

衛星観測データと化学気候モデルを用いた東アジア域からの 窒素酸化物の長距離輸送の事例解析

*柴崎登紀子、野口克行、林田佐智子(奈良女子大学)、須藤健悟(名古屋大学)、
Andreas Richter, John P. Burrows (University of Bremen)、太田絵美(富士通 FIP)

1. はじめに

近年、東アジア域では急速な経済発展にともなう大気汚染が深刻化しており、越境汚染が懸念されている。代表的な大気汚染物質である窒素酸化物($\text{NO}_x \equiv \text{NO} + \text{NO}_2$)は、地上付近では寿命の短い(1日程度)化学種であり、通常は NO_x のままの形で長距離輸送されにくいと考えられている。しかし、何らかの過程で寿命のより長い(上部対流圏で4-7日程度)高高度に持ち上げられれば、長距離輸送される可能性がある。Stohl et al. [2003]は、アメリカ東海岸で発生した NO_2 が北大西洋を超えてヨーロッパ、ロシアまで達したと報告している。

本研究では、東アジア域から太平洋上への NO_x 輸送の実態把握を目指し、人工衛星で観測された NO_2 の長距離輸送の事例に着目した。数値モデルによる計算結果を援用してこのような事例における NO_2 の高度分布を解析し、どのようにして NO_x が長距離輸送されているのかを調べた。

2. 使用データ

衛星観測データとしては、GOME(Global Ozone Monitoring Experiment)センサによるデータを使用した。GOMEセンサは、欧州宇宙機関が打ち上げた地球観測衛星ERS-2に搭載された可視・紫外域の直下視型のセンサである。視野は $40\text{km} \times 320\text{km}$ で、1996年から2003年までほぼ全球のデータが取得されている。本研究で利用したのは、ドイツ・ブレーメン大学によって導出された対流圏 NO_2 気柱量データ[Richter et al., 2005]である。

数値モデルデータとしては、CHASER(Chemical AGCM for Study of Atmospheric Environment and Radiative Forcing)[Sudo et al., 2002a, 2002b]による計算結果を用いた。CHASERは光化学反応を組み込んだ化学気候モデルで、窒素酸化物(NO_x)を含む汚染物質の放出、大気中における輸送・化学反応、降水除去などを全球的に計算できる。GOMEデータと比較する際には、GOMEの観測時刻であるLT10:30における NO_2 の高度分布から気柱量に直して使用した。

3. 解析結果

まず、太平洋上にて、通常の海洋上での対流圏 NO_2 気柱量($1 \times 10^{15} \text{ molecules cm}^{-2}$ 以下)よりも大きな場合($2 \times 10^{15} \text{ molecules cm}^{-2}$ 以上)に大規模な長距離輸送が生じていると考え、このような事例をGOME観測データから抽出したところ、1996年から2002年までの間に四例見つかった[太田他、2005]。例として、2001年3月31日の北太平洋上における対流圏 NO_2 気柱量を図1に示す。輸送のメカニズムを解明するには高度分布の情報が大変有用であるが、GOMEは対流圏気柱量しか導出しておらず、高度分布に関する情報は直接含まれていないので、CHASERによる計算結果を援用した。抽出された事例についてGOMEデータとCHASERの計算結果(図2)を比較したところ、CHASERにおける NO_2 気柱量は、絶対量はGOMEデータの4割程度であるが、定性的にはGOMEで観測された水平分布の構造が良く再現されており、相関係数も0.7程度と高かった。そこで、CHASERの計算結果を用い

て NO_x の数密度の高度分布を解析したところ、東経 $150-170^\circ$ で中部対流圏(2-7 km)において数密度が極大になっている事が分かった(図3)。他の三例についても同様に中・上部対流圏にて NO_2 数密度の極大が見られた。この結果は、 NO_2 が何らかの過程で地表から寿命のより長い高高度に持ち上げられた結果、長距離輸送されたことを示唆する。講演では、地表から高高度へと空気塊を輸送する気象過程を示すと共に、どの程度の NO_2 が太平洋へ輸送されているかを議論する。

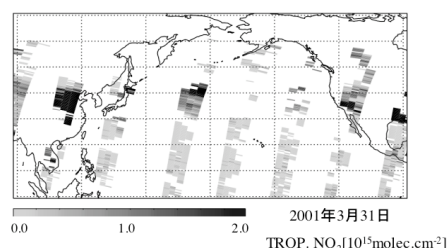


図1 GOMEで観測された2001年3月31日の太平洋上の NO_2 気柱量。

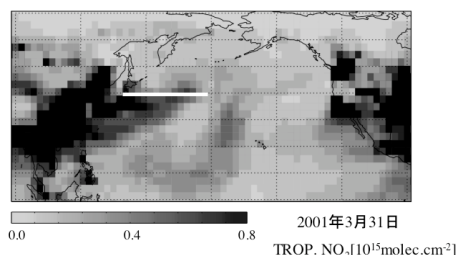


図2 CHASERによって計算された2001年3月31日の太平洋上の NO_2 気柱量。ただし、カラーバーのスケールは図1に対して2/5倍している。白線は、図3の高度経度断面の緯度線を表す。

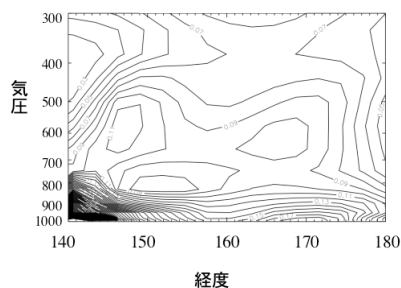


図3 CHASERによって計算された2001年3月31日の北緯 40° 、東経 $140^\circ-180^\circ$ における NO_x の数密度の高度経度断面図。単位は $10^{15} \text{ molecules m}^{-3}$ であり、コンター幅は $10^{13} \text{ molecules m}^{-3}$ である。縦軸は気圧を対数で表示してある。

参考文献

- Richter et al., Nature, 437, 129-132, 2005.
- Stohl et al., Atmos. Chem. Phys., 3, 969-985, 2003.
- Sudo et al., J. Geophys. Res., 107, 10.1029/2001JD001113, 2002a.
- Sudo et al., J. Geophys. Res., 107, 10.1029/2001JD001114, 2002b.
- 太田絵美他, 日本気象学会秋季大会, P157、神戸, 2005.