

植物プランクトンの自動識別を目指して！

## 多波長励起蛍光光度計の開発成功

アレック電子では、(独)産業技術総合研究所 セルエンジニアリング研究部門(尼崎市)との共同研究により、海洋におけるプランクトン現存量の自動計測技術の開発に向け取り組んでおります。このほど多波長励起蛍光光度計のプロトタイプを完成させることができました。本号ではフィールド実験の結果を交えて紹介致します。



### はじめに

植物プランクトン群集の現存量測定の測定は、生体 (以下、*In-vivo*) クロロフィル蛍光の測定により可能であり、弊社のクロロテックを初めとする浸漬型蛍光光度計の普及にともない急速に浸透してきました。この測定手法では、植物プランクトン群集現存量の指標となるクロロフィル a (以下、Chla) 量の測定は可能ですが、その種組成を把握することはできませんでした。植物プランクトンは海洋生態系の基盤を構成しており、全生命の営みに大きく影響を与える生物です。また、種によっては赤潮を形成し、漁業をはじめとした人間生活に甚大な被害をもたらすことも良く知られております。そのため、種組成を継続的にモニタリングすることは非常に重要です。種組成測定は、海水試料を顕微鏡観察するか、高価な分析機器で植物プランクトンが保有する色素組成を分離・定量し種組成を推定する方法が一般的に行われています。しかし、これらの方法は人手と時間を豊富に必要とするだけでなく、測定者には高い技術が要求されるため、扱うことができる試料数は限られていました。そのため、海洋学研究者をはじめとした海洋観測従事者からは、植物プランクトン種組成モニタリングのための迅速かつ安価な自動計測技術の開発が強く要望されていました。今回の開発成果は、この要求に応えるもので、画期的な *In-vivo* 多波長励起蛍光光度計の出現として御注目願います。

## 基本原理

植物プランクトンは色素分子で光エネルギーを吸収し、光合成を行います。この光合成過程で植物プランクトンは、吸収した光エネルギーのうち数%を赤色蛍光として放出します。*In-vivo* 多波長励起蛍光光度計は、植物プランクトン群集に励起光を波長別に照射して、放出される赤色蛍光の強度を励起波長毎に測定します(図 1)。放出される赤色蛍光の強度は、原理的に植物プランクトンの吸収スペクトル特性【色(波長)毎の吸収効率の変化】によって変化します。例えば、植物プランクトン群集が青色、緑色、橙色の順に吸収効率が低下する吸収スペクトル特性を持っているとしましょう。ここに、等しい強度の青色、緑色、橙色の励起光を順番に照射すると、放出される赤色蛍光の強度は、吸収スペクトル特性に従って青色で最も高く、緑色、橙色の順に低くなります。この光吸収特性は植物プランクトンの色素組成によって決まり、色素組成は保有する補助色素の違いから種毎に異なります。したがって、励起蛍光特性【色(波長)毎の蛍光強度の変化】を測定することにより、植物プランクトン種組成を予測することが可能となります。この様に、*In-vivo* 多波長励起蛍光光度計は植物プランクトン群集内の種組成を推定します。

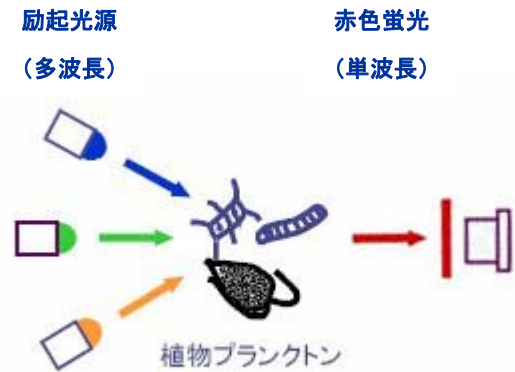


図 1. 多波長励起蛍光光度計の概念図

## 装置の概要

図 2 に開発した *In-vivo* 多波長励起蛍光光度計を示します。装置は全長 156mm, 直径 69mm, 水中重量は 250g と非常に軽量コンパクトなボディで、片手で楽に操作することができます。中央部の円形の赤色部位は蛍光を検出する窓です。励起光や自然光が入射しないよう、検出窓には赤色の光学フィルターが施されています。励起光源である発光ダイオード(LED)は、この蛍光検出窓を取り囲むように設置されています。LED は経時変化が非常に少なく励起光源として最適です。各 LED の中心波長は 375, 400, 470, 505, 525, 568, 590, 612nm です。表 1 は *In-vivo* 多波長励起蛍光光度計の仕様となります。



