

蛍光ライダーによる飛散花粉の検出実験Ⅱ

Detection of floating pollen by a laser-induced fluorescence spectrum (LIFS) lidar II

市原健太郎、内山健太郎、小林史利、大谷武志、小林一樹、斉藤保典

K. Ichihara, K. Uchiyama, F. Kobayashi, T. Ohtani, K. Kobayashi and Y. Saito

信州大学工学部

Faculty of Engineering, Shinshu University

Abstract: Lidar experiments in forests have confirmed that a laser-induced fluorescence spectrum (LIFS) lidar was a powerful apparatus in pollen observation, in which fluorescence of cedar pollen floating in the air 20m away from the lidar was successfully detected in the daytime. Then, we are planning a new LIFS lidar which can watch pollen dynamics in town for 24 hours. This paper in discusses a feasibility of the new LIFS lidar. Basic fluorescence data of cedar pollen for lidar performance calculation were measured in our laboratory. Calculation results showed that the number of pollen to be detectable was less than several-tens particles/m³ under the conditions of 355nm excitation and 460nm detection with a 40mJ laser, a 25cm telescope and 5m range resolution.

1. はじめに

花粉症は主にスギ花粉を原因とするアレルギー症状で、日本人の4人に1人は発症していると言われている。対策や予防のため、花粉の飛散状況を迅速に調査し早期に情報提供することが非常に重要となる。また、これらの情報は農業や環境の観点からも非常に重要なものである。現在スギ花粉の観測に用いられている手法は、人の手で数えるか、空気を吸い込み光散乱法で計測するものが主である。人の手で数える方法は非常に手間がかかり、散乱光では種類判別ができず誤検出が多いといった欠点がある。またこれらの方法は空間分布を得ることができない。

本報告では上記の問題を解決するために構築した車載型の蛍光スペクトルライダー(LIFS lidar:以下 LIFS ライダー)によるスギ林での蛍光検出実験結果と、その結果を踏まえて計画された24時間自動観測システムの設計計算結果について述べる。

2. 車載型 LIFS ライダーによる発生源(スギ林)での花粉観測

2.1 観測概要

実空間に浮遊するスギ花粉のライダー観測の可能性を探るため、花粉が高濃度で存在していると考えられるスギ林近辺での蛍光スペクトル観測を行った。観測条件は前回報告とほぼ同じである¹⁾。Fig. 1 に観測風景を示す。レーザー光はスギ樹木から数m離れた位置を通るよう調整された。蛍光観測は日中に行ったが、ゲート時間幅を短く設定(200ns)した同期検出法を用いたため²⁾太陽背景光を低く

抑えることができた。なお 200ns は 30m の距離分解能に相当する。



Fig. 1. LIFS lidar observation at Imoi, Nagano city on March 24 and 26, 2009.

2.2 観測結果

Fig. 2 に蛍光観測結果を示す。これは LIFS ライダーで取得したスギ林空間からの蛍光スペクトルと、屋内で分光蛍光光度計を用いて取得したスギ花粉自体の蛍光スペクトルを比較したものである。それぞれのピークを1とした相対強度で示した。その結果、LIFS ライダーのスペクトル形状、ピーク位置は、屋内で取得したスギ花粉の蛍光スペクトルと類似の結果を得た。つまり、森林空間に浮遊しているスギ花粉の存在を確認できた。

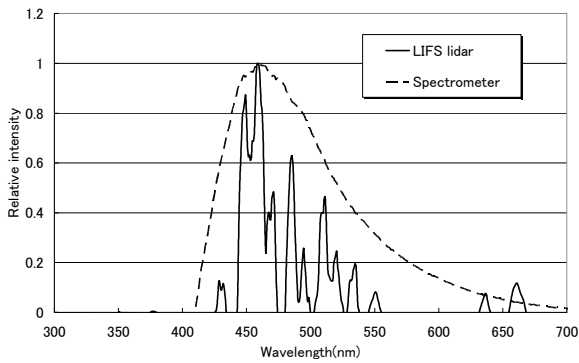


Fig. 2. Comparison of fluorescence spectra of cedar pollen obtained by the LIFS lidar and by a fluorescence spectrometer.

