

DPSS 水平ライダーによる福島放射性エアロゾル検出のための

偏光解消度測定

ラゴロサスノフェル、大久保洗祐、椎名達雄

千葉大学 (〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町 1-33)

Depolarization measurement of aerosol using a DPSS horizontal lidar for detection of radioactive aerosols in Fukushima

Nofel LAGROSAS, Kosuke OKUBO, Tatsuo SHIINA

Chiba Univ., 1-33 Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba-shi, Chiba, 263-8522

Abstract: A DPSS horizontal lidar is planned to be used for continuous monitoring of radiation carrying aerosols in Fukushima. The aerosol depolarization ratio is one of the parameters that can be measured from the DPSS lidar. Data can be obtained every one second due to the lidar's high acquisition rate making it possible to measure changes in aerosol depolarization ratio at a smaller time scale in the surface atmosphere. Our purpose shifts from the pollution-controlled dust in an intermediate storage facility to the daily atmospheric aerosols because the radioactivity is mainly on small aerosols of $<20\mu\text{m}$. We show that the DPSS lidar can measure a smaller depolarization ratio based on the experiment performed at Chiba University. Our DPSS horizontal lidar monitoring has verified the lower depolarization and its relationship with relative humidity.

Key Words: DPSS, Depolarization, Radioactivity, Fukushima

1. はじめに

ライダーは、大気エアロゾルの光学特性（たとえば、消散係数、偏光解消度など）を検出および定量化するために不可欠である。ライダー観測により、局所的なエアロゾルと気象の相互作用¹、エアロゾルと環境負荷に関する情報が提供される。特に福島の帰宅困難地域周辺では、これらの粉塵にはある程度放射能が含まれるため、自然に発生する粉塵を検出することが重要である²。風によって運ばれる放射能を含んだ粉塵は局所的に集まる。その粉塵がどこに輸送されるかは、環境問題に取り組むための重要な情報である。放射能を含んだ粉塵検出は、ライダーでは直接観測することができない。

先行研究では、DPSS ライダー、ダストサンプラー、土壌の化学分析を使用して、福島の間接貯蔵処理施設内外の放射能を含む粉塵を観察した。ライダーは時間空間分解をした粉塵計測が可能である。一方でダストサンプラーは長時間の積分計測で浮遊するダストの放射能濃度の定量評価が可能である。両者を使った同期計測を行うことで、観測エリア内の放射能濃度分布を定量的に評価する。結果は、小さな粉塵($<20\mu\text{m}$)が大きな粉塵よりも多くの放射能を運ぶことを示した³。さらに小さな粉塵はより遠くまで輸送される。このため、現在の研究の焦点は自然由来の小さな粉塵の検出と観測に移っている。自然由来の小さな粉塵を測定するためには微小な偏光解消度を測定することが必要不可欠である。本研究では微小な大気偏光解消度と相対湿度の相関を分析することで微小な偏光解消度の計測値を評価した。

2. DPSS 水平ライダー

本研究での DPSS 水平ライダーは指定エリアのスキャンングを含めて、長時間の自動計測が可能である。電気が利用できない状況では、ライダーはバッテリーを電源として 1 日の計測を行える。運用中、ライダーの観測範囲は水平方向に 300m 以上で、表層大気的时间スケールの短い 1 秒ごとのデータを高分解に (0.78 m) に記録する。送信時には P 偏光で射出し、受光は PS 両偏光成分を受光する。DPSS ライダーの仕様を表 1 に示す。

DPSS ライダーで小さな偏光解消度を測定するために千葉大学工学研究棟 1 の 9 階 (地上約 65m) で継続的に観測した。DPSS ライダーの近くで測定された気象モニターと視程計のデータをライダーの観測結果と比較

した。気象モニターは「DavisVantagePro2」で、地域の気温、風速、風向、相対湿度を測定する。視程計 (VAISALA PWD 52) は、最大 35km の視程を測定する。

