

「地球変動のメカニズム」  
平成11年度採択研究代表者

才野 敏郎

(名古屋大学地球水循環研究センター 教授)

## 「衛星利用のための実時間海洋基礎生産計測システム」

### 1. 研究実施の概要

本研究においては、水色人工衛星データから推定された海洋表層の基礎生産を、海洋現場に設置した自動昇降式計測ブイを昇降させることにより、実時間で取得し、これによって衛星データから推定された基礎生産力を検証するためのシステムを開発することを目標としている。

具体的な研究内容は、海中設置型の自動昇降ブイシステムの開発と、同システムに搭載した高速フラッシュ励起蛍光光度計（FRRF）による日・水柱積算基礎生産の測定手法の開発の二つに大別できる。実施3年目よりFRRFの自作・国産化を手がけるとともに、FRRFによって推定された基礎生産を自然状態の海洋で検証するための地球化学的手法の開発にも着手した。

現在、自動昇降ブイの開発はほぼ完了し、相模湾において中期係留試験を繰り返して細部の手直しを行いながらシステムの熟成を図っている。FRRFによる基礎生産測定手法に関しては、過去5回にわたる相模湾でのブイの動作と併せた集中観測実験のデータベースを整備し、アルゴリズム開発の準備をすすめており、16年度に予定される3回分のデータを加えて、アルゴリズムを完成させる。自作FRRFの開発に関しては、現有の英国製の製品より高感度・高精度・小型で測定データの処理も実時間で行えるシステムを作成したので、現在耐圧容器への実装を行っている。現場基礎生産の地球化学的検証手法に関しては、結果を取りまとめて、国際誌に投稿中である。

### 2. 研究実施内容

研究目的

#### 1) 自動昇降ブイシステムの開発

システムの概要：

海中およそ150m深度に設置した水中ウインチによって各種センサーを取り付けた計測ブイを150mから表層まで昇降させ、上昇途中で得られた測定データを海面において、携帯電話による無線通信で電子メールとして転送する。このとき必要があれば、陸上から計測ブイに対して電話により、昇降動作のプログラムを変更するこ

とも可能である。計測ブイウインチの間は超音波による双方向通信の機能を持っている。

平成15年度の経緯：

9月に実施した淡青丸航海においてフル装備の自動昇降ブイシステムの短期集中動作試験を実施し、良好な結果を得た。11月および2月に一ヶ月間の中期係留実験を実施した。通常の場合下では順調に動作するものの、普段めったに起こらない強風と高いうねり（5 m以上）の条件では、ウインチのパワー不足で巻き込みができず海面に浮遊状態になることがわかった。また、このような条件では携帯電話による通信も不能になるので、それらの点についての対処を検討している。3月末に英国で行われた、業界最大のOceanology International展示会に本自動昇降ブイシステムを展示した。

## 2) 基礎生産推定アルゴリズムの開発

研究の目的：

本研究においては、一日1, 2回昇降する計測ブイに搭載した、FRRFによる瞬時的な測定値から、衛星基礎生産データに対応する、一日・深度積算の純基礎生産を求めることが目的である。ここで純基礎生産と言うのは、植物プランクトンが生産したすべての有機物（総基礎生産）から、植物プランクトン自身の呼吸によるロスを引いたものである。総基礎生産は、植物プランクトンの量と光合成活性、および光の強度の関数として表現されるので、本研究では、前2者をFRRF（量に関しては分光放射計でも可能）によって、光強度は気象衛星データを用いて計算し、総基礎生産を推定している。さらに、相模湾における経験的な総基礎生産と純基礎生産の関係式から植物プランクトンの呼吸を推定して純基礎生産を推定している。

平成15年度の経緯：

現在までのところ、5回の集中観測においてFRRFの繰り返し時系列観測に併せた $^{13}\text{C}$ 法、 $^{18}\text{O}$ 法、酸素明暗ビン法などの現場法実験を行い、上記アルゴリズム開発のためのデータベースを作成した。最終年度もさらに3回の集中観測を予定しているので、それらの結果を合わせて最終的な基礎生産アルゴリズムを決定する。

