

5 1 . 衛星利用のための実時間海洋基礎生産計測システム

名古屋大学地球水循環研究センター

才野敏郎 (tsaino@hyarc.nagoya-u.ac.jp)

1 . 研究の目的

地球規模の気候変化、環境変化において海洋における熱・エネルギー循環と物質循環の変動が大きな役割を果たすと考えられているが、その実態を解明するためには適切な時間・空間スケールでの観測・研究が必要である。海洋観測・研究においては今まで見過ごされてきたイベント的現象を全球的・長時間スケールでの長期変動の文脈で理解することが緊急に求められており、今までの船舶観測に加えて、人工衛星観測と定点観測を組み合わせた時系列の観測が必要であることがますます強調されるようになってきている。特に、大気中の二酸化炭素濃度に大きな影響を及ぼすと考えられている、海洋の物質循環に関しては物質の鉛直輸送を担う生物ポンプの活動の地理的分布とその系時的变化を明らかにすることが中心的な課題となっているが、人工衛星海色リモートセンシングによる植物プランクトンの量と基礎生産の測定は、それを可能にする唯一の現実的な観測手法として大きな期待が寄せられている。

本研究では、海洋現場に設置した自動昇降式ブイに搭載した光学的なセンサー類によって海洋の基礎生産を自動的に計測し、実時間的にデータ転送を行うことによって、人工衛星水色データから推定した基礎生産を実時間で検証するための計測システムを開発することを目標として、そのための水中設置自動昇降ブイシステムの開発、および各種光学的データから基礎生産を推定するためのアルゴリズムの開発を目的としている。

2 . 研究の方法

水中設置自動昇降ブイシステムの開発については、日油技研工業(株)に委託し、まず光学センサーを搭載した計測ブイとそれを自動的に昇降させるための音響通信制御機能を持った水中ウインチシステムから成る試作1号機を作成し、それをを用いて各種水槽試験、実海域試験を行った。さらにその結果に基づいて、水中音響通信と空中電波通信機能を付加した実機1号機を完成した。さらに実運用をめざして、試作1号機を改造し実機2号機とした。

高速フラッシュ励起蛍光光度計(FRRF)の開発に関しては、紀本電子工業(株)を研究チームに加えて実施した。まず、性能評価用の卓上型機を開発し、その成果に基づいてブイ搭載のための水中現場型を製作した。その後、開発のノウハウを集積して改良を加えた卓上型機を製作した。

光学測定による基礎生産の推定に関しては、高速フラッシュ励起蛍光光度計(FRRF)による単位クロロフィル当たりの総基礎生産、FRRFによるクロロフィル鉛直分布の測定、気象衛星ひまわりからのブイ設置点の海面日射量の連続推定、の3者を組み合わせることによって日・深度積算総基礎生産を求め、それをブイ設置点における酸素法・ ^{13}C 法による培養実験結果と合わせることによって、現場海域における衛星データの検証値を求めることとした。

3 . 研究の成果

3 . 1 水中自動昇降ブイシステム

開発されたブイシステムの概要を図1に示す。



本システムは海面下約150m付近に設置した水中ウインチとそこから海面の間を昇降する計測ブイから成り立っている。計測ブイの昇降は計測ブイから音響通信によって水中ウインチを操作して行われる。また、上昇時にFRRFとCTDによる計測を行い、海面浮上時にそれらの計測結果を携帯電話による無線通信で研究室に配信する。

天候の急変などの事態に対処するために、研究室から浮上した計測ブイに対して、動作プログラムの変更を指令することも可能である。また、計測ブイのフロート中に、GPS受信機とイリジウム携帯電話を組み込んでおり、万が一計測ブイが漂流するようなことがあっても追跡が可能である。

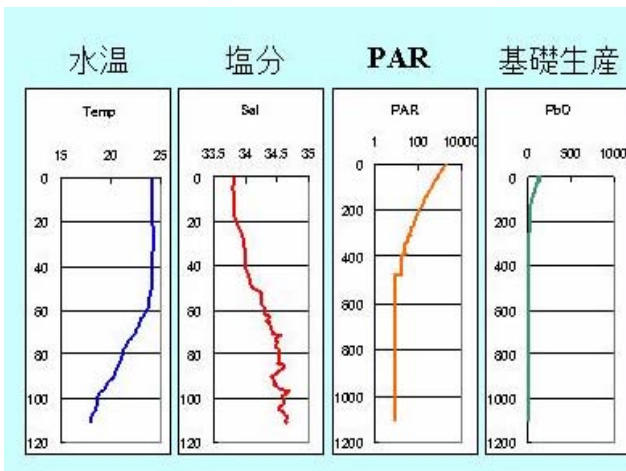
相模湾において試験係留を繰り返してシステムの熟成をはかり、現在のところ風速10m/秒、波高3m以下、流速2knot以下で、安定した昇降・計測が行われるようになっている。2004年10月からの係留において、台風22号、23号の直撃を受けたものの、11月1日現在、安定して昇降動作を行っている。

