

東京湾・相模湾における光合成-光曲線の季節変化

堀本 奈穂・伊藤 洋介・石丸 隆・山口 征矢
(東京海洋大学)

キーワード：植物プランクトン・基礎生産・PEカーブ・東京湾・相模湾

【はじめに】

植物プランクトンは太陽エネルギーを利用して二酸化炭素を取り込み有機物を産生する基礎生産者であり、海洋における食物連鎖の基点を支えている。従って、基礎生産の規模は海洋の物質循環を考える上で非常に重要である。基礎生産力は光、水温、栄養塩類の供給などによって制御されるが、植物プランクトンの生理的な状態は光合成-光曲線を測定することによって推定することができる(e.g. Ryther and Yentsch, 1957)。さらに、光合成-光曲線は成層の発達程度や植物プランクトン構成種によっても異なることが知られている(Parsons and Takahashi, 1973)。本研究では、相模湾および東京湾の光合成-光曲線から求めた各要因の季節変化により、各海域の基礎生産の制御要因を明らかにすることを目的として行った。

【方法】

東京海洋大学研究練習船「青鷹丸」を用いて、2002年10月から2004年5月まで月1回、東京湾 Sta.F6 (35°25'N, 139°47'E)と相模湾 Sta. S3 (35°00'N, 139°20'E)において観測を行った。観測はCTDにより水温・塩分の鉛直分布を得、同時に自然蛍光光度計を用いて表面を100%としたときの相対照度を測定した。テフロンコーティングしたニスキン採水器により各層採水を行い、海水試料を用いて栄養塩類分析とクロロフィルa量の測定を行った。栄養塩類の分析は定法により、クロロフィルaはN,N-ジメチルフォルムアミドを用いて抽出し蛍光法により測定した。観測期間中の天空光量子量は、コンパステッキに設置した光量子計(LI-COR社)を用いてモニタリングした。

光合成-光曲線の測定は、S3では5m(以降表面)と表面相対照度5%の水深(以降5%水深)、F6では5m(以降表面)にて行った。試水は250mLずつPPボトルに分注しNaH¹³CO₃を添加して培養を行った。培養装置は、高光量照射型の防水ランプとアクリル水槽を用いて屋外でも使用できるようにした。光源ランプにはメタルハライドランプ(岩崎電気, PAR38)を用いた。光の均一化とランプからの熱を放散させるために、ランプから水槽までの間にアルミ反射板を置いた。培養水槽にはフラスコを10個ずつ2列配置し、減光フィルターを用いて20~1850μE m² s⁻¹の光勾配を作成した。培養は4時間行い、その間は現場水温を維持するために水槽内に表面ポンプ海水を循環させた。培養後、試料中の¹³CはGF/Fフィルターを用いて濾過捕集し、¹³Cアナライザー(EX-130, JASCO)を用いて赤外分光法により分析した。基礎生産速度はHama et al. (1983)の式を用いて算出し、Platt et al. (1980)の式を用いて近似し光合成-光曲線を作成した。それぞれの光合成-光曲線から、最大光合成速度(P*max)、光合成光曲線の立ち上がり勾配(*), 強光阻害係数(*), 光飽和定数(Ek)を求めた。そして*と植物プランクトンの吸収係数(a*ph)から光合成の最大量子収率 max

を求めた。

【結果と考察】

Sta.S3におけるP*maxは2.23~10.99 mg C (mg Chl a)⁻¹ h⁻¹の範囲で変動し、3月から徐々に上昇し10月に最大となり、11月から低下し2月に最小となった。これは水温の変化とよく一致しており、P*maxは水温に依存していると考えられた。P*maxの表面と5%水深の格差は、成層が発達する春から秋にかけては顕著であったが、水柱が混合している時期にはあまり見られなかった。*は0.007~0.087 [mg C (mg Chl a)⁻¹ h⁻¹] [μmol m² s⁻¹]の範囲で変動し、P*maxとは逆パターンを示し混合期に高く成層期に低かった。*は低照度域の光利用効率を表しており、本研究による結果では冬には少ない光で高い光合成速度を示し、成層期は低い光量から比較的高い光量でも効率的に光合成を行うことが出来ることを示した。しかし、成層期の5・6・7月はいずれも0.002程度と低い値であり光利用効率が低下した。これは、表層の栄養塩が枯渇し窒素制限がおきていたためと考えられた。表面と5%水深の格差は、夏をのぞく成層期には顕著であったが混合期ではあまり見られなかった。本研究では、培養に高い光量を得ることができたため、*の季節変化を明確に示すことができた。混合期には表面および5%水深では強光阻害は見られなかったが、8月を除く成層期には表面および5%水深において0.002 [mg C (mg Chl a)⁻¹ h⁻¹] [μmol m² s⁻¹]以上を測定した。成層期は、表面・5%水深の植物プランクトン構成種が異なり、それぞれの光環境に適応した結果であると考えられた。

Sta.F6におけるP*maxは、10~4月まで2 mg C (mg Chl a)⁻¹ h⁻¹の低い値であったが、5月には約6 mg C (mg Chl a)⁻¹ h⁻¹に増加しその後10月までほぼ同じ値で推移した。*の変動幅は<0.001~0.024 [mg C (mg Chl a)⁻¹ h⁻¹] [μmol m² s⁻¹]であり概して成層期に高かった。東京湾の各パラメータの値は相模湾に比べていずれも低い、その変化のターンは類似していた。そして*と植物プランクトンの吸光係数 a*ph から炭素固定における植物プランクトンが吸収した光の利用効率(光合成最大量子収率) max を求めた結果、相模湾・東京湾において0.011~0.199 [mg C (mg Chl a)⁻¹ h⁻¹] [μmol m² s⁻¹]と幅広い値で変動した。これらは炭素固定効率の指標とされるが、光と栄養塩によって最大0.125 (Kok, 1948) から0.005程度 (e.g. Babin, 1996) まで変化することが報告されている。本研究では、両海域の全平均が0.004と高く比較的効率よく光合成を行っていることがわかった。

本研究は、独立行政法人 科学技術振興機構 戦略的基礎研究事業「衛星利用のための実時間海洋基礎生産計測システム」(代表 才野敏郎)の一環として行われた。