

植物蛍光寿命と生育環境の関係-蛍光寿命ライダーによる計測結果-

犬飼 颯太¹, 梅田 隼², 富田 孝之³, 齊藤 保典³

¹信州大学工学部 (〒380-8553 長野県長野市若里 4-17-1)

²信州大学大学院理工工学系研究科(〒380-8553 長野県長野市若里 4-17-1)

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

Relationship between plant fluorescence lifetime and growth circumstances - Results of LIFL(Laser induced fluorescence lifetime) lidar observation -

Sota INUKAI¹, Syun UMETA², Takayuki TOMIDA³, and Yasunori SAITO³

¹Faculty of Engineering, Shinshu University (4-17-1 Wakasato, Nagano, Nagano 380-8553)

²Institute of Science and Engineering, Academic Assembly, Shinshu University (4-17-1 Wakasato, Nagano, Nagano 380-8553)

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

Abstract: To understand physiological status of living plants, we have performed LIFL(laser – induced fluorescence lifetime) lidar observation of trees. Lifetime of chlorophyll fluorescence of tree leaves was measured at 685nm and 740nm. We discussed the effective utilization of the lifetime as an index of the plants status. Relationship between fluorescence lifetime at 685nm and that at 740nm were classified into 3 patterns under the condition of PPFD, and also the 685nm fluorescence lifetime was classified into 3 patterns depending on SPAD-value.

Key Words: fluorescence, lifetime, laser, plant

1. はじめに

近年のオゾン層破壊, 砂漠化, 塩害などの環境要因の変動は植物生理状態を変化させ, 枯死や障害を引き起している. 一方で, 植物の存在は, 地球環境問題の解決や環境保全に必要な不可欠である. そのため, 植物の生理情報を把握することは, 生育変化を予測し, 障害や枯死を予防していくことにつながる. 我々は植物の生理情報を把握するための手段として植物蛍光寿命に注目している¹⁾. 蛍光寿命は蛍光量子収率と線形関係にあることが知られている²⁾. 蛍光量子収率は光化学反応と反比例関係にあるので, 光合成反応の良否に関係する. よって, 蛍光寿命から植物内部の生理状態を評価できる可能性がある.

本研究では植物蛍光寿命の計測をライダーシステムにより行い, 蛍光寿命と生理生体状態の関係解明のため, 植物を取り巻く自然環境情報と蛍光寿命を比較し, その関係性について検討した.

2. LIFL ライダーシステム

手の届かない遠くに生息する植物でも, 生きたままの状態でも遠隔計測が可能なレーザ誘起蛍光寿命計測(LIFL: Laser – induced

Fluorescence Lifetime)ライダーを使用した. ライダーシステムは, 送信系と受信系で構築されている. 送信系には励起光として Nd:YAG レーザの第2高調波である 532nm(パルス幅 40ps)を使用した. 受信系には高利得, 高速応答可能な MCP(Micro-Channel Plate)内臓型の光電子増倍管(685nm および 740nm 上昇時間;188ps および 184ps, 下降時間;923ps および 799ps), 高速デジタルオシロスコープ(周波数帯域 8GHz), 干渉フィルタ分光システム(685nm および 740nm 半値幅;11.5nm および 12nm, 中心波長;685nm および 740nm)を使用した. システム図を Fig. 1 に示す.

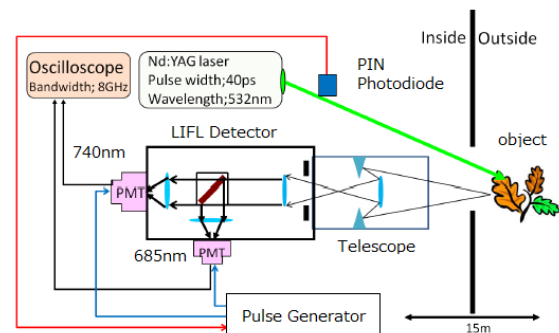


Fig. 1 Configuration of LIFL lidar system.

