

エアロゾル候補物質の蛍光データベース

切中 拓矢¹, 櫻井 祐輔¹, 太田 直志¹, 久保田 智貴², 富田 孝幸³, 齊藤 保典³

¹信州大学工学部,²信州大学大学院総合理工学研究科

³信州大学学術院工学系 (〒380-8553 長野県長野市若里 4-17-1)

Fluorescence database of aerosol-candidate-substance

Takuya KIRINAKA¹, Yusuke SAKURAI¹, Naoyuki OTA¹, Tomoki KUBOTA²,
Takayuki TOMIDA³ and Yasunori SAITO³

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

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

Abstract: LIFS (Laser-induced Fluorescence Spectrum) lidar is a quite useful technique for identification of aerosol species. We made a fluorescence database of aerosol-candidate-substance. The database included fluorescence spectrum and fluorescence quantum efficiency of substances. In this report we describe EEM (Excitation-Emission-Matrix) characteristics of substances and measurement of the efficiency of cedar pollen. The efficiency was 7.81×10^{-5} [particle]. We discuss the usefulness of the fluorescence database in aerosol monitoring by LIFS lidar.

Key Words: LIFS, Plant, Aerosol, Fluorescence, Database

1. はじめに

近年、大気中の浮遊粒子(エアロゾル粒子)によってもたらされる人体への健康被害が表面化しており、PM2.5による呼吸器疾患や花粉症による鼻炎など、人体に悪影響を与える可能性が危惧されている。

我々は、このような問題を改善すべく、エアロゾルの種類判別が可能な蛍光スペクトル(LIFS: Laser-induced Fluorescence Spectrum)ライダーの開発を行ってきた。これまで LIFS ライダーで、黄砂飛来や建設工事に由来するものと思われる蛍光スペクトルを観測している¹⁾。また、福岡大の蛍光観測結果からの物質同定も試みている²⁾。しかし、どちらにおいてもその由来あるいは物質の同定ができていない。

ライダー結果を用いて種類判別するためには蛍光スペクトル情報が必要であり、また濃度を求める際には蛍光量子効率の値が必要である。今回、両データを含む蛍光データベースを開発したので報告する。

2. 蛍光データベース

蛍光データベースは物質同定を行うための蛍光スペクトル(EEM)データと定量分析のための蛍光量子効率データからなる。

2.1 蛍光スペクトル特性

励起・蛍光マトリックス(EEM:Excitation-Emission-Matrix)は、1つの物質に対して複数の励起波長を用いて蛍光スペクトルを計測し、励起波長、

蛍光波長、蛍光強度の関係を3次元の等高線図として表す手法である。我々の生活環境内に見受けられる様々な物質をエアロゾル候補物質とし、冷凍粉碎し分光蛍光高度計でEEM特性を測定した³⁾。現在までに20種類のデータが蓄積されている。Fig.1に物質ごとのEEM特性を示す。スペクトルの形状が物質ごとに異なるため、LIFSライダーで測定したスペクトル形状と照合することで種類判別が可能である。また、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、励起波長の異なる蛍光ライダーへの応用や、ライダー設計の指針にもなるものと思われる。

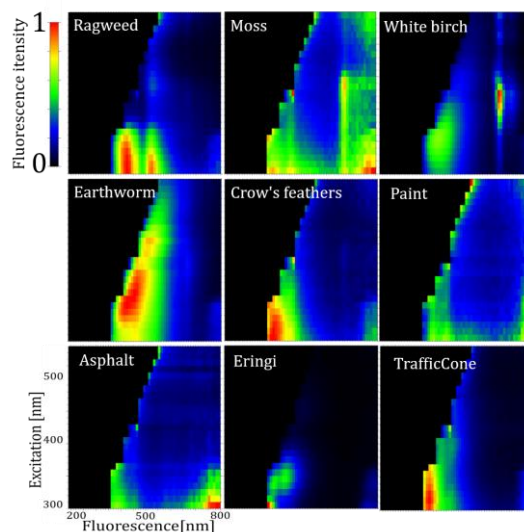


Fig.1 Examples of EEM of several substances

2.2 蛍光量子効率

蛍光量子効率を「物質に照射された励起光の光子数」に対する「蛍光発光の光子数」の比と定義した。エアロゾル候補物質の1粒子または質量ごとの蛍光量子効率が判れば、LIFSライダーで受信した蛍光の信号強度を蛍光データベースと比較し、大気中に浮かぶエアロゾルの粒子数あるいは濃度を特定することができる。

2.2.1 測定方法

試料は花粉症原因物質であるスギ花粉とした。石英性のガラス板に少量の花粉試料を置き、レーザー(355nm)励起の蛍光をPMTで測定した。Fig.2に測定概念図と製作した量子効率測定装置の全体図を示す。1粒子あたりの蛍光量子効率を求めるため、粒子数の測定にはパーティクルカウンターを用いた。

