

オホーツク海沿岸域紋別港におけるマイクロプランクトン群集の季節変動

北海道オホーツク海沿岸域は、一次生産の高い海域であり、豊富な水産資源を有する重要な海域である。当該海域では、高温・高塩分の宗谷暖流と低温・低塩分な東サハリン海流の2つの海流が季節的に入れ替わることが知られている。また、当該海域は季節海水域であり、毎年、2月初旬に海氷が接岸し、3月頃に後退する海域である。北海道オホーツク海沿岸域の海洋生態系を支えるマイクロプランクトン群集は、珪藻類などの独立栄養性生物や渦鞭毛藻類などの混合栄養性生物が一次生産を担い、従属栄養性生物の繊毛虫類が微生物ループにおいて重要な役割を持つが、当該海域におけるマイクロプランクトンに関する知見は乏しく、不明点が多いのが現状である。本研究は、オホーツク海沿岸域紋別港におけるマイクロプランクトン(珪藻類、渦鞭毛藻類、繊毛虫類)の出現種、細胞密度および群集の季節変動と環境要因との関係を明らかにすることを目的とし、さらに、細胞サイズと水温から生産量を求め、マイクロプランクトンの生産量の季節変動に関する考察も行った。

2016年7月6日から2017年7月3日にかけて、紋別港のオホーツクタワーの渡海橋(水深9m)においてプラスチックバケツ採水を行い、表層水を採集した。採水試料のうち500mlは、終濃度1%になるようにグルタルアルデヒドで固定した。固定試料を静沈濃縮し、20ml試料とした。この試料から1ml取り、倒立顕微鏡下で検鏡し、細胞の同定、計数、サイズ測定を行った。同定は、珪藻類に関しては属レベルまで同定を行い、繊毛虫類に関しては少毛類と有鐘類に区分した。渦鞭毛藻類に関しては同定を行わなかった。計数の上限は1試料につき300細胞とし、細胞の最大長が10 μm に満たない細胞については、計数、サイズ測定を行わなかった。計数後、試料中の各分類群の細胞密度を計算した。測定したサイズから各分類群の細胞体積を計算し、その体積から炭素-体積換算式により炭素バイオマスを算出した。さらに、珪藻類と渦鞭毛藻類の生産量を細胞体積と生産量の回帰式から求めた。繊毛虫類に関しては、成長速度(d^{-1})を求め、その値と1細胞当りの炭素バイオマスを乗じて生産量を求めた。マイクロプランクトンの細胞密度データはBray-Curtisと平均連結法によりクラスター解析を行った。加えて、NMDSによりクラスターと有意な関係のある環境データを求めた。また、各クラスターを特徴づける分類群や環境データを明らかにするため、one-way ANOVAとTukey-Kramerによるポストホックテストを行った。さらに、マイクロプランクトンの各分類群のパラメーター(細胞密度、バイオマスおよび生産量)の変動要因を明らかにするために、共分散構造分析(Structural Equation Model, SEM)を行った。

細胞密度データに基づくクラスター解析の結果、類似度45%および52%で4つの群集(A-D)に分けられた。群集Aは3月に見られ、*Thalassiosira*属が優占していた。群集Bは4月から10月に見られ、*Chaetoceros*属、*Pseudo-nitzschia*属が優占していた。群集Cは11月から2月に見られ、*Odontella*属、羽状目珪藻が、群集Dは主に10月末に見られ、羽状目珪藻が優占していた。この4群集はNMDSにおいても明確に区分された。one-way ANOVAによる検定の結果、群集Bでは、気温、水温、クロロフィルaが高く、栄養塩濃度が低かったが、群集Cでは、群集Bとは逆に、気温、水温、クロロフィルaが低く、栄養塩濃度

が高かった。特徴種としては *Thalassiosira* 属が群集 A の特徴種であり、*Chaetoceros* 属が群集 B の特徴種であった。SEM 解析を行った結果、珪藻類の細胞密度では水温と降雨、バイオマスと生産量では渦鞭毛藻類と正の相関があった。また、珪藻類の生産量と最大風速に正の相関が見られた。渦鞭毛藻類に関しては、細胞密度では繊毛虫類と、バイオマスと生産量では水温と正の相関を示した。繊毛虫類に関しては、いずれのパラメーターにおいても水温と正の相関を示した。

クロロフィル *a* 濃度の季節変化としては、夏季～秋季と春季にピークが見られた。本研究のクロロフィル *a* 濃度のレジームと、先行研究により示されたレジームは、概して一致していた。また、先行研究から紋別港の水理環境の季節変化とクロロフィル *a* 濃度の季節変化は関係があると考えられ、本研究でも水塊の交換や栄養塩濃度変化と関係していると考えられる。このように、当該海域のクロロフィル *a* 濃度の季節変動は、水塊交換、栄養塩濃度によるボトムアップ効果の影響が大きいと考えられる。

本研究では、珪藻類の優占種は明確な季節変動を示した。水温の高い宗谷暖流が優占する3月から11月にかけては、海氷期の3月を除いて、当該海域の暖水塊に頻繁に出現する *Chaetoceros* 属の細胞密度が概して高かった。さらに、寒冷なオホーツク海表層水が優占する冬季においては、当該海域の冷水塊に見られる *Odontella* 属の細胞密度が高かった。3月の珪藻ブルーム時には当該海域の春季ブルームの主要種と知られる *Thalassiosira* 属が優占していた。珪藻類の優占種の季節変化は、このような水塊交換に起因していたと考えられる。

繊毛虫類のバイオマスは2016年7月に3分類群中で最も高かった。繊毛虫類のバイオマスは水温とクロロフィル *a* 濃度が高い夏季に最大となることが報告されている。また、植物プランクトンが高濃度の時には繊毛虫類に対するカイアシ類の捕食圧が低下することが知られている。本研究においても、2016年7月はクロロフィル *a* 濃度が高く、SEM 解析の結果においても、繊毛虫類の細胞密度、バイオマス、生産量は水温と正の相関があった。こうしたことから、2016年7月に繊毛虫類が高いバイオマスを示したのは、高水温により増殖が活発になっていたことと、植物プランクトン濃度が高いことによる繊毛虫類への捕食圧の低下が原因であると考えられる。

本研究では細胞サイズと生産速度の関係式から生産量を推定したが、その推定値は¹³C法や¹⁴C法などの培養を用いて測定された生産量の既報値よりも低かった。この原因として考えられることは、本研究の海域が沿岸域であったのに対して、先行研究の対象海域は外洋域であったため、水柱内の積算の生産量が低くなったということが挙げられる。また、本研究で用いた細胞サイズと一次生産量の関係式は、少数の種の培養実験に基づくデータから得られたものであり、実際の環境中の種数を反映できていないため、実測値と離れた値になることが考えられる。

紋別港のマイクロプランクトン群集について調査した結果、明確な季節変動が見られ、分類群によって異なる変動要因が示唆された。今後、より詳細な種の変動の解明や、生産量の実測値との比較が求められる。

松本卓真