

海洋クロロフィルライダーの開発

Development of the Ocean Chlorophyll Lidar

篠野雅彦

M. Sasano

海上技術安全研究所

National Maritime Research Institute

Abstract

The ocean chlorophyll lidar system is being developed by the National Maritime Research Institute. This system consists of Nd:YAG(3) pulsed laser as transmitter, and two wavelengths time-resolved optical sensors as receiver. The sensitivity for the chlorophyll concentration and the depth resolution are evaluated by the lidar experiment in DeepSea-Basin with target water in depth of 5 m, 10 m, 20 m and 30 m.

1. はじめに

海水中の植物プランクトンは、栄養塩、日光、水温等の条件により、海洋有光層で3次元的な密度分布を持つ。全ての植物プランクトン中にはクロロフィル *a* が存在し、その海水中での濃度は、海水環境の指標として海洋学や水産学等で使用されている。海洋クロロフィル *a* 濃度の鉛直分布観測は、調査船から CTD センサーや採水器を降ろして行われるのが一般的である。しかしこれら従来の方法は、観測を行う度に停船する必要があり、観測に時間がかかるため、広域を連続的に観測することが困難であった。

海技研で開発を進めている海洋クロロフィルライダーは、航行中の船舶から海洋クロロフィル濃度の鉛直分布を連続的に観測することを目的としている。将来的には、航空機からの海洋クロロフィル濃度鉛直分布観測も目標としている。本研究では、船舶搭載型の蛍光ライダー装置を開発し、海技研深海水槽で性能評価実験を行ったので、これを報告する。

2. 観測装置

クロロフィル *a* は、波長 680 nm 付近の赤色光と 440 nm 付近の青色光の、2つの可視光波長帯で光吸収率が高い¹⁾。これらの吸収反応は、クロロフィル *a* が励起状態のときは、蛍光発光反応となる。このため、従来の CTD センサーでは、海水中で青色光を照射し、クロロフィルの励起によって発光される赤色蛍光量を測定することによって、その水域のクロロフィル濃度推定を行っている。船舶搭載型海洋クロロフィルライダーでも同様の原理を利用し、空中から海水に向かってパルスレーザーを射出し、海水中で発光される蛍光を空中で観測することにより、クロロフィル濃度を推定しようとしている。しかし、水中では赤色光は減衰が激しい²⁾。このため本研究では、紫外レーザー励起による青色蛍光量の観測によって、クロロフィル濃度を推定する手法を採用している。Fig.1 に、分光蛍光光度計を用いて、各地の海水等を波長 355 nm で励起したときの蛍光スペクトルを示す。

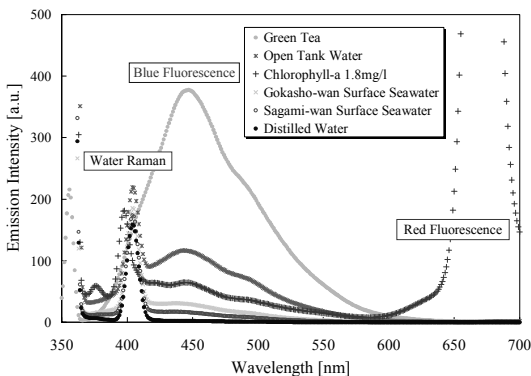


Fig.1 Fluorescence Spectroscopy for various water.

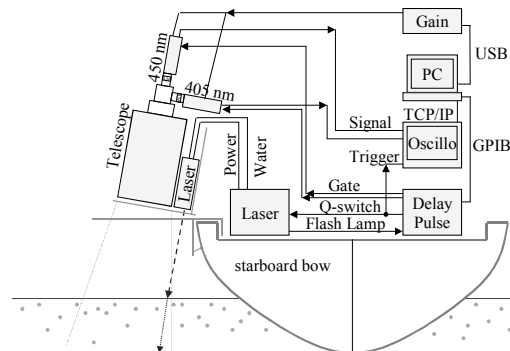


Fig.2 Block diagram of the Chlorophyll lidar.