図 2. *In-vivo* 多波長励起蛍光光度計

表 1. *In-vivo* 多波長励起蛍光光度計の仕様

測定項目	蛍光強度
センサタイプ	後方散乱
受光波長[nm]	680
励起波長[nm]	375、400、470、505、525、568、590、612
通信形態	RS-232C
A/D変換	16ビットデジタル変換
電源	DC5[V]
消費電流	70[mA](センサゾンデ単体)
重量	空中重量 760g、水中重量 250g(ケーブル部を除く)
耐圧性能	200m水深相当

## フィールド実験結果

弊社と産業技術総合研究所は、東海大学望星丸による東海沖～熊野灘海域にかけての海洋環境調査 (BO-04-26) に参加し、*In-vivo* 多波長励起蛍光光度計とクロロテックを船上に設置して観測を行いました。我々は、船底 3m から汲み上げられた海水がセンサー部に常時流れるように二つの蛍光光度計を設置し、海水の蛍光特性を連続測定しました。今回は三河湾～志摩半島沖(図 3(a)) までの測定結果を紹介致します。

図 3(b) は多波長励起蛍光光度計が測定した励起波長 525nm と 470nm の蛍光強度比  $F_{525}/F_{470}$  と、クロロテックが測定した水温および Chla 濃度の空間変動です。沿岸水の影響を強く受ける三河・伊勢湾から志摩半島沖に抜けると、水温は上昇し、Chla 濃度は急激に低下しました。同様に、 $F_{525}/F_{470}$  比も湾内外で急激に変化し、志摩半島沖では 1.3 以上まで上昇しました。図 3(c) の色素組成変動と比較すると、 $F_{525}/F_{470}$  比は、珪藻類・渦鞭毛藻類が優占する三河・伊勢湾では低く、小型植物プランクトングループ(黄金色藻、ハプト藻、藍藻類など)の組成比が増加した湾外で 1.2 以上に上昇したことがわかります。したがって、 $F_{525}/F_{470}$  比は植物プランクトン現存量に対する二つのグループ(珪藻類・渦鞭毛藻類グループと小型植物プランクトングループ)の組成比を示す良い指標となっているのがわかりただけると幸いです。

