

太平洋側北極海の「亜寒帯化」は夏に進行することを解明

～プランクトンの12年間の長期観測データを日韓共同で解析～

ポイント

- ・夏季の太平洋側北極海における動物プランクトン群集の時空間変化を日韓共同で調査。
- ・12年間のデータから、太平洋群集は8月に勢力を伸ばすが、9月には急速に減少することが判明。
- ・気候変動による太平洋側北極海の海洋生態系への影響の理解に大きく貢献。

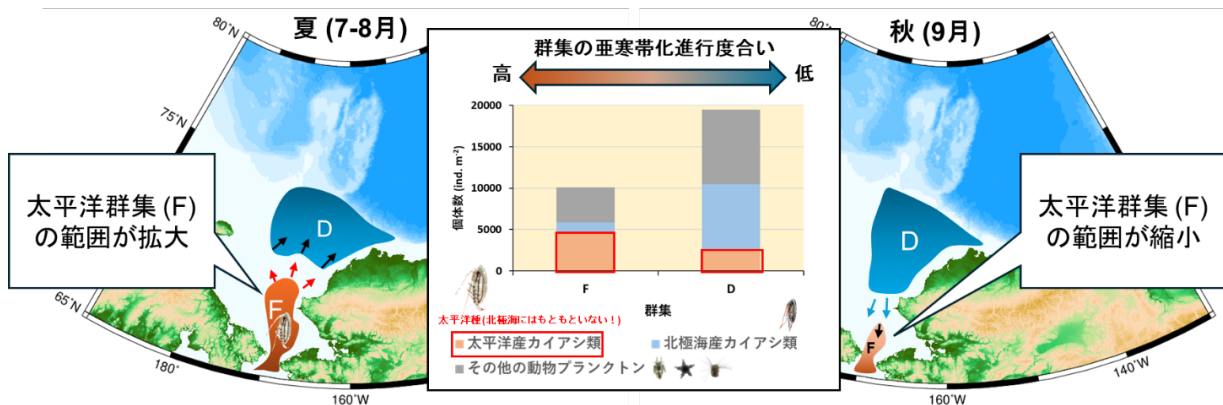
概要

北海道大学北方生物圏フィールド科学センターの松野孝平准教授、同大学大学院水産科学研究院の山口 篤准教授、韓国極地研究所のジーフン キム博士らの研究グループは、2008-2021年の12年間にわたる太平洋側北極海における動物プランクトン群集と海洋環境データを日韓共同で解析し、太平洋群集が8月には増加するが、9月になると急速に減少することを明らかにしました。

動物プランクトンは、海洋生態系における重要な仲介者であり、植物プランクトンの一次生産に起因する有機物を、高次生物へ受け渡します。また動物プランクトンは、寿命が短く、水中を漂うため、海氷衰退のような気候変動の影響を受けやすいと考えられています。太平洋側北極海では近年、温暖な太平洋水の流入量が増加し、「亜寒帯化」が進行していることが示唆されています。しかし、当該海域における動物プランクトン群集の経時変化に関する知見は乏しく、大型でエネルギーを多くもつ太平洋産種を多く含む太平洋群集が、いつどのように増減するかに関する知見は乏しいのが現状でした。そこで研究グループは、海洋研究開発機構（JAMSTEC）海洋地球研究船みらいと、韓国極地研究所の砕氷船アラオンにより12年間にわたり取得蓄積されたデータを統合解析しました。その結果、亜寒帯性種が含まれる太平洋群集は8月には増加しますが、9月になると急速に減少することを明らかにしました。

本研究の成果は、太平洋側北極海における亜寒帯化が夏に進行することを明らかにしており、今後の地球温暖化に対する北極海の海洋生態系の将来予測に貢献する知見となります。

なお本研究成果は、2025年12月6日（土）公開のProgress in Oceanography誌にオンライン掲載されました。



太平洋側北極海における亜寒帯化した動物プランクトン群集の季節変化の模式図。太平洋産種が多く、亜寒帯化が進行した群集 F（オレンジ色）は、7-8月に見られるが、9月には範囲が減少し、従来の北極海群集 D（青色）が増加。

