

学 位 論 文 題 名

Spatial and temporal changes in the zooplankton
community around the Aleutian Islands

(アリューシャン列島周辺海域における動物プランクトン群集の時空間変動)

学位論文内容の要旨

アリューシャン列島はベーリング海と北太平洋の間に位置するアメリカ合衆国アラスカ半島からロシア連邦コマンドルスキー諸島まで東西に連なる火山列島である。この周辺海域は海峡部での潮汐による鉛直混合と海水交換、列島南岸を西進するアラスカストリームの流量変動、本海流域での中規模高気圧性渦など特徴的な海洋環境が観察され、物理海洋学分野において近年注目されている。

アリューシャン列島周辺海域は生物生産が高く、魚類、海鳥類や鯨類など高次生物の索餌場としても重要なことが知られている。当海域における高次生物の資源量には海洋環境と海洋生態系の低次生産を支える動物プランクトン生物量の多寡が影響するとされている。これまで当海域における動物プランクトンに関する研究は、地理的に限られた範囲、年及び季節に関するものが多く、アラスカストリーム海域、列島海峡部とベーリング海といった対象海域全体を含む地理変動解析や複数年に及ぶ経年変動解析、また渦や海水交換など特徴的な物理環境の動物プランクトンへの影響の評価が望まれている。

本研究は夏季のアリューシャン列島周辺海域の動物プランクトン群集の時空間変動を明らかにするため、以下3つのサブテーマを設定した。すなわち 1: 初夏から初秋における動物プランクトン群集の時間的変動 (第2章)、2: 中規模高気圧性渦が動物プランクトン群集に与える影響 (第3章)、3: 動物プランクトン群集の地理及び経年変動 (第4章) である。また最後にこれら解析結果を統合し、総合考察を加え今後の展望を述べる (第5章)。

1. 初夏から初秋における動物プランクトン群集の時間的変動

時間的変動解析の試料として、2009年6月と8-9月の2回にわたりアリューシャン列島周辺海域にて、CTDによる海洋観測と目合い100 μm NORPAC ネットによる動物プランクトンの鉛直曳き採集を行った。観測点の地理的分布と水理環境データ解析により、本海域は大きく亜寒帯北太平洋、列島海峡部、ベーリング海海盆域の3海域とその他2海域に分けられ、動物プランクトン群

集の空間変動は各々の種の生活史と海洋環境によって規定されていた。全動物プラントン個体数は6月から8-9月にかけて減少しており、この時間変動は植物プランクトン量が6月から8-9月に減少し、6月に動物プランクトン相に優占していたカイアシ類ノープリウス幼生が減少したことによると考えられた。大型外洋性カイアシ類 *Neocalanus cristatus*、*N. plumchrus* と *Eucalanus bungii* の個体数は6月から8-9月にかけて減少しており、これは各々の種の生活史の反映と考えられた。

2. 中規模高気圧性渦が動物プラントン群集に与える影響

2010年7月に西部アリューシャン列島アッツ島南方海域において、中規模高気圧性渦（アリューシャン渦）を含む観測線（渦内）と渦を含まない観測線（渦外）でCTDによる海洋観測と目合い100 μm のNORPACネットによる動物プランクトンの鉛直曳き採集を行った。衛星海面高度偏差データの解析より、このアリューシャン渦は2010年2月にアッツ島南方で発生し、勢力を強めながら南西に移動していたことが判った。渦内では渦外と比べて、大型外洋性カイアシ類 *N. cristatus*、*E. bungii* と *Metridia pacifica* の個体数が多く、*Neocalanus* 属の油球蓄積量も多く、*N. cristatus* の発育段階が進んでいた。これらは渦内で起こる湧昇により供給される豊富な栄養塩によってもたらされる高い一次生産量の反映と考えられた。アリューシャン渦は外洋域で発生することから、多くの外洋性動物プランクトンを含み、渦内の良好な餌環境により大型外洋性カイアシ類の成長と生残率が高くなったことが示唆された。