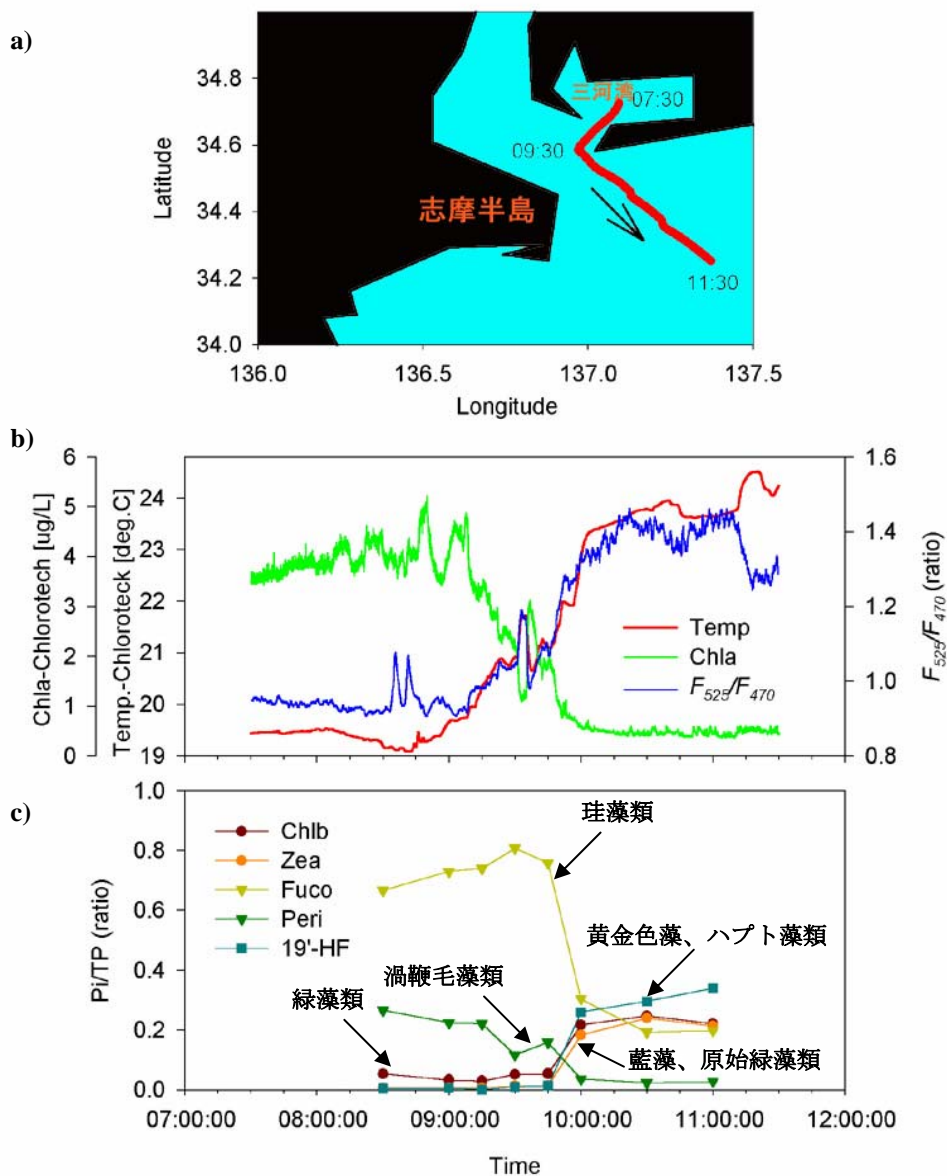


図 3. フィールド実験結果。(a) 望星丸の航跡, (b) クロロテック(Chla 濃度, 水温) と多波長励起蛍光光度計 (525nm と 470nm の蛍光強度比) の測定結果, (c) 植物プランクトン種の指標色素組成比。

## 今後の課題と展望

今回のフィールド実験結果は、*In-vivo* 多波長励起蛍光光度計が、迅速に植物プランクトン群集の種組成を推定するための有効なツールであることを示します。ただし、*In-vivo* 多波長励起蛍光光度計で得られる生データは、あくまでも蛍光強度であり、そこから直接種組成を推定することはできません。そのため、*In-vivo* 多波長励起蛍光測定で種組成を推定するためには、解析アルゴリズムが非常に重要となります。現在までに、産業技術総合研究所では、アルゴリズム開発のための基礎データ蓄積のために、10種類以上の植物プランクトン培養株を用いて励起蛍光特性と色素組成の関係を調査してきました。今後は、蓄積されたデータと装置特性から種組成推定アルゴリズムを開発するとともに、現場観測による検証を通してアルゴリズムの高精度化を進めていく方針です。今後も弊社は、ユーザーが、データ処理に手間取ることなく、植物プランクトンの種組成情報を取得できるような *In-vivo* 多波長励起蛍光光度計の早期開発を目指して努力して参ります。

## COMPACT-CTWが世界デビュー

当 ALEC TECHNICAL EXPRESS の第3号（2004年9月発行）で紹介しました新方式のワイパー式水・塩分センサの英文原稿が、海洋観測の専門誌である SEA TECHNOLOGY の2005年2月号に掲載されました。カナダや米国をはじめ各国から多数の引き合いが寄せられ始めました。いよいよ日本から世界に発信できる海洋計測機器が誕生したと関係者一同喜んでおります。別刷りを若干用意しておりますので、必要な方はお申し出ください。


### Self-Cleaning Sensors for Long-Term Moorings

*Wiper Technology Proves Effective in Tests in Japan's Coastal Waters*

**By Pauline Webb**  
Principal Oceanographic Scientist  
JCS,  
Victoria, Canada  
and  
Shinji Uchiyama  
Oceanographer  
at the University of Tsukuba,  
Tokyo, Japan

The deployment of instrumentation in the remote for periods of years that is a common practice in oceanographic research, especially in coastal areas where frequent and repetitive activities are common. Long-term deployment, marine equipment must be able to operate in the open ocean, where the sensor's response time and accuracy is critical to the success of the biological research. This is typically done by installing self-cleaning sensors or probes on the instrument surface or around the sensor.

