

光吸収係数を用いた基礎生産量推定アルゴリズムの極域への適用

○新明 克仁(北海道大学大学院水産科学院), 平譚 享(北海道大学大学院水産科学研究院),
高尾 信太郎(北海道大学大学院環境科学院), 松本 慧太郎(北海道大学大学院水産科学院),
齊藤 誠一(北海道大学大学院水産科学研究院)

近年の気候変動に伴い、温暖化ガスとされている二酸化炭素(CO₂)の海洋への取り込み量の変動が懸念されている。海洋において CO₂ は主に植物プランクトンの光合成によって固定(基礎生産)され、深層へと輸送される。海洋のような広範囲の基礎生産量を推定するために、現在では衛星海色リモートセンシングが多用されており、これまでに多くの基礎生産量推定モデルが開発されてきた。Behrenfeld and Falkowski (1997) によって開発された Vertical Generalized Production Model (VGPM)はそれらの中でも代表的なモデルの一つである。この VGPM では光合成活性を海面水温の関数として導く。しかし、海洋の温暖化に伴う基礎生産量と大気海洋間の炭素フラックスの変動を議論する際、基礎生産量が海面水温から計算されることは問題である。そこで Hirawake et al. (in press) は基礎生産量を海面水温と独立したパラメータである植物プランクトンの光吸収係数を用いて推定する Absorption Based Production Model (ABPM)を開発した。過去の研究(Marra et al., 2007) によって光吸収係数は海面付近における植物プランクトンの同化指数を表す有力なパラメータであることが示されており、南大洋では海面水温を用いるよりも基礎生産量の推定精度が高くなることが明らかとなっている(Takao et al., in preparation)。また、VGPM の推定結果は特に低水温海域において系統的誤差を生じることが問題視されている(Dierssen et al., 2000)。Hill et al. (2010) は VGPM および北極海用に調整した VGPM_{arc} の精度を検証したがその精度は低く、過小評価する傾向にあることを示した。そこで本研究では ABPM を北極海についても適用し、VGPM と比較しながらその精度について検証した。また、バイオマスあたりの光吸収係数(比吸収係数: a_{ph}^*)が両海域において光合成活性の指標となり得るのかを検証した。

サンプルおよびデータは北極海・ベーリング海における3つの航海(OS180, OS190, MR09-03)および南大洋における4つの航海(UM0203, UM0405, UM0708, UM0809)にて取得した。各航海において¹³C法(Hama et al., 1983)によって基礎生産量を測定するとともに、植物プランクトンによる光吸収係数、HPLC法による植物色素濃度、蛍光法によるクロロフィル *a* 濃度、栄養塩濃度の測定、および分光放射照度・輝度の測定を行った。

現場観測で得た有光層深度、表層クロロフィル *a* 濃度、海面水温、光合成有効放射量、植物プランクトンによる光吸収係数を VGPM および ABPM に入力することによって推定された水柱積算基礎生産量(IPP_{VGPM} , IPP_{ABPM})と、現場の水柱積算基礎生産量($IPP_{in situ}$)の関係を図1に示す。VGPM では過大評価の傾向が強く見られ、表層クロロフィル *a* 濃度が高い海域では2倍以上の過大評価をしている観測点が多く見られた($r^2=0.5387$, $p<0.0001$, $RMSE=0.3571$)。一方、ABPM は表層クロロフィル *a* 濃度の低い海域では若干の過大評価の傾向が見られるものの、全体の勾配としては現場値に対してほぼ1:1の関係であった($r^2=0.4817$, $p<0.0001$, $RMSE=0.3075$)。北極海と南大洋のデータに分別すると、ABPM は両海域においてそれぞれ高い精度で推定できていたが、VGPM では北極海において3倍もの過大評価をしてしまう傾向にあった。この北極海における VGPM の過大評価の原因は、有光層内の積算クロロフィル

a 量および光合成活性を過大評価してしまっていることが原因であった。それに対して ABPM ではクロロフィル a 濃度と光合成活性の積(P_{opt})が両海域において高い精度で推定されており、この点が VGPM と ABPM の精度に影響を与えていると考えられる。

光吸収係数はクロロフィル a 濃度(バイオマス)と光合成活性の積はうまく推定できていたが、クロロフィル a 量で標準化した光合成活性(P^B_{opt})と比較光係数の関係は有意ではあるものの高い決定係数は得られなかった($r^2=0.3827$)。海域別にみると、南大洋における両値の相関は高いが($r^2=0.6523$)、北極海において有意な関係は得られなかった(図 2)。蛍光法によるクロロフィル a 濃度は他色素の影響も含めて測定されている可能性もあるため、HPLC 法によるクロロフィル a 濃度を用いて再解析する必要がある。また、色素組成が基礎生産力に影響するという報告(Uitz et al., 2009)もあるため、補助色素濃度や色素組成との関係に着目して考察する必要がある。

