

エアロゾル起源物質の蛍光量子効率測定装置

久保田 智貴¹, 塚田 祥大¹, 高木 治也², 富田 孝幸³, 劉 小晰³, 齊藤 保典³

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信州大学大学院工学系 (〒380-8553 長野県長野市若里 4-17-1)

Fluorescence quantum efficiency measurement system of aerosol candidate materials

Tomoki KUBOTA¹, Shodai TSUKADA², Haruya TAKAGI³, Takayuki TOMIDA⁴,
Xiaoxi LIU⁴ and Yasunori SAITO⁴

¹Graduate school of Science and Technology, Shinshu Univ., ²Faculty of Engineering, Shinshu Univ.,

³Institute of Engineering, Academic Assembly, Shinshu Univ., (4-17-1 Wakasato, Nagano, Nagano 380-8553)

Abstract: A LIFS (Laser induced fluorescence spectrum) lidar is suitable for aerosol monitoring with identification and quantitative analysis of aerosol. To perform such monitoring, database of aerosol fluorescence characteristics is essential. We have already reported fluorescence spectrums of various candidate materials for aerosol. In this study, we describe a fluorescence quantum efficiency measurement system which will be able to offer information on fluorescence intensity of the candidate materials.

Key Words: Laser, Lidar, Aerosol, Fluorescence, Database

1. はじめに

近年, 大気中のエアロゾルによる人体への健康被害が顕在化している. PM2.5 などの微粒子状物質による健康被害や日本人の花粉症有病率の増加など, 人体や生活環境への様々な影響が懸念されている. このような環境問題への対策のために色々な手法でのエアロゾル観測が行われている.

信州大学では, レーザ誘起蛍光法を用いた LIFS (Laser - induced Fluorescence Spectrum) ライダーによる大気エアロゾルの蛍光観測実験を行っており, 幾つかの観測においてエアロゾルと期待される信号が数例ほど得られている¹⁾. 蛍光スペクトルは物質ごとに固有の波長となるため, 観測結果から物質同定および定量分析をするためには蛍光スペクトルデータベースが必要である²⁾.

Fig.1 に実際に取得した 3 種類の物質の蛍光スペクトル波形例を示す. 物質ごとに最大強度を示す波長が異なることから, このような蛍光データベ

ースと LIFS ライダーを用いて, 大気エアロゾルの物質同定が可能である.

現在では, 強度に関する情報が欠落しているため, 定量分析には至っていない. そこで本研究では, エアロゾル起源物質の蛍光量子効率測定装置の開発を行い, 分光蛍光光度計を併用した蛍光スペクトルに強度情報を取り入れたデータベースの作成を目的としている.

2. 量子効率と蛍光データベース

2.1 蛍光量子効率

蛍光量子効率 (内部量子効率) とは, 蛍光体に吸収された励起光の光子数に対する蛍光発光の光子数の比である. 量子効率が求められれば, 使用する励起光の強度から蛍光の強度を求めることができ定量分析が可能になる.

また, 分光蛍光光度計を用いた計測から物質ごとの蛍光スペクトルは既知であるため, 面積比か

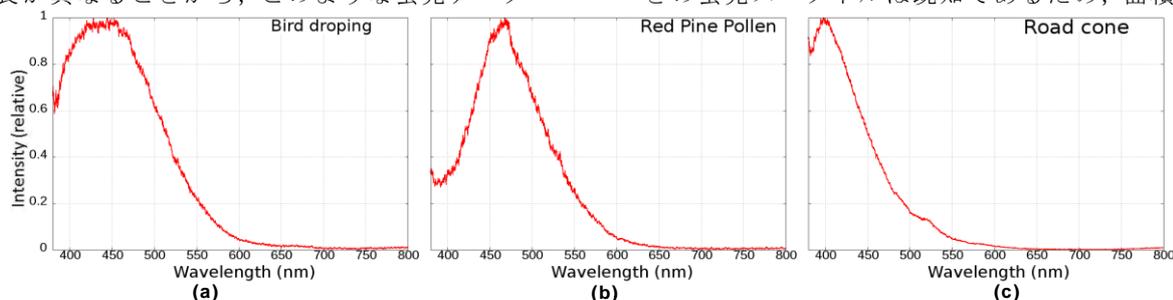


Fig.1 Examples of fluorescence spectrum

a : Bird dropping, b : Red pine pollen, c : Road cone

ら波長ごとの蛍光強度を求めることができ、波長ごとの強度情報から多種混合エアロゾル等の濃度情報を得ることもできる³⁾。

2.2 蛍光データベース

エアロゾル起源物質の量子効率を、現有の蛍光スペクトルデータベースに付与することで、LIFS ライダーで受信した蛍光のスペクトルと信号強度を蛍光データベースと比較し、測定地点におけるエアロゾルの物質同定および濃度測定が可能となる。また、ライダー設計時のシミュレーションにも利用できる。