現在までのところ、FRRFによる測定は総基礎生産に対応することが確認できたが、これを海洋現場において、培養実験を行うことなく、検証するための地球化学的手法として酸素17同位体比異常を用いる方法を開発した。この方法で得られた酸素17同位体比異常を、大気-海洋ガス交換速度と、表層-下層水交換速度で補正することにより、総基礎生産を検証することが可能になった。

## 3) 自作FRRFの開発

研究の目的：

当初から使用している英国製の機器が、事実上ブラックボックスであり、そのフラッシュ輝度の校正も定期的に英国で行うことが必要で、研究課題の「基礎生産計測システム」が首尾一貫したものではなかった。本研究ではこれを解消するために

FRRFを自作することとし急遽開発を進めた。

平成15年度の経緯：

平成14年度に開発した、現場水中型1号機を5月の淡青丸で試験を行ったところ、予想された感度が得られなかったため、ベンチトップ型を用いて原因究明のための試験を行った。初期改造を終えたベンチトップ型機を米国ラトガース大学に持ち込み、同大学の自作機との比較試験を実施した。この結果を反映してベンチトップ機の改造を行うとともに、現場水中型改造機を設計した。平行して、測定データの実時間処理のためのソフトウェアの開発を行った。3月末に性能試験を行い、英国製の製品に比べておよそ10倍程度の感度が得られることを確認した。また、自作機の励起フラッシュ光の強度を検定するためのシステムも自作した。

### 3. 研究実施体制

高速フラッシュ励起蛍光法による基礎生産測定グループ

①研究分担グループ長

才野敏郎（名古屋大学地球水循環研究センター 教授）

②研究項目

高速フラッシュ励起蛍光法による基礎生産測定法

高速フラッシュ励起蛍光光度計の製作・改良グループ

①研究分担グループ長

紀本岳志（紀本電子工業 代表取締役社長）

②研究項目

高速フラッシュ励起蛍光光度計の製作・改良

現場培養法による基礎生産測定及び自動昇降ブイの開発グループ

①研究分担グループ長

石丸隆（東京海洋大学海洋科学部 教授）

②研究項目

現場培養法による基礎生産測定法及び自動昇降ブイ開発

自然蛍光による基礎生産測定グループ

①研究分担グループ長

古谷 研（東京大学大学院農学生命科学研究科，教授）

②研究項目

自然蛍光法による基礎生産測定法

光吸収による基礎生産測定グループ

①研究分担グループ長

石坂丞二（長崎大学水産学部，教授）

②研究項目

光吸収法による基礎生産測定法

#### 4. 主な研究成果の発表（論文発表および特許出願）

##### (1) 論文（原著論文）発表

- Chiba, S. and **T. Saino** (2003)  
Variation in mesozooplankton community structure in the Japan/East Sea (1991.1999) with possible influence of the ENSO scale climatic variability *Progress in Oceanography*, 57, 317-39
- Chiba, S., T. Ono, K. Tadokoro, T. Midorikawa and **T. Saino** (2004)  
Increased stratification and decreased lower trophic level productivity in the western subarctic North Pacific- a 30-year retrospective study - *Journal of Oceanography*, **60**, **1**, 149-162.
- **Fujiki, T.**\*, T. Toda, T. Kikuchi and S. Taguchi (2003)  
Photoprotective response of xanthophyll pigments during phytoplankton blooms in Sagami Bay, Japan. *Journal of Plankton Research*, **25**, 317-322.
- **Furuya, K.** (2003)  
Environmental carrying capacity in an aquaculture ground of seaweed and shellfish in Northern Japan.  
pp.52-59. In: Yu, H. and Burmas, N. (eds) Determining environmental carrying capacity of coastal and marine areas: Progress, constraints, and future options. GEF/UNDP/IMO-PEMSEA.
- **Furuya, K.** (2004)  
Environmental carrying capacity in an aquaculture ground of seaweed and shellfish in Sanriku coast. Bull. Fish. Res. Agen. Supplement , No. 1., 65-69.
- Goes, J. I., K. Sasaoka, H. do R. Gomes, **S. Saitoh** and **T. Saino** (2004)  
A comparison of the seasonality and interannual variability of phytoplankton biomass and production in the western and eastern gyres of the subarctic Pacific using multi-sensor satellite data. *Journal of Oceanography*, **60**, **1**, 75-91.
- Golez, M. S., A. Ohno, J. D. Toledo, **Y. Tanaka** and **T. Ishimaru** (2004): Post-embryonic development and production of *Pseudodiaptomus annandalei* (Copepoda, Calanoida). *Plankton Biol. Ecol.* 51,
- **Ishizaka, J.** (2003)  
Detection of red tide events in the Ariake Sound, Japan, Proceedings of SPIE Vol. 4892, 264-268.
- **Ishizaka, J.**  
Possible influence of Changjiang River dam to primary production in the East China Sea (2003)  
Proc. International Symposium on Oceanographic Environmental Change after

