

光ファイバを用いた海中の植物プランクトンの直接計測

In Situ Measurement of Phytoplankton in the Sea by Optical Fiber

角井 嘉美, 西本 昭男, 広野 順三, 南條 基\*

Yoshimi Kakui, Akio Nishimoto, Junzo Hirono, and Motoi Nanjo

電子技術総合研究所大阪支所, 岡山県工業技術センター\*

Electrotechnical Laboratory, Osaka

Okayama Prefectural Industrial Technology Center\*

### 1. はじめに

海洋においては、植物プランクトンが光合成を行なって有機物を生産する一次生産者として重要な役割を担っている。ときには急激な増殖によって赤潮と呼ばれる現象を引き起こすのも、主として植物プランクトンである。従来から植物プランクトンの計測方法には種々のものがあり、それぞれ優れた特徴を有しているが、比較的広い海域にわたって植物プランクトンのみを選択的にかつ時間的・空間的に連続計測し、粒子濃度や大きさを極めて低濃度でも測定できるのに適した方法はなかった。ここでは、これらを可能にするために行ってきたレーザーと光ファイバを用いたセンシング手法の研究について述べる。

### 2. 測定システム

海中に特定の波長の光を照射すると、海水中に含まれている種々の懸濁粒子はその光を散乱し、また植物プランクトンが存在する時にはそれらがもつ光合成色素によって波長685nm付近に特徴的な蛍光を発生する。この波長域に蛍光を放出する植物プランクトン以外の物質は一般に海中には存在せず、この蛍光の利用によって植物プランクトンの存在を検知することが可能となる。

図1は試作した曳航型測定装置のシステム構成を示す。システムは大きく分けて2つのサブシステムから成る。すなわち、レーザー光源や信号処理装置などの船上に置かれる部分と、耐水管体に内蔵され曳航される海中のセンサ部である。船上と海中のサブシステム間は光ファイバケーブルで結合されている。図2は測定システムのブロック図である。図3に海中センサ部を構成する光学系を示す。海中センサ部を曳航することによって、図中の通水管中を粒子を含む海水が流れる。照射用光ファイバによって導かれるアルゴンレーザー光は細く絞られて通水管を流れる海水を照射する。照射部位の微小体積を通過する粒子から発生した蛍光及び散乱光はレンズによって集光され受光用ファイバに入射される。このとき、植物プランクトンを選択的に検出するために、ダイクロイックミラーによって波長約685nmの蛍光とレーザー光と同一波長の散乱光に分離して光ファイバで受光する。レーザー光及び信号光はコア径400 $\mu\text{m}$ の石英ファイバによって送信される。光ファイバは船上の10m長のものと同様で海中ケーブル内の30m長のものからなり、アルゴンレーザーからセンサ部に至るレーザー光伝送効率は約70%である。

光ファイバによって船上に送られて来る信号光はそれぞれ光電子増倍管によって検出されて電流パルスとなり、信号のダイナミックレンジを大きくとるための対数増幅、信号より高い周波数成分の雑音除去と波形整形のためのフィルター及びピーク検出器を経て波高分析される。

### 3. データ処理

植物プランクトンについて明瞭な波高分布を得るという観点からは、海水に含まれる微小粒子や気泡などの影響を受ける散乱光より、蛍光パルスを利用した波高分析のほうがより信頼性の高いデータを与えた。ところで、測定部位における照射レーザー光強度の空間分布は一樣ではなく、たとえ同じ大きさの粒子でもレーザービーム中での通過場所が異なれば同じ波高値を与えない。いま、波高値をI、測定さ

れる波高分布を  $S(I)$  とし、粒径  $r$  が同一の粒子（単分散粒子）の波高分布関数  $R(I, r)$  が既知であれば、粒径分布を与える関数を  $N(r)$  として次式のようなになる。

$$S(I) = \int_0^{r_{max}} N(r) R(I, r) dr$$

ここで  $r_{max}$  は最大粒径であり、 $R(I, r)$  は粒径が均一な蛍光色素で染色されたラテックス球や培養プランクトンを用いて、予め求めておくことができる。上の積分方程式を解いて  $N(r)$  を得ることすなわち deconvolution によって上述の通過場所による波高値の変動の影響を取り除く。