Table 1. Specification of DPSS horizontal LIDAR system

Laser Model	Spectra-Physics Explore One
Wavelength	349 nm
Pulse Energy	120 μ J
Repetition frequency	< 5KHz
Pulse duration	> 3ns
Telescope Diameter	100 mm
Interference filter CWL	349 nm
Interference filter FWHM	0.6 nm
PMT model	Hamamatsu H11901-110
Transmitted polarization	P
Received polarization	P and S

3. 結果

DPSS ライダーにより 2021 年 5 月 7 日から 10 日まで観測した。この測定期間中、偏光解消度に対する相対湿度と風向の複合効果を観察した。風向は南から北東に変わった。南からの風は東京湾地域からより多くの水蒸気を運ぶ。

図 1 は、2021 年 5 月 7 日から 10 日までに行われた DPSS ライダーの偏光解消度と、気象モニターの相対湿度値を示している。図 1a および 1b では、高い相対湿度 (> 60%) が示された。この期間は南からの卓越風であった。偏光解消度は 0.01 から 0.03 の比較的低い値であった。相対湿度が低いほど (約 60%)、偏光解消度は高くなった。5 月 7 日から 9 日までの視程は 10~35km である。この期間大気中の相対湿度が増加しエアロゾルが水蒸気で覆われ偏光解消度を低下したと考察できる⁴⁻⁶⁾。9 日から 10 日にかけて相対湿度が下がっていき、逆に偏光解消度は上昇する様子が観察された。

5 月 10 日 5 時以降、相対湿度が 40%未満となり、偏光解消度はさらに減少した。5 時から 10 時 30 分の間、大気は比較的澄んでいて、視程は約 35km であった。この間に測定された偏光解消度が小さかった。これは大気は比較的澄んでいてきれいな空気だったため、エアロゾルが少ないことが考えられる。10 時 30 分以降に相対湿度が増加すると、偏光解消度も増加した。この相関は HSRL ライダーを使用した他の研究の結果と同様である⁷⁾。この偏光解消度の増加は、低相対湿度条件下でのエアロゾル濃度の増加が原因であると考えられる。

4. まとめ

水平方向に操作される DPSS ライダーの継続的な観測で、エアロゾルの小さな偏光解消度が観測できた。福島で放射能を運ぶ小さな塵粉塵を観測するには、微小な偏光解消の測定が重要である。本研究では DPSS 水平ライダーを福島の帰宅困難地域近くに配備し、ダストサンプラとの同期計測を行う予定である。微小な偏光解消度の解析から飛散した粉塵の定量評価を行う。ダストサンプラは数日以上吸引によって飛翔したダストの放射能濃度を計測する。一方でライダーは 1s 毎の計測を指定したエリア内でスキャンしながら計測するため、局所的で急峻なダストの分布を得られる。ダストサンプラとの同期によって、指定エリア内の放射能濃度分布を得ることができ、時間を追ったその動向をモニタリングできる。学校校庭や住宅エリア等での継続的な観測によって日常的に浮遊する微小ダスト (エアロゾル) の挙動を把握することが可能となる。局所的な放射能濃度上昇の観察を行う予定である。