3. 動物プランクトン群集の地理及び経年変動

2004-2010年の6-8月にアリューシャン列島南岸においてアラスカンストリームを横断するに複数の南北観測線を設け、CTDによる海洋観測と動物プランクトンの鉛直曳き採集を行った。全動物プランクトンバイオマスと個体数及び大型外洋性カイアシ類の個体数と発育段階は中央部（175°W-180°）で低く、東部（170°W-175°W）で高い傾向を示した。大型外洋性種の油球蓄積量は、アラスカンストリーム上流域（165°W-170°W）と下流域（180°-175°30'E）で高かった。これら動物プランクトン群集の地理変化は優占するカイアシ類の生活史、アラスカンストリーム縁辺部での海水交換や中規模高気圧性渦の影響と考えられた。全動物プランクトンバイオマスは、東部（170°W-175°W）にて2006-2008年の連続した3年間に多かった。また、大型外洋性カイアシ類の発育も進み、油球蓄積量も多かった。また、中央部（175°W-180°）では2004年と2009年に植物プランクトン量が多く、大型カイアシ類の油球蓄積量も多かった。このように、動物プランクトンの経年変動パターンは海域によって異なり、植物プランクトン量や一次生産量の変動と関係があると考えら

れた。

4. 総合考察・今後の展望

本研究の解析結果は大きく以下の3点にまとめられる。①アラスカンストリーム海域における大型外洋性カイアシ類 3 種の夏季の生活史には種間差があり、6 月以前に表層に出現する *N. cristatus* には大きな季節変動は見られず、晩夏に表層に出現する *N. plumchrus* と表層で再生産を行う *E. bungii* は 6-8 月にかけて成長していた。動物プランクトンバイオマスは個体数が多い 6 月の方が大きかった。②動物プランクトン群集の地理変動は、列島海峡部におけるベーリング海と北太平洋間の海水交換と海峡部における潮汐混合による栄養塩供給と中規模高気圧性渦における湧昇による栄養塩供給による高い一次生産に起因するボトムアップ的な要因によって説明できると考えられた。③動物プランクトンの経年変動パターンは海域により異なっていた。水温や植物プランクトン量などの環境要因と動物プランクトンバイオマス、大型カイアシ類の個体数との間に有意な相関が検出されなかった。これは動物プランクトン自体の輸送及び鉛直移動に加えて、バイオマスに優占する大型外洋性カイアシ類は世代時間が 1 年以上と長いため、環境要因の経年変動の影響が隠された結果であると解釈された。

本研究によりアリューシャン列島周辺海域、特にアラスカンストリーム海域における動物プランクトン群集には季節変動、地理変動および経年変動があることが明らかとなった。今後はこれらの変動のメカニズムや相互関係の解明が必要である。本研究の問題点として、観測点の水平分布と採集季節のばらつきや、年一回というスナップショット的な観測であったことが挙げられる。これらは将来、観測ラインと調査期間の統一および海洋物理・化学・生物の総合的な海洋観測を行っていくことにより改善出来ると考えられる。また、周年にわたる海洋観測を行うことが望まれるが、アクセスが困難な海域でもあることから、衛星リモートセンシング観測データの利用、観測ラインへの係留自動観測器の設置、生態系モデルの開発が望まれる。今後は、モデルによる数値計算と現場観測データを組み合わせた解析を行い高次生物も含めた総合的な生態系構造の解明を進める必要がある。

学位論文審査の要旨

主査	教授	齊藤 誠一
副査	教授	今井 一郎
副査	准教授	山口 篤
副査	准教授	バウア・ジョン・リチャード
副査	助教	上野 洋路 (環境科学院)
副査	教授	安田 一郎 (東京大学)

学位論文題名

Spatial and temporal changes in the zooplankton community around the Aleutian Islands

(アリューシャン列島周辺海域における動物プランクトン群集の時空間変動)

