

蛍光ライダーへの応用を目的とした 大気エアロゾル候補物質の蛍光データベース

切中拓矢¹, 亀谷啓太², 白石浩一³, 西村彬², 富田孝幸⁴, 五十嵐康人⁵, 齊藤保典⁴
¹信州大学大学院総合理工学研究科,²信州大学工学部,³福岡大学理学部(〒814-0180 福岡県福岡市城南区七隈八丁目 19-1),
⁴信州大学学術院工学系(〒380-8553 長野県長野市若里 4-17-1),
⁵京都大学複合原子力科学研究所(〒590-0494 大阪府泉南郡熊取町朝代西 2丁目)

Fluorescence database of atmospheric aerosol-candidate-substances for application to fluorescence LIDAR

Takuya KIRINAKA¹, Keita KAMEYA², Koichi SHIRAIISHI³, Akira NISHIMURA²,
Takayuki TOMIDA⁴, Yasuhito IGARASHI⁵ and Yasunori SAITO⁴

¹Graduate school of Science and Technology, Shinshu Univ., ²Faculty of Engineering, Shinshu Univ.,
³Department of Earth System Science, Fukuoka Univ., (8-9-11 Nanakuma, Jonan-ku, Fukuoka 814-0180)
⁴Institute of Engineering, Academic Assembly, Shinshu Univ., (4-17-1 Wakasato, Nagano, Nagano 380-8553)
⁵Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto Univ., (Kumatoricho Asashironishi 2 chome, Sennan-gun, Osaka 590-0494)

Abstract: LIFS (Laser-induced Fluorescence Spectrum) lidar is a very useful system for aerosol monitoring. Here we report the development of a fluorescence database which is used for LIFS lidar observation. The fluorescence database is composed of two parts; fluorescence spectrum characteristics (EEM: Excitation-Emission-Matrix) of aerosol candidate substances and fluorescence quantum efficiency of them. By applying the database to the LIFS lidar observations, it made possible to identify the types of substances suspended in the atmosphere with analysis quantitative.

Key Words: LIFS lidar, Aerosol, Database, Fluorescence Spectrum, Fluorescence Quantum Efficiency

1. はじめに

近年、大気中のエアロゾル粒子によってもたらされる、アレルギーや呼吸器疾患などの健康被害が表面化している。

我々は、このような問題を改善すべく、エアロゾル物質の種類同定が可能な蛍光スペクトル(LIFS:Laser-induced Fluorescence Spectrum)ライダーの開発を進めている¹⁾。

ライダー観測結果から物質同定を行うためには物質毎の蛍光スペクトル特性、また定量解析を行うためには蛍光量子効率が必要である。前年、上記の両特性から構成される蛍光データベースを開発し報告を行った²⁾。今回は、蛍光データベースの構成と蛍光ライダーへの応用性についての報告を行う。

2. 蛍光データベース

蛍光データベースは物質同定のための蛍光スペクトル特性と定量解析のための蛍光量子効率値から構成されている。Fig.1に概要を示す。現状では、蛍光スペクトル特性データは55種類、蛍光量子効率データは3種類(スギ, アカマツ, ヒノキ)が蓄積されている。対象物質は我々の生

活環境内に存在する物質であり、これらをエアロゾル候補物質(ACS:Aerosol-Candidate-Substance)とした。周囲から収集したACSを冷凍粉砕で粉体にする事で、疑似大気エアロゾルとした。また、天然の粉体(花粉など)はそのまま測定に用いた。測定結果は一つのUSB内に保存され、OSに依存しないBIOSから起動する仕様としている。

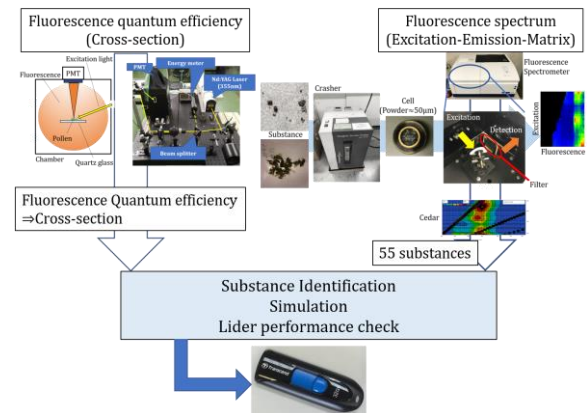


Fig1. Overview of fluorescence database

3. 蛍光ライダーへの適応例

3.1 大気エアロゾル物質の種類判別

福岡大学の蛍光ライダー観測結果と蛍光データベースとを比較し種類判別を行った。結果を Fig.2 に示す。図中左が蛍光ライダーで得られた大気からの受信蛍光スペクトル、図中右が蛍光データベース内から得られた受信蛍光スペクトルと類似度の高い物質の蛍光スペクトルである。特に高度 0.3km での結果は、受信スペクトルは蛍光波長 440nm, 460nm, 520nm 付近にピークを持つ。先の 2つのピークは、Glass bottle の蛍光スペクトルと良く似ていることから SiO₂ 成分を、また 520nm は、Paving concrete block や Hinoki に似た形状を有することから、鉱物成分や花粉成分を持つ ACS であることが予測された。