算出した量子効率の評価については、ライダー方程式で使用される蛍光断面積を求め、先行研究と比較を行う。

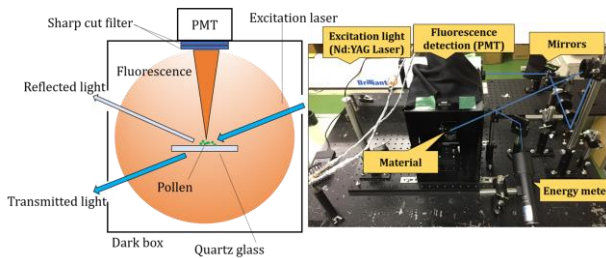


Fig.2 Conceptual diagram of the fluorescence efficiency measurement(left), and Photograph of the fluorescence efficiency the measurement system(right)

2.2.2 量子効率の算出

粒子数1000個以下で、27点測定を行った蛍光強度測定結果をFig.3に示す。検量線のxの係数0.0634492[mV]がスギ花粉1個あたりのPMTにおける蛍光の電圧になる。

これに各種計測装置の定量や計測条件等を用いて量子効率を算出した結果、 7.81×10^{-5} [/particle]という値が得られた。この値からスギ花粉の蛍光断面積を算出した結果、 1.5×10^{-13} [$\text{cm}^2/\text{sr}\cdot\text{nm}\cdot\text{particle}$]という値が得られた。

Stephensはマツ花粉1粒子の280nm励起における460nmでの蛍光断面積として 1.7×10^{-13} [$\text{cm}^2/\text{sr}\cdot\text{nm}\cdot\text{particle}$]を報告した⁵⁾。

Weichertは4種類の異なる花粉粒子(シラカバ, クルミ, カモガヤ, ヒゲカズラ)の蛍光断面積として $10^{-14} \sim 10^{-12}$ [$\text{cm}^2/\text{sr}\cdot\text{nm}\cdot\text{particle}$]の値を得、種類により3桁程度の変化を報告した⁶⁾。我々の結果はこれらの報告に近い値となっている。

3. おわりに

各種エアロゾル候補物質のEEM特性およびスギ花粉の蛍光断面積を含む蛍光データベースを作成した。今後はデータを増やし、蛍光データベースを充実させることで、LIFSライダーによる大気エアロゾル物質同定や定量分析に利用していく。

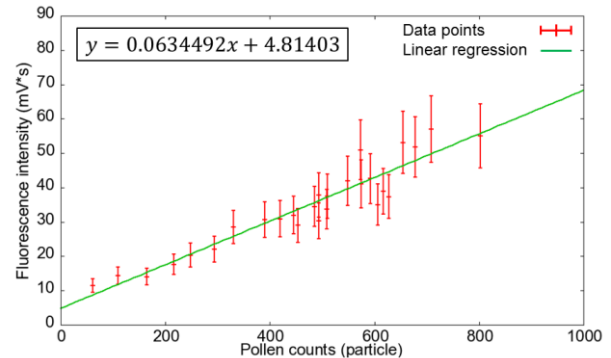


Fig.3 Fluorescence measurement (particle count 1000 or less, measured at 27 points)

謝辞

本研究の一部は科学研究費A(代表:五十嵐康人)「降水によるエアロゾルの発生:大気-森林相互作用の新展開」により行われている。

参考文献

- 1)Y.Saito et al., "Laser-induced Fluorescence Spectrum (LIFS) LIDAR for remote detection of biological substances surrounding "Living sphere", The 8th International Symposium on Advanced Environmental Monitoring, (Sapporo, June 29-July 2, 2010).
- 2)太田他, "ライダーによるエアロゾル蛍光と地上サンプリング物質蛍光との比較", 第8回大気エアロゾルシンポジウム pp,25-26(2018).
- 3)T. Kubota et al., "A fluorescence database of aerosol-candidate-materials," 28th International Laser Radar conference, (Bucharest, Romania, 25-30 June 2017), Board:051/34.
- 4)高木他, "蛍光スペクトルライダーによる物質同定のためのデータベース作成", 第34回レーザーセンシングシンポジウム, P-C1(2016).
- 5)J.R.Stephens, "Fluorescence cross-section measurements of biological agent simulations," Proceeding of the 1996 Edgewood RDEC Scientific Conference on Obscuration and Aerosol Research, 1996.
- 6)R.Weichert, "Determination of backscatter and fluorescence cross-sections of biological aerosols", Landbauforschung Volkenrode 234, pp,83-87,2002.