

R005-13

B会場：9/24 PM2 (15:45-18:15)

17:15~17:30

高エネルギー粒子降り込みの大気影響理解のための昭和基地における多輝線ミリ波同時観測の現状と今後の計画

#水野 亮¹⁾, 中島 拓¹⁾, 長濱 智生¹⁾, 溝口 玄真¹⁾, 後藤 宏文¹⁾, 片岡 龍峰²⁾, 田中 良昌²⁾, 小池 陸斗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⁾, ISEE EPC 融合研究コンソーシアム¹⁾

¹⁾ 名大・宇地研, ²⁾ 極地研, ³⁾ 東北大学

Current Status and Future Plans of MM-wave Multi-line Observation at Syowa to Understand the Effect of EPP on the Atmosphere

#Akira Mizuno¹⁾, Taku Nakajima¹⁾, Tomoo Nagahama¹⁾, Gemma Mizoguchi¹⁾, Hirofumi Goto¹⁾, Ryuho Kataoka²⁾, Yoshimasa Tanaka²⁾, Rikuto Koike²⁾, Mitsumu K Ejiri²⁾, Yoshihiro Tomikawa²⁾, Hikaru Suzuki³⁾, Fuminori Tsuchiya³⁾, Isao Murata³⁾, Yasumasa Kasaba³⁾, ISEE EPC Interdisciplinary Research Consortium¹⁾

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

It is well-known that energetic particle precipitation into 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 have been conducting long-term monitoring using a millimeter-wave spectrometer in two spectral lines of nitric oxide (NO) and ozone (O_3) above Syowa Station since 2012 to clarify the atmospheric response to the energetic particle precipitation. However, we could not observe both lines simultaneously due to the limitation of the instantaneous bandwidth of the millimeter-wave spectrometer, the two lines were observed alternately by switching the frequency setting of the receiver system. To overcome this situation, a multi-frequency millimeter-wave spectrometer using a waveguide-type frequency multiplexer was developed and installed at Syowa Station in 2020. Simultaneous observation of multiple emission lines in the 230-250 GHz band, including CO additionally, was realized for the first time in the ground-based millimeter-wave observations. But the originally planned performance was not achieved, due to some problems with damages of parts and an incomplete cooling system setup. In 2022, we made a quick overhaul of the observing system, such as expansion of the FFT spectrometer bandwidth from 2.0 GHz to 2.5 GHz, improvement of the IF circuit design, and reassemble the cooling system. And finally, the spectrometer achieved originally planned performance.

Frequency switching method was used for the observations, which is less sensitive to sky inhomogeneities due to cloudlets etc. because the same elevation angle is always observed 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 $p_{ul}=-\rightarrow +$ and $+\rightarrow -$) in the 250 GHz band were detected significantly, while NO_2 in the 247 GHz band and HO_2 in the 250 GHz band were not detected so far.

Comparison of time series data of daily averaged NO column density with the flux of high-energy electrons (0-degree telescope data of POES/METOP satellites) between August to the end of October 2022 shows that NO enhancement occurred five times corresponding to the electron precipitations. The decay time of the NO column density after the steep increase by the electron precipitation tends to shorten as the daylight hours increase from winter to spring, suggesting that the length of decay time of NO column density reflects the photodissociation process.

The ozone data is currently being analyzed in collaboration with the Tohoku University group. Since the current retrieval program was optimized to derive the stratospheric ozone amount, development of new analytical algorithms to improve the accuracy of deriving ozone column densities above the mesosphere is a key issue.

In this presentation, we will report the current performance as a remote sensing instrument, problems that have become apparent after one-year operation of routine observations, issues in future data analysis, and plans for future observations in the Arctic polar cap region using the same type of mm-wave spectrometer system.

太陽活動にともな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の2つの線スペクトルで長期モニタリングを行ってきた。しかし、ミリ波分光を分光計の瞬時帯域幅の制限から2つの輝線を同時観測することはできず、周波数設定を切り替えながら交互に観測を行ってきた。この状況を打開するため、導波管型周波数マルチプレクサを用いた多周波ミリ波分光計システムを開発し、昭和基地に設置し2020年にさらにCOを加えた230-250GHz帯の多輝線同時観測を地上ミリ波観測において世界で初めて実現させた。しかし、部品の故障や不完全な冷却系セットアップの問題があり、当初計画していた性能が達成されずにいた。そこで、2022年にFFT分光計の帯域を2.0GHzから2.5GHzに拡張し、IF回路の改良、冷却系の再組み立てをおこない、ほぼ所期の性能が達成でき2022年の7月から定常観測を開始した。

観測には、同じ高度角を観測するため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た。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 $p_{ul}=-\rightarrow+$ と $+\rightarrow-$ 2 組で計 6 本) が有意に検出できたが、その一方 247GHz 帯の NO_2 、250GHz 帯の HO_2 は現時点で検出されていない。

2022 年 8 月から 10 月末までの NO 柱密度日平均値の時系列データと高エネルギー降下電子のフラックス (POES/METOP 衛星の 0 度望遠鏡データ) との比較をおこなったところ、電子の降り込みに対応する NO の増加が 5 回ほど見られた。冬から春にかけて日照時間が伸びるに伴い、降下電子で増加した NO 柱密度の減衰時間が短くなる傾向が見られ、NO 柱密度の減衰時間は光解離過程を反映していると考えられる。

オゾンデータについては、現在東北大学のグループと共同で解析を進めており、特にこれまで成層圏のオゾン量導出に重点を置いて開発されてきたリトリバルプログラムを改良し、中間圏以上の柱密度を精度良く抽出する方法を開発することが課題となっている。

発表では、観測装置としての達成度を示すと共に、約 1 年間の定常観測を終え明らかになってきた問題点・課題、今後のデータ解析における課題、今後の同型の装置を用いた北極極冠域での観測計画などについて報告する予定である。