

酸性雨による野菜被害のイメージングライダー診断 Imaging LIDAR Diagnostics of Vegetables Damaged by Acid Rain

内海 通弘、園田 貴之

Michihiro Uchiumi and Takayuki Sonoda

有明工業高等専門学校 電子情報工学科

Ariake National College of Technology

Abstract

The imaging LIDAR is one of the methods for measuring the revitalization degree of some kind of plant. The technique is based on the LIF, Laser-induced Fluorescence method and LIDAR, light detection and ranging. It is known that the chlorophyll fluorescence shows a linear correlation to the chlorophyll concentration. Applying this method, we investigated the influence of the acid rain to a vegetable. The acidity of the simulated acid rain water were pH5.5, pH5.0, pH4.5, pH4.0, pH3.5, pH3.0, and pH2.5. These eight kinds of waters of the simulated acid rain including city water were added to each pot of spinach. The waters of 15cc were added everyday in a weekday during three weeks. The simulated acid rain with typical pH values did not make all of these bunches of spinach wither after three weeks. For this time, the imaging LIDAR demonstrate more definitely the activity of each spinach than a digital camera observation.

1. まえがき

現在、地球は森林破壊が急速に進んでいる。その森林破壊の一因として、酸性雨(pH5.6以下の雨)がある。酸性雨は化石燃料の燃焼により SO_x, NO_x が発生し大気中で酸性の化合物となり酸性雨として地上に降り注いでいる。酸性雨により可視障害がでてきたころにはすでに深刻な状態になっていることが多い。そこで植物の障害が目視で確認できる以前に検出できれば何らかの処置を施すことが可能である。

本研究ではレーザー誘起蛍光(LIF: Laser Induced Fluorescence)を用いるレーザーダが植物活性度計測に適していることに注目し、植物の活性度を計測した。特に、擬似的に酸性雨の被害を起こして測定し利用可能性を検討した。

2. LIF 法による植物活性度判別

本研究ではレーザーに第2高調波 532nm をもつ Nd:YAG レーザを用いた。この蛍光は、Fig.1 に示すように波長 740nm と波長 685nm 付近にスペクトルのピークが見られる^[文献1]。この2波長の光強度比(740nm における光強度と 685nm における光強度)は植物内のクロロフィルと高い相関性があることが分かる。この原理を利用して2波長の干渉フィルタを ICCD カメラに順次装着することにより、2種類の画像を得て、その2波長の光強度比(740nm/685nm)から植物の活性度を求めることが出来る。この方法により植物や草木の活性度を計測する。

文献^[2]によって、クロロフィル濃度と2波長の蛍光の光強度比には、Fig.2 のように高い相関性があることが分かっている。これにより、植物の光強度比を測定することで間接的にクロロフィル濃度を測定できることになりその植物の活

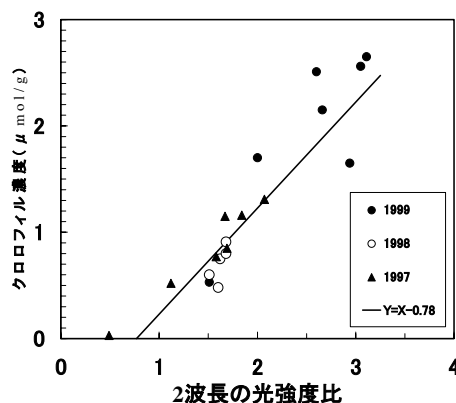


Fig. 1 Correlation of chlorophyll concentration with the ratio of fluorescence intensity at the two wavelengths. After Koga et al^[5].

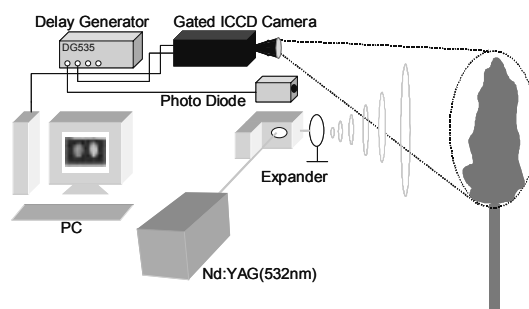


Fig. 2 Imaging LIDAR setup

性度がわかることになる。この方法を用いて植物の活性度を判別することが可能である。

3. モニタリングシステム

Fig.3 に本研究で使用したモニタリングシステムを示す。植物は凸レンズで広げられたレーザーにより蛍光を発生する。その蛍光を ICCD カメラで

取得する。植物にレーザー照射すると蛍光が発生するが、蛍光はせいぜい数 n 秒程度しか発生しない。ICCD カメラに装着する干渉フィルタは、中心波長が 740nm と 685nm のもので、ともに半値全幅 10nm 透過率 50% のものである。また植物に照射するレーザーのフルエンスは 0.6~1.0[mJ/cm²]として実験を行っている。

