

2021年夏季の北太平洋亜寒帯域北緯47度線に沿った マイクロプランクトン群集構造の東西変化

北太平洋亜寒帯域は北海道沿岸域からアラスカ湾にかけて東西に広がり、世界の主要な HNLC 海域の1つであるとされている。北太平洋亜寒帯域は、海域により出現する珪藻類の種組成や群集も異なり、水理環境もそれぞれ異なる特徴を持っていることが報告されている。夏季の北太平洋亜寒帯域における植物プランクトン群集に関する知見として、珪藻類に関する海域毎の種組成、Chl. *a* の水平分布、珪藻細胞数密度と Chl. *a* の相関に関する研究はあるものの、渦鞭毛藻類や繊毛虫を含めたマイクロプランクトンの群集構造に関する研究や、栄養塩データも含む東西の群集構造の差異を比較した研究はほとんど行われていない。本研究は2021年夏季(7-8月)に、北太平洋亜寒帯域の北緯47度線に設けた東西トランセクトにおけるマイクロプランクトン群集構造を明らかにし、その東西変化を明らかにすることを目的として行った。本研究の特色として、これまで当海域における広範囲の東西比較研究において扱われてこなかった、渦鞭毛藻類や繊毛虫類の解析と栄養塩の解析も併せて行った点が挙げられる。

2021年7月15日-8月13日に、北太平洋亜寒帯域の47°Nに沿った東西観測線(145.5°E-151.4°W)の28定点において、CTDに取り付けた蛍光光度計が最大蛍光値を示した Chl. *a* 極大層から、ニスキンボトルを用いて1Lの海水を採水した。採水試料はグルタルアルデヒドを終濃度1%になるように添加して固定した。また全ての定点において水温と塩分の測定を行い、東西をカバーする13定点においては、各採水層に基づく栄養塩(硝酸塩、亜硝酸塩、ケイ酸塩、リン酸塩)と Chl. *a* を測定した。植物プランクトン固定試料1Lは静沈濃縮法により約20mLにまで濃縮し、この濃縮試料から500μLを採取し、倒立顕微鏡を用いて検鏡し、出現したマイクロプランクトン細胞の種同定と計数を行った。珪藻類、渦鞭毛藻類、珪質鞭毛藻類、クリプト藻類およびプラシノ藻類に関しては種または属レベルまでの同定を行い、繊毛虫類に関しては、有鐘類と少毛類に分けて計数した。計数後、試料中の各分類群の細胞数密度(cells mL⁻¹)を計算した。細胞数密度データに基づき、Bray-Curtis法と平均連結法によるクラスター解析を行った。また、各群集間での各マイクロプランクトン細胞数密度の差を、one-way ANOVAにより検定し、ポストホックテスト(Tukey-Kramer test)を行った。さらに、環境要因と植物プランクトン群集との関係を明らかにするため、水温、塩分、栄養塩のデータ全てが揃っている13定点のデータに基づいて、植物プランクトンの細胞数密度データから求めた類似度マトリックスに併せて、DistLMおよび冗長性解析を行った。

本研究を行った0-100m水柱内における水温は1.9-17.3°Cの間であった。塩分は32.4-34.4の間であり、高塩分は北海道近海において155°E以西に見られ、低塩分は160°W以東の水深50m以浅に見られた。栄養塩の窒素、リン、ケイ酸塩はいずれもよく似た鉛直断面分布を示し、北海道近海の水深20m以浅にて低い値を示し、150°Eから180°の水深50m付近と100m付近において高い値を示した。N:P比とSi:P比(モル比)は、北海道近海の水深20m以浅にて低い値を示し、160°W以東では特にN:P比の低い値が表層から水深80m付近にまで広がっていた。Chl. *a* は0.1-1.8 μg L⁻¹の間であり、北海道近海の水深10-30mでは高い値を示したが、観測ラインの東端では全層を通して低い値であった。本研究で観測された表

層付近に存在する水塊は 3 つに分けることができ、東西観測ライン東側の海域では最も低塩分のアラスカストリーム (AS)、ラインの中央部には亜寒帯水 (SW)、さらにラインの西端の南下した定点では最も高塩分の黒潮続流 (KE) が見られた。