- Completion of the Changjiang (Yangtze River) Three Gorges Dam, 85-87.
- **Ishizaka, J.**, A. Tanaka, H. Sasaki, H. Murakami, W.-Z. Chen, K. Hosoda, K. Sasaoka, I. Asanuma, H. Kawamura, M. Toratani, H. Fukushima (2004)  
Early Scientific Results of GLI Ocean. Proceedings of SPIE Vo. 5234, 525-530.
  - **Kanda, J.**, Fujiwara, S., Kitazato, H., and Okada, Y. (2003)  
Seasonal and annual variation in the primary productivity regime in the central part of Sagami Bay. Progress in Oceanography, 57(1), 17-29.
  - Kitamura, M., **Y. Tanaka and T. Ishimaru** (2003): Coarse scale distributions and community structure of hydromedusae related to water mass structures in two locations of Japanese in early summer. Plankton Biol. Ecol., 50(2), 43-54.
  - **Saino, T.**, A. Bychkov, C-T. A. Chen, and P. J. Harrison (2004)  
North Pacific Synthesis of the Joint Global Ocean Flux Study: Overview. *Journal of Oceanography*, **60**, 1, 1-4.
  - **Sarma, V.V.S.S.**, **O. Abe**, and **T. Saino** (2003)  
Chromatographic separation of Nitrogen, Argon and Oxygen in Dissolved air for determination of triple oxygen isotopes by Dual-inlet Mass Spectrometry. *Analytical Chemistry*, 75 (18), 4913-4917
  - **Sarma V.V.S.S.\***  
Monthly variability in surface pCO<sub>2</sub> and net air-sea CO<sub>2</sub> flux in the Arabian Sea. Journal of Geophysical Research-Oceans, 108(C8), doi: 10.1029/2001JC001062, 2003.
  - **Sarma V.V.S.S.\***, P. S. Swathi, M.D. Kumar, S. Prasannakumar, P.M.A. Bhattathiri, M. Madhupratap, V. Ramaswamy, M.M. Sarin, M. Gauns, N. Ramaiah, S. Sardesai, and S.N. de Sousa  
Carbon budget in the eastern and central Arabian Sea: An Indian JGOFs synthesis. Global Biogeochemical Cycles, 17(4), doi: 10.1029/2002GB001978, 2003.
  - Sato, R, Y. Tanaka and **T. Ishimaru** (2003)  
Species-specific house productivity of appendicularians. Marine Ecol. Prog. Ser., 259, 163-172.
  - Shenoy D.M., and **J.S. Patil\***  
Temporal variations in dimethylsulphonioacetate and dimethyl sulphide in the Zuari estuary, Goa (India). Marine Environmental Research, 56(3), 387-402, 2003.
  - Tsuda, A., Takeda S, Saito H, Nishioka J, Nojiri Y, Kudo I, Kiyosawa H, Shimoto A, Imai K, Ono T, Shimamoto A, Tsumune D, Yoshimura T, Aono T,

**Hinuma A**, Kinugasa M, **Suzuki K**, Sohrin Y, Noiri Y, Tani H, Deguchi Y,  
Tsurushima N, Ogawa H, Fukami K, Kuma K, **Saino T** (2003)

A mesoscale iron enrichment in the western Subarctic Pacific induces a large  
centric diatom bloom. *Science*, 300 (5621), 958-961

(2) 特許出願

H15年度特許出願件数：1件（CREST研究期間累積件数：3件）