

学 位 論 文 題 名

西部北太平洋亜寒帯海域における
プランクトン食物連鎖構造

学位論文内容の要旨

海洋において植物プランクトンにより光合成された有機物の高次生物への伝達経路として、従来珪藻類等のマイクロ植物プランクトン（ $>10\mu\text{m}$ ）からカイアシ類等のメソ動物プランクトン（ $>200\mu\text{m}$ ）へ直接流れる生食食物連鎖が想定されていたが、近年の研究で別経路として、バクテリアおよびピコ、ナノおよびマイクロ植物プランクトン（それぞれ $<2\mu\text{m}$ 、 $2-10\mu\text{m}$ 、 $>10\mu\text{m}$ ）からナノおよびマイクロ動物プランクトン（それぞれ $2-10\mu\text{m}$ 、 $>10\mu\text{m}$ ）を介してメソ動物プランクトンへ流れる微生物食物連鎖の存在が明らかとなった。海洋の物質循環を明らかにするためには、上記の2つを含んだプランクトン食物連鎖構造を明らかにする必要があるが、西部北太平洋亜寒帯海域においてその全体像を定量的に捉えた研究はない。本研究は、西部北太平洋亜寒帯の2沖合域（北海道南東部釧路沖、北海道南西部恵山沖）および1沿岸域（臼尻沿岸）をモデル海域として、そこでのプランクトン食物連鎖構造を明らかにすることを目的とした。

釧路沖での調査は1997年7月、10月、1998年1月、3月および5月、恵山沖海域および臼尻沿岸域では1997年5月から1999年6月にかけて1～2ヶ月間隔の頻度で行った。独立栄養プランクトンは、サイズ毎にピコ、ナノおよびマイクロサイズを、従属栄養プランクトンは、バクテリア、従属栄養ナノ鞭毛虫（HNF）、マイクロ動物プランクトンおよびメソ動物プランクトンの生物量を測定した。釧路沖と恵山沖では、ナノおよびマイクロ動物プランクトンの植物プランクトンに対する摂食速度を希釈法で測定した。また、恵山沖ではナノ動物プランクトンのバクテリアに対する摂食速度と、カイアシ類のマイクロ動物プランクトンに対する摂食速度の測定を行った。最後に、生物量、増殖速度および摂食速度のデータを総合して、釧路沖と恵山沖におけるプランクトン食物連鎖の炭素フロー図を作成

した。

全調査海域で独立栄養プランクトン生物量の鉛直分布は、水柱が成層構造にある時には表層に主に分布し、鉛直混合期には鉛直的に均一になる傾向を示した。メソ動物プランクトンを除く従属栄養プランクトンもほぼ同様な傾向を示したが、釧路沖と恵山沖（臼尻沿岸域は水深が75mと浅いため本解析から除外）での従属栄養プランクトンの鉛直分布は、餌生物である独立栄養プランクトンのそれと正比例関係にあることが示された。この結果から、独立栄養、従属栄養プランクトン（メソ動物プランクトンを除く）の鉛直分布は究極的には物理的要因である水柱の安定度により決定されていることが判明した。

独立栄養プランクトン生物量は海域により若干異なる季節変動を示した。即ち、釧路沖では春期と秋期に珪藻ブルームが観察されたのに対し、恵山沖では春期にのみ珪藻ブルームが観測され、臼尻沿岸では1997年には秋期ブルームが観測されたが、1998年秋期には観測されなかった。夏期には恵山沖と臼尻沿岸ではシアノバクテリアを中心とするピコ植物プランクトンのピークが観測されたが、釧路沖では観測されなかった。また、夏期に従属栄養プランクトンのバクテリアとHNF生物量が恵山沖、臼尻沿岸と比べ釧路沖で約4倍高い値を示した。海域間で独立栄養プランクトン生物量およびバクテリア、HNF生物量が異なる季節変動を示した要因として、夏期に恵山沖と臼尻沿岸に侵入してくる高温、高塩分、低栄養塩濃度の津軽暖流水の影響が考えられた。また、マイクロおよびメソ動物プランクトンは3つの調査海域ではほぼ同様な季節変動を示し、マイクロ動物プランクトンは珪藻ブルーム時に高い値、メソ動物プランクトンは春期ブルーム時に年間の最高値を示した。これら従属栄養プランクトン生物量の季節変動には、マイクロ動物プランクトンの摂食特性とメソ動物プランクトンの生活史が強く関係していると考えられた。