本システムを用いて、蛍光寿命と PPFD 値の関係、蛍光寿命と SPAD 値の関係について調査を行った。PPFD 値は光合成光量子束密度、SPAD 値は植物の葉に含まれるクロロフィル量を表す値である。

3. 実験結果と考察

計測対象はキャンパス内に自生している”ハナミズキ”葉とした。

3.1 蛍光寿命と PPFD 値の関係

日向葉の蛍光寿命と PPFD 値の関係を表した結果を Fig. 2 に示す。太陽が出ている 7 時から 18 時の間に計測を行った。PPFD の値が 500 未満、500 以上 1000 未満、1000 以上の 3 つの条件で場合分けを行った。全ての条件の結果で蛍光寿命は 1ns 未満に集まっているが、それ以外の部分に着目すると、次のような傾向が明らかとなった。

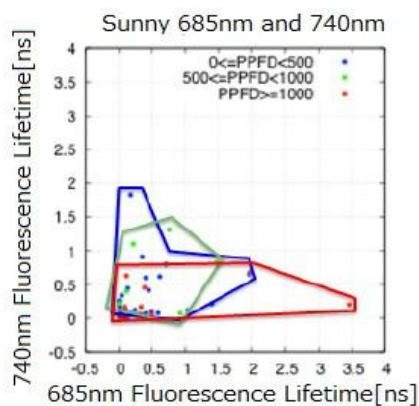


Fig. 2 Relationship between fluorescence lifetime and PPFD.

1. PPFD<500 の場合
685nm の寿命が長く 740nm の寿命が短い場合と、その真逆という特徴点が現れた。
2. $500 \leq \text{PPFD} < 1000$
685nm および 740nm の寿命は共に 1.5ns 以下の範囲に集中した。
3. $1000 \leq \text{PPFD}$
685nm の寿命によらず、740nm の寿命は 1ns 以下となった。

光合成の明反応においては、光化学系 II (685nm 蛍光) の後に光化学系 I (740nm 蛍光) が働くことから、その過程の違いが現れた可能性がある。

3.2 蛍光寿命と SPAD 値の関係

685nm の蛍光寿命と SPAD 値の関係を Fig. 3 に示す。(a)は日向の蛍光寿命と SPAD 値の関係、(b)

は日陰の蛍光寿命と SPAD 値の関係である。計測期間を 9 月上旬～中旬、9 月下旬～10 月上旬、10 月中旬～11 月上旬の 3 つの条件で場合分けを行った。

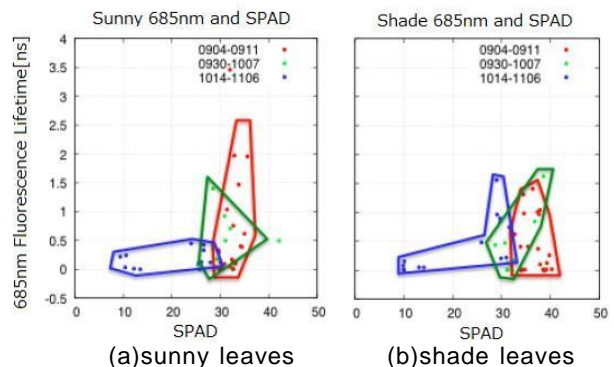


Fig. 3 685nm fluorescence lifetime depending on SPAD-value.

日向葉(a)では、3 期間の順に SPAD 値の減少と共に蛍光寿命が減少している。蛍光寿命が季節の変動を捉えることができたと考えている。日陰葉(b)は、9 月上旬と 10 月上旬は蛍光寿命に変化がなかったが、10 月中旬頃から減少した。これは日陰葉ほど紅葉が遅れることに対応すると考えられる。日向葉と日陰葉の生理状態の違いを示すことができたと考える。

4. 終わりに

LIFL ライダーシステムによる植物の生理生体情報の検出が可能であることを示した。今後、観測事例を蓄積し、蛍光寿命をより実用性の高い指標にしていく。さらに、より観測波長範囲が広いストリークスケープの使用も検討する。

5. 参考文献

- 1) Y. Saito, K. Kurihara, H. Takahashi, F. Kobayashi, T. Kawahara, A. Nomura, S. Takeda: Remote Estimation of the Chlorophyll Concentration of Living Trees Using Laser-induced Fluorescence Imaging Lidar, Optical Review, Mar./Apr., 2002, Volume 9, Issue (2), pp. 37-39.
- 2) Y. Goulas, L. Camenen, G. Schmuck, G. Guyot, F. Morales, I. Moya: Picosecond Fluorescence Decay and Backscattering Measurements of Vegetation over Distances, 1993, Eureka LASFLEUR Report, pp. 89-94.