

Measurements of Ozone Profiles in the Upper Stratosphere

笹野泰弘、中根英昭、林田佐智子、湊淳、松井一郎、杉本伸夫

Y. Sasano, H. Nakane, S. Hayashida-Amano, I. Matsui,

A. Minato and N. Sugimoto

国立公害研究所大気環境部

The National Institute for Environmental Studies

Synopsis The present paper describes DIAL measurements of ozone profiles in the upper stratosphere. The DIAL data was critically investigated about their systematic errors caused by instrumental problems such as signal distortion by signal-induced noise, photoncounting loss and misalignment of laser-telescope optical axes. Selected dataset was used for analysis of ozone profiles. Some example of ozone profiles and seasonal variation of ozone concentration will be presented.

1. はじめに

フロン等の人工起源物質によるオゾン破壊の理論モデルによれば高度 40 kmあたりを中心にオゾンの破壊が進むものと考えられており、また、既存のオゾンデータの解析でもその傾向が見いだされたと報告されている。国立公害研究所では成層圏オゾン問題の重要性・緊急性に鑑み、「成層圏オゾン層の変動とその環境影響に関する基礎的研究」を昨年春より開始したところである。そして、同研究の一環として、成層圏・対流圏のオゾン濃度分布の測定を目的とした差分吸収方式レーザーレーダーを導入し、測定手法の確立と整備に努めてきたところである。とりわけ、最初に述べたような理由から上部成層圏のオゾン計測法を確立することが最重要と考え、この領域を主な対象として装置の整備、測定手法の検討、性能評価、誤差評価等を行ってきた。装置の全体構成、主な仕様については既に報告しているので、本報告では、現在採用しているデータ処理の方法について解説するとともに、オゾン濃度評価上、最も重要なシステムティックな誤差の要因についての検討結果、良質なデータの選別法について述べる。また、昨年（1988年）の秋以来の観測結果を示す。

2. データ処理の方法

差分吸収方式レーザーレーダーの自身信号は次のレーザーレーダー方程式で記述できる。

$$n(z) = K n_0 L \beta(z) \exp \left[-2 \int_0^z \{ \alpha(z') + \sigma N(z') \} dz' \right] / z^2$$

ここで、 n は受信光電子数、 z は距離、 K はシステムの定数、 n_0 はレーザーパルスに含まれる光子の数、 L は検出器の距離分解能、 β は大気の後方散乱係数、 α は大気の消散係数、 σ は対象とする気体成分による吸収断面積、 N は気体成分の数密度である。ここで、吸収の大きな波長に対する量を on、吸収の小さな波長に関する量を off として表わし上式を書き直すと次の 2 式を得る。

$$2 \sigma_i N(z) = \frac{d}{dz} [-\ln \{ n_i(z) \} + \ln \beta_i(z)] - 2 \alpha_i(z) \quad (i=on, off)$$

$i=on, off$ の両式の差をとると、オゾン数密度に関する式が次のように得られる。

$$N(z) = \frac{1}{2(\sigma_{on} - \sigma_{off})} \frac{d}{dz} [-\ln \{ n_{on}(z) / n_{off}(z) \} + B] + T$$

ただし、 B 、 T は後方散乱係数、消散係数が波長に依存することから生じる項である。 B 項はエアロゾルによる散乱が無視できる場合には $B = 0$ とおける。エアロゾルが無視できない場合にはなん

らかの補正が必要である。多波長測定による方法や、エアロゾルモデルによる方法などが提案されている。一方、T項はエアロゾルが無視できる場合にも、空気分子による消散が波長によって異なることからゼロとはおけない。しかし、大気密度分布モデルを利用する方法や、実測の気温分布等を用いて容易に補正することが出来る。エアロゾルが存在する場合には、散乱係数の補正と同様な方法をとる必要がある。

以下では、上部成層圏を対象とすること、近年は特に顕著な火山活動もなく成層圏エアロゾル濃度は低いことなどから、ここではエアロゾルに起因する項は無視できるものとする。したがって、T項のうち空気分子による部分のみを米国標準大気密度モデルによって補正することとした。

