

## 西部北極海の植物プランクトン栄養細胞および底堆積物中の休眠期細胞の分布

西部北極海には、浅い陸棚域と水深が深い海盆域が存在する。ごく最近、ベーリング海東部陸棚域の海底堆積物中には多くの植物プランクトン休眠期細胞が存在することが見出された。これらの休眠期細胞は、水柱の植物プランクトン群集のタネ（シードポピュレーション）となっていると考えられる。また近年の急速な海水の減少によって、夏季の開放水面が広がることにより光環境が向上した結果、一次生産が増加傾向にあるという。このような海水の減少に伴う海洋環境の変化が植物プランクトン群集に与える影響を評価する上で、堆積物中の休眠期細胞について調査することは、植物プランクトンのブルームの規模や組成、ならびに来歴を推定することが出来ることから意義が大きいと考えられる。本研究では、これらの分布を調べ、細胞密度と組成を比較し、その要因について考察することを目的とした。また海水試料について植物プランクトンの同定・計数を行い、水中の植物プランクトン群集の変動を明らかにし、堆積物中の種組成との関係性について考察した。

西部北極海において、2012年9月16日～10月3日に9観測点、2013年7月4日～17日に18観測点、計27の観測点で採水と採泥を行い、その内6点では採水のみ、3点では採泥のみを行った。海水試料は、2012年9月はCTDを用いて蛍光値極大層（7.2–66.7 m）を確認してその層から1 L採取し、2013年7月は0, 5, 10, 20, 30, 40 mの各層からそれぞれ1 L採水した。採水後直ちに終濃度1%にてグルタルアルデヒドで固定し、検鏡観察の際には沈殿濃縮法により18 mLに濃縮した。各濃縮試料について、倒立顕微鏡下で珪藻類および渦鞭毛藻類を対象として同定・計数を行った。渦鞭毛藻類についてはカルコフルオル染色後、青色励起光下で鎧版配列を観察して同定と計数を行い、細胞密度（cells L<sup>-1</sup>）を算出した。検出された植物プランクトンは珪藻類（中心目と羽状目）と渦鞭毛藻類に分け、各観測点の環境要因との関連性を評価するため回帰分析を行った。

堆積物試料は、2012年9月はMultiple corerで得た堆積物表層の0–3 cmを1 cmごとに分割して採取し、2013年7月はアシュラおよびSmith-McIntyre採泥器でそれぞれ堆積物表層0–2 cmと0–3 cmを採取し、密閉容器に入れて冷暗所に保存した。半年以上暗所に冷蔵保存した後、MPN法によって植物プランクトン休眠期細胞の密度を推定した。まず、よく攪拌した堆積物試料1 gを秤量し0.1 g mL<sup>-1</sup>になるように滅菌濾過海水中に懸濁させ、これを10<sup>0</sup>懸濁液とした。この10<sup>0</sup>懸濁液を、改変SWM-3培地を用いて段階希釈し10<sup>-1</sup>から10<sup>-6</sup>までの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、5区画ずつ48ウェルのマイクロプレートに接種し、温度5°C、光強度61–108 μmol photons m<sup>-2</sup> sec<sup>-1</sup>、明暗周期14h L : 10h Dの条件下で培養した。培養は2週間をめぐり13–16日間培養し、倒立顕微鏡下で観察を行った。栄養細胞が観察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統計表を参考に堆積物1 g中に存在する休眠期細胞数（MPN g<sup>-1</sup> wet sediments）を求めた。また渦鞭毛藻類のシストの計数については、珪藻類増殖阻害剤のGeO<sub>2</sub>（1 mg L<sup>-1</sup>）を改変SWM-3培地に添加して培養し、海水試料の場合と同様、出現した渦鞭毛藻類の細胞をカルコフルオルで染色し観察を行った。両試料の同定・計数の結果は、対数変換した後Bray-Curtisと平均連結法によるクラスター解析を行った。また各群集の特徴種はKruskal-Wallis検定とSteel-Dwass検定により評価した。

