

## 日米共同ロケット実験による昼間下部熱圏リチウム共鳴散乱光観測の挑戦と WIND-2 実験による定量的検証

# 村上 睦彦 [1]; 山本 真行 [1]; 渡部 重十 [2]; 柿並 義宏 [3]; 堺 正太郎 [2]; Larsen Miguel[4]  
[1] 高知工科大; [2] 北大・理・宇宙; [3] 北大・地震火山; [4] Clemson Univ.

### Observation of resonance scattering light of Lithium vapor in daytime lower thermosphere

# Mutsuhiko Murakami[1]; Masa-yuki Yamamoto[1]; Shigeto Watanabe[2]; Yoshihiro Kakinami[3]; Shotaro Sakai[2]; Miguel  
Larsen[4]

[1] Kochi Univ. of Tech.; [2] CosmoSciences, Hokkaido Univ.; [3] Inst. Seismo. Vol., Hokkaido Univ.; [4] Clemson Univ.

#### 1. Introduction

On July 10, 2011, a U.S.-Japan joint rocket experiment was carried out at Wallops Flight Facility of NASA, VA, United States. An instrument rocket to measure plasma and neutral atmosphere in thermosphere was launched at 14:00 UT (10:00 EDT) and another chemical release rocket was launched at 14:00:15 UT in daytime lower thermosphere for the measurement of neutral wind profile by using resonance scattering light of the gaseous lithium. We installed 6 Lithium Ejection Systems (LES), where 2 of 6 canisters (125 g Lithium per each canister) were used at 85 km, 100 km, 115 km altitude, respectively. Ground-based optical observation was operated, taking snapshots of 670.8 nm Lithium resonance scattering light at three sites (Fan Mt. observatory, Round-top, and Ockanickon) about 300 km apart from Wallops.

#### 2. Ground-based observation

In order to detect the Lithium clouds in daytime sky with good S/N, a digital camera (Canon EOS Kiss X4) with a 2 nm band pass filter (BPF) was used at each site. Elevation of camera FOV (Field of view) was set at 20 degrees at each site to obtain efficient separation angle from the sun positioning roughly to zenith. Condition of exposure time and sensitivity (ISO) of each camera was set at about 20% intensity levels of the background sky with taking three successive images, changing the exposure time to between 1/4 and 4 times of the appropriate condition. In each site, we installed 4 digital cameras in total, a main camera (Canon) with a 2 nm BPF, a sub camera with a 12 nm BPF, a main camera (Nikon) of the U.S. team, and a video camera (Watec) for taking movie with a 12 nm BPF. After 60 s of the rocket launch, we took successive snapshots for 30 minutes with an interval of 5 s along with a timer sequence of the 3 Lithium releases operated for about 50 s from 70 s after of the 2nd rocket launch.

#### 3. Result and Discussion

Checking of all taken images, unfortunately, we could not confirm the lithium emission on the images. Emission of lithium in evening condition was observed in the WIND experiment (2007) at a maximum intensity of 1.5 MR, suggesting a capability of finding the lithium emission with enough S/N, even in daytime. The considerable reasons of the missing of the Lithium emission in camera side are, 1) the lithium was not observed due to the dense sky haze in low elevation, 2) the lithium was not in the FOV, 3) the center wavelength of a 2 nm BPF is not at 670.8 nm, and so on. At the present, the main reason is considered to be the 1) and we are checking how to parameterize sky haze effects quantitatively from the observation.

Possible reasons in the rocket side are, 4) LES did not generate high temperature by bad thermite reaction so lithium was not effectively gasified and was not released efficiently, 5) some of 6 ejection holes of lithium releases were not opened, and so on. Furthermore, 6) the lithium might be reacted chemically with O, O<sub>2</sub>, and H<sub>2</sub>O in the surrounding atmosphere just after the lithium release. We are trying to figure out such reasons by all the available dataset.

