

DIAL で観測された対流圏オゾン変動の解析

Analysis of Tropospheric Ozone Variation Observed by DIAL

中里真久¹、永井智広¹、廣瀬保雄²

Masahisa Nakazato¹, Tomohiro Nagai¹, Yasuo Hirose²

1. 気象研究所、2. 高層気象台

1. Meteorological Research Institute, 2. Aerological Observatory

Abstract: Stratospheric ozone intrusions into the troposphere were observed using a three-wavelengths DIAL on February 2-4, 2005. For interpretation of the observed data, meteorological analyses were carried out through various observed data and objective analyses made by JMA. Observed ozone-rich air masses originated from the stratosphere were descended along 285K isentropic planes. Ozone vertical distribution corresponded to potential vorticity of more than 1 PVU originated from the stratosphere, which was made through passage of a cut-off low.

1. はじめに

汚染されていない地域での対流圏オゾンは、冬から初夏にかけて増加し、夏から冬にかけて減少する季節変化を示すことが知られている。これは、オゾン生成地域からの長距離輸送と成層圏オゾンの対流圏への流入量が冬から春に最大となるためであると考えられている。

本発表では、ライダーで観測された成層圏から対流圏へのオゾン流入の観測例を報告する。本事例は 2005 年 2 月 2 日から 4 日にかけて、地上低気圧の通過後に連続観測を行ったものである。観測開始時、観測サイトであるつくばの上空 500hPa は北海道に中心を持つ切離低気圧の南端に位置していた。観測された成層圏起源のオゾンは観測開始時、高度 6~7km に見られたが、4 日 00Z には高度 2km 程度にまで降下していた。本事例について、オゾンゾンデ、レーウィンゾンデなどの観測データ及び気象庁客観解析データを用いた環境場の解析と、流跡線解析を行い、観測データの解釈を行った。

2. ライダーの概要

対流圏オゾンの観測には、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を使用した[2]。この装置は、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）を得る構成になっている。地上近傍から高度 3km 程度までを 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 以上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、なんらの補正も必要とせず、両者はほぼ連続的に接続できる。本装置は、積算時間 30 分、高度方向のレンジゲート 100m でオゾンの高度分布が得られる。高度 10km 程度の対流圏界面より少し上までの観測が可能である。圏界面より上になると、成層圏オゾンによる吸収で送信光が急激に減衰するため、観測が困難になる。冬季は圏界面高度が低いいため、観測可能な高度範囲が狭くなる傾向があるが、今回の観測では高度 10km までのプロファイルを連続的に得ることができた。

3. 観測結果

Fig.1 に対流圏オゾン観測用 DIAL によって観測された対流圏オゾン数密度の時間高度断面を示す。

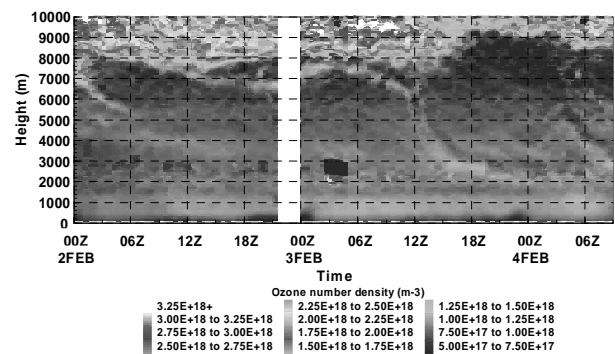


Fig.1 Time-height cross section of tropospheric ozone over Tsukuba observed by DIAL on February 2-4, 2005

観測は2005年2月2日から2月4日に、57時間に渡って行った。途中で機器調整のため2時間、観測を中断した。2日00Zと3日15Z頃に、成層圏オゾンの下端から、オゾンが降下しているように見えるのが分かる。

4. 環境場の解析と結果の解釈

Fig.1の解釈のために、環境場の解析を行った。Fig.2に気象庁の全球客観解析から計算した、2月1日から4日までのつくばにおけるポテンシャル渦度の時間高度断面を示す。図中には、温位の分布もコンターで示されている。縦軸は気圧の対数で高度を表している。2月2日00Zから3日18Zにかけて、対流圏中層に存在した逆転層の降下に対応するポテンシャル渦度の降下が見られる。成層圏起源と考えられる1PVU以上の空気が285K~290Kの等温位線に沿って高度を下げていることが分かる。

