

# 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

## Fluorescence spectrum measurement for material identification by using LIFS (Laser induced fluorescence spectrum) Lidar

久保田智貴<sup>1)</sup> 菅沼田光<sup>2)</sup> 塚田祥大<sup>2)</sup> 富田孝幸<sup>3)</sup> 斉藤保典<sup>3)</sup>

Tomoki Kubota<sup>1)</sup> Hikaru Suganumata<sup>2)</sup> Shodai Tsukada<sup>2)</sup> Takayuki Tomida<sup>3)</sup>

Yasunori Saito<sup>3)</sup>

1)信州大学工学部 2) 信州大学大学院 理工学系研究科 3)信州大学 学術研究院工学系

1) Faculty of Engineering, Shinshu University

2) Graduate School of Science and Technology, Shinshu University

3) Faculty of Engineering Department of Computer Science&Engineering,

Shinshu University

### Abstract

Laser radar using the LIFS (Laser induced fluorescence spectrum) is suitable for material identification of the aerosol. Database of aerosol fluorescence is essential to the goal of LIFS-LIDAR. We measured the fluorescence spectrum of about 20 species, was the pollen to determine the first target of LIFS-LIDAR. New observation will be started in next winter, and we aim the observation of pollen.

### 1. はじめに

近年、環境問題において大気中の浮遊粒子（エアロゾル粒子）による人体への健康被害が顕在化している。PM2.5による健康被害や花粉症の有病率が増加など、様々な人体や生活環境への影響が懸念されている<sup>1,2)</sup>。このような社会的要請に基づき様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、レーザー誘起蛍光法を用いた LIFS (Laser - Induced Fluorescence Spectrum) ライダーによるエアロゾル蛍光観測実験を推進している。LIFS ライダーは既に小型船舶によるサンゴ観測<sup>4)</sup> や、ライダーによる藻類モニタリング<sup>5)</sup> など、レーザーレーダの手法として確立されており対象の詳細な情報が得られる極めて有効な手段である。我々の今日までの観測において、エアロゾルと期待される蛍光励起用のレーザーの波長とは異なる波長の信号が数列ほど得られている<sup>3)</sup>。しかしながら、エアロゾル蛍光のデータベースが存在しないため、得られた信号から物質を同定するには至っていない。本研究では、エアロゾル候補物質の紛体化を行い、分光蛍光光度計を用いて蛍光スペクトルのデータベースの作成を最終目的としている。

### 2. LIFS ライダーシステムと観測データ

現在の LIFS ライダーシステムはレーザーを射出する送信系と蛍光を受信する受信系、システム

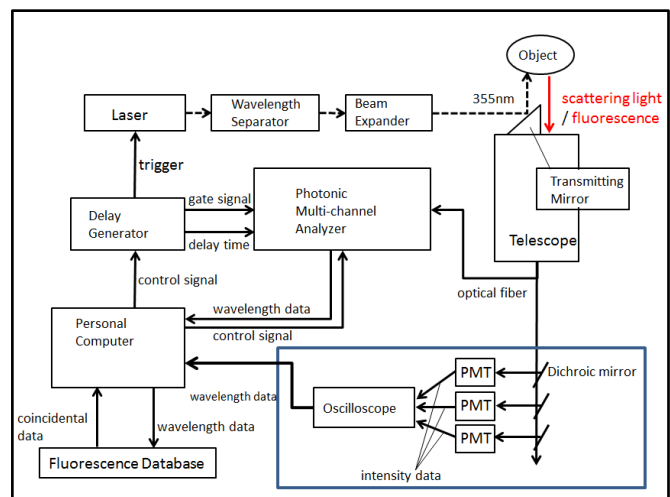


Fig.1 Block diagram of LIFS-Lidar systems

全体を制御する制御系から構成されている。送信系には入手が比較的容易であり、励起光にも適した波長である  $355\text{ nm}$  が得られる Nd:YAG レーザーの第 3 高調波を使用する。受信系は集光するためのシュミットカセグレン式望遠鏡と、受光した光を分光し信号を検出するマルチチャンネル検出器から構成されている。制御系ではディレイジェネレーターを使用し、レーザーとマルチチャンネル検出器を同期させる。また、ディレイジェネレーターにより、マルチチャンネル検出器の受光ゲート時間を短時間に限定することで背景光を除去することができる。これらのシステム図を Fig.1 に示す。青枠は未実装の部分であり後述するが、今後の観測に必要な光電子増倍管 (PMT) を設置予定である。

