

春季極域のオゾン全量と冬季の渦熱フラックスについて

小寺沙也加 (北大・環境科学院), 長谷部文雄 (北大・地球環境科学研究院)

1 はじめに

下部成層圏のオゾンは長い光化学的寿命を持つため、成層圏オゾンの変動には、成層圏の力学的な効果が重要である。オゾンが生成するのは赤道域であるが、オゾン全量の極大は春季の極域にある。この事実は、成層圏循環の理解を深める端緒となった。成層圏の大気大循環は Brewer-Dobson 循環 (BDC) と呼ばれ、オゾン全量の春季極大は成層圏におけるプラネタリー波の砕波により駆動される、冬半球に限定された極向きの輸送により引き起こされる。

春季極域のオゾン全量には、南北で大きな違いがある。南半球のオゾン破壊はオゾンホールとしてよく知られている。北半球でもオゾンは減少しているが、極渦の強さなどの力学場の違いがあり、南半球ほど深刻ではない。このような違いがあることから、南北両半球のオゾンについては別々に扱われることが多かった。

Weber *et al.* (2011) は、BDC の変動の指標である渦熱フラックスを用いることによって南北を統一的に記述し、オゾンと渦熱フラックスに高い正の相関があることを示した。顕著にオゾンが減少した年なども含めて、良い線形関係が得られているのは大変興味深いことである。しかし、そのような結果が得られることに対する深い議論はされていない。そこで、本研究では、線形関係が成立する気象学的根拠について理解することを目的として、オゾン全量と渦熱フラックスの気象学的対応を考察し、積算オゾン全量の時間変化と渦熱フラックスの対応を調べた。

2 解析方法

Weber *et al.* (2011) の図で見られる線形関係を考察するために、大気微量成分の連続の式を積分した。その結果、以下の近似式を得た。

$$[X]_{i+1} - [X]_i = \frac{R\rho_0\bar{\chi}}{N^2H} \left(\overline{T'v'} \right) \Big|_{z_p, y_m} \times \Delta t$$

ここで、 $[X]$ は緯度 y_m より高緯度側で積算したオゾン全量、 i は時刻、 ρ_0 は標準密度、 χ はオゾン混合比、 $\overline{T'v'}$ は渦熱フラックス、 z_p は高度である。左辺は $[X]$ の時間変化率、右辺は y_m, z_p における渦熱フラックスから成る項である。これらを独立に計算し対応を見る。本解析では $y_m = 60^\circ$ 、 $z_p = 100\text{hPa}$ とする。ERA-Interim (1979-2016) の 6 時間ごとの再解析データを使用した。ただし、惑星波の寄与を見るために T と v をフーリエ級数展開し、波数 3 までの波で渦熱フラックスを計算する。また、時刻 i と $i+1$ の差が 6 時間で、その差は多くの誤差を含むと考えられるため、7 日の移動平均をとる。この間の化学的生成・消滅は十分に小さいため無視できる。

3 結果

図 1 は、オゾン全量の時間変化率と 100 hPa, 60° における渦熱フラックスの関係を示している。オゾン全量の時間変化率と渦熱フラックスの正の相関が見出される。次に、1981-1982 年と 1995-1996 年の北半球におけるオゾン全量の時間変化率と渦熱フラックスの時系列を図 2 と図 3 に示す。図 2 ではオ

ゾン全量の時間変化率と渦熱フラックスに良い対応が見られるが、図3では見られない。このように、全ての期間で良い対応が見られるわけではない。したがって、対応の良くない年についてその理由を明らかにすることが今後の課題である。また、気圧面と緯度の決め方についても詳しく考察することが必要である。

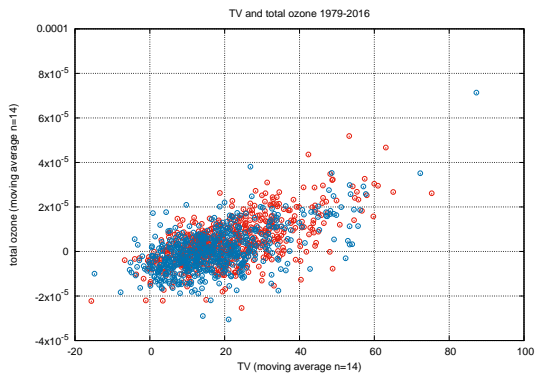


図1 オゾン全量の時間変化率と100 hPa、60°における渦熱フラックスの関係。1976–2016年について、北半球は11–2月(赤)、南半球は7–10月(青)で示されている。

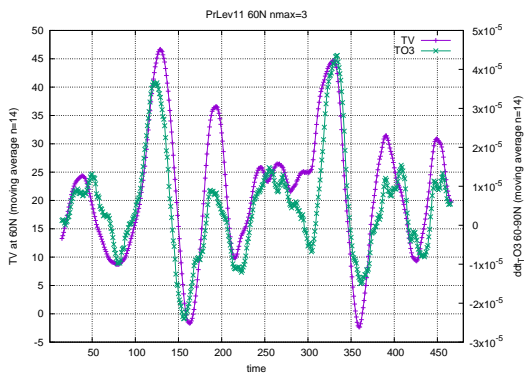


図2 1981年11月から1982年2月までの、北緯60–90°の積算オゾン全量の時間変化率(緑)と北緯60°における渦熱フラックス(紫)の時系列。

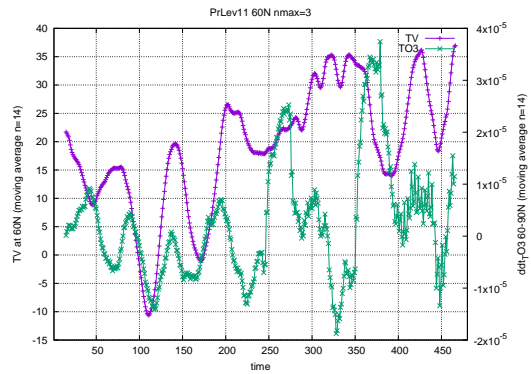


図3 図2と同じ。ただし、1995年から1996年について。

参考文献

Weber, M., S. Dikty, J. P. Burrows, H. Garny, M. Dameris, A. Kubin, J. Abalichin, and U. Langematz (2011), The brewer-dobson circulation and total ozone from seasonal to decadal time scales, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 11(21), 11,221–11,235.