

対流圏オゾンライダーで観測されたオゾン鉛直分布の季節変化

Seasonal Variation of Tropospheric Ozone Distribution Observed by DIAL

中里真久、永井智広、酒井哲、内野修、真野裕三

Masahisa Nakazato, Tomohiro Nagai, Tetsu Sakai, Osamu Uchino, and Yuzo Mano

気象研究所

Meteorological Research Institute

Abstract: Seasonal variation of tropospheric ozone vertical distribution over Tsukuba is investigated qualitatively by using two-year DIAL data. Four distinct features, i.e., spring maximum, urban air pollution in clear background, thin and stable ozone density in autumn, and stratospheric ozone intrusion in winter, characterize each season in terms of tropospheric ozone environment.

1. はじめに

対流圏オゾンは、温室効果気体であり、大気汚染の原因であるオキシダントの主要成分である。対流圏オゾンの季節変化について、これまでの研究では、地上観測やオゾンゾンデによるデータの解析により調べられてきた。最近では、全球化学輸送モデル、大気化学観測衛星、対流圏オゾンライダーなどが使われるようになってきている。この中で、対流圏オゾンライダーは、他の方法に比べて、鉛直分解能と時間分解能に優れており、オゾン数密度を、昼夜を問わず連続して測定することができる。

我々のグループでは、これまでに、対流圏オゾンライダーを開発し、いくつかの顕著な観測事例について事例解析を行った。本発表では、気象研で開発した対流圏オゾンライダーを用いて、2年間にわたり対流圏オゾンの観測を行った結果を示す。

2. ライダーシステムの概要

観測に使用した装置は、気象研究所で開発した対流圏オゾン観測用差分吸収ライダーである (Fig.1)。この装置では、Nd:YAG レーザー第4高調波 (波長: 266nm) を二酸化炭素による誘導ラマン散乱で波長変換し、第1 Stokes 線から第3 Stokes 線までの3波長 (276nm、287nm、299nm) を得る。高度 3km 程度以下を 276nm と 287nm の2波長で、また、高度 2km 程度から対流圏界面付近までを 287nm と 299nm の2波長で観測する。両波長組によって別々にオゾンの高度分布を解析し、高度 2km 付近から 3km 程度までの高度範囲で両プロファイルを接続し

ている。接続には、何らの補正も必要とせず、両者はほぼ連続的に接続できる。現在は、積算時間 30 分、レンジゲート 120m でオゾンの高度分布を解析している。観測可能な高度の上限は、主に雲やオゾンの濃度、日中観測の場合は紫外線量によって変化するが、通常の条件下では高度 10km 程度までの観測が可能である。

3. 解析と結果

使用した期間は、安定したデータが得られるようになった 2005 年 1 月から、2006 年 12 月までの2年間である。この2年間については、基本的に、観測精度の検証データを得るために、毎週水曜日の高層気象台におけるオゾンゾンデ観測に合わせて観測を行い、天候が悪化するまで観測を続行するという方針で行った。

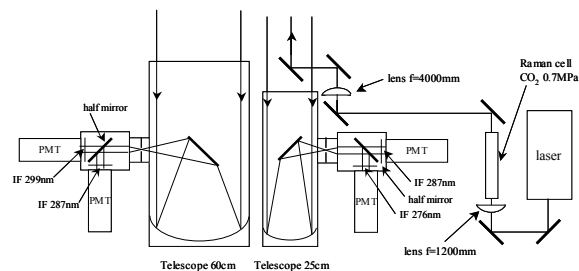


Fig.1 MRI tropospheric ozone DIAL

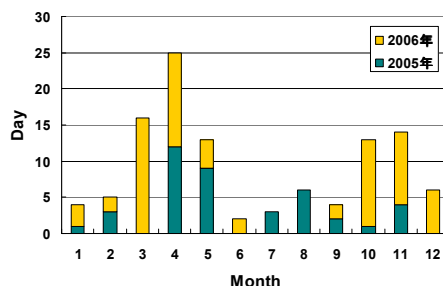


Fig.2 Monthly distribution of observation frequency in 2005 and 2006.