#### 4. 海洋における実測

試作した曳航型測定システムの海洋実験を大阪湾において行った。実験で得た蛍光パルス波高分布の測定例を図4に示す。この波高分布に対して前述の deconvolution を行なって得た粒径分布が図5である。測定海域では珪藻の一種である *Skeletonema costatum* が卓越しており、図5とよく対応する結果が得られた。

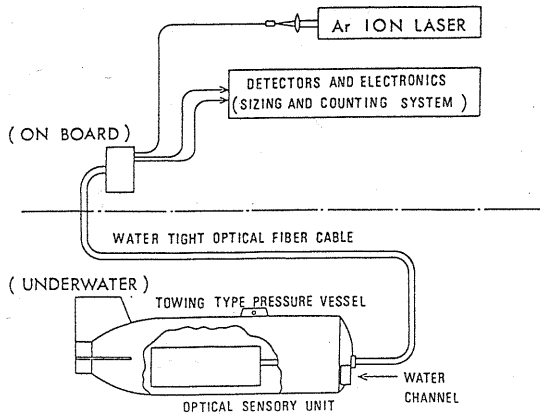


図1 システム構成

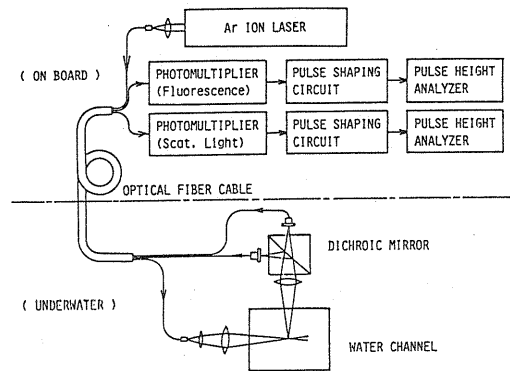


図2 測定装置のブロック図

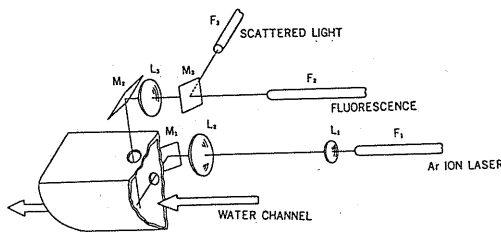


図3 海中センサ部の光学系

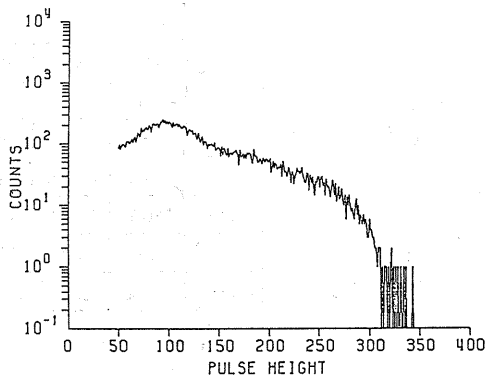


図4 蛍光パルス波高分布の測定例

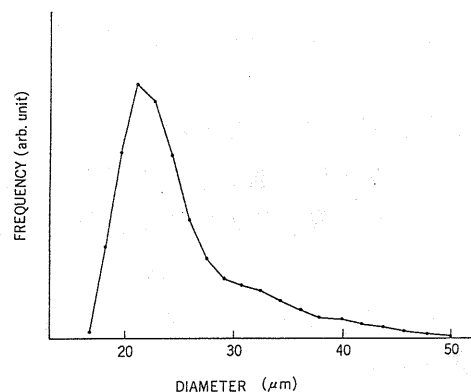


図5 粒径分布