A simple, yet effective, alternative is to mechanically clean the sensing surface at regular intervals. Japan-based Ales Electronics, manufacturer of oceanographic instrumentation, has developed a self-cleaning wiper technology for its Compact CTW sensor. The wiper system is designed to clean the sensing surface of the sensor at regular intervals, ensuring accurate and reliable data collection.



**What is the Problem?**  
Water bio-fouling can affect any artificial surface that is immersed in seawater. The fouling results from the gradual deposit and subsequent growth of live marine life forms, such as bacteria or algae. These microbial communities provide the necessary environment for larger organisms, such as herbivores or detritivores to grow. The initial development of the bio-fouling requires the presence of nutrients, oxygen and light. Therefore, bio-fouling occurs primarily in shallow coastal waters where sunlight and nutrients are abundant and wave action causes oxygenation to the water column. In particular, wave created foam promotes the development of water column.

A variety of methods are available to prevent bio-fouling. Typically, coatings containing toxic or antifouling agents are applied to the submerged surface. Traditionally, these coatings consist of toxic substances, such as lead or copper. Modern coatings consist of the natural antifouling. While these coatings can be easily applied to existing instrument parts, it is often impossible to use these on the sensors directly exposed to seawater with their operating principles. For example, a wiper is impossible to use the difficult, maintenance of a bio-fouling removal on the sensor part of a variety of sensors.

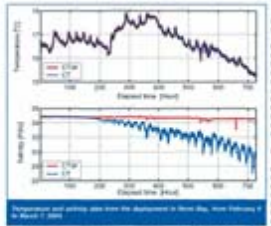
There are two basic technologies for removing the bio-fouling: mechanical and chemical. Mechanical cleaning involves the use of a wiper to physically remove the bio-fouling. Chemical cleaning involves the use of a chemical to dissolve the bio-fouling. The wiper technology is a simple, yet effective, alternative to the chemical cleaning. The wiper system is designed to clean the sensing surface of the sensor at regular intervals, ensuring accurate and reliable data collection.

The Compact CTW sensor will ensure that the sensor is clean and accurate at all times. The CTW sensor is a simple, yet effective, alternative to the chemical cleaning. The wiper system is designed to clean the sensing surface of the sensor at regular intervals, ensuring accurate and reliable data collection.

**Design of the New CTW Sensor**

The original Ales Electronics Compact CTW sensor consists of a stainless steel instrument package that includes a battery and electronics. The rugged and compact design has proven to be a suitable for mooring and deployment in the open ocean. The sensor is designed to be deployed in the open ocean, where the sensor's response time and accuracy is critical to the success of the biological research. This is typically done by installing self-cleaning sensors or probes on the instrument surface or around the sensor.

The Compact CTW sensor will ensure that the sensor is clean and accurate at all times. The CTW sensor is a simple, yet effective, alternative to the chemical cleaning. The wiper system is designed to clean the sensing surface of the sensor at regular intervals, ensuring accurate and reliable data collection.



**Deployment and testing data from the deployment in the Sea of Japan (CTW)**

The Compact CTW sensor was tested in the Sea of Japan, where the sensor's response time and accuracy is critical to the success of the biological research. This is typically done by installing self-cleaning sensors or probes on the instrument surface or around the sensor.

The Compact CTW sensor will ensure that the sensor is clean and accurate at all times. The CTW sensor is a simple, yet effective, alternative to the chemical cleaning. The wiper system is designed to clean the sensing surface of the sensor at regular intervals, ensuring accurate and reliable data collection.

## アレック電子株式会社

神戸本社 : 〒651-2242 神戸市西区井吹台東町7丁目2番3号

☎(078)997-8686 Fax(078)997-8609

東京営業所: 〒180-0006 東京都武蔵野市中町1丁目20番9号・上内ビル3F

☎(0422)56-2181 Fax(0422)56-2182

web: <http://www.alec-electronics.co.jp>

e-mail: [info@alec-electronics.co.jp](mailto:info@alec-electronics.co.jp) (e-mail 配信希望の方はこちら)

販売代理店