

ライダーによる中緯度中間圏ナトリウム層の長期観測結果

Analysis of mesospheric sodium layers observed for six years in mid-latitude by a lidar

長澤親生、阿保 真、柴田泰邦

Chikao Nagasawa, Makoto Abo and Yasukuni Shibata

東京都立大学大学院 工学研究科

Graduate School of Engineering, Tokyo Metropolitan University

Abstract : We have performed mesospheric Na lidar observations for 6 years at Tokyo Metropolitan University (TMU) in Hachioji, Tokyo (35.6N, 139.4E) since November 1991. Typically, we have recognized more than 200 events of sporadic Na layers above our lidar site in mid-latitude. Before our observations, the sporadic Na layers had been observed commonly at low- and high-latitude sites but rarely observed at mid-latitude sites. The seasonal variation of sodium column abundance, which reveals a maximum sodium abundance in the autumn-winter and a minimum in the spring, has clearly observed every year. The max. / min. abundance ratio is about 3 or 4. The width of the averaged sodium layer shows semiannual variation.

1. はじめに

高度90km付近の中間圏界面の大気観測手段はロケットやMUレーダに限られており、共鳴散乱ライダーによる観測は、それらの観測では困難な極めて希薄な中性金属原子密度の観測や定常的な気温の観測などを可能にするものであり、超高層大気研究には不可欠な手段となっている。我々は八王子市の東京都立大学キャンパス (35.6N, 139.4E) において1991年11月以来、現在まで約6年半にわたってライダーによる中間圏Na層の長期定常観測を行ってきた。この解析結果を以下にまとめる。

2. ライダーシステム

我々の用いている共鳴散乱Naライダーの諸元表をTable 1 に示す。Na原子の共鳴波長であるNaD₂線の波長である波長589nmのレーザはNd:YAGレーザ励起色素レーザである。NaD₂線への同調は直接中間圏Na原子からの散乱信号を用いて行われる。

Table 1. Specifications of TMU sodium lidar

Location		Receiver	
Tokyo Metropolitan Univ.		Telescope	60cm Diameter
35°N,139°E (Geographic)			Cassegrain
25°N,205° (Geomagnetic)		Field of View	0.7mrad
Transmitter		Optical Bandwidth	
Laser	Nd:YAG SHG pumped Dye		3.5nm FWHM
Wavelength	589nm	Data Acquisition	
Pulse Energy	65mJ/pulse	Type	Photon Counting
Pulse Rate	10pps	Range Resolution	100m
Linewidth	2.5pm FWHM		
Pulse Length	6ns		
Beam Divergence	0.2mrad		

3. 観測結果

観測時間は主に晴天時の夜間に限られるが1991年11月から1997年12月までの6年間に402日、延べ2700時間に及んでいる。この解析に用いたデータは、連続観測時間が2時間以上でS/Nの良好なものだけに限っている。

3. 1 スポラディックNa層

中間圏Na層のライダー観測点は欧米を中心として各緯度に分布するが、これまで低緯度や高緯度においては、スポラディックNa層 (Nas層) と呼ばれる厚さ1~2kmの極めて薄いNa層が、頻繁に発生することが知られていたが、中緯度ではきわめて発生頻度が低いと報告されてきた。ところが、我々の観測では、中緯度に属する八王子市上空において春から夏にかけて6年半の内に200回以上Nas層が発生することを確認した。Nas層はVHF帯の放送電波障害の要因の一つである電離層のEs層との密接な関係が考えられている。Nas層の典型的な例をFig.1に示す。

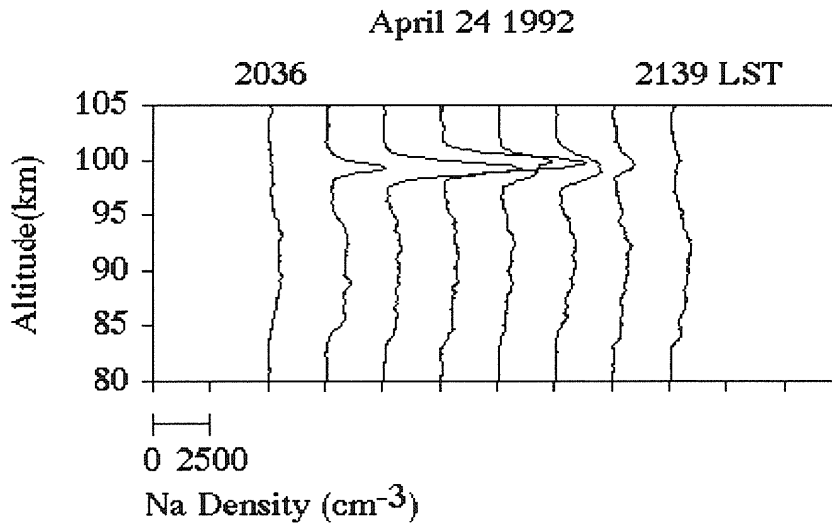


Fig.1 Example of time series of sporadic Na (Nas) layers.

