

R005-P01

ポスター 3 : 9/26 AM1/AM2 (9:00-12:30)

南極・昭和基地における NO 分子の観測および NO 柱密度変動と高エネルギー電子の降り込みとの関係

#後藤 宏文¹⁾, 水野 亮¹⁾, 中島 拓¹⁾, 長濱 智生¹⁾

¹⁾ 名大・宇地研

A study on the relationship between NO column density and high-energy electrons based on the mm-wave observation at Syowa station

#Hirofumi Goto¹⁾, Akira Mizuno¹⁾, Taku Nakajima¹⁾, Tomoo Nagahama¹⁾

¹⁾Institute for Space-Earth Environment Research, Nagoya University

We have carried out millimeter-wave spectroscopic observation of minor constituents in the middle atmosphere, such as nitric oxide (NO) and ozone, at Syowa Station (69.00° S, 39.85° E) in Antarctica since 2012 and at Tromsø, Norway (69.35° N, 19.14° E) in the Arctic since 2016 to study the effects of energetic particle precipitation into the polar regions induced by the solar activity. We presented the results of short-term test observation of NO at Tromsø, Norway, over 75 days from December 26, 2018, to March 10, 2019 (Goto et al., SGEPS 2021). In this report, we will present the results of the analysis of the NO observation data over 10 days from March 22, 2023, to March 31, 2023, obtained by the multi-frequency millimeter-wave spectrometer (Mizuno et al., SGEPS 2023), which started routine observations at Syowa in July 2022. Correlation studies between the NO column density, proxies of geomagnetic activities, and energetic particle precipitations were performed using the same analysis method applied to the Tromsø data.

The FFT spectrometer used in this observation has a bandwidth of 2.5 GHz, which is 2.5 times broader than that of the spectrometer used in the Tromsø observation, making it possible to simultaneously observe the spectra of six hyperfine structure lines of NO at relatively nearby frequencies. Averaging the column densities derived from these hyperfine structure lines is expected to improve the accuracy of determining column densities. Therefore, we derived NO column density at Syowa using 12-hour integrated six spectra at 250.796436 GHz, 250.436848 GHz, 250.440659 GHz, 250.448530 GHz, 250.815594 GHz, and 250.816954 GHz. As at Tromsø, the atmospheric temperature in the region where NO is present was assumed to be a constant 200 K, and the NO emission lines were assumed to be optically thin. The average error in the column density this time was 0.73 times that at Tromsø, which means that the error in the column density could be reduced while shortening the integration time, i.e., time resolution.

For the data analysis period, the Dst index decreased drastically from March 23 to March 24, 2023, peaking at about -150 nT. During the period, NO column density increased to $6.5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ on March 24 and remained nearly constant before increasing further at the end of March 25 to a peak of about $1.2 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$. After that, it decreased to about the same level as on March 24 and remained almost constant until March 28. This suggests that NO may have increased due to electrons accelerated by the geomagnetic disturbance. Therefore, we compared NO column density with the electron flux data obtained by the MEPED 0° telescope in the five POES/METOP satellites. For the comparison, we used the L-value and MLT of the satellite observations to select the electron flux data that were most likely to precipitate onto Syowa. As a result, it was found that the NO column density increased on March 24 and at the end of March 25 after the increase in electron flux observed by the satellites on March 23 and March 25, respectively. On the other hand, a more significant increase in electron flux was also observed on March 22, but there was no significant corresponding increase in NO column density. We will discuss the cause of the increase by referring to other observation data and report the correlation between the NO column density and energetic electrons.

太陽活動に伴って極域に降り込む高エネルギー粒子が NO_x(窒素酸化物) やオゾンなどの中層大気中の微量分子に及ぼす影響を観測的に調べるため、我々は 2012 年から南極・昭和基地 (69.00° S, 39.85° E)、2016 年から北極域のノルウェー・トロムソ (69.35° N, 19.14° E) でミリ波分光観測を行っている。これまでに、トロムソについては 2018 年 12 月 26 日から 2019 年 3 月 10 日までの 75 日間にわたって実施した NO のテスト観測の結果を 2021 年の SGEPS 講演会で報告した(後藤他、2021 年講演会参照)。今回は、昭和基地で 2022 年 7 月から定常観測を開始した多周波数ミリ波分光計(詳細は水野他、本年講演会参照)を用いて得られた NO の観測データの中から、2023 年 3 月 22 日から 31 日までの 10 日間にわたってトロムソで行ったのと同様の方法で解析を行い、NO 柱密度、Dst 指数、電子フラックスの時間変化を比較した。

今回の観測に用いた多周波数ミリ波分光計の FFT 分光計帯域は 2.5 GHz であり、トロムソでの観測で用いた分光計と比べ 2.5 倍の帯域を持つため、比較的近傍の周波数にある NO の 6 本の超微細構造線のスペクトルを同時観測することが可能となった。これらの超微細構造線から導出される柱密度を平均することで柱密度の決定精度が向上することが期待できる。今回の昭和基地での解析においては、250.796436 GHz、250.436848 GHz、250.440659 GHz、250.448530 GHz、250.815594 GHz、250.816954 GHz の 6 本に増やし、積分時間は 12 時間と短くした。NO が存在する領域の大気温度は一律に 200 K で、NO 輝線は光学的に薄いと仮定した。今回の柱密度の誤差の平均はトロムソでの観測の 0.73 倍となり、時間分解能を小さくしながら柱密度の誤差を小さくすることができた。

解析を行った期間には、Dst 指数が3月23日から3月24日にかけて急激に減少し、ピークは約-150 nT に達した。このとき、NO 柱密度は3月24日に $6.5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ まで増加し、ほぼ一定の状態となってから3月25日にさらに増加し、ピークは約 $1.2 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ に達した。その後は3月24日とほぼ同じ値まで減少し、3月28日までほぼ一定となった。以上より、磁場の擾乱により加速された電子によりNOが増加した可能性が考えられる。そこで、5機のPOES/METOP衛星に搭載されたMEPED検出器0度望遠鏡で得られた電子フラックスのデータと比較した。比較に当たっては、L値およびMLTの値で条件を与え、昭和基地に降り込んでくる可能性の高い電子フラックスデータを選定した。その結果、3月24日と3月25日末のNOの柱密度の増加に対応する電子フラックスの増加がそれぞれ3月23日と3月25日に確認された。その一方、3月22日にもそれらよりも大きい電子フラックスの増加が見られたが、NOの柱密度には対応する顕著な増加は見られなかった。今後、他の観測データも参照しその原因の考察を進め、NO柱密度と高エネルギー電子の降り込みとの関係についてまとめて報告する予定である。