上記のライダーで信州大学の上空の大気観測を行ったところ、励起光である  $355\text{ nm}$  以外に別の光が検出された。このデータを解析したところ全体的に広波長に出ており、前述の通り背景光は除去できるので蛍光である可能性が高い。解析結果を  $25\text{ nm}$  幅で区間平均し、最大信号強度によって規格化したものをコンター図として Fig.2 に示す。

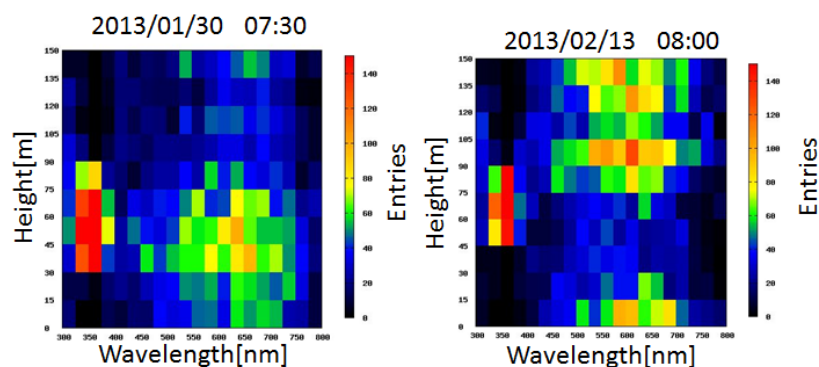


Fig.2 Contour mapping of observation data by LIFS-LIDAR

しかし、比較・検索可能な蛍光データベース不在のため物質の同定は困難である。そこで本研究では、分光蛍光光度計を用いて物質ごとの蛍光の最大強度を示す波長やスペクトル波形などに注目することで LIFS ライダーによる物質同定の可能性を検討する。

### 3.物質ごとの蛍光スペクトル

分光蛍光光度計 F-7000 (株式会社日立ハイテクサイエンス製) を用いてエアロゾルになり得る物質の蛍光スペクトル計測を行った。物質は冷凍粉砕し、エアロゾルに近い粉末状態にする。計測時、励起光の 2 倍の波長である  $710\text{ nm}$  に二次光が現れるため、これを除去するために光度計の受光側にシャープカットフィルター SCF-50S-38L (シグマ光機株式会社製) を 2 枚使用する (Fig.3,4)。これにより計測した波形にはフィルターの透過率波長特性を用いて較正を行う必要がある。そこで較正後の波形を物質の蛍光スペクトルとする。較正前後のアカマツ花粉の蛍光スペクトル波形を Fig.5 に示す。

