

2017年夏季の北部ベーリング海域およびベーリング海峡における 水中と海底堆積物中の植物プランクトン群集

植物プランクトンは海洋生態系の基礎生産者であり、なかでも珪藻類は量的質的に重要な役割を担っている。珪藻類の多くは増殖に不適な環境になると休眠期細胞を形成し、海底に沈降するが、それらの分布密度や種組成は水中の植物プランクトン群集の組成や動態と密接に関係していることが知られている。特に水柱と海底の相互作用が強い沿岸域において休眠期細胞はブルームのシードポピュレーションとなると報告されている。本調査海域である北部ベーリング海は最大水深 60 m 程度の浅い海域であり、有光層の植物プランクトンはほとんど捕食されることなく海底へ沈降すると言われている。このような水域において、水中の植物プランクトンと底泥中の休眠期細胞の分布を把握することは意義が大きい。が、調査例は少ない。そこで本研究では、夏季北部ベーリング海域およびベーリング海峡において水中と海底堆積物中における植物プランクトンの分布を明らかにするとともに、両者の関係性について考察を加えた。

調査は北部ベーリング海域およびベーリング海峡において、2017年7月9-12日の期間、北海道大学水産学部附属練習船おしよる丸第40次航海にて行った。海水試料はニスキン採水器を用いて14地点より採取し、海底泥試料は Multiple corer を用いて11地点より得た。海水試料は、基準層 (0, 10, 20, 30, 40 m, bottom) の各層と Chl. *a* 蛍光極大層より 500 mL ずつ採取し、孔径 3.0 μm の Nuclepore フィルターを用いて 10 mL に濾過濃縮した。基準層より採取した濃縮試料は終濃度 1% となるようにグルタルアルデヒドで、Chl. *a* 蛍光極大層より採取した濃縮試料は PHEM 固定液で固定した。得られた固定試料については、倒立顕微鏡下で植物プランクトンの同定と計数を行った。得られた植物プランクトンの細胞密度のデータをもとに統計解析を行った。まず Bray-Curtis similarity index 用いてクラスター解析を行い、SIMPER 解析でクラスター内の類似度ならびにクラスター間の非類似度に対する各分類群の寄与を調べた。さらに、水理環境データと植物プランクトン群集との関係性を評価するために Nonmetric Multidimensional Scaling (NMDS) ならびに重回帰分析を行った。Chl. *a* 蛍光極大層について、植物プランクトン全体と優占種 *Chaetoceros socialis* の細胞密度を用いて Pearson の相関分析を行った。海底泥試料は表層 0-3 cm を採取し、密閉容器に入れて1か月以上冷暗所に保存した後、MPN 法によって珪藻類休眠期細胞密度を推定した。まず海底泥試料を滅菌濾過海水で 0.1 g mL⁻¹ の濃度に懸濁し、これを 10⁰ 希釈懸濁液とした。次に、改変 SWM-3 培地を用いて段階希釈を行い、10⁻¹-10⁻⁶ 希釈懸濁液を調製した。各希釈段階の懸濁液をそれぞれ 1 mL、マイクロプレート (48 ウェル) の 5 ウェルずつに接種した後、温度 5°C、光強度 50 $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{sec}^{-1}$ 、明暗周期 14h L:10h D の条件下で培養し、約2週間後に倒立顕微鏡を用いて観察を行った。珪藻類栄養細胞の出現と増殖が確認された区画を陽性とし、各希釈段階の陽性数の組み合わせから海底泥中の珪藻類休眠期細胞の存在密度を推定した。

調査期間中、水温は 1.2-10°C、塩分は 30.4-32.8 の範囲の値を示した。Sts. 1-3 および St. 6, St. 7 において水柱全体に低温高塩分水塊 (Bering-Chukchi Summer Water; BCSW) が認められ、その他の海域では上層に高温低塩分水塊 (Alaskan Coastal Water; ACW)、下層に BCSW が確認された。セントローレンス島南方の Sts. 19-23 においては、底層にブライン水由来の