3.2 自作FRRFの開発

自律性のあるモニタリングシステムにするために、主センサーであるFRRFの自主開発をおこなった。これにより、すべてのブラックボックスを解消するとともに、センサーの校正手法の開発を行った。次表に本研究で開発した機器を外国製品の緒元を

	外国製品	本研究
寸法：長さ	635 mm	578mm+
：外径	160mm	92mm
重量(空中)	23kg	約 5kg
重量(水中)	15kg	約 1.3kg
Chlorophyll a 感度	0.1 µg/L 程度	0.01 µg/L 程度
データ記録	24MB	CompactFlash PC Card
通信	RS422	LAN 10Base-T/ RS-232C
光源	砲弾型 LED	ランプ型 LED
	84 個/1 光学系	1 個/1 光学系
データ処理	オフライン	リアルタイム演算/ 結果出力

比較した。開発品は、小型・高感度で、リアルタイム演算が可能であることが特徴である。得られたリアルタイムデータの一例を次の図に示す。



これは、携帯電話の添付書類として送られてきた、速報版のデータである。ブイを回収することによって、フルセットのデータを取得し、さらに細かな解析をすることができる。

3.3 基礎生産の推定

人工衛星で推定される基礎生産はいわゆる純基礎生産である。ブイに搭載したFRRFで一日1,2回測定される総基礎生産から、一日当たりの純基礎生産を推定することが重要な課題となった。

我々はまず、室内実験によってFRRFが酸素発生に対応する、総基礎生産を計測していることを確認した。次に、相模湾定点において日出前から日没後ま

での2時間おきにFRRFの計測をおこない、それを、¹³C, ¹⁸O, 酸素明暗ビンなどの各種培養法、および、酸素17安定同位体比異常法による総基礎生産の推定などの方法と比較し、FRRF法によって、一日当たりの総基礎生産が計測されることを見出した。総基礎生産から純基礎生産への換算に関しては、相模湾定点における3年間にわたる毎月の¹³C, 酸素明暗ビン培養法の実験結果から総基礎生産：純基礎生産の比が1：0.52にあることを見出し、さらにこの比が理論的な推定値と一致しており、さらに広範な海域での実測値とも極めてよく一致していることを確認し、これを換算値として採用することにした。

ブイ搭載のFRRFのデータの利用法に関しては、正午の深度プロファイルの計測値を利用して、擬似的な光-光合成曲線をもとめ、この関係式を、気象衛星の雲量から推定されるブイ設置点の時系列の日射量を用いて各時刻・深度における総基礎生産を推定し、それを深度・時間で積分することによって一日積算の総基礎生産を求めることにした。

4. 今後の課題

本研究は本年10月末に初期の目標を達成して終了した。今後は、開発したシステムをさらに改良し、様々な海域で運用したい。これによって、様々な海域において、人工衛星基礎生産データを実時間データによって検証し、他の衛星センサーのデータ（たとえば、水温、風向・風速、海流、日射、降水強度など）と合わせて、基礎生産の維持機構に関するプロセス研究を実施する予定である。

本研究で開発したシステムは、海洋において生物活動そのものを測るセンサーとしてユニークである。これによって、生物活動の代表としての基礎生産を一日の時間分解能で測定することが可能になれば、今まで観測することのできなかつた様々な現象が明らかになると期待される。

5. 成果文献

- Sarma, V.V.S.S., et. al., 2004: Seasonal variations in triple oxygen isotopes and gross oxygen production in the Sagami Bay, Central Japan, *Limnology and Oceanography*, in press
- Ono, T. et. al., 2004: Basin-scale extrapolation of ship-board pCO₂ data by using satellite SST and Chl_a. *International Journal of Remote Sensing*, 25, 3803-3815.
- Sarma, V.V.S.S., et. al., 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.