【背景】

太平洋側北極海では、近年、温暖な太平洋水の流入量が増加し、「亜寒帯化」が進行していることが示唆されています。この「亜寒帯化」は、水温や栄養塩などの物理化学環境が亜寒帯の状態に近づくだけでなく、そこに生息する生物も亜寒帯種へと置き換わることを意味しています。動物プランクトンは、海洋生態系における重要な仲介者で、植物プランクトンの一次生産を高次生物へ受け渡します。さらに、寿命が短く、水中を漂うため、海洋環境の変化に鋭敏に応答します。北極海と北太平洋では、異なる動物プランクトン種が分布していることから、北極海内で動物プランクトンを採集し、種まで同定することで、「亜寒帯化」の進行度合いを判断することができます。特に、動物プランクトンバイオオマスの多くを占めるカイアシ類では、北極海産種に比べて、太平洋産種は1個体が大型で、エネルギーを多く有することから、魚類など高次生物の良い餌として、生態系内で重要な役割を果たしています。つまり、動物プランクトン群集内の太平洋産種の個体数や割合を調べることで、「亜寒帯化」の進行度合いと、高次生物へのエネルギー供給を合わせて評価できることとなります。しかし、これまでの太平洋側北極海では、短期的な調査に基づく報告が多く、それら太平洋産種を多く含む太平洋群集がいつどのように増減するかは不明でした。

研究グループは、太平洋側北極海において、日本の海洋研究開発機構の海洋地球研究船みらいと韓国極地研究所の砕氷船アラオンが2008年から継続してきた調査データを、日韓で統合し、共同で解析することで、太平洋側北極海における亜寒帯化の実態解明を試みました。

【研究手法】

2008-2021年の7-9月にかけて、太平洋側北極海内に設けた計606観測点にて、プランクトンネット（目合い335 μ m）を用いて動物プランクトン試料を採集しました（図1）。試料は、採集後直ちに5%中性ホルマリンで固定し、陸上実験室に持ち帰りました。観測点では、CTDによる水温、塩分、蛍光値の鉛直プロファイルも得ました。陸上実験室では、固定試料を実体顕微鏡下で種毎に計数しました。統合した動物プランクトン個体数データに基づきクラスター解析を行い、群集を区分しました。SIMPER解析により群集の特徴種を特定しました。また、DistLM及び冗長性解析によって水理環境（水温、塩分、蛍光値）と群集との関係を解析しました。

【研究成果】

クラスター解析の結果、動物プランクトン群集は六つのグループに分けることができました（図2、群集A~F）。北極海海盆域では、主に群集Aが分布していますが、太平洋水の流入量が多かった2017年と2021年は陸棚域との境界付近で群集Cが出現していました（図2）。この群集Cは、群集Aに比べてフジツボ幼生や二枚貝幼生が多く見られたことから（図3）、浅い陸棚からの海流が多く流れ込んでいたために出現したと考えられます。陸棚域では、群集D、E、Fが見られ（図2）、太平洋産種は群集F>群集D>群集Eの順に多く出現しました。これらの群集の月変化を見ると、7-8月は群集FとDが多く、9月になると群集Eに代わる様子が見えました（図4）。このことから、太平洋水の勢力が強い夏季（7-8月）には、太平洋産種が多く北極海内に「亜寒帯化」が進行するが、9月になり太平洋水流入の勢力が低下すると、速やかに「亜寒帯化」も衰退することが分かりました。

【今後への期待】

本研究によって、太平洋側北極海の動物プランクトンにおける亜寒帯化は、夏に進行し、秋には元の北極海の状態に戻ることが明らかになりました。太平洋側北極海では太平洋水流入量の増加による

「亜寒帯化」が懸念されており、海洋生態系が再構築されると考えられています。実際に、水産重要種である太平洋サケなどの、本来北極海に分布しない生物が北極海内に侵入しており、カナダ沿岸では偶発的な漁獲も増えています。本研究の知見により、「亜寒帯化」が進行しやすい海域と季節が特定されたため、今後のモニタリング調査が効率化され、北極海を舞台とした海洋生態系改変の実態解明に繋がります。また、環境変化に対する海洋生物の応答の理解が進むことで、将来にわたる海洋生態系の維持や、水産資源の持続的利用に繋がることが期待されます。

【謝辞】

本研究は、文部科学省補助事業の北極域研究推進プロジェクト ArCS (JPMXD1300000000)、北極域研究加速プロジェクト ArCS II (JPMXD1420318865) 及び北極域研究強化プロジェクト ArCS III (JPMXD1720251001)、日本学術振興会科学研究費助成事業「基盤研究 (A) (JP22H00374、JP17H01483)」、「基盤研究 (B) (JP21H02263、JP19H03037)」、「挑戦的研究 (開拓) (JP20K20573)」、「若手研究 (JP18K14506)」、「二国間交流事業共同研究 (JPJSBP120238801)」の助成を受けて実施されました。また、韓国海洋科学技術振興院の Korea-Arctic Ocean Warming and Response of Ecosystem project (KIMST RS-2021-KS211500)、韓国研究財団の国際交流プログラム (NRF-2023K2A9A2A08000241) 及び韓国極地研究所 (PE25300) の助成を受けて実施されました。