LIFS ライダーは既にレーザーダの手法として確立されており、大気エアロゾルの観測⁴⁾や、蛍光観測による海底熱水フィールドの調査⁵⁾など蛍光に関する研究は活発化している。このことから、新たに蛍光を対象とする研究を行う際に量子効率を物質選定の指標として用いることもできる。

3. 蛍光量子効率測定装置

3.1 測定方法と手順

量子効率は、吸収された励起光の光子数と蛍光発光の光子数から求める。光子数はエネルギーから算出する。蛍光体（エアロゾル起源物質）に吸収された励起光のエネルギーは、蛍光体に照射された全励起エネルギーから、蛍光体に吸収されずに反射・透過した成分を除くことで求める。励起光とその反射光、透過光および蛍光のエネルギーを測定する。測定後、レーザーの照射されていた面積分の重さや粒子数を測定し、1 粒子あたりと 1g あたりの量子効率を算出する。

3.2 測定装置

開発している蛍光量子効率の測定光学系を Fig.2 に示す。送信系には LIFS ライダーと同様の Nd:YAG レーザの波長 355 nm を使用し、励起光強度計測にはユニバーサル放射計を用いる。

暗箱内に試料を設置し、励起光を照射する。暗箱入射口に設置してある反射率約 5% のビームサンプラーで励起光の反射光を測定し、その比から全励起エネルギーを求める。また、励起光の透過光および反射光は 2 か所の出射口において放射計で測定する。蛍光の発光強度は非常に小さいため、高感度な光電子増倍管を用いて電圧値から光子数を求める。

4. おわりに

エアロゾル起源物質の量子効率測定装置の開発を進め、光度計を用いた蛍光の 3 次元 (Emission Excitation Matrix) 特性と量子効率を統合した、蛍光スペクトルデータベースを構築して

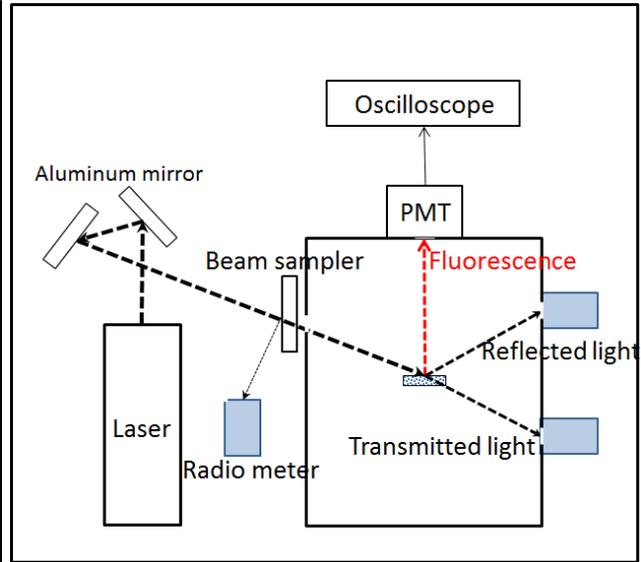


Fig.2 Configuration of the measurement system

いく。基礎物理データとして、ライダー以外のあらゆる計測の基準を与えるものである。

謝 辞

本研究は JSPS 科研費基盤 B 『25289122』 の助成を受けたものです。

参考文献

- 1) 塚田祥大, 他, “エアロゾル計測用の蛍光 LIDAR システムの開発”, 第 32 回レーザーセンシングシンポジウム予稿集 p. 120-121 (2014)
- 2) 久保田智貴, 菅沼田光, 塚田祥大, 富田孝幸, 齊藤保典, “LIFS ライダーによる物質同定のための蛍光スペクトル計測”, 第 33 回レーザーセンシングシンポジウム予稿集 p. 108-111 (2015)
- 3) Y. Saito, K. Kakuda, M. Yokoyama, T. Kubota, T. Tomida, H. Park ” Design and daytime performance of laser-induced fluorescence spectrum (LIFS) lidar for simultaneous detection of multiple components, dissolved organic matter, phycocyanin and chlorophyll, in river water”, Applied Optical (in print)
- 4) Y. Saito, K. Kobayashi, and F. Kobayashi “Laser-induced Fluorescence Spectrum (LIFS) LIDAR for remote detection of biological substances surrounding “Livingsphere””, Optical configuration of the measurement system. The 8th Int. Symp. Advanced Environmental Monitoring, (June 29-July 2, 2010, Sapporo, Japan), pp.54-57
- 5) 篠野雅彦, 中島康晴, 山本謙司, 古島靖夫, “海底熱水フィールドの蛍光観測法の開発”, 第 32 回レーザーセンシングシンポジウム予稿集 p. 78-8 (2014)