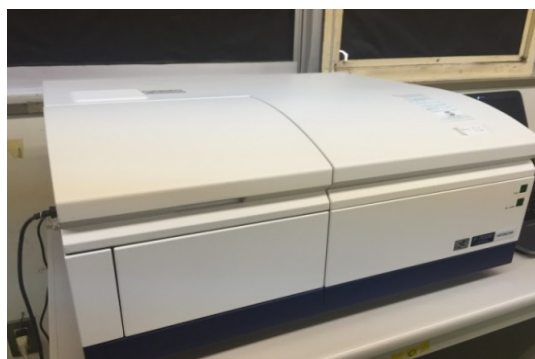


Fig.3 Fluorescence spectrophotometer

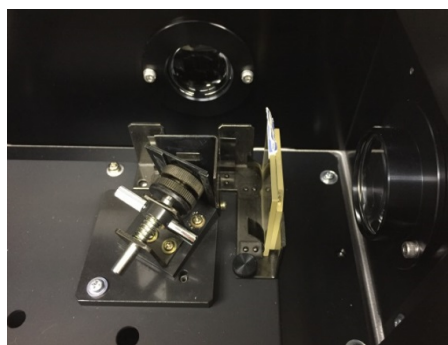


Fig.4 Stage of spectrophotometer

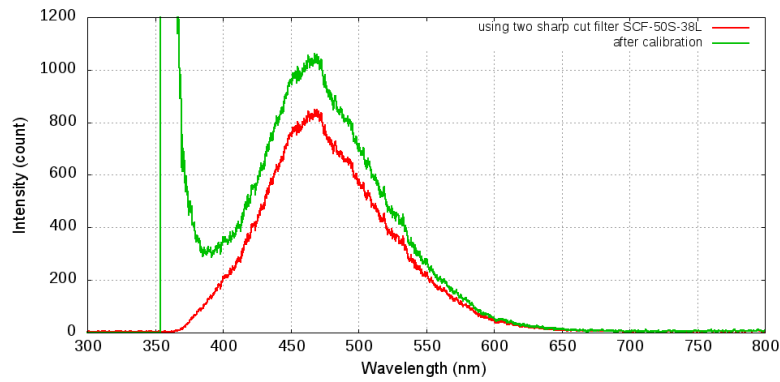


Fig.5 Waveform of spectrophotometer before / after calibration

Red line : before calibration, Green line : after calibration

同様にエアロゾルの候補物質 15 種類の蛍光スペクトルの計測し、計測した試料を植物系、動物系、人工物系と 3 つに分類することで系統ごとの特徴の比較を行った。計測した発光波長スペクトルのデータの 5 nm 毎に区間平均された受光強度の最大値を基準として規格化をおこなった。Fig. 6 にコンター図ですべての蛍光波長を示す。Fig. 6 では最大値を白で表している。赤枠で囲んだ植物系は、枯れた植物の一部が地面に落ち、それを人や車が踏むことでエアロゾル粒子状態になる想定のもと選定し、花粉を含む 5 種類を計測した。植物系には、クロロフィルによる蛍光が期待されたがクロロフィルによる蛍光波長である 680 nm 近傍に優位

な信号を確認されなかった。これは自然現象によって植物が粉体化する場合には、植物が枯死している仮定の元に対象を選定したためである。枯死した植物からは優位なクロロフィル蛍光を判別することは困難である。一方で、花粉の蛍光スペクトルは他とは異なり 460 nm 付近に最大強度を示す。青枠で囲んだ動物系は 4 種類の対象を計測した。動物系ではそれぞれの最大値を示す波長に優位な差はなく 430 nm 付近である。緑枠で囲んだ人工物系は、自動車による衝撃や経年劣化によってエアロゾル化することを想定し選定した。これらの物質は総じて比較的短波長に最大強度を示す。しかしながら、たばこの吸い殻は構成要素の大部分が植物の葉で占められるため植物系に近いスペクトルを示した。

