

波長可変共鳴散乱ライダーシステムによる国内試験観測: K 原子層

Test observation by a frequency-tunable resonance scattering lidar system: K atom layer

江尻 省[1], 津田 卓雄[1], 西山尚典[1], 阿保 真[2], 川原 琢也[3], 中村 卓司[1]
Mitsumu K. Ejiri [1], Takuo T. Tsuda [1], Takanori Nishiyama [1], Makoto Abo [2],
Takuya D. Kawahara [3], Takuji Nakamura [1]

[1] 極地研, [2] 首都大・システムデザイン, [3] 信州大学工学部
[1] NIPR, [2] System Design, Tokyo Metropolitan Univ. [3] Shinshu Univ.

Abstract

The National Institute of Polar Research (NIPR) is leading a six year prioritized project of the Antarctic research observations since 2010. One of the sub-project is entitled "the global environmental change revealed through the Antarctic middle and upper atmosphere". As a part of the sub-project, Rayleigh/Raman lidar has been installed at Syowa (69S, 39E) in Antarctica and measuring temperature profiles in the lower and middle atmosphere (between 5-10 km to 70-80 km) since February in 2011. In order to extend the height coverage to include mesosphere and lower thermosphere region, and also to extend the parameters observed, a new laser for resonance scattering lidar is being developed. The new laser is aiming at the resonance scattering for atomic potassium (K, 770 nm), atomic iron (Fe, 385.6 nm), calcium ion (Ca^+ , 393 nm), and aurorally excited nitrogen ion (N_2^+ , 390 nm, 391 nm), in order to obtain densities of scatters as well as measuring temperature.

We have started test observation of K density profiles at National Institute of Polar Research in Tachikawa (36N, 139E). According to the test observations, peak densities of K layer were $\sim 10 \times 10^7 \text{ m}^{-3}$ and $\sim 3 \times 10^7 \text{ m}^{-3}$ in winter (January and February) and in early summer (May), respectively.

1. はじめに

現在、南極昭和基地(69S, 39E)では、国立極地研究所が実施している第Ⅷ期南極地域重点研究観測のサブプロジェクトの一つ「南極域中層・超高層大気を通して探る地球環境変動」の一貫として、レイリー/ラマンライダーによる上部対流圏および中層大気の大気温度の鉛直分布観測が行われている。このライダーでは、上空 70-80km までの大気温度を測定することが出来るが、金属原子やイオンの共鳴散乱を利用した共鳴散乱ライダーでは、さらに上空、中間圏・下部熱圏 (mesosphere and lower thermosphere: MLT) 領域の温度測定が可能である。そこで我々は、昭和基地のレイリー/ラマンライダーに共鳴散乱ライダー機能を追加するべく、新しいレーザーと受信光学系の開発を進めている。

2. 波長可変共鳴散乱ライダー

開発中の共鳴散乱ライダーの送信系は、フラッシュランプ励起の injection-seeded アレキサンドライト・リングレーザーと第 2 高調波発生装置 (SHG) で構成されており、シーダーレーザーの波長を波長計で制御することで、基本波として 768-788 nm、第 2 高調波として 384-394 nm のうち任意の波長のレーザーパルスを得ることが出来る。これにより、カリウム原子(K, 770 nm)、鉄原子(Fe, 386 nm)、カルシウムイオン(Ca^+ , 393 nm)、およびオーロラ活動により生じる窒素イオン(N_2^+ , 390 nm, 391 nm) の共鳴散乱を利用して、高度 80 km 以上の大気温度、原子やイオンの密度変動を測定する計画である。この波長可変共鳴散乱ライダーシステムは現在も開発中であるが、現在のところ、基本波のレーザーパルスは出力 120-160 mJ/pulse、繰返し周波数は約 25 Hz で送信し、35 cm のシュミットカセグレン望遠鏡で受信している。