高塩分水塊 (Bering-Chukchi Winter Water; BCWW) が存在していた。栄養塩濃度について見ると、DIN は検出限界以下-22.3 $\mu\text{mol L}^{-1}$ 、リン酸塩は 0.11-6.6 $\mu\text{mol L}^{-1}$ 、ケイ酸塩は 1.5-99.1 $\mu\text{mol L}^{-1}$ の範囲であった。N/P 比は全地点において 16 以下で窒素制限であった。水中の植物プランクトンは 3.6×10^2 - 1.6×10^6 cells L^{-1} の密度範囲で分布しており、珪藻類は 19 属 19 種、渦鞭毛藻類は 7 属 6 種が確認された。ほとんどの地点で珪藻類が優占しており、特に *Chaetoceros* spp., *Thalassiosira* spp., *Leptocylindrus* spp. が高密度で検出された。また植物プランクトン群集は、クラスター解析において類似度 30% および 56% で識別することにより 6 つのグループ (グループ A-F) に区分された。グループは NMDS ならびに重回帰分析において緯度、水温および Chl. *a* 蛍光値と特に有意な関係 ($p \leq 0.0006$) を示した。グループ A, E, F は広範囲に存在し、SIMPER 解析からこれらのグループを特徴付ける植物プランクトンとして *Chaetoceros* spp. などが挙げられた。Chl. *a* 蛍光極大層における植物プランクトンの細胞密度は 1.1×10^4 - 8.9×10^6 cells L^{-1} の範囲であった。植物プランクトンの細胞密度が高い地点では *Chaetoceros socialis* が卓越しており、細胞密度が低い地点では *C. socialis* の占める割合が小さかった。また、植物プランクトン細胞密度と *C. socialis* の細胞密度との間に有意な相関が認められた (Pearson: $p < 0.05$, $R^2=0.90$)。底泥中の珪藻類休眠期細胞は 3.0×10^4 - 1.9×10^6 MPN g^{-1} wet sediments の範囲で検出され、中心目珪藻類は 9 属 15 種、羽状目珪藻類は 7 属 4 種が確認された。なかでも *C. socialis* は全地点より高密度 (1.1×10^5 - 1.6×10^6 MPN g^{-1} wet sediments) で検出された。羽状目珪藻類の中では *Fragilariopsis* spp. が最も高密度で検出された。特にセントローレンス島南方海域においてその割合が高かった。

ベーリング海峡内では鉛直混合が頻繁に起こるため、夏季までブルームは維持されていることが分かった。アラスカ沿岸域には貧栄養水塊 ACW が存在するため、成層化による表層での栄養塩の枯渇は著しく、植物プランクトンブルームは成層期の始まりに収束すると考えられる。その他の海域では、温暖な ACW が南西海域の表層へ広がることによって下層の BCSW や BCWW との間に顕著な躍層が形成され、表層とそれ以深では異なる植物プランクトン群集が形成されていると考えられる。ゆえに植物プランクトンの群集構造は ACW の広がりに影響を受けると推測された。以上より水中における植物プランクトン群集は海域の水理学的特徴に大きく影響を受けることが示唆された。

セントローレンス島南方海域において底泥中から *Fragilariopsis* spp. が高密度で検出されたのは、早春の大規模なアイスアルジー群集の発達によるためと考えられた。本海域では冬季にポリニアが形成されるため、開放水面が少ない時期に基礎生産力が向上する重要な海域であることが示唆された。

Chl. *a* 蛍光極大層において *C. socialis* と植物プランクトン全体の細胞密度の間に有意な相関が認められ、底泥中においても *C. socialis* の休眠期細胞が広範囲かつ高密度で存在していた。ゆえに *C. socialis* は、本調査海域において大規模な春季ブルームを構成する重要種と考えられ、本調査海域において底泥中の珪藻類休眠期細胞はシードポピュレーションとなる可能性が示唆された。