

# Mie-Raman ライダーを用いたエアロゾルの地上ネットワーク観測 Ground based network observation of aerosols using Mie-Raman lidars

○西澤智明、杉本伸夫、松井一郎、清水厚  
T. Nishizawa, N. Sugimoto, I. Matsui, and A. Shimizu  
国立環境研究所

National Institute for Environmental Studies

## Abstract

We have conducted ground based network observation using Mie-Raman lidars in Japan, Korea, and Thailand since 2008 by improving two wavelength polarization Mie scattering lidars of AD-Net in order to understand the optical properties and movement of Asian dust and air pollution aerosols better. Algorithms to estimate extinction coefficient ( $\alpha$ ) at 532nm, backscatter coefficients ( $\beta$ ) at 532 and 1064nm, and depolarization ratio ( $\delta$ ) at 532nm of particles and planetary boundary layer height and to identify a cloud-rich, aerosol-rich, or molecule-rich layer from the Mie-Raman lidar measurements were developed. We also developed an algorithm to estimate extinction coefficients at 532nm of black carbon, dust, sea-salt, and air pollution aerosols without black carbon using the  $1\alpha+2\beta+1\delta$  data. In the conference, we report the network observation system and data analysis method and discuss seasonal variation and regional characteristics (differences) of the derived aerosol optical properties.

## 1. はじめに

国立環境研究所では2波長偏光ミー散乱ライダー( $2\beta+1\delta$ システム)による地上ネットワーク(Asian dust and aerosol observation lidar network (AD-Net))を東アジア広域に展開し、エアロゾルや雲の観測を実施してきた。また、黄砂や大気汚染粒子といったエアロゾルの種類を判別しそれらの光学特性を抽出するデータ解析手法の開発も進めてきた<sup>1</sup>。より詳細なエアロゾルの光学特性を把握し、より多くのエアロゾル種の分離推定を推進するために、2008年からAD-Netの主要なサイト(つくば、松江(島根県)、福江(長崎県)、辺戸(沖縄県)、北京、ソウル、ピマイ(タイ))の2波長偏光ミー散乱ライダーにラマン散乱光(532nm 励起の窒素振動ラマン(607nm))を測定するチャンネルを付加してきた( $1\alpha+2\beta+1\delta$ システム)。改良したライダー(Mie-Raman ライダー)の観測データから、波長532nmでの粒子消散係数、後方散乱係数、偏光解消度を推定し、1064nmでの減衰付き後方散乱係数を用いて雲層・エアロゾル層・大気分子層を識別し、更に境界層高度を推定するアルゴリズムの開発も進めてきた<sup>2</sup>。

ラマンライダー(や高スペクトル分解ライダー(HSRL))は消散係数と後方散乱係数の独立測定が可能であり、ライダー比(消散係数-後方散乱係数比)を仮定無く導出できる。ライダー比はエアロゾルの光吸収性に強い感度がある。よって、ラマンライダー(やHSRL)の導入は、従来のミー散乱ライダーでは困難であった光吸収特性を利用したエアロゾル種の分離推定を可能とする<sup>3</sup>。一方で、後方散乱係数の波長比はエアロゾルの粒径に感度があり、偏光解消度は形状に感度がある<sup>4</sup>。そこで、エアロゾル種毎の光吸収特性、波長特性、偏光特性の違いを包括的に活用して、このMie-Raman ライダーデータ( $1\alpha+2\beta+1\delta$ )から、光吸収性の強い粒子(ブラックカーボン)、非球形粒子(鉱物ダスト)、球形で大粒径の粒子(海塩)、そして球形で小粒径の粒子(大気汚染粒子)の4種エアロゾルの鉛直分布を推定するアルゴリズムの開発も進めてきた<sup>2</sup>。

本発表では、Mie-Raman ライダーデータを用いた地上ネットワーク観測と解析手法(光学特性の抽出およびエアロゾル種分類)について述べ、解析で得られた長期のエアロゾルデータを用いて地域性や季節変化について議論する。以下では、光学特性の抽出手法およびデータ解析結果の例を示す。

## 2. データ解析

昼間は太陽光の影響が強いため、ラマン散乱光データは夜間のみ使用した。データ解析では、まず、ウェーブレット解析により信号ノイズを低減し<sup>5</sup>、その後、高度120m 毎、1時間毎で平均した。エアロゾル濃度が低いケースを選

んで、幾何学的効率を推定し、低高度(高度 1km 以下)の信号を補正した。平均化した観測データを用いて粒子の消散係数、後方散乱係数、偏光解消度を直接推定した<sup>6</sup>(偏光信号の相対感度(532nm での copol および crosspol 信号)は偏光シートを用いて定期的に計測されている)。1064nm の減衰補正付き後方散乱係数に対して、しきい値を設定し、高度毎に雲、エアロゾル、大気分子の判別を行い、エアロゾル層を抽出した<sup>7</sup>。また、1064nm の減衰補正付き後方散乱係数の強度および鉛直勾配にしきい値を設定し、境界層高度の推定を行った<sup>8</sup>。1064nm の後方散乱信号の校正では、低高度域(主に境界層上端)で発生した水雲からの後方散乱信号を用いた。

