ は大気分子およびエアロゾルの体積消散係数の和である。後方散乱係数、消散係数の波長依存性が無視できる場合には(1)式の右辺のかっこ内で第1項のみからオゾンが求められる。しかし、実際には第2項、第3項が系統誤差としてオゾン濃度導出に影響する。

系統誤差は、

$$\epsilon_s = 1/(2\sigma_d \int_R^{R+L} n(r) dr) \times \left\{ \ln \left( \frac{\beta_1(R+L)\beta_2(R)}{\beta_2(R+L)\beta_1(R)} \right) - 2 \int_R^{R+L} (\alpha_1 - \alpha_2) dr \right\} \quad (2)$$

で与えられる。また、信号のランダム誤差は、フォトマルのショットノイズで決まり、

$$\epsilon_r = 1/(2\sigma_d \int_R^{R+L} n(r) dr) \times \left\{ \sum_{i=1}^2 \left[ \frac{P_i(R) + 2P_{bi}}{P_i(R)^2} + \frac{P_i(R+L) + 2P_{bi}}{P_i(R+L)^2} \right] \right\}^{0.5} \quad (3)$$

Nショットの和については  $P_i(R) \rightarrow NP_i(R)$ ;  $P_{bi} \rightarrow NP_{bi}$  ( $P_{bi}$ ; バックグラウンドノイズ) でおきかえることができる。

### 3. 計算結果

本予稿集では、XeCl(308nm)とそのラマンシフト線(353nm)を用いた計算結果の一例のみを示す。出力はともに100mj、望遠鏡は直径80cm(すでに人工衛星で使用されている大きさのもの)を用いた。大気モデルはU.S.Standard Atmosphere(1976)(図1)、エアロゾルの消散係数はEltermannのモデル(1964)を用い、消散係数と後方散乱係数の比は50とした。積算ショット数は1000としたが、レーザーの繰り返しを10 Hz、極軌道衛星の速度を7km/sとすると水平距離分解能700kmに相当する。また、望遠鏡の視野角を0.1mrad、受光系のフィルターは0.1nmとした。

図2は各波長での後方散乱による受信信号のS/Nを距離分解能1kmとして示したものである。図3は図2の2波長の信号から式(1)に基づいて得られるオゾン濃度の図である。ここでランダム誤差を小さくするために $\Delta R = 3\text{km}$ の間で平滑化し(running mean)、距離 $L = 10\text{km}$ だけではない二地点の間のオゾンの平均濃度は $\bar{n}(R) = \frac{1}{L} \int_{R-L}^{R+L} n(r) dr$ を求め、各高度に対して $\bar{n}(R)$ をプロットした。図3で与えられたオゾン濃度よりな系統誤差を平均化(平滑化)の影響を大きくするが、ここで示したように平滑化と平均化の操作を別々にすれば、歪の影響を受けない測定精度をあげることができると考えられる。図3の曲線bは系統誤差を考慮せず、(1)式の右辺第1項のみから求めたオゾン濃度、cは大気分子の消散係数のみで求めたオゾン濃度、dは平滑化と平均化の操作を別々にすれば、歪の影響を受けない測定精度をあげることができると考えられる。10-20kmの領域では大気分子の消散係数の補正のみで十分な精度が得られる。

図4は式(2)、(3)で得られる誤差をプロットした。曲線aは夜のランダムノイズ、bは夜のランダムノイズ、cは大気分子の消散係数以外の高いオゾン濃度付近では夜間では誤差2.5%で測定できる細かい変動も十分に考慮されることができると考えられる。また、視野角、フィルターの改善で観測も可能になると考えられる。

Fig.1

Ozone concentration (/m<sup>3</sup>) given in the calculation

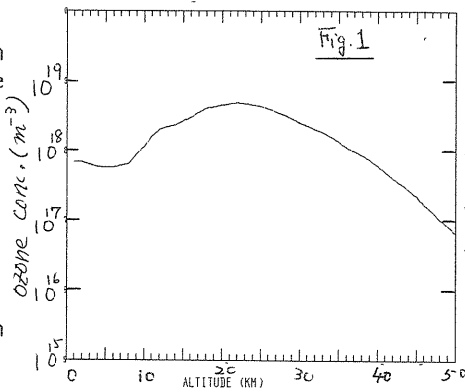


Fig.2

Signal to noise ratio of the received signals for 1 km height resolution

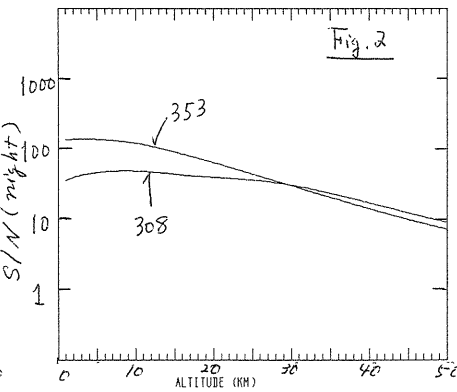


Fig.3

Ozone concentration derived from the received signals for  $\Delta R = 3\text{km}$  and  $L = 10\text{km}$ .

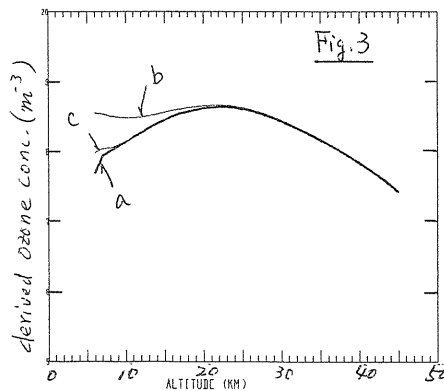


Fig.4

Random and systematic error calculated on the basis of eq.(2) and (3).

