HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	日本海富山湾とその周辺海域における浮遊性小型カイアシ類ノープリウス幼生に関する生物学および生態学的研究［全文の要約］
Author(s)	髙橋, 卓
Description	この博士論文全文の閲覧方法については、以下のサイトをご参照ください。 https://www.lib.hokudai.ac.jp/dissertations/copy-guides/
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(水産科学)
Dissertation Number	甲第13735号
Issue Date	2019-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/75830
Type	doctoral thesis
File Information	Takashi_Takahashi_summary.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

主論文の要約

博士の専攻分野の名称：博士（水産科学）　　氏名：　髙　橋　卓

学 位 論 文 題 目

日本海富山湾とその周辺海域における浮遊性小型カイアシ類ノープリウス幼生に関する生物学および生態学的研究

海洋における開口直後の魚類前期仔魚にとって、最も主要な餌はカイアシ類ノープリウスである。貧栄養な沿岸および外洋域のノープリウス出現密度は、飼育環境下で求めた魚類仔魚の限界餌料密度よりも相対的に低い場合があることが知られている。また、仔稚魚は魚種によって異なる餌生物の選択性をもつことも知られている。そのようなノープリウスの出現密度を正確に評価するには、ノープリウスに関する種、属レベルの解析が重要である。また、仔稚魚の生残に必要なノープリウスの高密度分布の形成要因を明らかにするには、各種・各属に適した生態的事項を類推していくことが必要不可欠である。

富山湾周辺海域における浮魚類群集の優占種はカタクチイワシで、ノープリウスを捕食するとともに有用高次魚種の餌になるなど、海洋生態系の鍵種となっている。一方、カタクチイワシの資源量を左右するカイアシ類ノープリウスに関する知見は、その重要性に比べて乏しいのが現状である。本研究は、富山湾に出現する主要カイアシ類のノープリウスについて、種・属別の形態記載と同定方法を確立し、その同定方法に基づきカタクチイワシ産卵期における野外でのノープリウス群集の鉛直分布と水平分布を明らかにし、カタクチイワシ仔魚消化管内容物を解析したものである。

富山湾で 3 年間にわたる調査から、カタクチイワシの産卵期にあたる 3～8 月の春・夏季の優占種は雌成体の体長が 1–2 mm の中型種が 3 種（*O. atlantica*, *O. plumifera, P. newmani*）、体長が 1 mm 未満の小型種が 6 種（*O. similis, O. nana, O. media, P. parvus* s.l., *C. pergens, M. norvegica*）の計 9 種であることが分かった。それらは既往文献による水温条件や餌環境などを考慮すると、いずれも上記期間に富山湾周辺海域で再生産を行って、発生するノープリウスが群集の主要構成種になる可能性が高かった。

それら主要種のうち詳細な形態が不明なキクロプス目とカラヌス目の形態観察を行った。その結果、体長が種同定で重要であり、各目内で大・中・小の 3 段階に分けられ、春季の本研究海域内で *O. similis* と *Pseudocalanus* 属は体長のみで同定可能であった。それら体長の他に、種同定を可能とする形態部位として体形（プロポーション）、体の各部位の比率、尾部保護装置（CA）の構造があり、これらが種同定の鍵となった。体形では *Oithona* 属は側面観が種により異なり、*O. similis* は丸型、*O. atlantica* は楕円型、*O. plumifera* は扁平かつ長方形であった。また、体高:体長が *O. similis*＞*O. atlantica*＞*O. plumifera* という順に異なった。カラヌス目の N3–N6 では、腹面観で体後部が細い *Paracalanus* 属の甲殻は正円、体後部の太い *Clausocalanus* 属の甲殻は縦長の楕円形で識別された。一方、N1 や N2 といった初期ノープリウス期では、体形も卵形もしくは丸形で、形態がより単純なため、種・属を同定しうる形態形質は少なく *O. nana* 等の小型 *Oithona* 属の N1、*Paracalanus* 属と *Clausocalanus* 属の N1 と N2 の同定が困難であった。しかし、種同定の不可能なステージについては親成体の出現状況からノープリウスの出現密度を推定することができた。従って、本研究結果の形態記載に基づくノープリウスの種・属同定方法は、同一海域でノープリウスの種・属同定を可能にする形態形質としては十分と考えられた。

富山湾で水理環境（水温、塩分、クロロフィル *a* 濃度）は季節により大きく異なり、5～8 月にかけて大きく 3 期（弱成層期、昇温期、強成層期）に区分された。ノープリウスの鉛直

