

トロムソ上空で地磁気擾乱時に観測されたスボラディックナトリウム層内外の大気温度変動

高橋 透 [1]; 野澤 悟徳 [1]; 津田 卓雄 [2]; 大山 伸一郎 [1]; 藤原 均 [3]; 堤 雅基 [2]; 川原 琢也 [4]; 斎藤 徳人 [5]; 和田 智之 [5]; 川端 哲也 [1]; 松浦 延夫 [1]

[1] 名大・太陽研; [2] 極地研; [3] 成蹊大・理工; [4] 信州大・工; [5] 理化学研究所基幹研

Variations of the neutral temperature inside an SSL during a night of high auroral activity above Tromsø

Toru Takahashi[1]; Satonori Nozawa[1]; Takuo Tsuda[2]; Shin-ichiro Oyama[1]; Hitoshi Fujiwara[3]; Masaki Tsutsumi[2]; Takuya Kawahara[4]; Norihito Saito[5]; Satoshi Wada[5]; Tetsuya Kawabata[1]; Nobuo Matuura[1]

[1] STEL, Nagoya Univ.; [2] NIPR; [3] Faculty of Science and Technology, Seikei University; [4] Faculty of Engineering, Shinshu University; [5] ASI, RIKEN

We report observational results about an SSL (Sporadic Sodium Layer) that appeared on 22 January 2012 above Tromsø, Norway (69.6° N, 19.2° E). In particular, we focus on variations of the neutral temperature inside the SSL and a possible relationship between the location of the SSL and the background temperature structure. An SSL is sudden formation of a dense thin sodium layer superposed on a normal sodium layer. Structures of SSLs have been used as tracer of dynamical features in the upper atmosphere. Characteristic of an SSL is suitable for investigating, in particular, fine structures such as small scale waves and turbulences.

Sodium lidars have been utilized to investigate SSLs for a few decades. Our understandings of SSLs have been advanced. Previous studies proposed several mechanisms for formation of an SSL such as auroral particle precipitations, a wind shear, and a meteor shower. Several papers pointed out that SSLs tend to emerge with sporadic E layers. Although much study of SSLs have been made, the cause of an SSL is still an open question.

The atmospheric temperature is one of the important atmospheric parameters, because the chemical reaction and atmospheric stability depend on the background temperature and its gradient, respectively. Variations of the atmospheric temperature inside an SSL have never been reported due to difficulties of observations. This is because the sodium density inside an SSL varies rapidly with time and height. The sodium lidar at Tromsø, Norway can provide temperature data with high time (2 min) and altitude (500 m) resolutions that enable us to derive the neutral temperature inside an SSL for the first time.

On 22 January 2012, an SSL was observed by the sodium lidar at about 94 km 19 minutes after hard auroral precipitations. From 2116 UT to 2142 UT, the sodium density inside the SSL was 2 to 6 times greater than the background sodium density. The neutral temperature inside the SSL changed about 100 K from about 150 K to 250 K over the time interval. After 2142 UT the peak of the SSL went up to 96 km and the SSL became thinner than it was. The peak sodium density decreased, but it was still a few times higher than the background sodium density from 2142 UT to 2400 UT. The thinner layer was located in a region at local minimum of the neutral temperature. The EISCAT UHF radar data showed absence of sporadic E layer for the time interval. The backscatter echo power of the MF radar between 2120 and 2140 UT showed enhancements at the height region where the SSL was observed. This result indicates existence of enhanced turbulences inside the SSL. We report results about the neutral temperature inside the SSL and compare them with the background sodium layer. Furthermore, we discuss the location of the SSL in terms of an altitude variation of the neutral temperature.

