

学 位 論 文 題 名

北太平洋亜寒帯域における *Neocalanus* 属

カイアシ類 3 種の生活史と経年変動

学位論文内容の要旨

Neocalanus 属カイアシ類 3 種は北太平洋亜寒帯域とその縁辺海域で卓越する大型植食性カイアシ類であり、表層性浮魚類、鯨類、海鳥類の重要な餌資源となっていることから、表層生態系の鍵種と考えられている。しかし、近年まで分類学的混乱があったこと、外洋種で定期採集が困難であったことなどから、*Neocalanus* 属カイアシ類 3 種の生態については基礎的知見が現在著しく不十分である。また、地球温暖化や地球規模の気候変動が近年注目されているが、北太平洋亜寒帯域では動物プランクトンバイオマスの経年変動について一部解析が成されたものの、構成種各個体群について未だ解析が成されていない。本研究は、北太平洋亜寒帯域における *Neocalanus* 属カイアシ類 3 種 (*N. cristatus*, *N. plumchrus*, *N. flemingeri*) の生活史を親潮域を中心として解明すること、1979年～1997年（19年間）にわたって採集が継続された中央北太平洋での試料を解析してこれら 3 種個体群の経年変動・緯度変化とその要因を物理環境、生物環境からの解明を試みることを目的として行った。

生活史解析用の動物プランクトン試料は西部北太平洋亜寒帯域に位置する親潮域（Site H）において、1996年9月～1997年10月に閉鎖式ネットを用いて水深0～2000mを5層に鉛直区分して採集した。また、北太平洋亜寒帯域とその縁辺海（日本海、オホーツク海、ベーリング海）の14地点からも試料を得た。個体群経年変動解析に用いた試料は、中央北太平洋180°子午線上の37°N～51°Nにおいて、1979年～1997年の毎年6月にNORPACネットによる水深0～150m鉛直採集により得た。

親潮域の *Neocalanus cristatus* は1年1世代で、本種は水深250m以深で周年産卵を行うが、その盛期は10月～12月であった。卵とノープリウス期個体は表層へ浮上あるいは

は鉛直移動して2月にC1まで発育し、2月～6月に表層でC5まで発育した。7月～8月にC5は深層へ移動し、多くのC5は7月に成体雄、8月に成体雌へ発育した。親潮域以外の北太平洋亜寒帯域全域でも本種は親潮域と類似した1年1世代の生活史を持つが、日本海北部とオホーツク海ではこの他に秋季にも表層で発育する個体群の存在が示唆された。一方、日本海南部では本種は再生産を行っておらず、日本海北部から輸送された個体群であると判断された。

親潮域の*Neocalanus plumchrus* も1年1世代で、本種は10月～4月に250m以深で産卵し、孵化幼生は5月～7月に表層でC5まで急速に発育した。7月～9月にC5は深層へ移動して9月以降に成体へ発育したが、C5は6月～10月、成体雄は9月～3月、成体雌は10月～4月まで高い個体数密度を維持しており、C5から成体への発育は密度依存的であることが伺えた。また、親潮域以外の北太平洋亜寒帯域全域、日本海北部とオホーツク海でも、本種は親潮域と類似した1年1世代の生活史を持つと思われる。しかし、日本海南部では本種は再生産を行っておらず、日本海北部から輸送された個体群であると判断された。

親潮域の*Neocalanus flemingeri* は1年1世代であるが、一部の個体群はC4で越冬する2年1世代であった。本種は12月～2月に250m以深で産卵し、3月～5月にコペポダイト初期個体がC5まで表層で発育した。C4～C5では体長に性的二型（小型体長群は雄、大型体長群は雌）が発現し、5月～6月にC5は深層へ移動して成体へ発育した。一方、C4の大型体長群（雌）の一部は6月～3月まで温度躍層～500m層で越冬し、5月～6月にC5が深層へ移動して成体へ発育した。また、他海域における本種の生活史については、中央～東部北太平洋亜寒帯域では1年1世代群のみで構成されるのに対し、西部太平洋亜寒帯域、日本海、オホーツク海では①1年1世代群のみ、②2年1世代群のみ、③1年1世代群と2年1世代群の混在の3つの可能性が示唆された。