論文情報

論文名	Synthesis of spatiotemporal variability in western Arctic zooplankton communities from summer to fall during 2008–2021 (2008-2021年の夏から秋にかけての西部北極海における動物プランクトン群集の時空間変動の総合解析)
著者名	Jee-Hoon Kim ¹ 、日比野湧也 ² 、Eun Jin Yang ¹ 、Kyoung-Ho Cho ¹ 、Hyoung Sul La ¹ 、Sung-Ho Kang ¹ 、Jeong-Hyun Kim ¹ 、Hyeju Yoo ¹ 、Jong-Kuk Moon ¹ 、阿部義之 ³ 、細田七海 ² 、山口 篤 ^{4,5} 、松野孝平 ^{4 (研究当時) ,5,6} (1 韓国極地研究所、2 北海道大学大学院水産科学院、3 北海道大学統合 URA 本部、4 北海道大学大学院水産科学研究院、5 北海道大学北極域研究センター、6 北海道大学北方生物圏フィールド科学センター)
雑誌名	Progress in Oceanography (海洋学の専門誌)
DOI	10.1016/j.pocean.2025.103634
公表日	2025年12月6日(土)(オンライン公開)

お問い合わせ先

北海道大学北方生物圏フィールド科学センター 准教授 松野孝平 (まつのこうへい)

T E L 0138-40-5541 F A X 0138-40-5541 メール k.matsuno@fish.hokudai.ac.jp

U R L https://www.fsc.hokudai.ac.jp/researcher/matsuno_kohei/

配信元

北海道大学社会共創部広報課 (〒060-0808 札幌市北区北8条西5丁目)

T E L 011-706-2610 F A X 011-706-2092 メール jp-press@general.hokudai.ac.jp

【参考図】

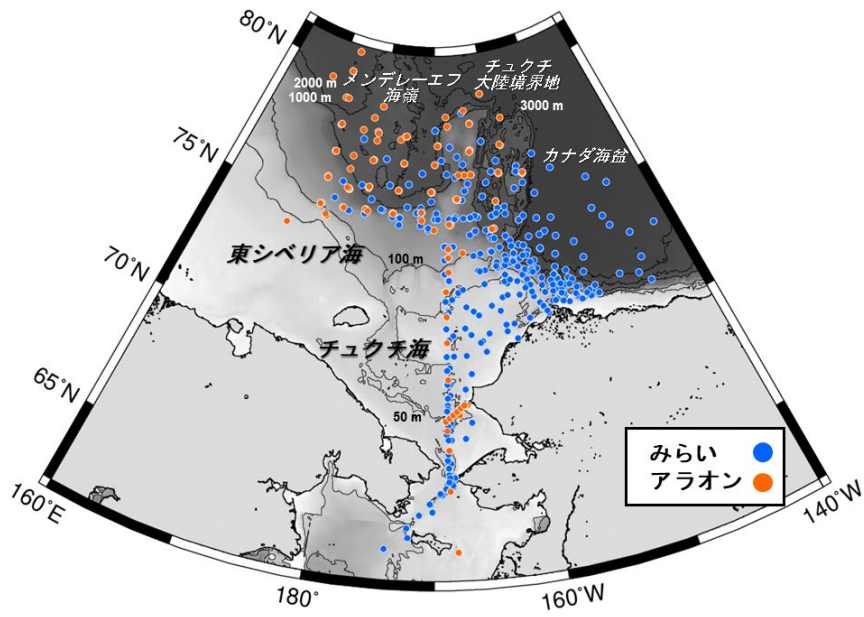


図 1. 2008-2021 年の 7-9 月に太平洋側北極海で調査を行った観測点。青丸が、日本の海洋研究開発機構の海洋地球研究船みらいでの観測地点で、赤丸が、韓国極地研究所の砕氷船アラオンによる観測地点を示す。海底の等深線は、50、100、1,000、2,000、3,000m を示す。