次に285Kの等温位面がどのように変化しているかを見てみる。Fig.3(a)に気象庁の全球客観解析から計算した、2月2日00Zのポテンシャル渦度・高度・風の分布を示す。このとき、切離低気圧に対応する風の循環が見られた。つくばは1日18Zまで、切離低気圧の南に位置していたが、2日00Zに切離低気圧の後面に入り、285Kの等温位面の高度が下がり始めた。1日に285Kの等温位面上にあった成層圏起源の空気は、2日12Zには2つの部分に切り離され、つくば上空ではポテンシャル渦度の値が一時的に下がった。この様子は、Fig.2にも現れている。しかしながら、切り離された後、西日本に取り残されていた成層圏起源の空気が、Fig.3(b)に示すように3日18Z頃につくば上空3km付近を通過したことが分かる。これが3日18Z頃にDIALで見られた高度3km付近のオゾンの増大であると考えられる。DIALの観測データでは、一見、3日12Zから18Zにかけて6.5km付近から3km付近までオゾンが連続的に降下しているように見える。しかし、実際にはそうではなく、切離低気圧に伴う風の循環が対流圏中層の広い範囲にわたって同じように存在していたため、成層圏起源のオゾンがほぼ同じ時期につくば上空を通過したと考えられる。DIALの観測データに見られる3日18Z付近のオゾン濃度の傾きは、風の鉛直方向のシアによってできたものと考えられる。つまり、上空の方が風速が大

きかったために、オゾン濃度の濃い場所が早くつくば上空に到達したと考えられる。観測時、つくばは晴天であり、降水などの相変化を伴うような気象現象は見られなかった。このことから、等温位面を横切るような急激な鉛直運動の発生は考えにくい。

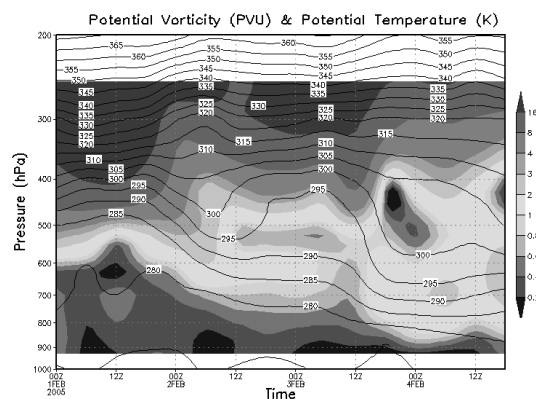


Fig.2 Time-height cross section of potential vorticity and potential temperature over Tsukuba.

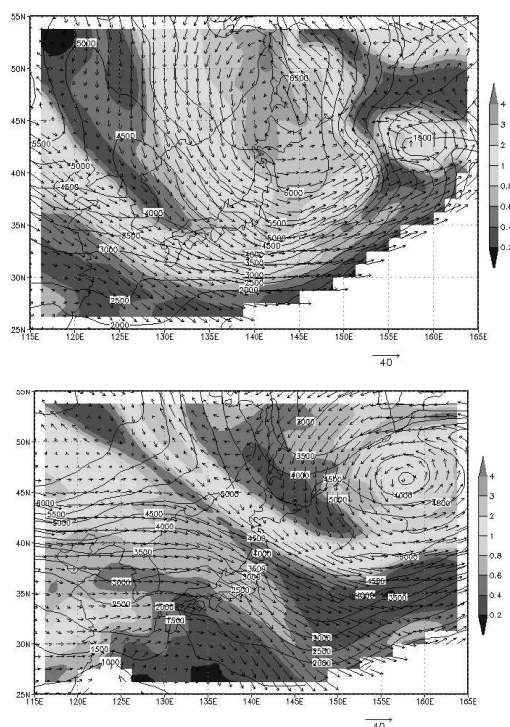


Fig.3 Potential vorticity, height and wind vector distributions on 285K isentropic planes at (a) 00Z on February 2 and (b) 18Z on February 3.

参考文献

- [1] G. Ancellet et al., J. Geophys. Res. 96, 22401-22421(1991).
- [2] 中里真久他, 第23回レーザセンシングシンポジウム予稿集 (2004).