アリューシャン列島周辺海域は生物生産が高く、魚類、海鳥類や鯨類など高次生物の索餌場としても重要なことが知られている。これまで当海域における動物プランクトンに関する研究は、地理的に限られた範囲、年及び季節に関するものが多く、その地理変動や経年変動、渦や海水交換といった特徴的な物理環境が動物プランクトンに及ぼす影響は不明なままである。

本研究は夏季のアリューシャン列島周辺海域の動物プランクトン群集の時空間変動を明らかにするため、以下の3課題を設定した。すなわち1: 初夏から初秋における動物プランクトン群集の時間的変動、2: 中規模高気圧性渦が動物プランクトン群集に与える影響、3: 動物プランクトン群集の地理及び経年変動である。得られた結果は以下のように要約される。

1. 初夏から初秋における動物プランクトン群集の時間的変動

2009年6月と8-9月の2回にわたりアリューシャン列島周辺海域にて、時間的変動解析の試料を採集した。調査海域は大きく亜寒帯北太平洋、列島海峡部、ベーリング海海盆域の3海域とその他2海域に分けられ、動物プランクトン群集の空間変動は各々の種の生活史と海洋環境によって規制されていた。全動物プランクトン個体数は6月から8-9月にかけて減少しており、この時間変動は植物プランクトン量が6月から8-9月に減少し、6月に動物プランクトン相に優占していたカイアシ類ノープリウス幼生が減少したことによると考えられた。大型外洋性カイアシ類の個体数は6月から8-9月にかけて減少しており、これは各々の種の生活史の反映と考えられた。

2. 中規模高気圧性渦が動物プラントン群集に与える影響

2010年7月に西部アリューシャン列島アッツ島南方海域において、中規模高気圧性渦を含む観測線と渦を含まない観測線で試料採集を行った。渦内では渦外に比べて、大型外洋性カイアシ類の個体数が多く、油球蓄積量も多く、発育段階も進んでいた。これらは渦内で起こる湧昇により供給される豊富な栄養塩によってもたらされる高い一次生産量の反映と考えられた。アリューシャン渦は外洋域で発生することから、多くの外洋性動物プランクトンを含み、渦内の良好な餌環境により大型外洋性カイアシ類の成長と生残率が高くなったことが示唆された。

3. 動物プランクトン群集の地理及び経年変動

2004 - 2010年の6 - 8月にアリューシャン列島南岸に複数の南北観測線を設け、試料を採集した。全動物プランクトンバイオマスと個体数及び大型外洋性カイアシ類の個体数と発育段階は中央部(175°W - 180°)で低く、東部(170°W - 175°W)で高い傾向を示した。大型外洋性種の油球蓄積量は、アラスカンストリーム上流域(165°W - 170°W)と下流域(180° - 175°30'E)で高かった。一方、動物プランクトンの経年変動パターンは海域によって異なり、植物プランクトン量や一次生産量の変動と関係があると考えられた。

本研究によりアリューシャン列島周辺海域、特にアラスカンストリーム海域における動物プランクトン群集には季節変動、地理変動および経年変動があることが明らかとなった。今後はこれらの変動のメカニズムや相互関係の解明が必要である。本研究の問題点として、観測点の水平分布と採集季節のばらつきや、年一回というスナップショット的な観測であったことが挙げられる。これらは将来、観測ラインと調査期間の統一および海洋物理・化学・生物の総合的な海洋観測を行っていくことにより改善出来ると考えられる。また、周年にわたる海洋観測を行うことが望まれるが、アクセスが困難な海域でもあることから、衛星リモートセンシング観測データの利用、観測ラインへの係留自動観測器の設置、生態系モデルの開発が望まれる。今後は、モデルによる数値計算と現場観測データを組み合わせた解析を行い、高次生物も含めた総合的な生態系構造の解明を進めることが必要である。

上記の内容は、アリューシャン列島周辺海域における低次生産過程に重要な動物プランクトン群集の変動パターンをさまざまな時空間スケールから解析しており、その成果は当海域における低次生産過程の理解に大きく貢献するものとして高く評価できる。よって審査員一同は申請者が博士(水産科学)の学位を授与される資格のあるものと判定した。