上式のうち微分演算については、被微分項 ($y(i)$ とおく) を 2 次式の最小自乗法的あてはめを行い、その一次微係数をとることにより行った。これは、次の演算に帰着される。

$$y' (i) = \frac{\sum_{j=-n}^{j=n} j \cdot y(i+j)}{\sum_{j=-n}^{j=n} (j \cdot j) \Delta z}$$

なお、高度分解能を $(2n + 1) \Delta z$ で定義する。

3. データの選択

本システムでは、成層圏領域用の高高度システムに 308 nm、339 nm、351 nm の 3 波長を用いており、また、各波長毎に高感度、低感度の 2 系列の検出部を備えている。エアロゾルの存在しない測定領域においては、339 nm と 351 nm の受信信号はいずれもオゾンによる吸収が無視できることから互いに相似になると期待される。また、高感度、低感度の各受信信号も本来、相似となる。したがって、これらを判定基準として、信号中の系統的歪の検出が可能であり、有効な信号、あるいは有効な信号領域を選定することが出来る。

4. 測定例

図 1 にそのようにして選定されたデータから求めたオゾン濃度高度分布をもとに描いた高度 30 km でのオゾン濃度の年変化を示した。高度 30 km 以上の上部成層圏では、輸送による変動よりも光化学反応による濃度変化が卓越するので、夏期にオゾン濃度が極大をとる傾向がこのデータからも示される。

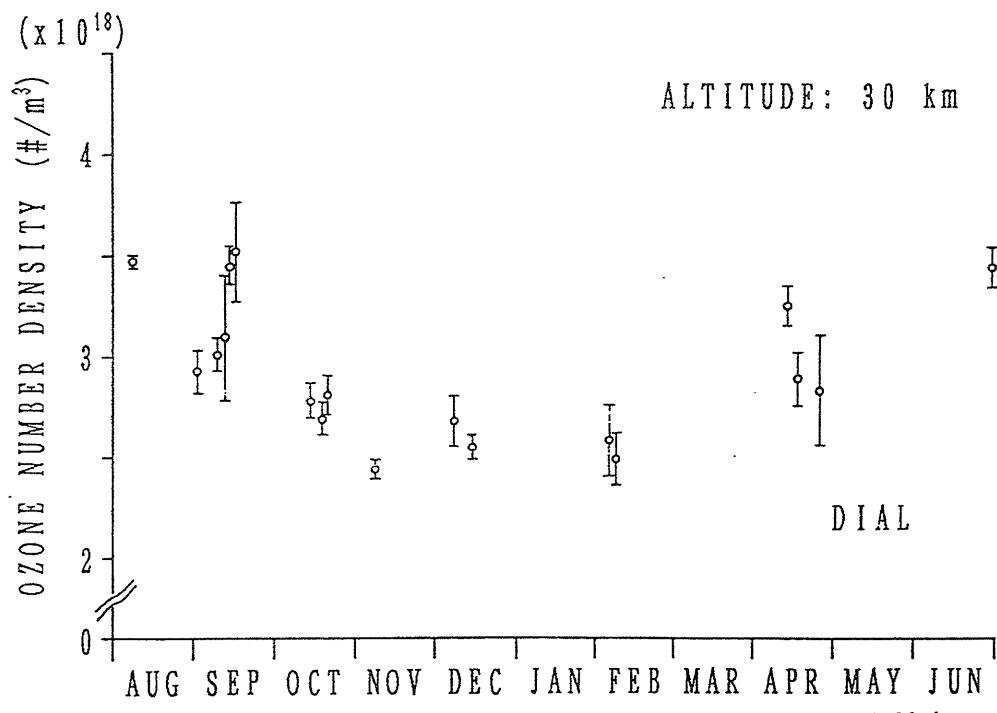


Fig. 1 Variation of ozone number density at the altitude of 30 km