

## 昭和基地で捉えた MLT 領域における NO カラム量の季節変動と短期変動

磯野靖子<sup>1</sup>、水野亮<sup>1</sup>、長濱智生<sup>1</sup>、三好由純<sup>1</sup>、中村卓司<sup>2</sup>、片岡龍峰<sup>2</sup>、堤雅基<sup>2</sup>、江尻省<sup>2</sup>、藤原均<sup>3</sup>、前澤裕之<sup>4</sup>

<sup>1</sup>名古屋大学 太陽地球環境研究所

<sup>2</sup>国立極地研究所

<sup>3</sup>成蹊大学

<sup>4</sup>大阪府立大学

### The seasonal variation and the short-term variation of Nitric oxide in the MLT region at Syowa station

Yasuko Isono<sup>1</sup>, Akira Mizuno<sup>1</sup>, Tomoo Nagahama<sup>1</sup>, Yoshizumi Miyoshi<sup>1</sup>, Takuji Nakamura<sup>2</sup>, Ryuho Kataoka<sup>2</sup>, Masaki Tsutsumi<sup>2</sup>, Mitsumu K Ejiri<sup>2</sup>, Hitoshi Fujiwara<sup>3</sup> and Hiroyuki Maezawa<sup>4</sup>

<sup>1</sup>STEL, Nagoya Univ.

<sup>2</sup>NIPR

<sup>3</sup>Seikei Univ.

<sup>4</sup>Osaka Prefecture Univ.

Energetic particle precipitation (EPP) related to the solar activity would increase NO and NO<sub>2</sub> and decrease ozone between the middle atmosphere and the lower thermosphere in the polar region. During the cycle 23 solar maximum, a large solar proton event occurred in October 2003, and the corresponding drastic increment of the nitric oxide (NO) by energetic protons was observed by satellite measurement [e.g. López-Puertas et al. 2005]. In addition to these short-term events, the NO<sub>x</sub> rich air is transported downward from the lower thermosphere to the mesosphere along with the polar vortex during the polar winter [e.g. Seppälä et al. 2007]. Since these studies have used mainly satellite to observe minor molecules, recent studies based on ground-based observation have demonstrated direct production of NO by EPP as well [Newnham et al. 2011, Daae et al. 2012].

To detect the variation of minor molecules such as NO and ozone, we newly installed a millimeter-wave spectroscopic radiometer at Syowa station (69.00S, 39.85E). We also aim to understand the relation between EPP, polar vortex and NO variation. We have carried out ground-based observations of spectral line of ozone (239.093 2790 GHz) and NO (250.796 4360 GHz) since March 2011 and January 2012, respectively. In this presentation, we show the result of NO observation.

We obtained 197 and 145 daily averaged NO spectra in 2012 and 2013 (until 31August), respectively. The observation time accounted for 33.9 % and 44.2 % of a year in 2012 and 2013. Lacks of data were depending on bad weather such as blizzards and frosts. The NO spectra were well fitted with a single Gaussian. From the spectral line width, we estimated that the emitting region is dominant between 70 and 110 km. The time profile of the NO column density indicates the seasonal variation in both 2012 and 2013. The NO column density was the same as the noise level during summer, but it increased up to 6 times of the noise level during winter. In contrast with the seasonal variation, we also detected the short-term variations.

To detect the seasonal variation without the effect of EPP, we classify the NO column density as quiet data under conditions of  $|\text{Dst}| \leq 10$  and  $K_{\text{sum}}$  (sum of a day of K index)  $\leq 16$ . The running average every 31 days of these quiet data generate the seasonal variation and indicate about  $0.5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$  and  $1.7 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$  during summer and winter especially polar night, respectively. The amount of change is consistent with the value estimate by the HALOE satellite. The NO column density which is higher than the seasonal variation is good correlation with large geomagnetic storm.

In this presentation, we will show the time profile of NO variation in 2012-2013 and discuss about detection of seasonal variations. And we will also discuss about possible cause of short term variations in more detail by comparing with geomagnetic indices and high energy particle data.

