

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名 「衛星利用のための実時間海洋基礎生産計測システム」
2. 研究代表者名及び主たる研究参加者名（研究機関名・職名は研究参加期間終了時点）
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）
主たる研究参加者
Paul G Falkowski（Rutgers University 教授）（平成14年9月～平成17年3月）
Maxim Gorbunov（Rutgers University 助教授）（平成16年3月～平成17年3月）
紀本 岳志（紀本電子工業 代表取締役社長）（平成14年9月～平成17年3月）
紀本 英志（紀本電子工業 常務取締役）（平成14年9月～平成17年3月）
千賀 康弘（東海大学海洋学部 教授）（平成16年1月～平成17年3月）
石丸 隆（東京海洋大学海洋科学部 教授）（平成11年11月～平成17年3月）
古谷 研（東京大学大学院農学生命科学研究科 教授）（平成11年11月～平成17年3月）
石坂 丞二（長崎大学水産学部 教授）（平成11年11月～平成17年3月）
鈴木 光次（名古屋大学地球水循環研究センター 助手）（平成11年11月～平成14年10月）
三野 義尚（名古屋大学地球水循環研究センター 助手）（平成15年4月～平成16年10月）

3. 研究内容及び成果

地球規模の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化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・研究が不可欠である。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変化を明らかにすることが中心的な課題となっており、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。

本研究は、海洋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、そのデータを準実時間的に転送し、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する。そのための水中設置自動昇降ブイシステムと主センサーである高速フラッシュ励起蛍光光度計の開発及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実施した。

(1) 水中設置自動昇降ブイシステムの開発

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。これらを試験運用することにより、実運用のためのノウハウを蓄積するとともに、伝送された実時間データを自動処理するためのウェブベースのデータシステムを構築した。

(2) 高速フラッシュ励起蛍光光度計(FRRF)の開発

当初、FRRFとして英国チェルシー社の製品を使用することになっていたが、その保守・点検・校正などに不都合が生ずるので、紀本電子工業(株)、米国 Rutgers 大学及び東海大学の研究者を研究チームに加えて本プロジェクトで自主開発することとした。まず、性能試験・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機を製作した。その後、開発のノウハウ

ウを集積して改良を加えた卓上型機を製作した。市販の製品がブラックボックス状態であったのに対し、本研究により小型 CPU ボード、計測ソフトウェア、データ処理ソフトウェア等すべて自作することによりブラックボックス状態を解消することができた。また、励起光源の光強度の校正手法を開発し、モニタリング機器として必須の校正作業も自前で行えるようになった。

(3) 光学測定による基礎生産の推定

FRRFによる単位クロロフィル_a当たりの総基礎生産の測定、FRRFによるクロロフィル_a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・¹³C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方法を開発した。この方法による推定精度を向上させ、さらに得られた値の妥当性を評価するために、新たに開発された海水中の酸素ガスの酸素 17 同位体比異常から総基礎生産を求める手法を採用し、他の手法から得られる推定値と比較し、検討を加えた。その結果、水中自動昇降ブイシステムに搭載されたFRRFによって測定された基礎生産が、酸素 17 同位体比異常法によって推定された総基礎生産とよい一致を示したので、FRRFにより2時間毎に測定して得られた日水柱積算総基礎生産を海域現場における真値と考えることとした。蓄積された海洋現場での実測結果に基づいて、自動昇降ブイシステムによって得られる1日1～2回のFRRF計測データから日・深度積算総基礎生産を求めるためのアルゴリズムを開発した。

(4) 人工衛星による基礎生産推定アルゴリズムの検討

開発した計測システムを衛星データの利用に役立てるために、データシステムの開発と衛星データからブイ設置点近傍の海洋の基礎生産を推定するための局地アルゴリズムの検討を行った。

以上の各要素の開発・研究を総合化することにより、自動昇降式ブイシステムを用いた実時間海洋基礎生産計測システムのハードウェアとソフトウェア及び計測システムの運用に必要なデータシステムの基本型を確立した。

4. 事後評価結果

4 - 1. 外部発表、特許、研究を通じての新たな知見の取得等の研究成果の状況

本研究は海洋に設置した自動昇降式ブイと、それに搭載して海洋の基礎生産を自動的に計測し実時間的にデータを転送する測定システムを開発することである。更に現場海域における衛星データの検証法を開発することによって広域・長期的観測システムの実現を目指している。

(1) 海洋設置自動昇降ブイの開発に成功した。ただし実際の運用は相模湾海域で始まったばかりであり、その安定性、耐久性等も含めた信頼性の評価は今後待つべきである。

(2) 当初、総基礎生産を測定するための高速フラッシュ励起蛍光光度計(FRRF)は既製品を用いる計画であったが、研究を効率よく迅速に進めるため、紀本電子工業(株)などの協力を得て自主開発に成功し実用化の目途はついた。ブイに搭載された FRRF の動作にはその完成が遅れたため試験期間が短く確実性が足りない。

(3) ブイ設置点の単位面積当たりの総基礎生産を(FRRFによる単位生産) \times (FRRFによるクロロフィルの鉛直分布) \times (人工衛星による海面日射量)として積算するアルゴリズムを作成した。その結果をブイ設置点における酸素法、¹³C法による培養法、¹⁷O異常法等によって検証し、ほぼ満足すべき結果を得た。

(4) ¹⁷O / ¹⁸O 比測定法を改良し、¹⁷O 異常による総基礎生産推定法を実施可能とした。研究期間途中で¹⁷O 異常法に気付き、その手法を迅速に取り入れた。

(5) 相模湾で蓄積された水中分光放射場、クロロフィル、基礎生産のデータに基づいて相模湾における人工衛星による基礎生産推定アルゴリズムを検討しているが、理論的裏付けや一般化などに未解決の問題が残されている。

(6) 実用的な運用方法の検討、データの取得、データベースの作成、それらを利用した地球規模の課題への挑戦という意味では多くの課題が残されている。

(7) 計測機器の開発の他に、FRRF 法を検証するための現場培養法、自然蛍光法、光吸収法などの測定を実施するため、分担研究者の構成は適切であり、研究体制は有効に機能した。

4 - 2 . 成果の戦略目標・科学技術への貢献

自動昇降ブイと搭載センサー FRRF の信頼性が高まればより多くの海域での基礎生産のデータが蓄積され、衛星データを利用した基礎生産のグローバル分布と変動の監視に貢献することが期待される。一般に、海洋の物理量観測に比して遅れている生物・化学的観測の自動化にインパクトを与えることになるであろう。

4 - 3 . その他の特記事項(受賞歴など)

国内民間企業と大学がそれぞれの長所・短所を相補い既存の能力を互いに向上し得る適切な協力体制を構築・発展させ、本研究の主要な成果である海洋設置自動昇降ブイ及びそれに搭載する光学センサーの開発を成功に導いた。