通常のNa層は高度80kmから100km付近に定常的に存在するが、Nas層は5月から8月を中心にして突発的に発生する。発生高度はFig.2に示すように90km以上である。つまり定常的なNa層の上半分 (topside) に明らかに限定されている。平均継続時間は2.7時間であるが、特に高度97km以上に発生したものは継続時間の短時間なものが多い。電離層に強いEs層の発生後、しばしば大きいNas層の発生がみられ、この平均遅延時間は28分であった。電離層のEs層とNas層の平均的な発生高度は、約10km程度異なるが、電離層のEs層は主に金属イオンで形成されていると考えられており、一方Nas層は中性原子層であり、これらの化学的・力学的解明は今後の課題である。

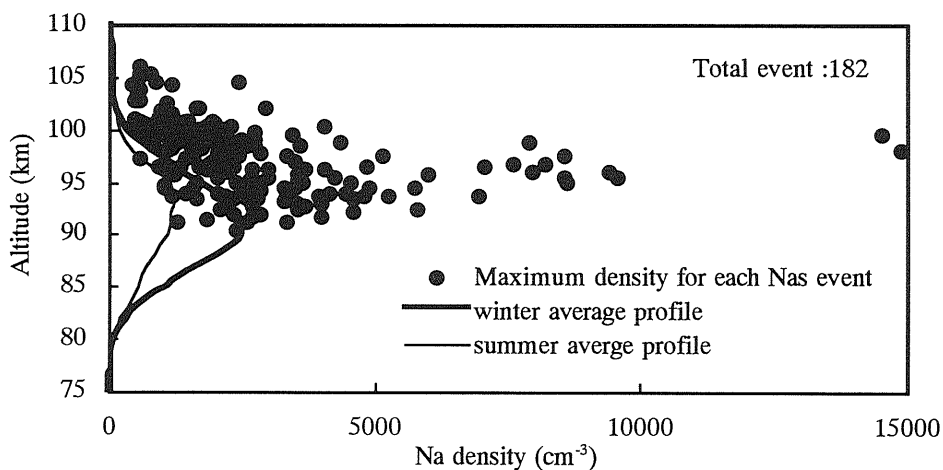


Fig.2 The relation of appearance altitudes and maximum densities during the Nas events.

3. 2 Na全量の季節変化

Na密度の高度積分量 (Na全量) の季節変化は、Fig.3に示すように、秋冬に最大となり春夏に最小となる。Na全量の季節変化の解析には、特異的な現象であるNa層の発生した日の観測結果は含めていない。最大、最小の比は、3~4程度である。Na層全量が最大になる秋冬の状況を詳細にみると、10~11月に第一のピークが現れ、1月に第二のピークが現れる傾向にある。最近中間圏界面において12月に一時的に、気温が低下する現象が知られており、これはNa密度と気温との相関を示唆するものである。

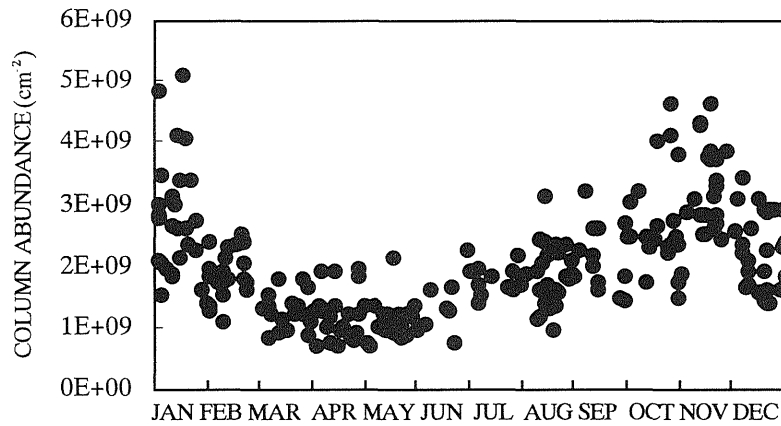


Fig.3 Seasonal variation of the Na layer column abundance at Hachioji, Tokyo. The dots mark the average value for the nighttime.