3.2 大気浮遊花粉の定量解析

信州大学の可搬型蛍光ライダーを用いて取得したスペクトル結果³⁾と蛍光データベースとの比較を行った。結果を Fig.3 に示す。受信スペクトルと最も類似度が高いと表示されたのが、Fig(a)ではスギ花粉、Fig(b)ではブタクサ花粉であった。スギ花粉は、1 粒子あたりの発光効率である蛍光量子効率(蛍光断面積)の値がデータベースとして既知 (6.9×10^{-13} [cm²sr⁻¹nm⁻¹particle⁻¹])であるため、ライダー観測条件を基に観測範囲に浮遊するスギ花粉粒子数を求めた結果、花粉発生源での粒子密度として 6.4×10^6 [particle/m³] が得られた。

4. 蛍光データベースの運用法の提案

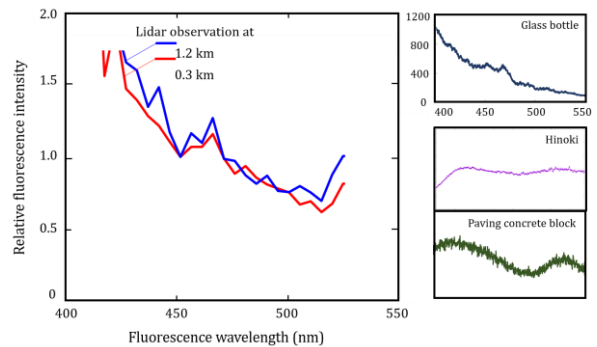
蛍光スペクトル特性 (EEM:Excitation-Emission-Matrix) から、最適励起波長と最適蛍光検出波長の組み合わせが得られるため、観測したい大気エアロゾル物質の特性に従って、ライダーシステムの設計が可能である。具体的には、スギ花粉測定の場合、励起波長 460nm、蛍光検出波長 500nm がそれぞれ最適波長であることが判った。特に新たなレーザー光源の開発を促すものである。

従来、大気環境観測には散乱型ライダーの使用が多かったが、蛍光量子効率が判明したことで、新たに蛍光ライダーシミュレーションや蛍光ライダー観測での動作検証にも利用でき、新たなライダー観測への展開が期待できる。

5. おわりに

蛍光データベースの概要と蛍光ライダーへの応用性について述べた。蛍光スペクトルデータから大気浮遊エアロゾルの種類判別、蛍光量子効率データから花粉量の定量解析を行うことができた。

今後は、プラスチックなどの人工的に生成された物質の蛍光データベース作成も考えている。また、蛍光ライダーによる新たなエアロゾル物



質検出の可能性を考えていく。

Fig2. Comparison result of atmospheric fluorescence spectrum by fluorescence lidar and fluorescence spectra of several ACSs stored in the database.

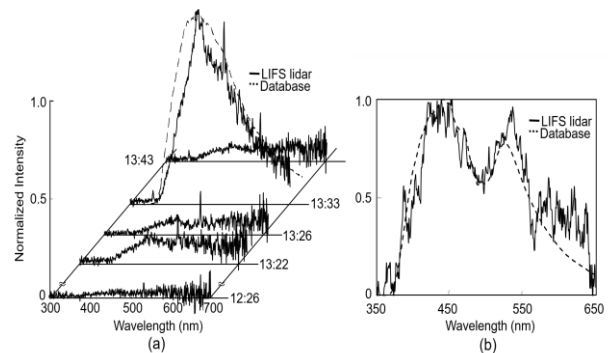


Fig3. Outdoor observation of airborne pollen ((a):Cedar, (b):Ragweed) by a portable LIFS LIDAR.

謝辞

本研究の一部は科学研究費 A(代表:五十嵐康人)及び(公財)高橋産業経済研究財団により行われている。

参考文献

- 1) Y.Saito et al., "A fluorescence lidar for seamlessly connecting individual observations of the global environmental systems", Proc. SPIE Vol.10779, 107790M, 2018.
- 2) 切中他., "エアロゾル候補物質の蛍光データベース", 第 36 回レーザーセンシングシンポジウム, D-04(2019)
- 3) Y.Saito, T.Tomida et al., Remote Sensing, 10, 1533, 2018; doi:10.3390/rs10101533