

アオコ濃度計測用蛍光スペクトルライダー
～スペクトル分離計測法の開発～
**Laser-induced Fluorescence Spectrum (LIFS) Lidar for
Blue-green Algae Monitoring
-Development of Spectrum Analysis Method-**

横山瑞保¹、山際正輝¹、小林史利¹、大谷武志¹、小林一樹¹、斉藤保典¹、朴虎東²
Mizuho Yokoyama¹, Masaki Yamagiwa¹, Fumitoshi Kobayashi¹, Takeshi Otani¹
Kazuki Kobayashi¹, Yasunori Saito¹, Park Ho-dong²

1 信州大学工学部、2 信州大学理学部

1 Faculty of Engineering, 2 Faculty of Science, Shinshu University

Abstract: We have been performing lidar fluorescence intensity monitoring of blue-green algae in the lake Suwa. The concentration measured by the lidar tended to be a bit higher than that measured by a chemical method if the concentration was low. A laser-induced fluorescence spectrum (LIFS) lidar was developed and a spectral analysis method was introduced to clear such difficulty. Four basic laser-induced spectra of the lake water were prepared. They are Raman of water, fluorescence of water-dissolved organic matters and two fluorescence of chlorophyll for the lakes water without blue-green algae. And fluorescence of phycocyanin was added for that with blue-green algae. Analysis results of LIFS lidar data using the four/five components clearly showed spectral difference of the lake water with blue-green algae and without it. This suggests that precision of concentration monitoring will be improved by introduction of the LIFS lidar with spectral analysis method, even if the concentration is low.

1. はじめに

諏訪湖における人為的起源によるアオコの大量発生は、自然生態系への影響からだけでなく、人間生活環境の観点からも重大な問題を含んでいる。私たちは、蛍光ライダー (Laser Induced Fluorescence Spectrum Lidar : LIFS lidar) を用いて、2005 年から観測を続けているが、アオコ低濃度時にライダーの計測値が高めに出る傾向にあった。

本稿では、LIFS ライダーによるアオコ濃度の観測精度向上を目的として開発を行った、スペクトル分離計測法について報告する。

2. アオコの蛍光スペクトル測定

蛍光分光光度計を用いて、培養したアオコの蛍光スペクトル(励起波長 355nm)を測定し、スペクトル分離を行った。結果を Fig. 1 に示す。波長 650nm を中心波長とした他の藻類には見られない特徴的な成分スペクトルが現れた。これは、アオコのみに含まれる光合成色素フィコシアニンの蛍光である¹⁾。従って観測した蛍光スペクトルからこの成分を抽出することにより、湖水中のアオコ濃度の導出が可能であると考えられる。

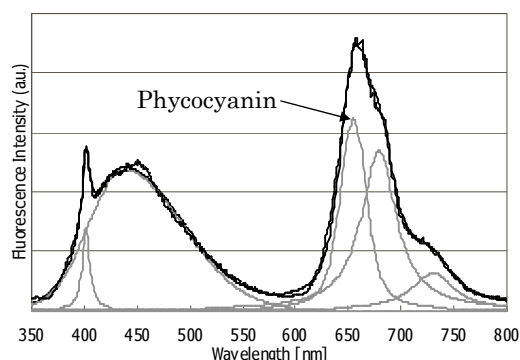


Fig. 1 Separation of fluorescence spectrum of blue-green algae in solution obtained by a fluorescence spectral analyzer.

3. スペクトル分離計測法

3.1 標準蛍光スペクトルデータベース

蛍光分光光度計を用いて、2008 年 12 月から 2009 年 6 月にかけて採取した諏訪湖水の蛍光スペクトルを取得した。この時期の水にはアオコの主成分である藍藻が含まれておらず、アオコ非発生期における標準蛍光スペクトルとして利用できると考えた。

スペクトルは、それぞれピーク波長 400nm 付近に水のラマン散乱(スペクトル幅:12nm)、440nm に水溶性有機物(99nm)、685nm 及び 740nm に

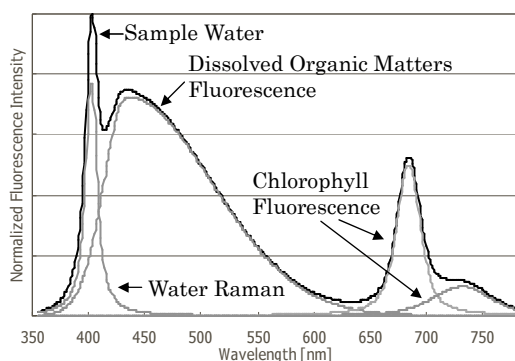


Fig. 2 Average fluorescence spectrum of water of the lake Suwa sampled from December, 2008 to June, 2009 and separation of the spectrum with four components.

