

冬季亜熱帯太平洋西部のオゾン極小について

気候モデリング講座 韓 建宇

指導教官 山崎 孝治

1. 研究背景

地球成層圏の内部には、高さ 20~40 km のところを中心にオゾン (O_3) が比較的多く含まれており、オゾン層と呼ばれている。オゾンは低緯度成層圏で光化学反応によって生成し、高緯度へ輸送されている。上部成層圏では光化学的寿命は日程度と短く、ほぼ光化学平衡であるが、下部成層圏では 100 日程度と長く、輸送がしている (Dessler 2000, Fig. 3.5)。中部成層圏では両方が重要である。

TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer) 気候値のデータによる、北半球の赤道から $30^\circ N$ までの低緯度には、冬の 12 月、1 月、2 月にオゾン全量が他の月より少ない。オゾン全量は 1 年を通して赤道付近で少なく、高緯度側で多い。

更に亜熱帯北太平洋西部 ($20^\circ N$, $140^\circ E$ を中心として) では冬季に 235 ドブソン単位 (DU) 以下の顕著なオゾン極小が観測され (Fig. 1), 短い期間 (数日から 1-2 週間) では時々 200 DU 以下の極端に少ない値が観測される。同じようなレベルのオゾン全量は 8 月、9 月、10 月の南極のオゾンホールだけである。このオゾンの極小は冬の 12 月、1 月、2 月だけ発生している、ほかの月には 20N 全域にはほとんど変化がない。オゾン極小を発生する規模は毎年も違うが、多くとも 250 DU 以下である。ある年は 220 DU 以下になる。TOMS の毎日のデータを調べると、188 DU になった日もある。このオゾン極小域については年々変動についてしらべた Zhou et al. (2003) の論文があるが、その生成原因については分かっていなかった。

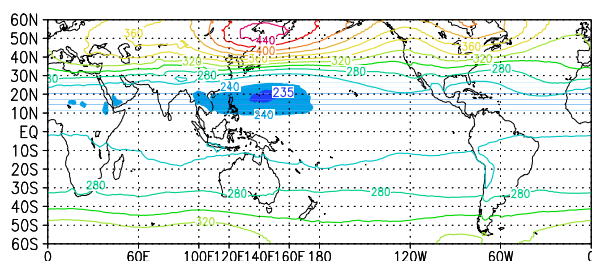


Fig. 1. January (1979–2002) total ozone climatology from TOMS data (DU) (values less than 240 DU are shaded)

2. 解析

当研究では 9 年平均 (1991-2000 年) の TOMS と HALOE (Halogen Occultation Experiment) の衛星観測データを用いて、まずこの地域のオゾン極小の鉛直構造を調べた。その結果、オゾン極小は主に成層圏に原因があり、10-15 hPa を中心とした中部成層圏と 40-60 hPa を中心とした下部成層圏の 2 つの極小層が見られることが分かった (Fig. 2)。中部成層圏でも下部成層圏でも亜熱帯北太平洋西部の付近に同緯度よりオゾン混合比が少ないが、その値は全域的な極小ではない。しかし中部成層圏と下部成層圏とたすと亜熱帯北太平洋西部の付近にオゾンの極小が出てきた。

10-15 hPa を中心とした中部成層圏では水平位面に赤道から $40^\circ N$ までオゾン混合比が減っている事が分かった。つまり、南北流が起こったら、オゾン混合比が変化しやすい。従って、水平流の状況を調べて、10 hPa では冬季アリューシャン高気圧のために北風が強いことが分かった。そこで中部成層圏オゾンの少ない層ができるのは、冬季のアリューシャン高気圧に伴った循環により高緯度のオゾンの少ない空気が亜熱帯太平洋域に輸送されるためと考えられる。

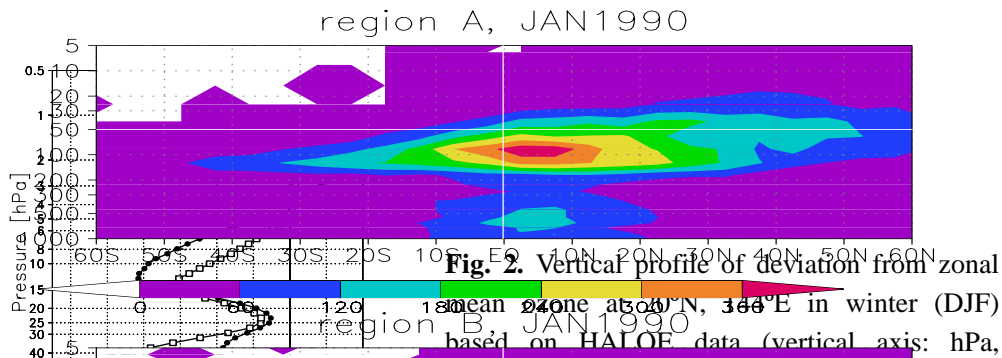


Fig. 2. Vertical profile of deviation from zonal mean ozone at 50hPa, 344°E in winter (DJF) based on HALOE data (vertical axis: hPa, horizontal axis: latitude).