ナノおよびマイクロ動物プランクトンによる植物プランクトンへの摂食量は、海域によって異なる季節変動を示した。即ち、釧路沖では冬期にナノおよびマイクロ動物プランクトンの摂食量が植物プランクトンの増殖量を上回るのに対し、恵山沖ではその様な傾向は認められず、周年にわたり植物プランクトンの増殖量がナノおよびマイクロ動物プランクトンの摂食量を上回っていた。この要因として、海域間でナノおよびマイクロ動物プランクトンの構成種が異なることが考えられ、冬期の釧路沖には低水温に適応した種が存在すると推察された。恵山沖でサイズ毎の植物プランクトンへの摂食量を調べた結果、ピコ植物プランクトンに関しては全ての季節で増殖量と被食量がほぼ釣り合っていたが、ナノ

およびマイクロ植物プランクトンに関しては、夏期の水温上昇による増殖量の増加に伴い、摂食量を大きく上回る傾向を示した。冬期にはマイクロ植物プランクトンが効率良くマイクロ動物プランクトンに摂食されていた。また、バクテリアの増殖量とナノ動物プランクトンによる摂食量はすべての季節でほぼ釣り合っていた。

メソ動物プランクトンの主構成要素である小型カイアシ類は、従来珪藻等のマイクロ植物プランクトンを主要な餌料源としていたと考えられてきた。最近、マイクロ動物プランクトンは珪藻よりも栄養価が高く、カイアシ類が選択的に捕食している可能性が指摘されている。本研究でカイアシ類の消化管内容物中にマイクロ動物プランクトンの出現が確認された。そのため、小型カイアシ類の代謝要求量とマイクロ動物プランクトンに対する捕食可能量を比較したところ、その代謝要求量を満たすのに十分なマイクロ動物プランクトン生物量が周年存在していることが明らかとなった。

以上の各サイズ毎、栄養段階毎のプランクトン生物量、その増殖量および摂食量を用い、西部北太平洋亜寒帯の沖合域を代表する釧路沖と恵山沖の炭素フロー図を作製したところ、両海域のプランクトン食物連鎖構造はほぼ同様な季節変動を示した。即ち、周年を通じて微生物食物連鎖が卓越し、春期ブルーム期にのみ生食食物連鎖が併存することが明らかとなった。この結果を他海域と比較すると、周年を通して微生物食物連鎖が卓越する点で西部北太平洋（本調査海域）のプランクトン食物連鎖構造は、東部北太平洋のそれと一致するが、微生物食物連鎖に対するバクテリア生産の寄与率は、本調査海域が圧倒的に高かった。また、植物プランクトンの春期ブルーム期でも微生物食物連鎖が一部稼働しているという点で北大西洋の食物連鎖構造と類似したが、その稼働形態が若干異なり本調査海域にはマイクロ植物プランクトンからマイクロ動物プランクトンへの炭素伝達経路が存在した（北大西洋ではこの伝達経路が存在しない）。また、北大西洋ではメソ動物プランクトン生物量のピークは植物プランクトンブルームの後に約1ヶ月遅れて出現するが、本調査海域はこの2つのピークが一致し生食食物連鎖が稼働する点で特徴的であった。これらの結果は、本調査海域の春期ブルーム期のプランクトン食物連鎖構造は、北大西洋に比べて転送効率の良いことを示唆する。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 池 田 勉