3. 3 Na全量の夜間変化

Fig.4に示すようにNa全量は夜間において一周期的変化をする。これは特に春夏よりは秋冬に顕著である。現在のところ昼間観測データが少ないので確定することはできないが、大気潮汐振動に対応する semidiurnal 変化をしているものと推測される。今後、昼間観測を増やすことにより明確にする予定である。

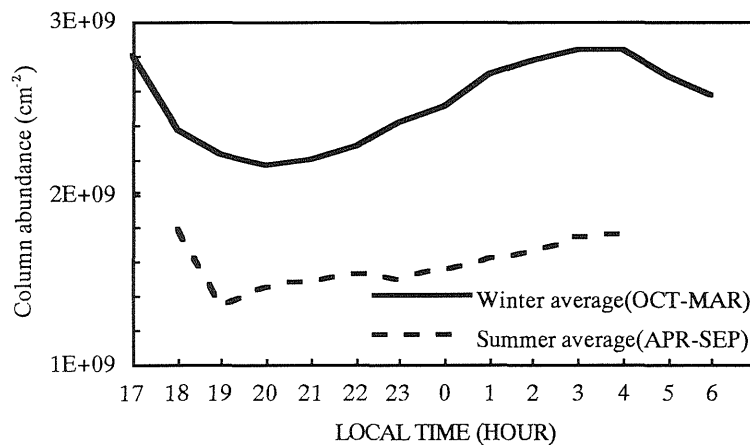


Fig.4 Nocturnal variation of the Na layer column abundance at Hachioji, Tokyo

3. 4 Na層の幅の変化

Fig.5に示すように平均的なNa層の幅はsemiannualな年変化をしている。平均的なNa層の幅は最小2乗(RMS)近似により求めた。また、平均的なNa層の幅の夜間変化はFig.6に示すように秋冬には夜半から早朝に書けて急激に増加する傾向が顕著である。

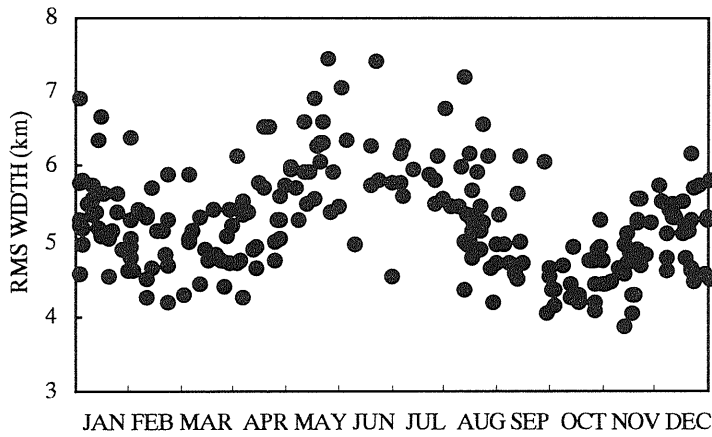


Fig.5 Seasonal variation of the Na layer rms width at Hachioji, Tokyo. The dots mark the average values for the nighttime.

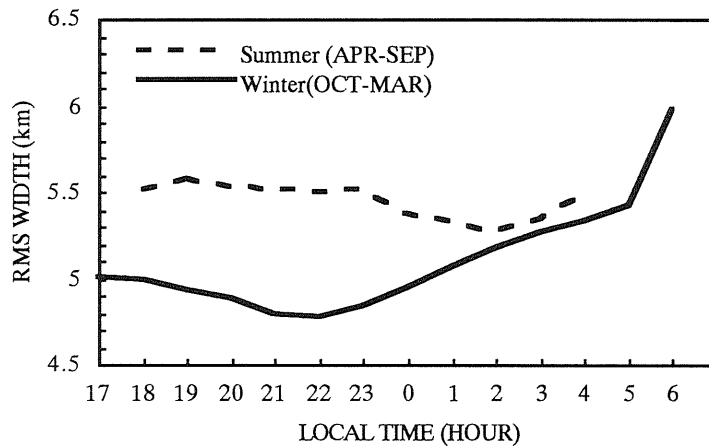


Fig.6 Nocturnal variations of the Na layer rms width at Hachioji, Tokyo.