各定点におけるマイクロプランクトン細胞数密度は $2.3\text{--}117.8\text{ cells mL}^{-1}$ の間にあった。当海域のマイクロプランクトン群集は類似度 48.1%において A、B および C1–C4 の 6 群集に分けられた。グループ A と B は渦鞭毛藻類が優占していたが、細胞数密度が多いのがグループ A で、細胞数密度が少ないのがグループ B であった。グループ C は珪藻類が優占し、定点数が多かったため、樹形図に基づき C1–C4 のサブグループに分けた。グループ C1 は珪藻類の *Pseudo-nitzschia* spp. が卓越し、細胞数密度は全グループの中で最も多かった。グループ C2 から C4 は珪藻類が多く、細胞数密度は中程度であった。全マイクロプランクトン群集に渦鞭毛藻類が優占していたグループ A と B は、東西観測ラインの東西の端にのみ見られた。特に細胞数密度の多かったグループ A は、ラインの西端の北海道近海においてのみ見られ、渦鞭毛藻類の細胞数密度は、このラインの西端にて最も多かった。珪藻類細胞数密度が渦鞭毛藻類細胞数密度よりも多かったグループ C は、ラインの中央部に見られた。グループ C の 4 つのサブグループのうち、特に細胞数密度の多かったグループ C1 は水平的に隣接した 2 点 ($175.0\text{--}171.6^{\circ}\text{W}$) において見られた。観察された 6 つのグループのうち、渦鞭毛藻類の多いグループ (A と B) のうち、細胞数密度の多いグループ A と、珪藻類の多いグループ (C1–C4) のうち、細胞数密度が最も多かったグループ C1 の形成要因について、以下に詳述する。

グループ A の見られた海域は水塊としては KE と SW の遷移域であり、表面水温度が高く栄養塩がほぼ枯渇し、 170°W 以東の海域に比べ、低い栄養塩濃度となっていた。この海域は 2021 年 7 月中旬–8 月中旬にかけて海洋熱波 (Marine Heat Wave) が観測され、同年秋季に有害渦鞭毛藻類 *Karenia selliformis* のブルームが発生した海域である。当海域において渦鞭毛藻類が優占したメカニズムについて、海洋熱波により水温躍層が発達し、躍層以浅の栄養塩は枯渇し、鉛直移動能力を持たない植物プランクトン (珪藻類など) の増殖は困難になるのに対して、移動能力を持つ渦鞭毛藻類が夜間に下層で栄養塩を補給し、優占することが示唆されている。本研究においてもグループ A の見られた海域は高水温かつ低栄養塩であり、鞭毛による日周鉛直移動能力を持つ渦鞭毛藻が優占したと考えられる。

珪藻類の優占したグループ C のうち、最も細胞数密度が高かったのが、グループ C1 である。グループ C1 で珪藻類の *Pseudo-nitzschia* spp. が卓越した点 ($175.0\text{--}171.6^{\circ}\text{W}$) は水平的に隣接した 2 点で、 175°W 以西に比べて水温が上昇し、塩分が低下した海域となっていた。これらの 2 定点は隣接する定点に比べて塩分が急激に低下していたことから、AS により沿岸水が流入し、中規模渦を形成していた可能性が考えられる。アラスカ湾には反時計回りのアラスカ循環流が存在し、アリューシャン列島に沿って北太平洋亜寒帯域中央部に AS として流入している。中規模渦は鉄を含む沿岸水を、鉄不足の外洋に輸送し、性質の異なる水塊の混合を引き起こすとされている。船上培養実験において、外洋水に中規模渦水を混合した際には、珪藻類 *Pseudo-nitzschia* spp. が増加することが報告されている。このように、アラスカ湾沿岸より分離された中規模渦により北部北太平洋亜寒帯域に鉄が供給され、ブルームが発生した結果、これら隣接する 2 定点において、羽状目珪藻類の細胞数密度が観測ライン中で最も高い値を示したと解釈することができる。

江頭広祐