4 酸性雨被害診断実験

この実験は、植物に酸性雨を与えて画像を取得し、それを解析して活性度への影響を検証する。しかし、酸性雨を実際に利用して実験することは困難であるので擬似的な酸性雨として硫酸を用いる。この実験における対象の植物としては、葉の面積が比較的大きいものは酸性雨被害の感受性が高い傾向にあることからニチニチ草と酸性に弱い野菜であるホウレンソウについても対象とする。ニチニチ草については 8 個体用意し、それぞれ、水道水と擬似酸性雨(pH5.0、pH4.5、pH4.0、pH3.5、pH3.0、pH2.5、pH2.0)を 3 週間定期的(土日を除く平日に 1 日 1 回約 10cc ずつ)に水と 7 種類の酸性雨を与え続ける。ホウレンソウについては個体 8 個を用意し、水道水と擬似酸性雨(pH5.5、pH5.0、pH4.5、pH4.0、pH3.5、pH3.0、pH2.5)をそれぞれ約 6 週間定期的(1~4 週間: 15cc、5~6 週間: 30cc)に与え続ける。そしてそれらを LIF 法により活性度を計測し、酸性雨による影響を調べる。

LIF 法により水と 7 種類の擬似酸性雨を投与した 8 個のニチニチ草とホウレンソウの活性度計測を行い、グラフにしたものが Fig.5 と Fig.6 である。Fig.4 において実線は pH3.0 の擬似酸性雨を投与しているときの活性度を計測したもので、点線は pH2.0 の擬似酸性雨を投与しているときのものである。Fig.5 においては実線が pH4.0、点線が pH3.5 である。まず、ニチニチ草について 2 つのグラフを比較してみると、pH3.0 のグラフにおいての活性度は実験終了時まで変化はほとんどなく、元気な状態を維持し続けたといえる。それに対し pH2.0 のグラフにおいては実験開始から 10 日目以降活性度は下降し酸性雨の被害の影響がでてくる。さらに、pH3.0 以外の pH2.5~5.0 のグラフは pH3.0 と同様の傾向を示した。よって、pH3.0 のグラフと pH2.5 のグラフは類似していることから、このニチニチ草の酸性雨による被害は pH2.5 と pH3.0 を境にしていることがわかった。ホウレンソウの場合は最初の 4 週間は酸性雨を遣る量が少ないことと解析の際にホウレンソウ全体を写しており、活性値にバラツキがみられ、変化がでないことから後半 2 週間は遣る量を 2 倍し、同じ葉を解析するように実験を行なった。その結果、実験開始から約 30 日目以降は pH3.5 の活性値は下降を続け、pH4.0 のグラフは元気な状

態を維持し続けた。そして、pH5.5~4.5 のグラフは pH4.0 と同様に元気な状態を維持する傾向を示し、pH3.0~2.5 のグラフは pH3.5 同様に活性度が下降する傾向が見られた。これにより酸性雨の被害は pH4.0 と pH3.5 を境にしていることがわかった。これら 2 つの結果から LIF 法が酸性雨の被害を診断する方法として植物の種類に依存せず有用であることがわかった。

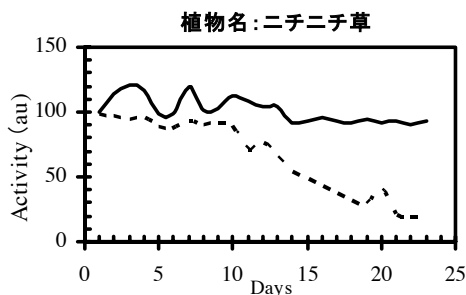


Fig.3 Activity of the plant, Periwinkle (solid line : pH3.0 dotted line : pH2.0)

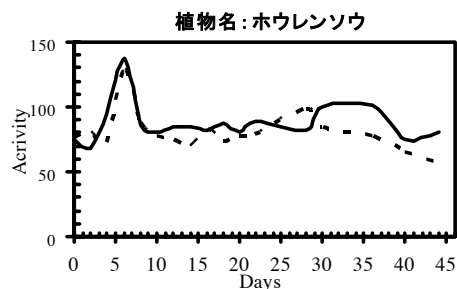


Fig.4 Activity of the plant, Spinach (solid line : pH4.0 dotted line : pH3.5)

5.まとめ

本研究の LIF 法により、植物を 2 次元画像で視覚的に見ることができ、そして、植物の異常を数値化した活性度で定量的に検出可能であることを示した。さらに、植物の非破壊で何の化学的処理を施すことなく短時間で植物の有用な情報を得ることができた。これを応用することで植物の酸性雨による被害をモニタリングによる解析画像を元に植物の活性度を数値化して、観測で即座に植物の内部状態を判別することができる。

文献

- [1]古賀知也, 齊藤保典, 松原知仁, 丸山裕子, 小林史利, 野村彰夫, 2003 年 6 月第 22 回レーザーセンシングシンポジウム予稿集.123-124
- [2]原口力也, 栗原康仁朗, 小林史利, 川原琢也, 野村彰夫, 齊藤保典, 2001 年 11 月第 21 回レーザーセンシングシンポジウム予稿集.138-139
- [3]野内勇:農業環境叢書第 7 号 (養賢堂, 1991) 103-119
- [4]近藤短明:大気汚染学会誌 29 (1994) A102-A110