副 査 教 授 米 田 義 昭

副 査 教 授 中 尾 繁

学 位 論 文 題 名

西部北太平洋亜寒帯海域における

プランクトン食物連鎖構造

海洋生態系で生産された有機物は、マイクロ植物プランクトンからメソ動物プランクトンへ直接流れる生食食物連鎖か、バクテリア、ピコ、ナノおよびマイクロ植物プランクトンからナノおよびマイクロ動物プランクトンを介してメソ動物プランクトンへ流れる微生物食物連鎖を通過する。海洋生態系の物質循環を把握するには、これら二つの食物連鎖を含むプランクトン食物連鎖構造を明らかにする必要がある。しかし、西部北太平洋亜寒帯海域でプランクトン食物連鎖構造を定量的に捉えた知見はない。本申請者の論文は、西部北太平洋亜寒帯海域でのプランクトン食物連鎖構造に関する知見を大きく推進させる目的で、①北海道南東部釧路沖、北海道南西部恵山沖および臼尻沿岸域における全プランクトン生物量の測定、②釧路沖および恵山沖における植物プランクトンの増殖速度、ナノおよびマイクロ動物プランクトンの植物プランクトンに対する摂食速度、恵山沖におけるナノ動物プランクトンのバクテリアに対する摂食速度、およびカイアシ類によるマイクロ動物プランクトンの摂食速度の測定、③釧路沖および恵山沖におけるプランクトン食物連鎖の炭素フロー図を作製した。その得られた結果およびそれに基づく議論のうち、審査員一同は以下の三点を特に評価すべきものとして取り上げた。

第一に、プランクトン食物連鎖を構成する各生物群の生物量の定量的把握とその季節変動である。植物プランクトン生物量の季節変動は海域により若干異なり、釧路沖では春期と秋期に珪藻ブルームが観察されるのに対し、恵山沖では春期にのみ観測され、臼尻沿岸では秋期ブルームが発生する年としない年があること、また、恵山沖と臼尻沿岸では夏期にピコ植物プランクトンのピークがあり、釧路沖ではそれが無いことを見出した。これらの要因として、夏期に恵山沖と臼尻沿岸に進入してくる高温、高塩分、低栄養塩濃度の津軽暖流水の影響を考

えた。一方、マイクロおよびメソ動物プランクトン生物量の季節変動は全ての調査海域ではほぼ同様で、マイクロ動物プランクトンは珪藻ブルーム時に、メソ動物プランクトンは春期のブルーム時にのみ高い値を取ることを示した。この要因として、本調査海域に棲息するマイクロ動物プランクトンの摂食特性とメソ動物プランクトンの生活史が関係していると推察した。

第二に、各生物群間の増殖と摂食速度を実験的に解明したことである。釧路沖では冬期にナノおよびマイクロ動物プランクトンの摂食量が植物プランクトンの増殖量を上回るのに対し、恵山沖ではその様な傾向は認められなかった。この要因として、マイクロ動物プランクトンの種組成の違いを考察した。恵山沖でサイズ毎の植物プランクトンおよびバクテリアの摂食量を調べた結果、ピコ植物プランクトンとバクテリアに関しては全ての季節で増殖量と摂食量がほぼ釣り合っていたが、ナノおよびマイクロ植物プランクトンに関しては、夏期の水温上昇による増殖量の増加に伴い、増殖量が摂食量を大きく上回ることを明らかにした。この要因として、植物プランクトンのサイズ組成と種組成の季節変動が関与していると推察した。さらに、カイアシ類はマイクロ動物プランクトンを摂食しており、その摂食量はカイアシ類の代謝要求量を満たしていることを明らかにした。

第三に、生物量、増殖速度および摂食速度の資料を総合して釧路沖と恵山沖の炭素フロー図を描いたことである、両海域のプランクトン食物連鎖構造は、周年を通じて微生物食物連鎖が卓越し、春期ブルーム期にのみ生食食物連鎖が併存することを示した。さらに、この結果を他の亜寒帯海域と比較し、東部北太平洋亜寒帯域とは微生物食物連鎖が周年にわたり卓越する点で一致するが、バクテリア生産は本調査海域が圧倒的に高いこと、また、北大西洋とは春期ブルーム期に微生物食物連鎖が稼働していると言う点で類似したが、本調査海域にはマイクロ植物プランクトンからマイクロ動物プランクトンへの有機物伝達経路が存在する点で特徴的であることを示した。さらに、本調査海域では生食食物連鎖が併存することから、北大西洋に比べてエネルギー伝達効率が良い食物連鎖構造であると推察している。恵山沖では微生物食物連鎖の役割についても言及し、春期ブルーム期には高次栄養段階へ有機物を転送する役割を持ち、それ以外の季節は主に栄養塩の再生を行っている判断した。

以上のように、本申請者の論文は、広範な資料から西部北太平洋亜寒帯海域におけるプランクトン食物連鎖構造と微生物食物連鎖の役割について定量的に解析した初めての研究として高く評価され、審査員一同は本研究の申請者が博士（水産学）の学位を授与される十分な資格を有すると判定した。