親潮域において、*N. cristatus* と*N. plumchrus* では頭胸長に明瞭な季節性が認められず、短期的な水温・餌濃度の効果は頭胸長よりも体筋肉の発達度や油球蓄積量に貢献することが示された。*N. flemingeri* ではブルーミング期にC4～C5の頭胸長が増加したが、低水温や高餌濃度の効果ではなく、性的二型が発現した小型群（雄）に大型群（雌）が加入したことに拠る。頭胸長を海域間で比較すると、*N. cristatus* ではオホーツク海と日本海北部で最大、アラスカ湾で最小、*N. plumchrus* では親潮域とオホーツ

ク海で最大、日本海で最小、*N. flemingeri* ではオホーツク海で最大、アラスカ湾で最小となった。各海域の頭胸長は、*N. cristatus* と *N. plumchrus* ではその海洋環境（水温、植物プランクトン現存量）をよく反映したが、*N. flemingeri* では海洋環境の他に生活史の相違も頭胸長の地域的相違に影響を与えていることが示唆された。

個体群の経年変動解析を行った中央北太平洋は、アラスカ海流系、亜寒帯海流系、北部移行領域、南部移行領域、亜熱帯領域の5つの海洋領域に区分された。1979年～1997年には亜寒帯海流系と北部移行領域の境界は45°N～47°30'Nで移動しないが、移行領域フロントと亜寒帯境界は約10年周期で南北に移動する傾向があり、北部移行領域の拡大・収縮が認められた。各地点の水深0～150mの積算平均水温は、亜熱帯海流系が最も高く北方海域ほど低くなり、亜熱帯海流系では11.8℃、南部移行領域では8.7℃、北部移行領域では6.5℃、亜寒帯海流系とアラスカ海流系では4.4℃であった。

中央北太平洋亜寒帯域では、数的に *Neocalanus plumchrus*, *N. flemingeri*, *N. cristatus* の順で卓越した。これら3種はいずれも北部移行領域で最も多く出現するが、アラスカ海流系と亜熱帯海流系で出現個体数が少なく、他所から輸送された個体群であると考えられた。*N. flemingeri* は他の2種に比べて北よりに分布しており、至適水温の相違によることが示唆された。また、*Neocalanus* 属3種の頭胸長は高緯度から低緯度へ減少する傾向が認められ、水温とクロロフィル濃度の緯度変化で説明することができた。*N. cristatus* と *N. flemingeri* では水温とクロロフィル濃度、*N. plumchrus* では水温とのみ有意な相関を示し、頭胸長に与えるこれら海洋環境の影響は種間で異なると考えられた。

Neocalanus 属3種の個体数密度の各領域における経年変動は、亜寒帯海流系では奇数年に低く偶数年に高くなり、クロロフィル濃度と逆位相、動物プランクトン湿重量と同位相の変動パターンが認められた。クロロフィル濃度と有意な負相関、動物プランクトン湿重量と有意な正相関を示し、サケ類CPUEとも比較的高い相関係数が認められることから、亜寒帯海流系における *Neocalanus* 属3種の経年変動には生物的要因の重要性が示唆された。また、アラスカ海流系および北部移行領域～亜熱帯海流系では *Neocalanus* 属3種の個体数密度および環境要因（水温、クロロフィル濃度、動物プランクトン湿重量）の経年変動はランダムな変動パターンを示した。南部移行領域～亜熱帯海流系では *Neocalanus* 属カイアシ類と水温に有意な負相関が認められ、南方海域で

はこれら 3 種の経年変動が水温に依存していると考えられた。一方、北部移行領域では *Neocalanus* 属 3 種の個体数密度と各環境要因に有意な相関は認められなかった。しかし、*Neocalanus* 属 3 種の個体数密度変動には経年変動や地点間変動以外の変動要因が大きく、これら 3 種の個体数密度の変動係数を算出すると 15.9~55.0% となることから小規模パッチネスの重要性が示唆された。

Neocalanus 属 3 種の頭胸長の経年変動は、アラスカ海流系と亜熱帯海流系ではランダムであったが、亜寒帯海流系~南部移行領域にわたる広範囲の海域で奇数年に大型、偶数年に小型の傾向を示した。この傾向は種間でも同調したことから、頭胸長の変動要因は種特異的ではないことが示唆された。しかし、*Neocalanus* 属 3 種の頭胸長と各環境要因との相関関係は一定の傾向を示さず、本研究ではその変動要因を特定することができなかった。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 池 田 勉