2年間の全日数の15%にあたる計111日分(2005年:41日、2006年:70日)の有効な観測データを得た。但し、この中には1日当たり1時間分のデータしかない日もある。Fig.2に、各月の観測実施数を示す。観測頻度は、天候、装置の不具合、観測者の都合などの要因で変化した。

Fig.3に、典型的な観測データ例として、2006年2月10日、2005年5月5日、2005年8月20日、2006年11月8日の1日分のデータを示す。それぞれ、成層圏からの侵入、対流圏中層以下の高濃度、都市起源の大気汚染、濃度及び濃度変化が小さい状態の継続、が特徴的である。

各月毎の一般的傾向は次の通りである($1.0 \times 10^{18} \text{m}^{-3} = 40 \text{ppbv}$)。

1月:全体として、オゾン濃度は低い。成層圏からの侵入が1事例で見られている。

2月:1月に比べて、自由対流圏のオゾン濃度が高くなっている。濃度は $0.6 \times 10^{18} \text{m}^{-3}$ 程度である。成層圏からの侵入が高頻度で見られる。

3月:2月と似ているが、高度4km以下のオゾンの濃度がさらに高まっている。この高度域では、 $1.5 \times 10^{18} \text{m}^{-3}$ を超えるところも出てくる。

4月:引き続き、成層圏からの侵入と考えられるオゾンの降下が頻繁に見られる。下層のオゾン濃度は、更に濃くなり、高度2km以下では最大 $2.5 \times 10^{18} \text{m}^{-3}$ に達する時がある。

5月:高度3-4km以下のオゾン濃度は平均 $2.0 \times 10^{18} \text{m}^{-3}$ 程度になる。高度1km前後では最大 $3.0 \times 10^{18} \text{m}^{-3}$ に達する。

6月:梅雨の時期に当たるため、データが少ないが、解析したデータの中で濃度最大を記録した日は2006年6月2日である(19時30分頃に高度3.5kmで $6.2 \times 10^{18} \text{m}^{-3}$)。

7月:6月と同様、梅雨の時期に当たり、データが少ない。後半になると、自由対流圏では4月と同程度にまでオゾン濃度が減少している。

8月:自由対流圏と境界層内ともにオゾン濃度が小さくなっている。7月後半から9月にかけて、午後の高濃度が現れることがある。これは、都心からの大気汚染に起因するオゾンが観測されているためと考えられる。このイベントは、風や大気の安定度による影響を強く受けるため、晴れていても観測されないこともある。

9月:自由対流圏のオゾン濃度は、8月に比

べると濃度が高くなっている。

10月~12月:この3ヶ月のオゾンの濃度と振る舞いはよく似ている。オゾン濃度は $1.0 \times 10^{18} \text{m}^{-3}$ 程度で変化が少ない。

4. 考察

上に述べた季節変化傾向は、全体としてはオゾンゾンデ観測データと一致しているが、対流圏オゾンライダーでは微細な濃度変化が得られるため、オゾンの起源の同定にもある程度使用できる。

近年、全球化学輸送モデルにより、対流圏オゾンの3次元分布や季節変化などが調べられている。この結果によれば、春季の日本の地上における対流圏オゾンは、人為起源の越境汚染であることが示されている。今回の観測結果は、この人為起源と考えられるオゾンの他に、成層圏からの侵入も比較的高頻度で観測された。また、初夏から夏にかけては、局地的な汚染と考えられるオゾンも無視できないことが分かった。

5. まとめ

対流圏オゾンライダーを用いて2年間の観測を行い、季節変化を調べた。鉛直分解能と時間分解能に優れたライダーによるこのような長期の対流圏オゾンデータの取得は、国内では数少ないと思われる。これまでの観測で、各月毎の特徴的な対流圏オゾン変動の実態が明らかとなってきた。

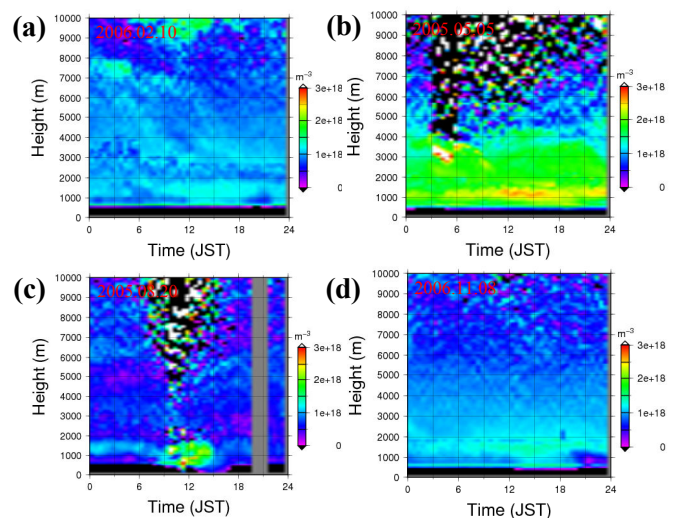


Fig.3 Four examples of the time-height cross-section of tropospheric ozone over Tsukuba on (a) 10 February 2006, (b) 5 May 2005, (c) 20 August 2005, and (d) 8 November 2006.