

昭和基地でのミリ波分光観測の初期成果

水野亮¹、磯野靖子¹、長濱智生¹、桑原利尚¹、児島康介¹、中村卓司²、江尻省²、
堤雅基²、富川喜弘²、山岸久雄²、他極地研宙空グループ

¹名古屋大学 太陽地球環境研究所

²国立極地研究所

Initial results of mm-wave spectroscopic observation at Syowa Station

Akira Mizuno¹, Yasuko Isono¹, Tomoo Nagahama¹, Toshihisa Kuwahara¹, Yasusuke Kojima¹, Takuji Nakamura²,
Mitsumu Ejiri², Masaki Tsutsumi², Yoshihiro Tomikawa², Hisao Yamagishi²
and Space and Upper Atmospheric Science Group of NIPR

¹*Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University*

²*National Institute of Polar Research*

In the 52-th Japanese Antarctic Research Expedition, a joint group of Solar-Terrestrial Environment Laboratory of Nagoya University and National Institute of Polar Research installed a millimeter-wave spectroscopic radiometer at Syowa station. We can obtain the vertical profile of volume mixing ratio of minor molecules such as ozone (O₃), NO₂, ClO, CO, etc. by observing spectral lines around 230 – 260 GHz with the radiometer in an altitude range of ~ 20 – 70 km. The major advantage of the millimeter-wave spectroscopy is to be observable all day and night continuously, and this means that we can observe the molecular vertical profiles both polar nights and white nights in the polar regions.

The main aim of this project is to study the influence of the energetic particle precipitation (EPP) on the molecular composition in the middle atmosphere. To date, several observational examples of such energetic particle precipitation (EPP) effects have been reported, for example, as ozone depletion in the mesosphere coincident with a strong solar proton event (e.g., Jackman et al, 2001) and as descending NO_x-rich and Ozone-poor air formed by auroral electrons in the vortex during the polar nights (e.g., Seppälä et al. 2007). Most of those observations were carried out by satellite instruments, and the observing position moves from hour to hour in spite of the short timescale of the EPP effect by solar proton event lasting only a few days. In contrast, ground-based observations can trace the continuous time variation from a fixed location with shorter time resolution if the observing instrument has appropriate sensitivity.

The radiometer is equipped with a very low noise SIS (superconductor–insulator–superconductor) receiver operating around 250GHz and a digital spectrometer with 1GHz bandwidth and 60kHz resolution. The SIS receiver is cooled down to ultralow temperature by using a cryogenic refrigerator that required large electric power, but the capacity of power generator in Syowa station is limited and almost saturated. Therefore we newly developed a power-saving cryogenic receiver system, and we succeeded to reduce the power consumption by factor of 3. The receiver noise temperature is ~80K (DSB), we can obtain ozone vertical profiles every 30 min – 1 hour from ground under condition of atmospheric optical depth of ~ 0.2.

We started steady observation in March in 2011. We observed mainly two frequency windows, one is for ozone and the other is for NO₂. As of the middle of August, we observed ~1350 hours and ~670 hours for O₃ and NO₂ corresponding observation efficiencies of ~33% and ~17%, respectively. The observed data are transferred to Japan through the internet, but the frequency resolution is reduced by factor of 6 because of the data-size problem. The full-resolution data will be brought to Japan in the next March by return trip of Shirase. We started preliminary data analysis for the coarse frequency resolution data. Typical ozone line profile and a sample of retrieval result are shown in Figure 1 and 2, respectively. The retrieved values converge well for the higher altitude above 35 km, but they oscillate in the lower altitude part below 35 km. We consider that the main causes for the oscillation are insufficient spectral baseline subtraction of sky background continuum and standing-wave components arising in the receiver system, and we are now improving the baseline fitting algorithm and optimizing the weighted parameters in the retrieval program.

In my talk, I will present the summary of operational status of the first half-year run of the millimeter-wave radiometer and the further results of data reduction of the ozone and NO₂ data.

52次隊において名古屋大学太陽地球環境研究所と国立極地研究所の共同研究グループにより、昭和基地にミリ波帯の分光放射計を設置した。このミリ波放射系により高度約20kmから70kmほどの大気中にあるオゾン(O₃), NO₂, ClO, COなどの微量分子の混合比鉛直プロファイルを取得することができる。ミリ波分光の利点は、昼夜を

問わず 24 時間連続して観測可能な点である。極域ではこれは極夜、白夜を問わずに年中連続して観測可能であることを意味する。

本研究の主要な目的は、高エネルギー粒子の降り込み(Energetic Particle Precipitation, EPP)が中層大気組成に与える影響を観測的に調べる事である。現在までもいくつかの EPP による大気組成への影響の観測例が報告されている。たとえば Jackman ら(2001)は大規模な太陽陽子イベントに同期した中間圏オゾンの減少事例や Seppälä ら(2007)のオーロラ粒子と極渦内の下降流による NO_x の増加とオゾンの減少事例などである。しかしながらこれらを含む過去の観測事例の大部分は周回軌道にある衛星測器による観測であり、現象がおよぶ空間的な範囲を押さえるには適している一方、数日間のタイムスケールの現象に対して時々刻々と観測地点が移動している。これに対し、地上からの観測は定点における時間変化を連続的に観測できる利点があり、測器の感度が十分高ければ短いタイムスケールでの現象のトレースが可能となる。