図1に、2012年3月30日から4月2日にピマイサイトで観測されたライダーデータの事例解析結果を示す。ライダーデータからこの期間では、雲・雨は殆どなく快晴だったと思われる。高度1km から4km にかけての上空域をエアロゾル気塊が飛来する様子が捉えられている(枠で囲まれた箇所)。飛来したエアロゾルのライダー比は 70sr 程度であり、1km 以下の低高度域でのエアロゾルのライダー比と異なった(50sr 程度)。エアロゾル種の混合比の違い(飛来したエアロゾルは光吸収性粒子(ブラックカーボン等)をより多く含んでいる等)やエアロゾル組成や内部混合の違いが示唆される。飛来したエアロゾルおよび低高度域でのエアロゾルの偏光解消度は低く(5%以下)、球形性のエアロゾルが多く含まれていたと考えられる。2012年に同サイトで観測されたライダーデータの解析から、年間を通してエアロゾル偏光解消度は低く(5%以下)、532nm でのライダー比は主に 50sr~70sr 程度であった。タイは東南アジアのバイオマス燃焼起源粒子の発生域に当たる。バイオマス燃焼起源粒子の波長 532nm でのライダー比として、AERONET の分光放射観測データの解析からアフリカ・南アメリカ域では 52-70sr<sup>9,10</sup> が報告されている。また、ラマンライダーデータの統計解析からシベリア域では波長 532nm でのライダー比として 42-64sr、偏光解消度として5%以下が報告されている<sup>11</sup>。本研究で導出されたライダー比や偏光解消度は、先行研究結果と同程度であり、バイオマス燃焼起源粒子を多く含んだエアロゾル気塊を捉えたと示唆される。一方で、先行研究の結果ではアフリカ・南米のバイオマス燃焼起源粒子のライダー比はシベリアのそれに比べて 10sr 程高く、燃焼物の違い等を受けて地域差があると考えられる。東南アジア域でのバイオマス燃焼起源粒子の典型的な光学特性の把握そしてそのモデル化に、本研究のエアロゾルデータの活用が期待できる。

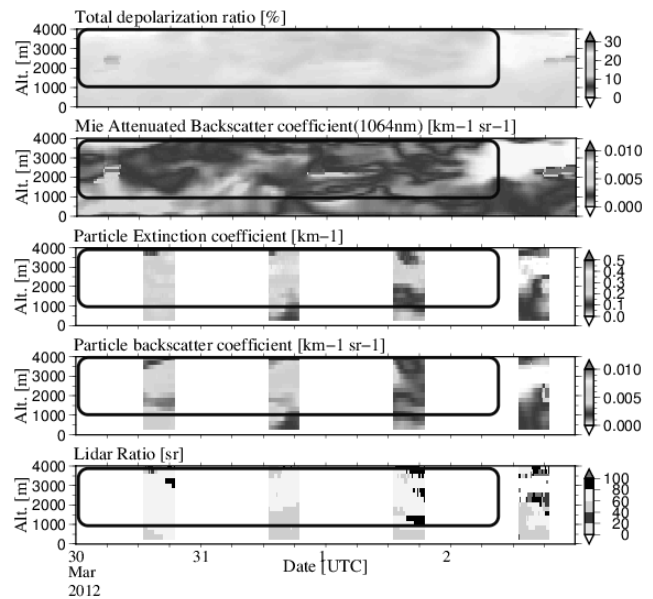


Fig.1. Example of aerosol optical properties derived from the Mie-Raman lidar measurements at Phimai observation site in Thailand

## 謝辞

本研究は科学研究費補助金新学術領域(課題番号 20120006)および環境省環境研究総合推進費(課題番号: 5B-1202)の助成のもと実施されている。

## 参考文献

- 1) Sugimoto et al. 2003: *Geophys. Res. Lett.* 30, 1640, doi:10.1029/2002GL016349.
- 2) Nishizawa et al. 2012: *SPIE, Proc.* 8526, doi:10.1117/12.977215,
- 3) Nishizawa et al. 2008: *IEEE Trans. Geos. Rem. Sens.*, 46, 4094-4103.
- 4) Nishizawa et al. 2011; *J. Quant. Spectro. Radiat. Trans.*, 112, 254-267.
- 5) Fang et al. 2004: *Opt. Comm.*, 233, 67-76.
- 6) Ansmann et al. 1992: *Appl. Phys.*, 55, 18-28.
- 7) Hagihara et al. 2010: *JGR*, 115, D4, doi:10.1029/2009JD012344.
- 8) Sugimoto et al. 2009: *J. Appl. Met. Clim.*, 48, 1822-1829.
- 9) Cattrall et al. 2005: *JGR*, 110, D10S11, doi:10.1029/2004JD005124.
- 10) Omar et al. 2005: *JGR*, 110, D10S14, doi:10.1029/2004JD004874.
- 11) Muller et al. 2007: *JGR*, 112, D16202, doi:10.1029/2006JD008292.