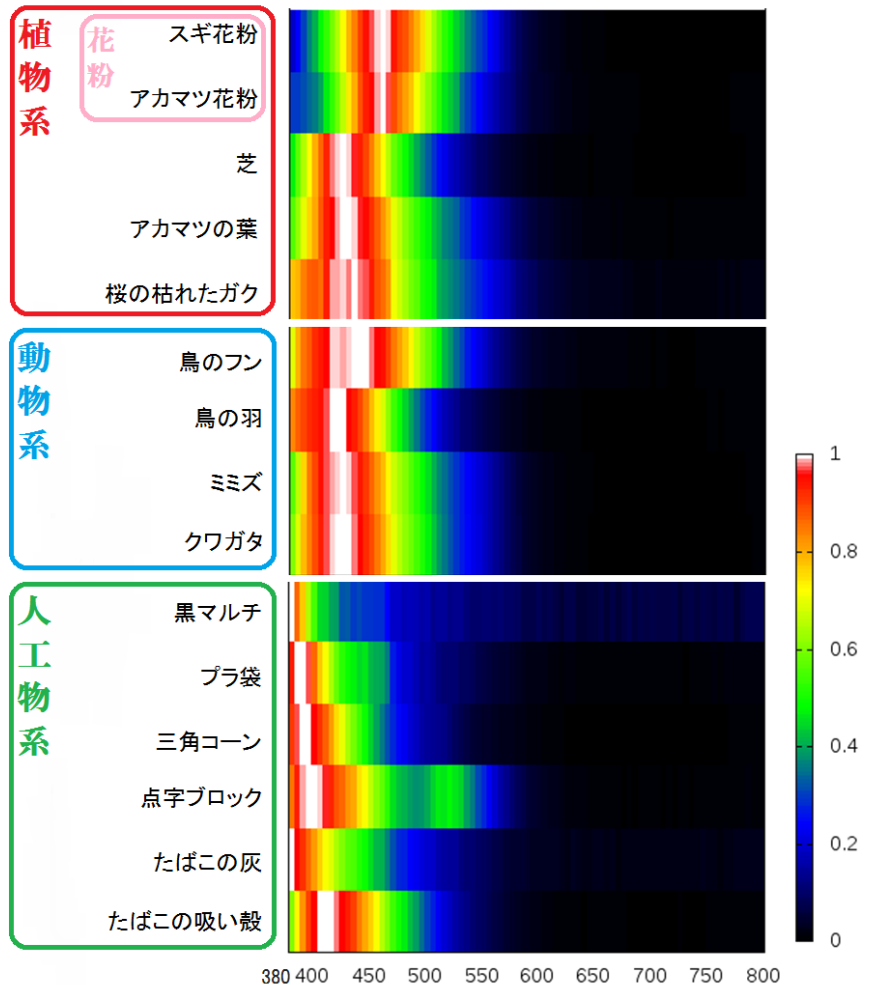


Fig.6 Fluorescence spectrums

本試験により、花粉は特異な蛍光スペクトル（中心波長 460 nm）が得られ、動植物では最大強度波長 430 nm 程度の近い蛍光スペクトルが得られた。一方で人工物の蛍光スペクトルは最大強度波長 400 nm 以下となり、LIFS ライダーでのエアロゾル種類の同定性能が示唆された。

#### 4. 終わりに

花粉は特異な蛍光スペクトルを示すため、LIFS ライダーにて花粉の観測を予定している。そのために、Fig.1 の青枠に示した PMT を実装し、高い検出性能な LIFS ライダーを構築する。光路を切り替えることでマルチチャンネル検出器・PMT の 2 つの手法で観測することが可能となる。これにより、従来どおりのマルチチャンネル検出器を用いたシステムによる多様な対象を観測可能な多波長観測に加えて、高感度な PMT システムによって花粉のような限定的な観測対象でありながらも遠距離まで観測可能となる相補的な観測システムを実現する。

#### 参考文献

- 1) 微小粒子状物質健康影響評価検討会報告書（抜粋） ， 環境省
- 2) 花粉症環境保険マニュアル 2014, 環境省 (2014)
- 3) 塚田祥大, 富田孝幸, 小林一樹, 斉藤保典, “エアロゾル計測用の蛍光 LIDAR システムの開発”, 第 32 回レーザセンシングシンポジウム予稿集 p. 120-121
- 4) 篠野雅彦, 今里元信, 山野博哉, 小熊宏之, “造礁サンゴ観測用小型船舶曳航型海上ブイ搭載イメージング蛍光ライダーの開発”, 第 32 回レーザセンシングシンポジウム予稿集 p. 110-113
- 5) 斉藤保典, 朴虎東, 富田孝幸, 小林一樹, “蛍光スペクトルライダーを用いた藻類モニタリング技術の開発”, 第 32 回レーザセンシングシンポジウム予稿集 p. 20-21