3. 国内試験観測:K 原子層

2013年1月より、開発中の波長可変共鳴散乱ライダーシステムによる試験観測を国立極地研究所(36N, 139E)にて行っている。1月28日に基本波によるK原子層からの共鳴散乱光の受信に成功し、以来、1-2月に5晩、4月と5月に2晩ずつK原子密度プロファイルの試験観測を行った。1-2月の観測例として2月4日の結果を図1に、4-5月の例として5月8日の観測結果を図2に示した。パネル(a)はK密度プロファイル、パネル(b)はK気柱量(70-110 km)の時間変化をそれぞれ示している。図1(a)と図2(a)を比較すると、K層の中心高度はどちらも90 km付近で大きな違いは見られないが、密度のピーク値が2月の方が5月よりも3倍以上大きい。他の日の観測結果でも、1-2月の密度ピーク値は4-5月と同程度かそれ以上だった。気柱量も図2(b)では40-90 m²であるのに対して、図1(b)では100-300 m²と、2月は5月より数倍多かった。独逸リュウゲン島(54N, 13E)での先行研究[von Zahn and Höffner, 1996]では、K密度のピーク値は2月より5月の方が4倍近く大きく、また、米国アレシボ(18N, 67W)での先行研究[Friedman et al., 2002]では、K密度のピーク値も気柱量も、2月と5月では同程度か5月の方が若干大きい傾向が報告されている。我々の試験観測で得られた結果は、これらの先行研究とは逆傾向を示しており、K層密度には中緯度帯特有の季節変動がある可能性を示唆している。

今後、国内での試験観測を続けて他の季節のデータも蓄積し、より統計的に議論することで、中緯度帯K層密度変動の特徴を明らかにすることを目指す。

4. 参考文献

- von Zahn, U., J. Höffner, Mesopause temperature profiling by potassium lidar, *Geophys. Res. Lett.*, 23, 141-144, 1996.
- Friedman, J. S., S. C. Collins, R. Delgado, and P. A. Castleberg, Mesospheric potassium layer over the Arecibo Observatory, 18.3°N 66.75°W, *Geophys. Res. Lett.*, 29(5), doi:10.1029/2001GL013542, 2002.

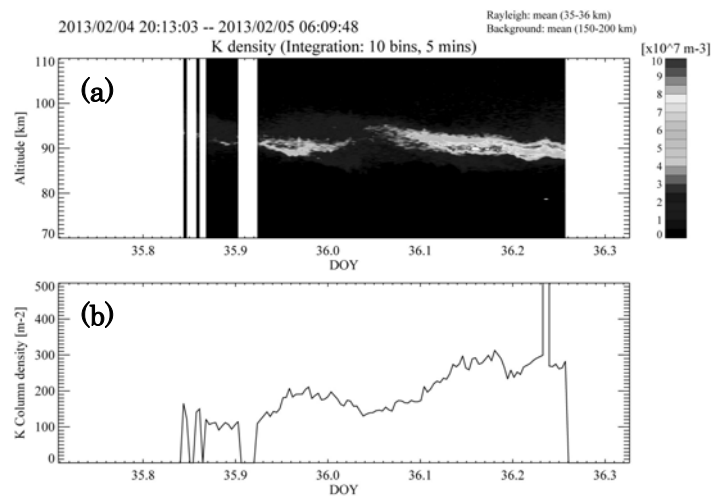


Figure 1. Nightly perturbations of K density profiles (a) and K column densities (b) measured by a tunable resonance scattering lidar in February 4, 2013.

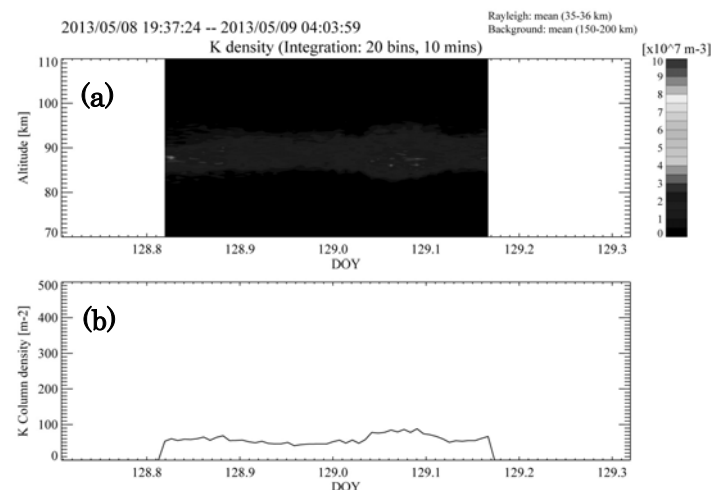


Figure 2. Same as figure 1 but in May 8, 2013.