本講演では、2012年1月22日夜にトロムソ(69.6° N, 19.2° E)上空で出現した、スボラディックナトリウム層(Sporadic Sodium Layer: SSL)についての解析結果を報告する。特に、SSL内外の大気温度構造および大気温度変動に着目する。ナトリウム層内の一部の高度領域でナトリウム原子密度が急激に上昇するスボラディックナトリウム層(SSL)は、背景大気構造を映し出すトレーサーとして重要な役割を果たす。SSLは、高度方向に薄く(数キロメートル以下)、水平方向には(未だ不明な点が多いが)100 km以上の広がりを持って出現する[cf., Kane *et al.*, 1991]。大きな特徴の一つとして、高緯度および低緯度で出現するが、中緯度ではほとんど出現しない。この事実は、SSLの生成機構に大きく関わっていると考えられる[cf., Matuura *et al.*, 2013]。SSLについては、20年以上にわたって数多くの研究がなされてきており、その生成機構および構造について理解が深まってきている[cf., Tsuda *et al.*, 2011; Matuura *et al.*, 2013]。これまでの研究でSSLの生成機構として、(1)オーロラ降下粒子効果(2)流星起源、(3)風速シアーによるナトリウム原子の収束、(4)スボラディックE層に伴う化学効果、(5)大気温度上昇による化学効果、などが提案されている。最近の報告では、SSLがスボラディックE層と同時に出現する機会が多いことが示されている[cf., Heinselman, 2000]。SSLの観測研究は主にナトリウムライダーのナトリウム密度観測とイオノゾンデとの観測結果との比較が行われてきたが、近年ではISレーダーとの同時観測結果も報告されている。ナトリウムライダーは2周波法により、ナトリウム密度に加えて、大気温度導出を行うことができる。しかし、SSL内部ではナトリウム密度が時間・空間的に大きく変動するため、SSL内の大気温度導出は難しい。大気温度は化学反応や大気の安定度の重要なパラメータであるため、SSL内の温度を導出することは重要であるが、これまでのナトリウムライダー観測では行うことができなかった。トロムソナトリウムライダーは高速波長変換(数パルスで切り替え可能)を行うことができ、高出力レーザーおよび高感度受信機を用いていることにより、高時間分解能(2分)、高高度分解能(500 m)で大気温度導出が可能である。今回は、このナトリウム

ライダーデータを用いて、SSL 内部の大気温度導出を試みた。

2012 年 1 月 22 日夜、オーロラ活動は非常に活発であった。強いオーロラの降り込みの約 19 分後、最大で背景密度の約 6 倍のナトリウム密度を持つ SSL が高度約 94 km 付近に出現した。この SSL のピーク密度は 2116 UT から 2142 UT までは背景大気の約 2 から 6 倍であった。その後、SSL は約 2 km (96 km) 上昇し、背景ナトリウム層の 2 倍から 3 倍程度の密度を維持しながら (高度幅 1km 以下) 2200 UT に 96.5 km まで達した後、2400 UT までなだらかに約 2 km 下降し消滅した。2142 UT 以前、SSL の厚み (半値幅) は約 1 km であり、内部の温度は約 150 K から約 250 K まで変化していた。この夜の高度 90 km から 100 km における大気温度は約 210 K から 225 K であり、SSL 内部で背景大気と比較して、高度方向に激しく温度が変動していたと言える。一方、2142 UT 以後、SSL は、大気温度の局所的な最低温度領域に存在する傾向があった。この日は EISCAT レーダーをはじめとして、MF レーダー、流星レーダー、フォトメーター等が稼働しており、ナトリウムライダーとの同時観測が行なわれている。EISCAT レーダーの電子密度データからは同時帯にスプラディック E 層の出現は確認されなかった。MF レーダーの受信強度は 2120 UT から 2140 UT に 94 km で顕著に強くなっていた。背景電子密度が低いことから考えると、SSL 内部で活発な乱流活動が存在していたことを示唆する。本発表では、SSL 内の温度構造、SSL の存在高度と背景大気温度高度変化の関係性についての解析結果を発表する。

References

Heinselmann, C.J., (2000), Auroral eMeets on the gas phase chemistry of meteoric sodium, *J. Geophys. Res.*, 105, 12, 18-12, 192

Kane, J. T., A. Hostetler, and C. S. Gardner, (1991), Horizontal and vertical structure of the major sporadic sodium layer events observed during ALOHA-90, *Geophys. Res. Lett.*, 18, 1365-1368.

Matuura, N., T. Tsuda, S. Nozawa, (2013), Field-aligned current loop model on formation of sporadic metal layers, *J. Geophys. Res. Space*, doi:10.1002/jgra.50414.

Tsuda, T.T., et al. (2011), Fine structure of sporadic sodium layer observed with a sodium lidar at Tromso, Norway, *Geophys. Res. Lett.*, 38, L18102, doi:10.1029/2011GL048685