分布もそれら水理環境の鉛直分布により大きく異なった。ノープリウス群集の鉛直分布は、構成する優占種が種毎に異なる至適環境条件を持ち、その条件下の雌成体の再生産と卵孵化、それ以降のノープリウスの成長と生残の結果が反映される。水理環境条件は季節的に大きく変わるため、その変化を受けてカイアシ類ノープリウス群集の鉛直分布も季節的に大きく異なったと考えられた。弱成層期に水温は全層を通して 20℃以下と低く、躍層も発達しないことから、カイアシ類ノープリウスは 0–30 m ないしは 0–40 m 層に広く分布し、優占種は冷水性 *O. atlantica*、*O. similis* と、広域性の *M. norvegica* であった。

昇温期を経て強成層期になると、ノープリウスの鉛直分布は明確な二極分布を示し、水深 5 m 付近と 25–60 m に極大、水深 15–25 m に極小（分布の不連続）を示した。種組成は上層と下層で異なり、浅い極大では暖水性の *O. nana* が、深い極大では *M. norvegica* が優占した。この 2 極分布と分布の不連続には、密度躍層の発達、雌成体の分布移動、種による食性の違い（*M. norvegica* とその他の種）による棲み分けが関係していると考えられた。

水平分布調査では、各種ノープリウスの発育段階別出現密度の分析から、その水平分布の状況が A～D の 4 グループに分けられ、それは地理的な海域区分に対応した。ノープリウス各種/各発育段階もその分布特性から G1～G5 の 5 つの群集グループに分けられた。このようなグループは、ノープリウスの出現密度が成体の出現密度、水温、塩分と強く関わっていたためにできたと考えられた。ノープリウス群集の水平分布は、能登半島西方海域（D 海域）で出現密度は低く、新潟沖（A, B, C 海域）にて高かった。このことは春季（5 月の弱成層期）に富山湾から新潟沖にかけて流入する大型河川の融雪水により栄養塩が供給され、それに基づく植物プランクトンが増殖し、カイアシ類成体の産卵速度が上昇したことが、新潟沖におけるノープリウスの高密度分布をもたらした要因であると推定された。

夏季（強成層期）には水平的に出現密度の低い暖水域が拡大していた。夏季におけるノープリウス群集には、表層水温が上昇することによる成層化と、躍層発達による栄養塩濃度の低下、表層の藻類の死滅、深海へのデトライタス供給量の増加、デトライタスを餌として利用できる *Microsetella* 属の産卵速度が増加し、本属ノープリウスの高密度分布をもたらすというメカニズムが考えられた。本研究ではノープリウスの種・属に関する正確な同定を行うことで、春季と夏季でのノープリウス群集の鉛直および水平分布の特徴とその形成メカニズムを明らかにすることができた。

富山湾周辺海域のカタクチイワシ仔魚の消化管内容物と、環境水中の餌生物組成の調査から、仔魚の餌生物となる条件として 5 つの条件があることが明らかになった。条件①「口に入る体サイズ」は全てのノープリウスが該当した。条件②「より大きなノープリウス」という観点では、中型種 *O. atlantica* に対して正の選択性が見られた。条件③「生息環境に最も多く生息するノープリウス」という点では、春季に仔魚の生息海域に高密度に分布した *O. similis* ノープリウスを多く捕食していた。条件④「遊泳行動が乏しくジャンプなどの動きをしない種」という条件に合致したのは、カイアシ類の卵などであり、より小型の仔魚が効率よく捕食できる餌料生物として選択されていた。さらに、条件⑤「仔稚魚と餌生物との空間マッチング」は、カタクチイワシ仔魚の遊泳層に、*M. norvegica* ノープリウスが多く分布したため主要な餌生物となっていた。条件①～⑤に合致し、カタクチイワシ仔魚は、カイアシ類ノープリウスと卵を種ごとに効率よく選択し、摂餌していることが分かった。

本研究は、カイアシ類ノープリウスの分布や、仔魚の食性を扱った研究において、そのノープリウスを種・属レベルで同定解析した点に大きな特徴がある。本研究はその同定技術により、春～夏季にかけての富山湾周辺でのノープリウスを中心とする海洋低次生態系構造の変化を明らかにするとともに、カタクチイワシを代表とする高次生態系への利用の一端を解明することができた。本研究により得られたノープリウス同定技術の応用として、今後はカタクチイワシと同所に生息するマイワシの餌を巡る競合関係の解明に本研究の同定技術を用いることが考えられる。また、ノープリウスの種同定にも遺伝子解析を応用することで、将来的には同定作業の効率化と分析の検証が可能になると考えられる。