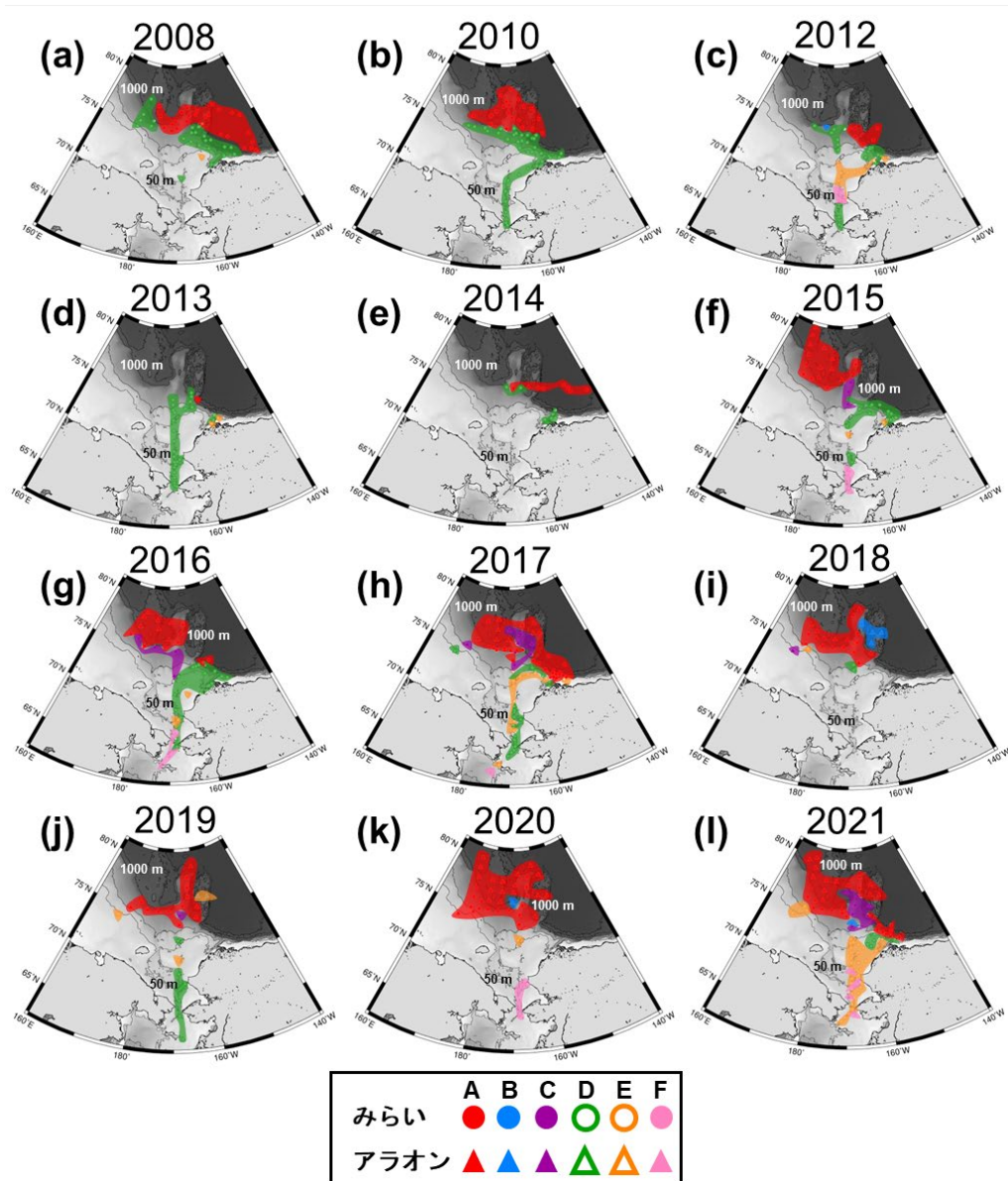


図 2. 太平洋側北極海における動物プランクトン群集の水平分布。群集は、個体数に基づくクラスター解析で区分した。色が群集の種類を示し、シンボルの形が観測を行った研究船を示す。海底水深 1,000 m 以上の海盆域では、主に群集 A と C が分布し、水深 50m 程度の陸棚域では群集 D、E、F が分布していることが分かる。