副 査 教 授 菅 野 泰 次

副 査 助 教 授 志 賀 直 信

学 位 論 文 題 名

北太平洋亜寒帯域における *Neocalanus* 属 カイアシ類 3 種の生活史と経年変動

Neocalanus 属カイアシ類 3 種は北太平洋亜寒帯域とその縁辺海域で卓越する大型植食性カイアシ類であり、表層性浮魚類、鯨類、海鳥類の重要な餌資源でもあることから、表層生態系の鍵種となっている。しかし、分類体系が近年確立されたこと、大規模な鉛直移動を行う外洋種であることから、*Neocalanus* 属カイアシ類 3 種の生態学的知見が現在著しく不足している。本申請者の論文は、北太平洋亜寒帯域における *Neocalanus* 属カイアシ類 3 種の生活史を親潮域を中心として解明し、中央北太平洋における 19 年間（1979 年～1997 年）の試料解析によりこれら 3 種個体群の緯度変化・経年変動とその要因を物理環境、生物環境からの解明を試みたものである。その得られた結果およびそれに基づく論議のうち、審査員一同は以下の諸点を特に評価すべきものとして取り上げた。

第一に、親潮域における *Neocalanus* 属カイアシ類 3 種の生活史を解明し、北太平洋亜寒帯域とその縁辺海における生活史について議論している点があげられる。この結果によれば、親潮域における *Neocalanus* 属 3 種の生活史は秋期～冬期に深層で産卵し、植物プランクトンブルーム期に表層で発育後、再び深層へ鉛直移動する 1 年 1 世代であるとしている。また、北太平洋亜寒帯域と縁辺海では *Neocalanus* 属 3 種の生活史は 1 年 1 世代であるが、西部北太平洋亜寒帯域、日本海、オホーツク海では *N. flemingeri* に 2 年 1 世代群が存在することを示唆した。各海域における *Neocalanus* 属 3 種の生活史は北太平洋亜寒帯域および縁辺海の表層生態系を比較する際の基礎的知見となり、各海洋環境に対する生活史の適応戦略を知る上で重要である。

第二に、*Neocalanus* 属カイアシ類 3 種では、植物プランクトンブルーム期に筋肉組織や油球蓄積量が増加するものの体長は変化せず、水温と餌濃度の短期的な効果は体長よりも体構造に貢献するこ

とが明らかとなった。また、これら3種の体長には明瞭な地域的相違が認められ、生活史を通して受けた長期的な水温・餌濃度の効果が体長に発現することが示された。これらは、他の海産カイアシ類とは異なる結果であり、大規模な鉛直移動、無摂餌での産卵など*Neocalanus*属カイアシ類の生活史特性と議論している。

第三に、中央北太平洋における*Neocalanus*属カイアシ類3種の緯度変化について海洋環境と議論した点があげられる。すなわち、*Neocalanus*属3種は亜寒帯境界以北に分布しており水温に影響を受けていること、体長は高緯度から低緯度へ減少しており水温と餌濃度に依存していること、これら海洋環境の影響は種間で異なることを議論している。これらの知見は、広い分布域を有する*Neocalanus*属カイアシ類の生態を各海域で解明する際の基礎的知見となり得るものである。

第四に、*Neocalanus*属カイアシ類3種の経年変動について物理的・生物的環境要因から解析を試みたことである。現存量は、亜寒帯海流系では2年周期、北部移行領域～亜熱帯海流系ではランダムな経年変動であり、変動要因としては北方海域では生物的環境要因、南方海域では物理的環境要因が重要であることが示唆された。また、体長は、亜寒帯海流系～南部移行領域の広範囲の海域で2年周期の経年変動を示したが、変動要因は特定されなかった。動物プランクトン主要構成種である*Neocalanus*属カイアシ類3種の経年変動は、北太平洋亜寒帯域における動物プランクトン生産量の経年変動を解明する上で、極めて重要な知見である。

以上の内容は、北太平洋亜寒帯域で卓越する*Neocalanus*属カイアシ類3種の生態と環境との係わりについて多くの新知見を含み、北太平洋亜寒帯海洋生態系の構造と機能の解明に大きく貢献したものと高く評価され、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。