

昭和基地におけるミリ波多周波数分光放射計を用いた中間圏/下部熱圏一酸化窒素の時間変動の研究

#水野 亮¹⁾, 後藤 宏文¹⁾, 長濱 智生¹⁾, 中島 拓¹⁾, 片岡 龍峰²⁾, 田中 良昌²⁾, 江尻 省²⁾, 富川 喜弘²⁾, 鈴木 ひかる³⁾, 土屋 史紀³⁾, 村田 功³⁾, 笠羽 康正³⁾

⁽¹⁾ 名大・宇地研, ⁽²⁾ 極地研, ⁽³⁾ 東北大学

A study on temporal variation of NO in the MLT region using a multi-frequency-mm-wave spectroradiometer at Syowa Station

#Akira Mizuno¹⁾, Hirofumi Goto¹⁾, Tomoo Nagahama¹⁾, Taku Nakajima¹⁾, Ryuho Kataoka²⁾, Yoshimasa Tanaka²⁾, Mitsumu K Ejiri²⁾, Yoshihiro Tomikawa²⁾, Hikaru Suzuki³⁾, Fuminori Tsuchiya³⁾, Isao Murata³⁾, Yasumasa Kasaba³⁾

⁽¹⁾Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, ⁽²⁾National Institute of Polar Research, ⁽³⁾Tohoku university

Energetic particle precipitation (EPP) onto the polar regions induced by the solar activity ionizes atmospheric molecules, and the subsequent ion chemistry produces NO_x and HO_x, leading to depletion of ozone.

We developed a new multi-frequency spectroradiometer using a waveguide-type frequency multiplexer and broad-band FFT spectrometer to make simultaneous observations of multi-spectral lines including NO and O₃, and we started the routine observation at Syowa Station in July 2022.

Frequency switching method was used for the observations, which is less sensitive to sky inhomogeneities due to cloudlets and able to reduce dead time caused by rotational motion of the switching mirror to change the elevation angles. CO in the 230 GHz band, two ozone spectra (J=7_{1,7}-6_{0,6} and J=10_{2,8}-10_{1,9}) and six NO spectra (F=7/2-5/2, 5/2-3/2, 3/2-1/2 with J=5/2-3/2 for each p_{ul}=→+ and +→-) in the 250 GHz band have been observing routinely.

In this presentation, we report the data analysis results on temporal variations of NO.

From July 2022 to the end of 2023, there were five geomagnetic storms with Dst indices exceeding -100 nT, and significant increases in NO were observed in four of them. Among these geomagnetic storms, those on March 24 and April 24, 2023, NO increments in the recovery phase were observed in addition to the ordinary increases in the main phase of geomagnetic storms. The increment of NO in the March recovery phase showed good correlation with the arrival of the fast solar wind; in the April case, NO slightly increased for 9 days after the main phase keeping high column density level, but the relationship with fast solar wind was not as clear as in the March case because of the lack of NO data due to bad weather during the arrival of the fast solar wind. For small geomagnetic storms with Dst indices between -50 nT and -100 nT, there are signatures of increase in NO corresponding to geomagnetic storms, but some of them are not clearly significant. Drawing an appropriate baseline for long-term variability is an important issue to assess small NO enhancements related to the small geomagnetic storms.

During a large magnetic storm on May 11, 2024, with Dst index exceeding -400 nT, a large increase of NO by about 1.5 × 10¹⁵ cm⁻² was observed, and this NO level continued for about four days.

In this presentation, we will report the results of detailed analyses of individual case studies including comparisons with satellite data of precipitating flux of energetic particles, and also report the correlation between geomagnetic storms of about -50 nT and NO temporal variation in more detail.

太陽活動に伴い極域に降り込んだ高エネルギー粒子が、大気分子を電離しイオン反応を介して NO_x, HO_xなどを生成しオゾン破壊することが知られている。

我々は、高エネルギー粒子が降り込んだ際の大気側の応答を明らかにするため、2012年よりミリ波分光放射計を用い、昭和基地上空の一酸化窒素およびオゾン周波数設定を切り替えながら交互に観測を行ってきた。この状況を打開し複数の分子を同時に観測するために、導波管型周波数マルチプレクサと広帯域FFT分光計を用いた多周波ミリ波分光放射計システムを開発し、2022年の7月から定常観測を開始した。観測には、雲などの空の非一様性の影響を受けにくく高度角の切り替えに伴うデッドタイムの少ない周波数スイッチングを用い、230GHz帯のCO、250GHz帯の2本のオゾン(J=7_{1,7}-6_{0,6}とJ=10_{2,8}-10_{1,9})および6本のNOのスペクトル(J=5/2-3/2のF=7/2-5/2, 5/2-3/2, 3/2-1/2の3本がp_{ul}=→+と+→-2組で計6本)を観測している。2023年12月末までについてははしらせで日本に持ち帰った全観測データをもとに、2024年については大きな磁気嵐発生時のデータを昭和基地で1時間ごとに束ねて日本に転送して解析を進めている。

本発表では12時間平均6時間観測グリッドのNO柱密度データを用いて、その時間変動についての解析結果を報告する。

2022年7月から2023年末までDst指数が-100nTを超える磁気嵐が5回あったが、そのうち4回にNOの柱密度に有意な増加が見られた。そのうち、2023年3月24日、4月24日の磁気嵐では主相直後のNOの増加に加えて回復相でもNOの増加が見られた。3月の回復相でのNOの増加は高速太陽風の到来と良い対応を示し、4月の事例では途中悪天候によるNOのデータ欠損があるため高速太陽風との関係は明瞭ではないが、高レベルのNOの緩やかな増加が9日程度

継続する傾向が見られた。Dst 指数が-50nT から-100nT の間の磁気嵐に対しては、対応する NO 増加の兆候が見られるもののそれらの有意性を議論する上で、長期変動のベースラインをどのように適切に引くかが課題である。

また、2024 年 5 月 11 日の Dst 指数が-400nT を超える大きな磁気嵐の際には $1.5 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$ ほどの NO の大きな増加が確認され、高い NO 柱密度の状態が 4 日間程度継続した。

発表では、これらの個々の事例について降り込み粒子のフラックスの時間変動との比較なども含めた詳細な解析結果を報告するとともに、-50nT 程度の比較的小さい磁気嵐と NO との相関をさらに詳しく調べて報告したい。