極域の中層大気および下部熱圏では、高エネルギー粒子の降り込みにより大気中の窒素酸化物 (NO、NO<sub>2</sub>) が増加し、オゾンが減少するといった微量大気成分の組成変動を引き起こすことが知られている。第 23 期の太陽極大期では巨大な太陽陽子イベントが発生し、その直後に起きた NO<sub>x</sub> の増加とオゾンの減少が衛星観測で捉えられている [e.g. López-Puertas et al. 2005]。また、このような間欠的かつ短期的な微量大気成分の変動に加え、冬期の極域では下部熱圏で生成された NO<sub>x</sub> が極渦に沿って中層大気に下降することが知られており、衛星観測で捉えられている [e.g. Seppälä et al. 2007]。中層大気～下部熱圏の微量大気成分の変動をターゲットとしたこれらの観測は衛星観測が主であり、局所的な変動を捉える事が可能な地上観測の例は第 24 期太陽活動の初期に南極の Troll station で

おこなわれた程度である[Newnham et al. 2011, Daae et al. 2012]。そこで本研究では、ミリ波分光観測装置を南極昭和基地に設置し、局所的な微量大気成分（NO、オゾン）の変動を捉えることで太陽極大期の高エネルギー粒子の降り込みや大気循環などとの関連を明らかにすることを旨とした。

本研究は南極観測の第Ⅷ期六ヶ年計画の重点研究観測に位置付けられており、PANSY やライダーと共に第 52 次隊から開始された。2010 年 12 月に南極昭和基地に装置を設置し、2011 年 3 月からオゾンスペクトル（239.093 2790 GHz）、2012 年 1 月から NO スペクトル（250.796 4360 GHz）の観測を順次開始した。NO スペクトルの観測開始以降は、1 日 4 回（LT 0,6,12,18）各 1 時間（合計 4 時間）のオゾン観測と残りの約 20 時間は NO 観測をおこなっている。本講演では NO の観測結果について報告する。

2012 年は 197 日分の有効なスペクトルが得られ、データ取得率は 33.9%であった。2013 年は 8 月 31 日時点で取得率 44.2%、145 日分のスペクトルを取得した。データ欠損はブリザードや霜などの悪天に起因する。検出されたスペクトルはローレンツ関数よりも単一のガウス関数で良くフィットでき、その半値幅から高度 70-110km からの放射が支配的であることが分かった。24 時間積分したカラム量の約 2 年半のプロファイルは、冬期に増加し夏期に減少する同様の季節変動の傾向を示した。夏期は NO のカラム量がほぼノイズレベルで推移しているのに対し、冬期のピーク時には約 6 倍に達している。このような季節変動に対し数日程度の短期的な変動も複数捉えられており、NO のカラム量は季節変動の上に数日程度の短期変動を付加したようなプロファイルを示した。

冬期に NO カラム量が増加する季節変動を抽出するため、24 時間積分の NO カラム量を Dst index と昭和基地の K index を用いて分類した。 $|Dst| \leq 10$  かつ  $K_{sum}$  (1 日の合計)  $\leq 16$  を満たす日を地磁気が静穏な日 (i.e. 高エネルギー粒子の影響が小さい日) として、これらの日に該当する NO カラム量について 31 日毎の移動平均を算出した。その結果、夏期はおよそ  $0.5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$  の低い値であったが、DOY100 から徐々に上昇し冬期の極夜時期 (DOY150-190) に  $1.7 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$  の高い値を示した。その後は再び減少し DOY250 で夏期のレベルまで低下した。約 4 倍のカラム量の季節変化は、HALOE の衛星観測で得られた NO の密度分布と整合的である。NO のカラム量が季節変動値よりも高い部分は、Dst index  $\sim -100$  nT におよぶ規模の大きな磁気嵐とよい相関がある。

本講演では、2012-2013 年の NO カラム量のプロファイルを紹介し、季節変動の抽出や短期変動のイベント解析について議論する。



Figure 1. millimeter-wave spectroscopic radiometer at Syowa Station

## References

- López-Puertas, M., et al. (2005), Observation of  $\text{NO}_x$  enhancement and ozone depletion in the Northern and Southern Hemispheres after October-November 2003 solar proton events, *J. Geophys. Res.*, 110, A09S43, doi:10.1029/2005JA011050.
- Seppälä, A., et al. (2007), Arctic and Antarctic polar winter  $\text{NO}_x$  and energetic particle precipitation in 2002-2006, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L12810, doi:10.1029/2007GL029733.
- Newnham, David A., et al. (2011), Direct observations of nitric oxide produced by energetic electron precipitation into the Antarctic middle atmosphere, *Geophys. Res. Lett.*, 38, L20104, doi:10.1029/2011GL048666.
- Daae, M., et al. (2012), The effect of energetic electron precipitation on middle mesospheric night-time ozone during and after a moderate geomagnetic storm, *Geophys. Res. Lett.*, 39, L21811, doi:10.1029/2012GL053787.