海水中の植物プランクトン細胞密度は、2012年9月が9.0 x 10<sup>2</sup>–2.3 x 10<sup>4</sup> cells L<sup>-1</sup>、2013年7月が2.43 x 10<sup>3</sup>–7.2 x 10<sup>5</sup> cells L<sup>-1</sup>の範囲で、7月のベーリング海峡付近の観測点で最も高密度

であった。検鏡の結果、珪藻類は17属33種、渦鞭毛藻類は6属12種が観察により同定された。クラスター解析の結果、24観測点はoutグループの2観測点を除き大きく分けて3つのグループ(A-C)に分けられ、それぞれ6, 9, 7観測点が含まれた。グループAは2012年9月のみに分布しており総細胞密度が最も小さく *Cylindrotheca closterium*, *Fragilariopsis* spp. の細胞密度が有意に小さかった。グループBは7月の観測点の西側に分布し総細胞密度が最も大きく、*Bacterosira bathyomphala*, *Chaetoceros* spp. resting spore, *Thalassiosira gravida*, *Thalassiosira nordenskiöldii*, *Thalassiosira* spp., *Cylindrotheca closterium*, *Fragilariopsis cylindrus*, が有意に多く存在した。グループCは7月の調査海域の東側に分布していた。クラスター解析の結果から、水柱の植物プランクトン群集の分布の変動が見出された。空間的な変動の結果について見ると、2013年7月の観測点が東西2つの群集に分かれた。これは夏季にチャクチ海陸棚域の西側に流入する生産性の高い低温の水塊のアナディル水(AW)と、東側に流入する生産性の低い低温のアラスカ沿岸水(ACW)の影響で群集に空間的な変動が生じたと考えられる。また季節的な変動については、7月に発生していた大規模な珪藻類ブルームが栄養塩類の枯渇と共に収束し、9月に細胞密度が大きく減少するという変動を示したと考えられる。

海底堆積物中の休眠期細胞は、2012年9月が  $0-3.19 \times 10^5$  MPN g<sup>-1</sup> wet sediments, 2013年7月が  $2.78 \times 10^3-5.98 \times 10^6$  MPN g<sup>-1</sup> wet sediments の範囲で検出され、ベーリング海峡の北側で最も高密度であった。休眠期細胞として珪藻類は15属38種、渦鞭毛藻類は4属4種が確認された。MPN法の結果に基づくクラスター解析の結果、21観測点はoutグループの1観測点を除き大きく分けて3つのグループ(A-C)に分けられ、13, 5, 2観測点が含まれた。グループAは休眠期細胞が最も高密度で、2013年7月の1観測点を除くすべてと、2012年9月の1観測点を含んでおり、*Attheya longicornis*, *Bacterosira bathyomphala*, *Chaetoceros socialis*, *Detonula confervasea*, *Thalassiosira* spp. が有意に多く存在した。グループBはグループAと比べると休眠期細胞数、種数共に少なく、グループCは休眠期細胞がほとんど観察されなかった。クラスター解析の結果を見ると、7月と9月の異なるサンプリング時に同じグループが認められたことから、海底堆積物中の休眠期細胞は季節的に大きな変動を示さないと考えられる。一方で水深の違いによる空間的な変動が見られた。西部北極海で形成された休眠期細胞は海流によって北方に流されながら沈降すると想定されるが、グループAはほとんどが水深50m以下の観測点であるため休眠期細胞が堆積しやすいと考えられた。一方グループBに含まれる点は水深が深いため堆積するまでに流されてしまい、休眠期細胞が堆積しにくいと考えられた。

西部北極海では、水柱で発生した大規模な珪藻類ブルームが栄養塩枯渇などの原因によって収束し、形成された休眠期細胞が海底に沈降、蓄積した結果、海底堆積物中に高密度の休眠期細胞が存在していた。近年の海氷減衰によって夏季の開放水面が広がり、水柱での植物プランクトンが長期間増殖できるようになると、浮遊珪藻類のブルームの規模も大きくなると考えられる。しかし海氷を増殖の場とするアイスアルジーは増殖の場を失い、その生産が減少すると考えられる。水柱の群集の変動は海底に存在する休眠期細胞の動向にも影響を与えるため、ブルームの規模や海氷減衰による植物プランクトン群集の変動を総合的に理解する上で、休眠期細胞の調査はきわめて重要であると言える。

森田航也