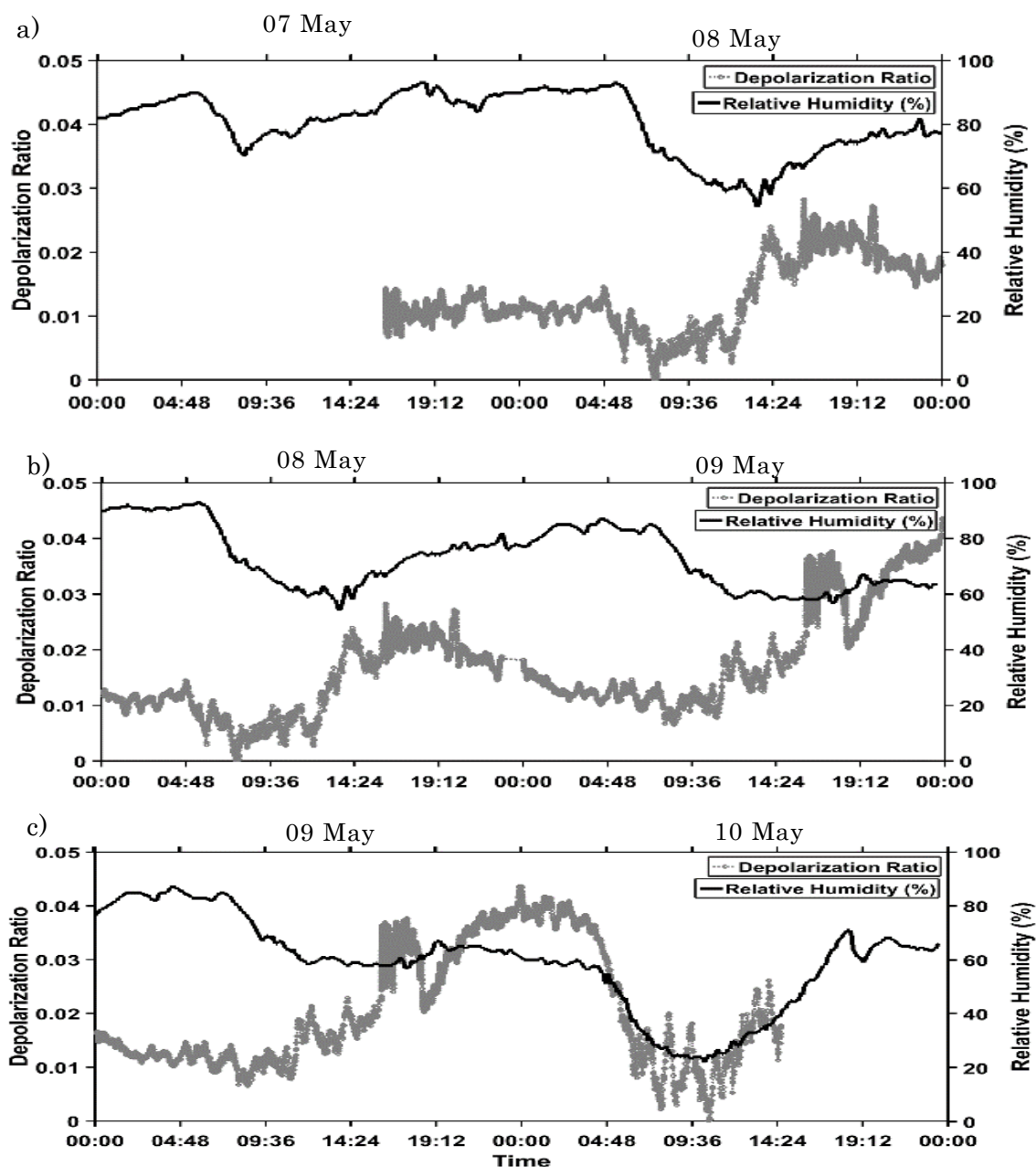


Figure 1. Temporal variation of depolarization ratio and relative humidity on a) 07-08, b) 08-09 and c) 09-10 May 2021.

参考文献

- 1) P. Ong: Atmosphere, 11(1), 2020.
- 2) 椎名、第 36 回レーザーセンシングシンポジウム予稿集、2018
- 3) T. Shiina, SPIE 2018.
- 4) A. Xiafukaiti: Applied Optics, 59, 26, 8014-2022, 2020.
- 5) S. Wu: Applied Optics, 23, 26, 33870-33892, 2015.
- 6) Engelmann: Atmos. Meas. Tech., 9, 1967-1784, 2016.
- 7) R.A. Ferrera et al.: AGU Fall Meeting, A211-05, 2015.