更に簡単に for Medium Range Weather for 2001年12月 2001年12月のオゾン極小は主に中部成層圏に原因があることが分かった。

backward trajectory を使って 2001年12月5日に10 hPa 那覇付近の空気塊の8日前の位置を調べた。この結果は2001年12月のオゾン極小は主に中部成層圏に原因があることが分かった。

一方、ERA40(ECMWF-ERA40)データを使い、毎日太平洋中緯度 50hPa 空気塊の2ヶ月前の位置を調べた。まず太平洋中緯度で東西コントロールがなかった 1990年1月を選び、backward trajectory を使って、下部成層圏 50hPa のA域とB域の空気の起源を調べた (Fig. 3)。1990年1月のECMWF-ERA40 デリデーデータを使い、毎日太平洋中緯度 50hPa 空気塊の2ヶ月前の位置を調べた。

結果として 50hPa 北太平洋域西部の空気塊は約 77%が 50hPa の下から来たことが分かった。

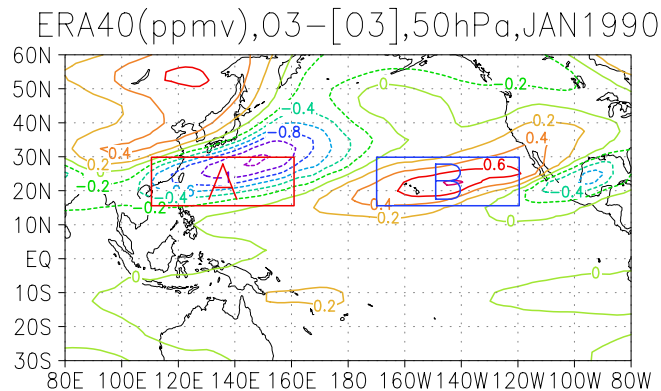


Fig. 3: Ozone mixing ratio (deviation from the zonal mean) at 50 hPa from the ERA40 data on January 1990, and region A and region B is defined.

一方 50hPa 北太平洋域東部の空気塊は 63%が 50hPa の下から来たことが分かった (Fig. 4)。下部成層圏での光化学反応時間は長くて、数十日から百日である。そして、下部成層圏のオゾン分布によって、鉛直勾配が大きくて、上から下へ減少している。そこで、北太平洋西部 50hPa でのオゾン濃度少ない原因は同緯度より 50hPa 下から来た空気塊が多くて、その空気塊が薄いオゾンを送るためと考えられる。

Fig. 4: Longitude-pressure cross sections of zonal mean number densities for the parcels' initial locations above 100 hPa for region A (top) and region B (middle). Bottom is the different of region A and region B.

また、40-60 hPa を中心とした下部成層圏ではオゾン変化とQBOと関係もしらべた。1月赤道域 30hPa-70hPa 東西風が西風シアの時は、東シアより下部成層圏赤道域オゾンが多く 20°N-60°Nの中緯度オゾンが少ないことがわかった。しかし、北太平洋西部ではQBOによる差はあまり有意ではない。これは、中緯度でオゾンが減少する西風シアのときに、太平洋の東西でのコントラストが減少するためであることがわかった(Fig. 5)。

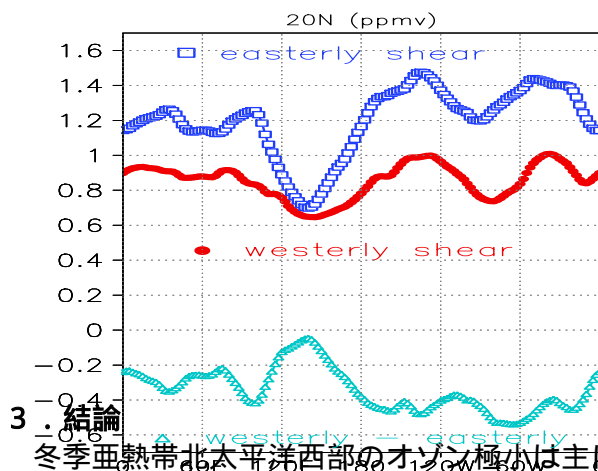


Fig. 5: Ozone mixing ratio deviation from the zonal mean at 20°N, 50 hPa from the ERA40 data. Red line for westerly-shear years, blue line is for the easterly-shear years and light blue line is the difference between them.

3. 結論

冬季中熱帯北太平洋西部のオゾン極小は主に成層圏でおこなう。成層圏内でオゾン濃度少な

いのは2カ所が有り、一つは15hPaを中心とした中部成層圏であり、もう一つは55hPaを中心とした下部成層圏である。中部成層圏でのオゾン少ない原因はアリューシャン高気圧に伴う北風が極側の薄いオゾンを輸送するためと考えられる。下部成層圏でのオゾン少ない原因は同緯度より50hPa下から来た空気塊が多くて、その空気塊が薄いオゾンを輸送するためと考えられる。50hPaを中心とした下部成層圏の北太平洋西部ではオゾンが減少する西風シアのときに、太平洋の東西でのコントラストが減少するためQBOによる差はあまり有意ではない。

参考文献

Dessler, A., 2000: *The Chemistry and Physics of Stratospheric Ozone*. Academic Press, 214pp.

Zhou, L., H. Akiyoshi and K. Kawahira, 2003: Analysis of year-to-year ozone variation over the subtropical western Pacific region using ER_TOMS data and CCSR/NIES nudging CTM. *J. Geophys. Res.*, **108(D20)**, 4627, doi:10.1029/2003JD003412.

論文と学会発表リスト：

Han, J., K. Yamazaki, and M. Niwano, 2005: The winter ozone minimum over the subtropical northwestern Pacific. *J. Meteor. Soc. Japan*, **83**, 57-67.

2004.6 Quadrennial Ozone Symposium 2004

《The Ozone Minimum over the Subtropical Northwestern Pacific in Winter》

Han Jianyu, Koji Yamazaki and Masanori Niwano