

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、休眠期細胞の調査研究を行う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、形成機構を理解する上で意義が大きいと言える。また、近年の急速な海水の衰退によって夏季の開放水面が増加し、光環境が向上した結果、北極海全体で一次生産が増加傾向にあるという。しかし一次生産増加の要因についてはまだ不明な点が多い。本研究では、海底堆積物中の休眠期細胞および水柱の植物プランクトン群集の種組成や分布を調査し、それぞれの分布の変動要因について考察することを目的とした。

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。海水試料については、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⁻¹）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⁻¹になるように滅菌濾過海水中に懸濁させ、これを10⁰懸濁液とした。この10⁰懸濁液を、改変SWM-3培地を用いて段階希釈し10⁻¹から10⁻⁶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⁻² sec⁻¹、明暗周期14h L : 10h Dの条件下で培養した。培養は2週間を目処に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⁻¹ 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G_cO₂（1 mg L⁻¹）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施した。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 10²–2.3 x 10⁴ cells L⁻¹、2013年7月が2.43 x 10³–7.2 x 10⁵ cells L⁻¹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 種が同定された。クラスター解析の結果、24 観察点は 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、総細胞密度が最も低く *Cylindrotheca closterium*, *Fragilariopsis* spp. の細胞密度が有意に少なかった。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高く、*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。なおグループ 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。7 月と 9 月の群集を比較すると細胞密度に大きな差が認められ、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衰退し、9 月には細胞密度が大きく減少したためであると考えられる。また空間的な変動については 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比較的生産性の高いベーリング陸棚水 (BSW) 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相違が生じた結果と考えられる。

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^{-1} wet sediments, 2013 年 7 月が $2.78 \times 10^3-5.98 \times 10^6$ MPN g^{-1} 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 14 属 39 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、各々 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 観測点を除く全てと、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時期の違いによる変動は示さなかった。一方空間的な変動について、調査海域の南北で休眠期細胞数に大きな違いが検出されたが、これは海域の基礎生産の違いによって堆積する休眠期細胞数に変動が生じた結果の反映と考えられる。

西部北極海では、海氷の融解と共に発生した大規模な珪藻類ブルームが栄養塩枯渇などによって衰退し、その結果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と想定できる。近年の海水減衰によって夏季の開放水面が広がり、水柱において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も大規模化すると考えられる。しかしながら一方で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水減衰による植物プランクトン群集の変動を長期的かつ総合的に理解する上で、休眠期細胞の調査研究はきわめて重要であると言える。

森田航也