

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 16 日現在

機関番号：12614

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24570020

研究課題名(和文)南大洋インド洋区における中深層性魚類の摂餌生態

研究課題名(英文)Food habit of mesopelagic fish in the Indian Ocean sector of the Southern Ocean

## 研究代表者

茂木 正人(Masato, Moteki)

東京海洋大学・海洋科学技術研究科・准教授

研究者番号：50330684

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：南大洋では極めて知見の乏しい中深層性魚類3種の初期生活史について、以下の研究を行った。Electrona antarctica(ハダカイワシ科)、Bathylagus antarcticus(ソコイワシ科)、Notolepis属2種(ハダカエソ科)の仔稚魚について、形態発育、分布様式、個体発生的な食性の変化などを明らかにした。本研究は、南大洋における生態系変動を検討・考察する上で基本的かつ貴重なデータを提供するものである。

研究成果の概要(英文)：We studied early life histories of three species of the meso- and bathypelagic fish in the Indian Ocean sector of the Southern Ocean. We clarified: 1) food habits of larval and juvenile Antarctic myctophid fish *Electrona antarctica*; 2) distribution and food habits of larval and juvenile bathylagid *Bathylagus antarcticus*; 3) distribution of larval and juvenile Antarctic myctophid fish *E. antarctica*; and 4) distribution and morphology of *Notolepis coatsi* and *N. annulata* (Notolepididae). These studies provided fundamental, but valuable information of morphology, distribution and food habits during early stages in three common species for the first time, which would be essential data to assess the ecosystem changes in the Southern Ocean.

研究分野：南大洋生態学

キーワード：ハダカイワシ 南極海 動物プランクトン 食性 仔稚魚 初期生活史

## 1. 研究開始当初の背景

南大洋の生態系は、海氷の発達程度に大きく影響されるため、近年の急速な気候変動による海氷の消長を敏感に反映すると考えられている。とくに南極半島周辺における海氷や氷河の消失は顕著で、場所によっては固有の生態系が危機的な状況に陥っている。したがって、南大洋の生態系を理解しその変動を把握することは地球環境をモニターする意味で急務といえる。

南大洋の生態系の研究の多くは、大陸棚が比較的広い南極半島周辺やウェッデル海、スコシア海など、いわゆる西南極海域で行われてきた。この海域ではオキアミの生物量がきわめて大きく、鯨類や鳥類などの大型捕食者のみならず魚類などの多くの生物がオキアミに依存した生態系を形成していると考えられてきた。しかし近年、南極では周極的に(均一に)オキアミが卓越しているわけではなく、少ない海域・季節では中深層性魚類(ハダカイワシ科など)が生態系の鍵種(key species)となることが知られるようになった。

一方で、南大洋の中深層性魚類の初期生活史についてはきわめて知見が乏しい。初期生活史を理解しモニターすることは魚類資源の予測につながり、生態系の変動を把握するうえで重要な情報となる。しかし、その研究は始まったばかりである。

## 2. 研究の目的

地球規模の急速な環境変動は南大洋においても例外ではない。南大洋の外洋域における生態系については情報が乏しいものの、ハダカイワシ類を中心とした中深層性魚類が外洋の生態系における鍵種となることが分かってきた。魚類の初期生活史についての理解は資源を予測し生態系の変動を把握する上で基礎的な情報となるが、このような中深層性魚類についてもその知見はきわめて乏しい。本研究では、外洋域(深度0~2000 m)における優占種(ナンキョクダルマハダカ、ナンキョクナメハダカ、ナンキョクソコイワシ、ナンキョクオニハダカ)の発育にともなう摂餌戦略の変化を明らかにし、物理・生物環境の異なる年間で比較することにより、環境変動が中深層性魚類の初期生活史、とくに摂餌生態に与えるインパクトを予測することを目的とする。