海洋クロロフィルライダーの送信部は、Nd:YAG パルスレーザーの第3高調波（波長 355 nm）を用いている。射出エネルギーは約 90 mJ/パルスであり、ビーム拡がり角を凹レンズで約 40 mrad に調整している。受光部は、直径 20 cm のカタディオプトリック式反射望遠鏡とハーフミラー、狭帯域光学フィルタ、ゲート付光電子増倍管で構成される。レーザー中心軸と光軸の距離は約 20 cm である。観測する波長は、405 nm と 450 nm の 2 波長で、それぞれ水ラマン散乱とクロロフィル蛍光に対応している。ライダー信号の記録は、周波数帯域 600MHz、8bit ADC のデジタルオシロスコープにより行われる。この装置のブロックダイアグラムを Fig.2 に示す。

3. 水槽実験

海技研で開発中の海洋クロロフィルライダー装置の性能評価をするため、海技研にある深海水槽（深さ 35 m）においてライダー観測実験を行った。船舶搭載を想定し、船首部甲板と同じ高さ 4 m の位置にライダー装置を設置して、淡水の井戸水で満たされた水槽に向けてライダー観測を行った。また、このライダー観測のターゲット水として、5 m、10 m、20 m、30 m の深さにそれぞれ緑茶を散布した。Fig.1 に見られるように、緑茶にはクロロフィルが含まれており、植物プランクトンの豊富な海水と同様の蛍光スペクトルを示す。光電子増倍管のゲートタイミングとゲインについては、ターゲット水の深さに合わせてそれぞれ調整を行った。この実験のライダー信号観測例を Fig.3 に示す。この図に見られるように、水ラマン波長のライダー信号にはターゲット水のピークは出ておらず、蛍光波長のライダー信号にのみピークが確認できる。

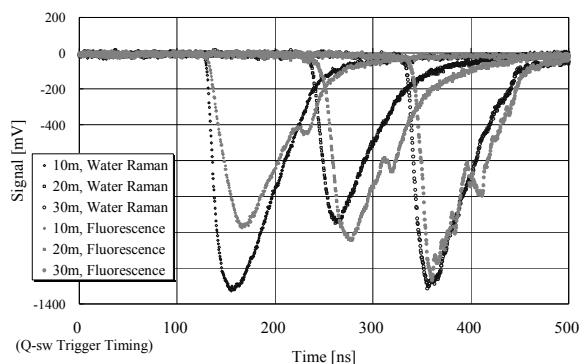


Fig.3 Examples of Chlorophyll lidar signal.
(target water in 10, 20, and 30m depth)

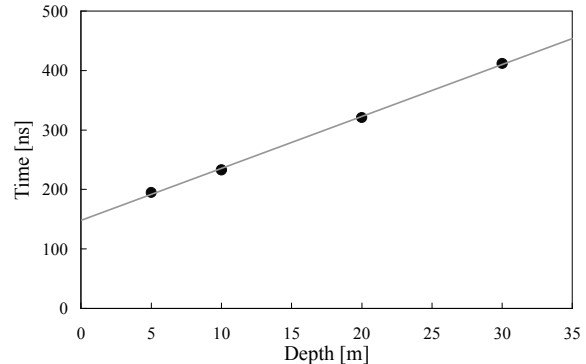


Fig.4 Relationship between target depth
and peak timing of lidar signal.

4. まとめと今後の課題

今回の水槽ライダー実験により、海技研で開発しているライダー装置が、水深方向の水質変化に対して感度を有することが示された。また、Fig.4 にターゲット深さとライダー信号ピーク時間の関係を示す。この図に見られるように、このライダー装置は水深方向の距離分解能を有することがわかる。今後は、実際に船舶に搭載し、海中 3 次元観測を行って、CTD センサーや採水分析による測定結果との比較を行う予定である。

謝辞

本研究は、文部科学省科学研究費補助金により実施しています。また、深海水槽ライダー実験を実施する際に、海技研の山之内さん、前田さんに多大なご協力を頂きました。心より感謝の意を表します。

参考文献

- 1) G.C.Papageorgiou and Govindjee, Chlorophyll a Fluorescence, Springer (2004) p.3 .
- 2) R.C.Smith and K.S.Baker, Applied Optics 20 (1981) p.177-184.