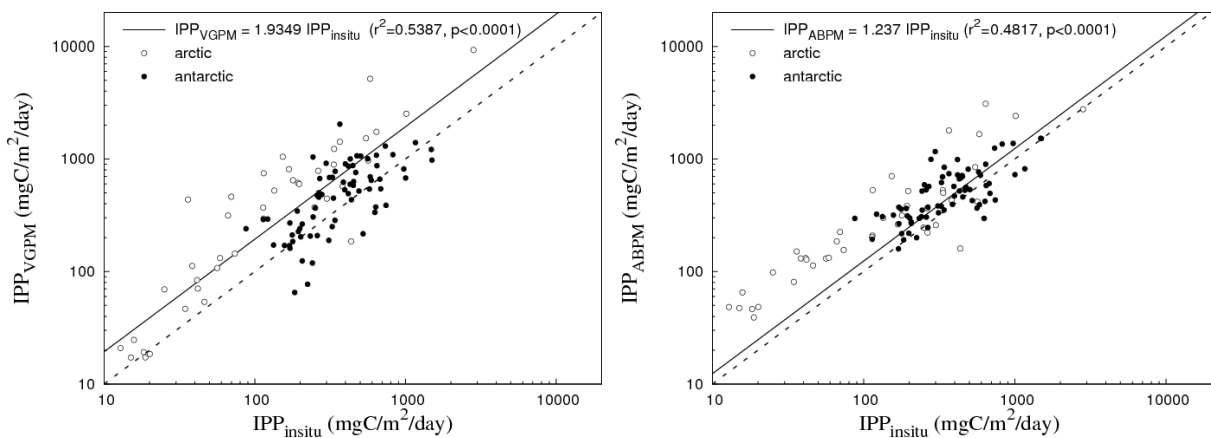


図 1. VGPM(左図)および ABPM(右図)から推定された IPP と現場 IPP の比較。

実線は全データに対する回帰直線、点線は 1:1 の関係を表す。

白点は南大洋、黒点は北極海におけるデータを示す。

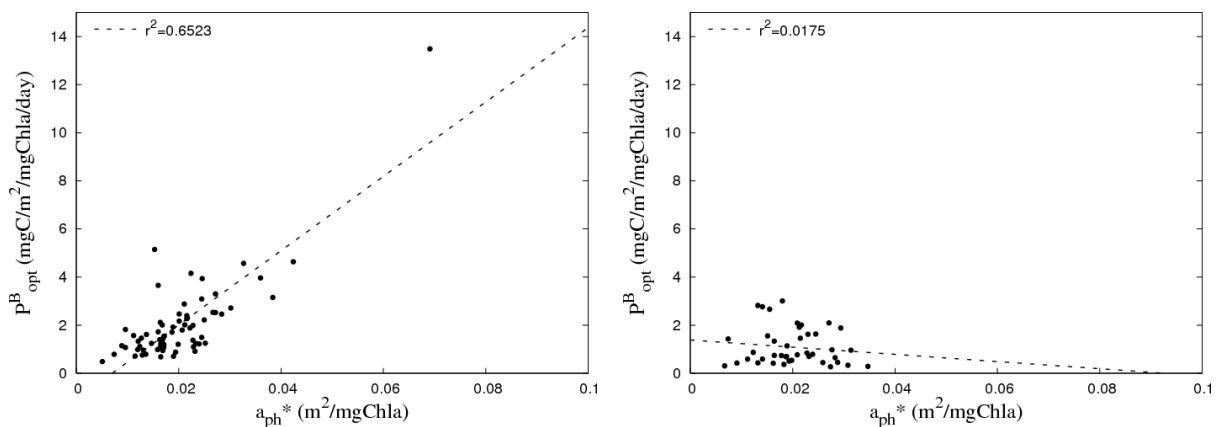


図 2. 単位クロロフィル a 量あたりの光合成活性(縦軸: P^B_{opt})と光吸収係数(横軸: a_{ph}^*)の関係を示す。

左図は南大洋におけるデータ($r^2=0.6523$)、右図は北極海におけるデータ($r^2=0.0175$)、点線はそれぞれの回帰直線を表す。