

博士学位論文内容要旨  
Abstract

専攻 Major	応用環境システム学	氏名 Name	葦塚 諭
論文題目 Title	南大洋におけるハダカイワシ科仔魚の初期生活史と餌料環境動態		

南大洋でハダカイワシ科は最も優占する中層性魚類であり、外洋域の食物網で重要な役割を担っている。南大洋に生息するハダカイワシ科では、*Electrona antarctica* が最も優占する。本種の成魚と稚魚は主として中層（深度 200~2000 m）に分布するが、仔魚は水深 200 m 以浅の表層に分布する。本種は体長 19~21 mm で変態する。本種の成魚と稚魚は動物プランクトン食であることが知られており、仔魚も主として動物プランクトン食と考えられてきた。しかし、本種仔魚の 83% が空消化管だったとする先行研究があり、その理由は説明されていない。飢餓は仔魚の主な死亡原因であるため、高い空消化管率が飢餓によらないとすれば、1) 光学顕微鏡下では見逃されやすい餌存在、2) サンプリング中の吐き戻し、3) 本種仔魚の成長速度が遅く餌要求量が少ない、などの可能性が考えられる。本研究は *E. antarctica* 仔魚の食性と成長速度を明らかにした。本研究では顕微鏡観察による消化管内容物分析（第 2 章）、DNA 分析による消化管内容物の網羅的解析（第 3 章）、安定同位体比分析を用いた仔魚の餌資源の探索（第 4 章）、耳石解析による成長速度の推定（第 5 章）を行った。これらの結果をまとめ、第 6 章で本種仔魚の初期生態を考察した。

第 2 章では、光学顕微鏡と走査型電子顕微鏡を使い仔魚の消化管内容物を分析した。南大洋ウィルクスランド沖で採集した仔魚から 58 個体（4% 海水ホルマリン固定、体長 5.7~14.3 mm）を無作為に選び、光学顕微鏡で観察した。さらに 29 個体（体長 5.7~8.4 mm）を無作為に選び、走査型電子顕微鏡で観察した。光学顕微鏡による観察から、仔魚の消化管からは植物性デトリタスが高い頻度で発見された。動物プランクトンの出現頻度は仔魚の成長に伴い増加した。走査型電子顕微鏡により、植物性デトリタスの内部には珪藻と珪藻片が繊維状の物質でまとめられていることが観察された。これらの結果から、本研究では植物性デトリタスが仔魚にとって重要な餌のひとつであると考えた。先行研究の見解とは異なり、とくに前屈前期で動物プランクトンの餌としての重要性は低いと考えられた。

第 3 章では、仔魚の消化管内容物を DNA 分析により網羅的に解析した。南大洋ウィルクスランド沖で採集した仔魚 40 個体（90% エタノール固定、体長 6.7~17.5 mm）を無作為に選んで分析した。ユニバーサルプライマーを使用して 18S rRNA V9 領域を PCR 法で増幅し、次世代シーケンサーにより塩基配列を決定した。仔魚自身（ホスト）に由来する遺伝子の増幅を抑えるため、*E. antarctica* の遺伝子増幅を特異的に阻害するブロッキングプライマーを設計し使用した。ブロッキングプライマーを使用した遺伝子増幅の結果、珪藻類がすべての仔魚の消化管から検出された。有殻翼足類が 62~95% の頻度で検出された。これらの結果から、珪藻類や有殻翼足類が本種仔魚の餌としての重要である可能性が示された。

第 4 章では、安定同位体比分析により仔魚の食性を評価した。ウィルクスランド沖で採集された仔魚と動物プランクトンを分析に使用した。食物網の有機物起源の候補として、浮遊性粒子、沈降性粒子、海氷中粒子の 3 種類を想定した。凍結保存した試料の炭素と窒素の安定同位体比（ $\delta^{15}\text{N}$  と  $\delta^{13}\text{C}$ ）を質量分析計で測定した。測定した  $\delta^{15}\text{N}$  の値から、*E. antarctica* の仔魚と成魚がともに高い栄養段階に位置することが示唆された。一方で、 $\delta^{13}\text{C}$  の値からは、*E. antarctica* の仔魚と成魚が異なる粒子を利用している可能性が示唆された。本種仔魚の餌の候補として、植食性の動物プランクトンおよびそれに由来するデトリタスが考えられた。

第 5 章では、耳石解析により仔魚の成長速度を推定した。ウィルクスランド沖で採集した仔魚 67

個体（体長 6.1～26 mm）を無作為に選び出した。耳石（扁平石と礫石）中の日輪数を光学顕微鏡下で計数し、日齢査定を行った。扁平石では変態期以降の個体で日輪数の計数が困難だった。扁平石中の日輪数から、仔魚の体長（ $BL$ ）と日齢（ $Age_S$ ）との関係式を導いた（ $BL = 3.21 + 0.28 \times Age_S$ 、 $R^2 = 0.90$ 、 $n = 62$ 、体長 6.1～19.9 mm）。礫石では変態期以降も日輪の計数が容易だった。礫石中の日輪数から、仔魚の体長（ $BL$ ）と日齢（ $Age_L$ ）との関係式を導いた（ $BL = -9.63 + 7.74 \times \ln \times Age_S$ 、 $R^2 = 0.92$ 、 $n = 53$ 、体長 6.9～26 mm）。仔魚期の長さを推定すると、扁平石による場合では 56 日間、礫石による場合では 41 日間だった。先行研究との比較により、他の冷水環境に生息するハダカイワシ科仔魚よりも本種の方が成長速度は大きく、餌要求量も大きい可能性が示唆された。

第 6 章では以上の結果をまとめて本種仔魚の初期生態を考察した。顕微鏡観察および DNA 分析の双方から、珪藻類が本種仔魚にとって重要な餌であると考えられた。珪藻類は植物性デトリタスとして消化管内から発見されたことや、安定同位体比分析で植食性の動物プランクトンが餌候補として挙げられたことから、本種仔魚は動物プランクトンの糞粒などを摂餌していると考えられる。また、耳石解析により本種仔魚の成長速度が大きいことが示され、餌要求量も大きいと考えられた。消化管内で動物プランクトンの出現頻度が低いことから、本種仔魚は動物プランクトンの糞粒を主な餌にしている可能性が高い。