クロロフィル (32, 52nm)と、合計 4 つの蛍光成分で分離・合成できることが示された(Fig. 2)。また 5 月には、花粉と思われる蛍光スペクトルが 470nm 付近に現れた。

3.2 評価方法

各成分スペクトルは、中心波長、スペクトル幅、強度のパラメータをもつ関数として用意される。中心波長、スペクトル幅は培養したクロロフィルなどの既存データに倣い、強度を変化させて合成スペクトルを再構成する。次に、合成スペクトルと観測スペクトルの残差の二乗和を求め、二乗和を最小とするスペクトルパラメータを最小二乗法により探索する。今回は二乗和が 0.001 に収束した時点での合成スペクトルを求めた。

4. 実データへの適用

蛍光ライダーのシステム構成及び観測方法は前回の報告²⁾と同じである。現地 LIFS ライダー観測で得られたデータのスペクトル分離を行った。結果を Fig. 3、Fig. 4 に示す。それぞれ Fig. 3 はアオコ非発生時(2009年6月8日)、Fig. 4 はアオコ発生時(7月13日)のデータである。

前者の場合、4 つの蛍光成分で、各成分スペクトルの和と観測スペクトルの相関係数は 0.99 となった。650nm においてクロロフィル蛍光の短波長成分と水溶性有機物の長波長成分が一定の値を有しており、アオコの疑似濃度を与える可能性が示された。後者においては、蛍光成分を 4 つと仮定した場合、相関係数は 0.91 であった。

さらに、Fig. 1 で求めたフィコシアニンの蛍光スペクトルを加えることにより、相関係数は 0.94 となり、フィコシアニンの存在が確認された。さらに水ラマン成分と比較して、前者では水溶性有機物

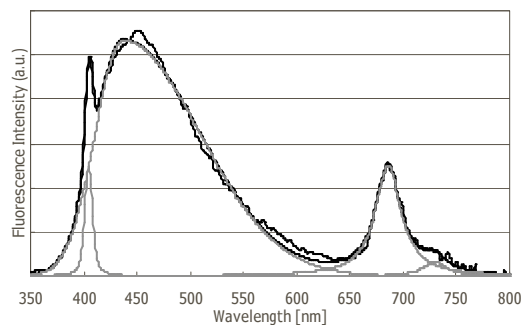


Fig.3 Separation of fluorescence spectrum of water of Lake Suwa on June 8, 2009.

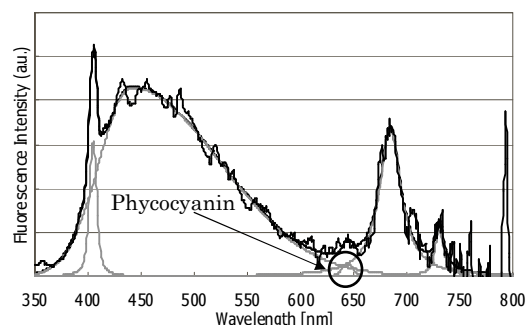


Fig.4 Separation of fluorescence spectrum of water of Lake Suwa on July 13, 2009.

の値が高く、後者ではフィコシアニンやクロロフィルの値が高くなった。春から夏にかけて、水生植物の生育が進んだものと思われる。

5. まとめ

蛍光ライダーにより観測されたスペクトルを分離することにより、アオコ単独の蛍光スペクトルを検出することが可能となった。アオコ非発生時に得られた従来の結果は、クロロフィルや水溶性有機物の蛍光の一部を含んでいたものと考えられる。

今後、諏訪湖での蛍光スペクトル観測、及びスペクトル分離を継続して行い、さらなるデータの蓄積を行う。また、化学分析によるフィコシアニン濃度との比較を行い、本手法の精度を検証する。

参考文献

- 1) K. Takano et al., Blue-Green Algae Monitoring by a Fluorescence Lidar-Observation at Lake Suwa-, 8P-4, 23rd ILRC (24-28, July, 2006, Nara, Japan).
- 2) 西部他、蛍光ライダーによる諏訪湖でのアオコ濃度観測 II、C-6、第 26 回レーザーセンシングシンポジウム(2008)