

基礎生産量の季節性から推察される北太平洋亜寒帯域の栄養物質循環 Understanding of nutrients cycle based on phenology of primary production in the subarctic North Pacific Ocean

金子 拓郎¹、*平譚 享¹、西岡 純²

Takuro Kaneko¹, *Toru Hirawake¹, Jun Nishioka²

1. 北海道大学大学院水産科学研究院・水産科学院、2. 北海道大学低温科学研究所

1. Faculty/Graduate School of Fisheries Sciences, Hokkaido University, 2. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

基礎生産量が大きく海洋への二酸化炭素吸収も大きな北太平洋亜寒帯域は(Takahashi et al., 2002)、地球規模の海洋循環の終着点にあたり、中層には長い年月を経て輸送された栄養物質が高濃度に存在する。さらに、オホーツク海からも豊富な栄養物質が供給され(Nishioka et al., 2007; Nishioka and Obata, 2017)、基礎生産への影響も論じられてきた。しかしながら、栄養塩や基礎生産の分布は非対称的で不均一であり、北太平洋亜寒帯域全体における栄養物質循環と基礎生産の時空間的変動との関係には不明な点が多い。一方現在までに、約20年分の海色衛星データが蓄積され、大量の栄養塩データやアルゴフロートによる温度・塩分データもデータベース化されている。そこで本研究では、これらのデータを利用し、植物プランクトンの基礎生産量の季節性から北太平洋亜寒帯域における栄養物質循環を理解することを目的とした。

基礎生産量の推定には、植物プランクトンの光吸収係数ベースモデル (Hirawake et al., in preparation) を利用した。モデルに入力する海色衛星データ (リモートセンシング反射率、光合成有効放射、有光層深度) は、GlobColourのデータセットを用いた。植物プランクトンの光吸収係数は、半経験的アルゴリズム(Lee et al., 2014)により、リモートセンシング反射率から算出した。硝酸塩とリン酸塩濃度はWOD 2013から取得した。海水密度はAMSR-E/Aquaグリッドデータを用いた。気候値の地衡流データはAVISOから取得した。さらに、混合層を計算するため、アルゴフロートデータを取得した。取得した全ての衛星データから8日平均、32 kmの気候値を算出した。さらに、海水密度10%以上を海水域とし、3月から10月にかけて海水に覆われない海域を研究対象とした。基礎生産量気候値データをクラスター解析した後、クラスターごとに海洋環境データを抽出した。基礎生産量の季節性を表すブルームの振幅や期間を定量的に評価するため、基礎生産量の時間変化にガウス型関数をフィッティングした。

基礎生産量のクラスターの分布は平均的な海流場と整合的であり、各海流・水塊に含まれる栄養物質や環境の違いをよく反映していることが示唆された。また、各クラスターの年平均基礎生産量と海洋環境 (年平均リン酸塩濃度、光合成有効放射および混合層深度) に有意な関係が見られた。つまり、各クラスターは、それぞれの海洋環境の特徴とそれを反映した基礎生産量を持つ生物地球化学的な区分 (バイオーム) であると考えられる (例えば、Krug et al. 2017)。

一方、年平均基礎生産量と年平均硝酸塩濃度には有意な関係が見られず、特に $8 \mu\text{mol L}^{-1}$ 以上の年平均硝酸塩濃度において両者の回帰式からの残差が大きかった。この残差は硝酸塩濃度から予想される基礎生産量と実際の基礎生産量との差である。負の残差は高硝酸塩濃度にも関わらず基礎生産量が低いことを意味し、多くの北太平洋亜寒帯域の外洋域でそのような特徴が見られ、硝酸塩以外の栄養物質が制限する海域であることが示唆された。一方、正の残差が大きいアリューシャン列島近傍のバイオームでは、硝酸塩濃度が年間を通して低いにも関わらず、高い基礎生産量が維持されていた。これは、豊富な栄養物質が表層に継続して供給され、植物プランクトンに即座に利用されていることを示唆している。また、残差が少ない海域は亜寒帯循環より南に分布しており、基礎生産量が硝酸塩により制限されている海域であると考えられる。

さらに、ブルームの振幅は混合層深度の最大値（冬季冷却時）と最小値（夏季成層時）の差と有意な関係があり、冬季の混合による中層からの栄養物質供給と夏季の成層がブルームの振幅に影響していると考えられる。一方、ブルーム期間と混合層深度の差に有意な相関はなく、冬季の混合によらない栄養物質供給の存在を示唆していた。特にブルーム期間の長い海域はアリューシャン列島周辺と、西亜寒帯循環の南側～亜寒帯フロント域に分布しており、それぞれ潮汐混合による湧昇(Nakamura et al. 2010)と、寒流と暖流が接することによる湧昇(Polovina et al. 2015)の影響と考えられた。

これは、基礎生産にとって水平的な輸送だけでなく鉛直的な混合による栄養物質供給の重要性を示している。

キーワード：季節性、基礎生産量、栄養塩

Keywords: Phenology, Primary production, Nutrient