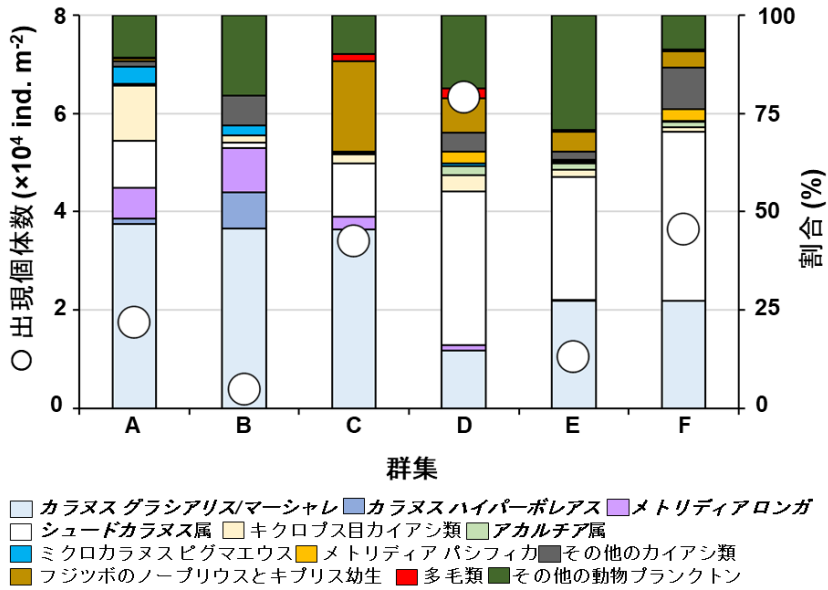


図 3. クラスター解析区分された各動物プランクトン群集の出現個体数と種組成。

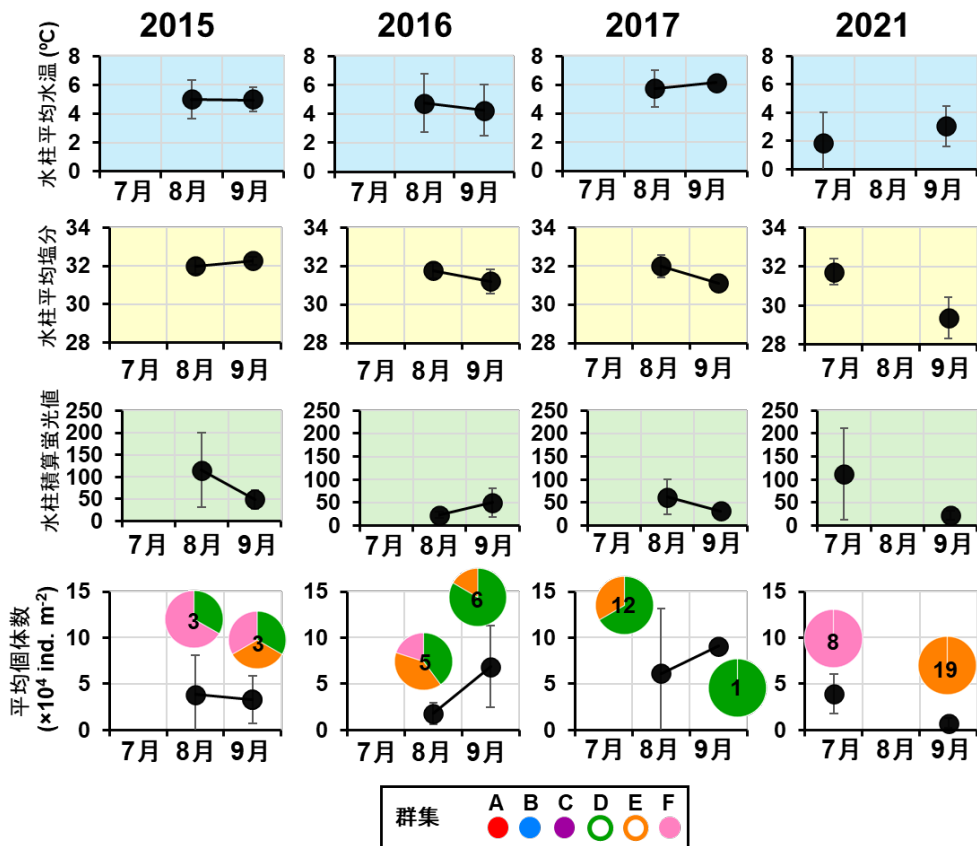


図 4. 太平洋側北極海陸棚域における、水温、塩分、蛍光値及び動物プランクトン個体数と群集割合の月変化を示す。太平洋群集の「群集 F (ピンク色)」は、7-8月に見られるが、2021年を除いて、9月になると北極海群集の「群集 D (緑色)」が増加していることが分かる。当海域の動物プランクトン群集の組成は、群集 F > 群集 D > 群集 E の順で、太平洋の影響が強く表れていた。このように、太平洋群集が出現するのは夏季 (7-8月) の一時期であると言える。