3. 24 時間自動観測システム構築に向けた予備実験

発生源での観測結果をもとに、都市域生活圏³⁾ (地上数十 m 以内)に浮遊する花粉の自動観測システムの開発を計画した。

3.1 スギ花粉蛍光の強度特性

スギ花粉の単位蛍光強度を求める実験を行った。ライダー観測結果から花粉個数を得る際の指標とする。Fig. 3 に蛍光強度計測の実験構成を示す。石英ガラスに付着させたスギ花粉をレーザー(355nm, 7mJ, 6ns)で励起し、光電子増倍管(以下 PMT)で検出後 5 倍増幅し、オシロスコープで電圧を計測した。発生源観測の結果を踏まえ、PMT にはスギ花粉蛍光のピーク波長である 460nm を透過するフィルターを用いた。また、花粉の個数はパーティクルカウンター(RION, KC-20)で計測した。レーザーから花粉までの距離は 60cm、花粉から PMT 受光部までの距離は 15cm であった。

結果を Fig. 4 に示す。スギ花粉の個数と蛍光強度に比例の関係が得られた。この結果より、スギ花粉の単位蛍光強度を求めた。スギ花粉 1 個が全方位、つまり球面状に等しく蛍光を出した場合の電圧換算値 x は次式で求められる。

$$\pi r^2 : 4\pi R^2 = 0.0086\text{mV} : x$$

R は PMT 受光部半径、 R は PMT と花粉の距離である。これより本実験構成においてのスギ花粉の単位立体角あたりの蛍光強度として、 $1.1\text{mV}/\text{個}\cdot\text{str}$ が得られた。

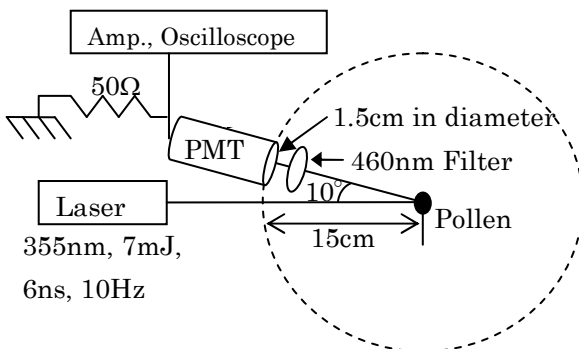


Fig. 3. Measurement of basic fluorescence data of cedar pollen.

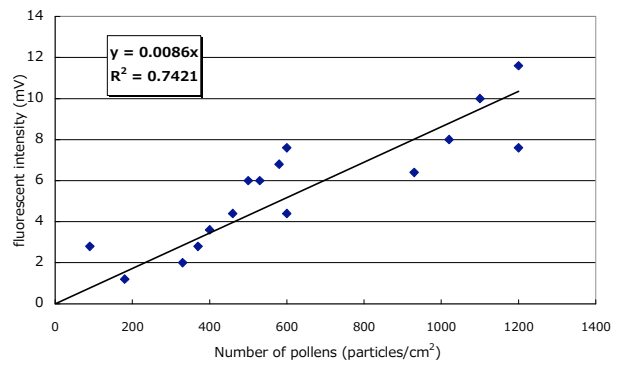


Fig. 4. Fluorescence intensity of cedar pollen.

3.2 自動観測システムの基本設計

上記結果を基に、新システムの基本設計を行った。レーザーエネルギー 50mJ、レーザービーム径直径 10cm、望遠鏡直径 PMT 感度上記実験の 100 倍(印加電圧により調整可)、アンプ 5 倍の条件で、測定距離 50m までを距離分解能を 5m として受信電圧の計算を行った。結果を Fig. 5 に示す。オシロスコープの最小検出電圧を $78\mu\text{V}$ (フルスケール 20mV, 8bit 分解)と仮定すると、全測定領域で花粉密度数十個/ m^3 の計測が可能である。

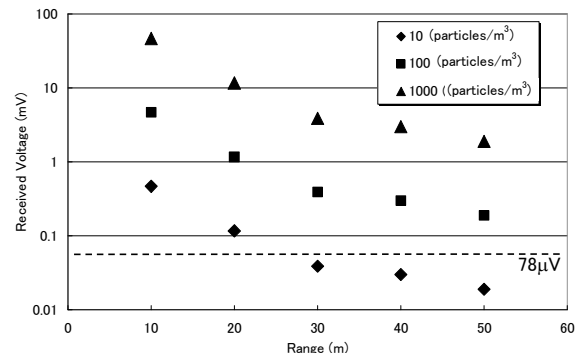


Fig. 5. Range dependence of received voltage in LIFS lidar observation of cedar pollen.

4. まとめ

車載型 LIFS ライダーにより、森林中のスギ飛散花粉の蛍光スペクトルを検出することに成功した。また、スギ花粉の単位蛍光強度の測定結果を基に、新型 LIFS ライダーの設計を行った。その結果、スギ花粉数十個/ m^3 程度の密度計測が可能であることが示された。今後、このデータを基に蛍光自動観測ライダーを構築し、都市域生活圏でのスギ花粉挙動の実態を調査していく予定である。

参考文献

- 1) 市原他, 第 26 回レーザーセンシングシンポジウム P-30, (2008).
- 2) Y. Saito etc., 24th ILRC, S09P-23, (2008).
- 3) 小林他, 第 26 回レーザーセンシングシンポジウム A-1, (2008).