今回設置したミリ波分光計は、非常に雑音の低い 250GHz 帯超伝導 SIS 受信機と 1 GHz 帯域・60 kHz 分解能の広帯域高分散デジタル分光計を搭載している。SIS 受信機は絶対温度 4 K で動作するため、極低温冷凍機が必要となるが、一般に極低温冷凍機は消費電力が大きく、従来の冷凍機では発電量に限りがある昭和基地での運用することは困難であった。そこで、我々は新たに冷却系を改良した超伝導受信機システムを開発し、消費電力を従来の 1/3 以下に低減した。受信機雑音温度は約 80K(DSB)で、大気の光学的厚み 0.2 程度の空で 30 分から 1 時間程度の積分で十分オゾンの高度分布が得られるデータが取得できる。

2011 年の 3 月より定常観測を開始した。観測は主として 2 つの周波数帯、ひとつはオゾン、もうひとつは NO₂ の周波数帯に関して行った。8 月半ばの時点でオゾンは約 1350 時間、NO₂ は約 670 時間の観測を行っている。これらはそれぞれ同期間の約 33% と約 17% に相当する。観測データはインターネット経由で日本に転送しているが、データサイズの制約から周波数分解能を 6 倍落として送っている。フル分解能のデータは来年 3 月のしらせの帰還まで待たなければならないが、粗い分解能のデータでの解析を始めている。図 1 に典型的なオゾンのラインプロファイル、図 2 に対応する鉛直分布解析結果のサンプルを示す。35km より上の高高度の領域では比較的よく解が収束しているのに対し、低高度領域では解がまだ振動している。振動の原因としては、背景の大気連続波成分や受信機システム内で発生する定在波成分の差し引きが十分できておらず、スペクトルベースラインに歪みが残っている事が原因と考えており、現在ベースラインフィッティングのアルゴリズムや解析プログラム中のパラメタの重率の最適化をはかるなどの改良を進めている。

講演では、半年間の初期運用の状況を報告すると共に、オゾンおよび NO₂ データ解析の進捗について報告する予定である。

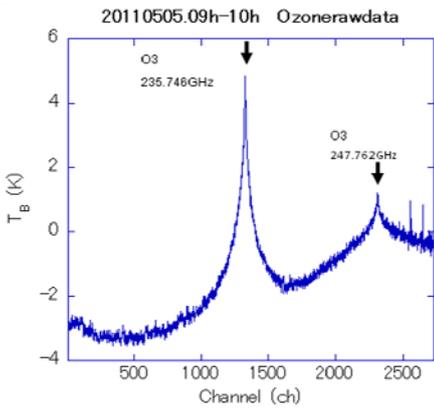


Figure 1. Ozone line profile obtained on 5 May, 2011.

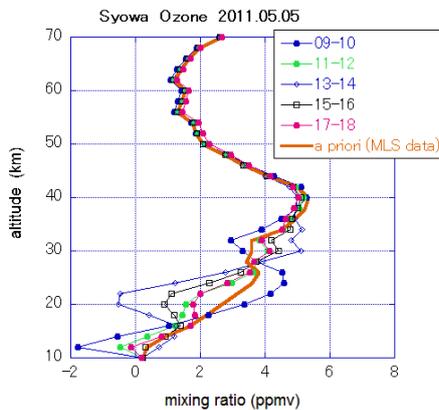


Figure 2. Retrieved vertical profiles of ozone mixing ratio.

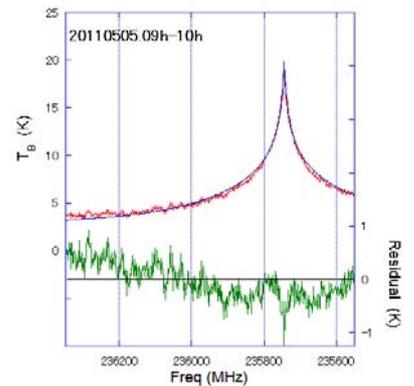


Figure 3. Observed line profile and expected line profile calculated from the retrieved mixing ratio (upper) and the difference between them (lower).

References

- Jackman, C.H., R.D. McPeters, G.J. Labow, and E.L. Fleming, Northern Hemisphere atmospheric effects due to the July 2000 solar proton event, *Geophysical Research Letters*, 28, 2883-2886, 2001.
- Seppälä, A., M.A. Clilverd, and C.J. Rodger, NO_x enhancements in the middle atmosphere during 2003-2004 polar winter: Relative significance of solar proton events and the aurora as a source, *Journal of Geophysical Research*, 112, D23303, doi:10.1029/2006JD008326, 2007.