#### 4. Summary

At first, this experiment was scheduled that two pairs of rockets will be launched, however, we had to stop the launch of the second pair because we could not understand a main cause of missing of the lithium emission. Important experiment to investigate the cause is the WIND-2 (S-520-26) scheduled at Uchinoura in September, 2011. For testing the daylight condition, the WIND-2 experiment will be carried out in dawn to the morning. Furthermore, we will analyze the images taken in daytime experiment again and continue the quantitative consideration. In this paper, the reason of missing of the lithium emission in the U.S.-Japan rocket experiment will be discussed with the data of the WIND-2 experiment in order to realize the second experiment of U.S.-Japan campaign in success.

#### 1. はじめに

2011年7月10日、日米共同のロケット実験を米国 Wallops 実験場で実施した。熱圏大気計測用ロケットを 14:00 UT (10:00 EDT) に、ロケット放出リチウムによる太陽共鳴散乱光を用いて日中の下部熱圏中性風プロファイルを計測するための専用ロケットを 15 秒後の 14:00:15 UT に、それぞれ打ち上げた。リチウム放出用ロケットは上昇中、高度 85 km、100 km、115 km においてリチウム雲を 2 発 (1 発: 125 g) ずつ、計 6 発放出した。Wallops より約 300 km 離れた地上 3

地点 (Fan Mt. Observatory、Round-top、Ockanickon) から波長 670.8 nm で発光するリチウム雲を 3 大学による観測チームが共同観測した。

## 2. 地上観測

昼間リチウム撮影用光学機器には一眼レフカメラ (Canon EOS Kiss X4) を選定し、S/N 向上のために帯域 2 nm のバンドパスフィルタを装着した。ほぼ天頂に位置する真昼の太陽からの離角を稼ぐためにカメラ仰角は各地点約 20 ° に設定し、背景光輝度が飽和レベルの 2 割程度になるよう各カメラの露出時間・感度を設定した。また、3 連写機能を用いて露出時間を変えた画像を撮影した。各地点では、帯域 2 nm および 12 nm のフィルタを装着した一眼レフカメラ (Canon)、米国チームのカメラ (Nikon)、帯域 12 nm フィルタ付動画撮影用カメラ (Watec) の計 4 台を設置した。ロケット打ち上げ約 70 秒後から計 50 秒間のリチウム放出スケジュールに合わせ、1 機目のロケット打ち上げ 60 秒後から計 30 分間にわたり、5 秒間隔で撮影した。

## 3. 結果および議論

撮影されたすべての画像を精査した結果、残念ながらリチウム雲を確認することができなかった。夕空で実施した 2007 年の WIND 実験では最大 1.5 MR の発光が検出されており昼間条件への S/N 見積もりでも十分な検出が期待できるため、我々は想定しうる限りの可能性を検証した。カメラ側の原因として、1) 低高度の空が霞んでいたことにより撮影できなかった、2) カメラの画角にリチウムが入っていなかった、3) 帯域 2 nm のフィルタが 670.8 nm の波長を通していなかった等が挙げられる。最大の要因と考える 1) については、空の霞を定量的に表す方法を観測期間のデータや予備実験データから検討しているところである。

ロケット側の原因としては、4) リチウム放出器 (LES) のテルミット反応が不調で高温とならずリチウムが十分にガス化放出されなかった、5) リチウム放出口の窓が開いていなかった等が挙げられる。また、6) リチウムが放出された瞬間に周辺大気中の O、O<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O と化学反応し、リチウム原子が他の化合物に変化した可能性があるとの指摘もある。現在これらの可能性について検討中である。

## 4. まとめ

当初、本実験は 2 組 (4 機) のロケットを打ち上げる予定であったが、リチウム撮影不良の主要因が不明という状況から 2 組目の打ち上げを断念せざるを得ない結果となった。今回の原因究明のために非常に重要な実験となるのが 2011 年 9 月に内之浦で実施予定の WIND-2 実験 (S-520-26 号機) である。明け方の実験のため撮影時間帯は異なるものの観測手法は基本的に本実験と同様なので、実験計画を再度検討し、原因究明のための可能な限りの対策を講じて手掛かりを得たいと考えている。また、7月に得られた画像の再解析を行いリチウムが写っていないか再度詳細に調べ、他に原因がないかについても定量的検討を続けている。本発表では、日米ロケット実験におけるリチウム撮影不良の原因および 2 回目の実験方法について、WIND-2 実験の光学観測結果を定量的に考慮した見解を発表する予定である。