## 3. 研究の方法

材料：2004/05, 2005/06 および 2007/08 年に東京海洋大学研究練習船「海鷹丸」の航海で、昭和基地沖(リュツオ・ホルム湾)で

採集された試料を用いる。

方法：優占4種の消化管内容物と環境中の動物プランクトン組成を解析し、中深層性魚類の摂餌戦略を分析する。餌料生物と環境中の動物プランクトンの解析には、連携研究者2名と海外共同研究者1名の協力を得て進める。

## 4. 研究成果

1) 南大洋インド洋区における *Electrona antarctica* (ハダカイワシ科) 仔稚魚の食性の個体発生的変化

南極海の海洋生態系においてナンキョクオキアミは重要な役割を持つ。しかし、南大洋インド洋区においては、ナンキョクオキアミの生物量は、西部南極半島海域やスコシア海が含まれる大西洋区に比較すると小さく、生息域も狭い。そのため、生物量の膨大なハダカイワシ科魚類が、ナンキョクオキアミに依存しない生態系において重要な役割を果たすと考えられる。本研究では、季節海氷域で優占するハダカイワシ科魚類 *Electrona antarctica* の仔稚魚の食性を明らかにすることにより、その初期生活史の一端を解明することを目的とした。

仔稚魚は、昭和基地沖、リュツオ・ホルム湾(2005年1月)と、アデリーランド沖(2011、2012年)で、多段開閉式ネット(RMT8、IONESS)より得られた540個体(体長3.3 - 39.9 mm)を用いた。消化管内容物を大きなカテゴリーに分類した後、計数・計量した。カイアシ類とオキアミ類については可能な限り種レベルまで同定を行った。さらに、カイアシ類と貝形類については体幅を計測した。消化管内容物からは、カイアシ類、貝形類、ゼラチン質動物プランクトン、多毛類、端脚類などが主に出現した。オキアミ類はまれに出現したが、同定できた個体については全てナンキョクオキアミではなかった。体長約15 mmまでは貝形類が多かったが、13 mm以降カイアシ類の割合が増大した。7 mm(摂餌が確認された最も小さい個体)から約15 mmまで、消化管内容物の貝形類の体幅は、急激に増大した。カイアシ類については、まず *Oncaea* sp. が体長約8 mmで出現し、約13 mmで *Calanoides acutus*、約15 mmで *Metridia gerlarchei* が初めて出現した。さらに、仔魚から稚魚に変態期以降では、Euchaetidae sp. など数種が初めて出現した。このような餌となるカイアシ類の種の多様化に伴い、体幅も増大した。以上のような餌生物組成やサイズの変化は、仔魚の遊泳・摂餌機能の発達とよく関連していると考えられ、とくに変態(体長18-20 mm)に伴う生態的な変化をよく反映している。変態期には、上顎長や眼径の増大、口腔内の歯の増加など、摂餌生態の急激な変化を示唆する多くの発育イベントが観察される(Moteki,

unpublished)。実際に、鉛直分布は表層 200 m から 200-1000 m へと変化する(Moteki et al., 2009)。 *E. antarctica* 成魚におけるナンキョクオキアミへの依存度は、海域によって大きく異なることが知られているが、本研究では少なくとも仔稚魚期においては、インド洋区ではほとんど餌となっていない。しかし、本研究においては、同定できなかった「Detritus」あるいは「Unidentified」とされた消化管内容物が少なからず含まれ、これらの中にナンキョクオキアミの脱皮殻や死骸、糞などが含まれている可能性もある。今後、季節海氷域の食物網をさらに正確に解明するためには、この「Detritus」や「Unidentified」を詳細に調べる必要があるだろう。

## 2) リュツォホルム湾沖とアデリーランド沖(東南極)におけるナンキョクソコイワシ *Bathylagus antarcticus* の分布と食性

外洋性の魚類は、南大洋の生態系のエネルギー輸送において重要な役割を果たしており、特に鉛直移動を行う消費者は表層からのエネルギーを深海に輸送する役割を持つ。中深層で大きな生物量を持つナンキョクソコイワシ *Bathylagus antarcticus* はスコシア海などにおいて成魚が日周鉛直移動を行うことや、餌がカイアシ類、貝形類、オキアミ類などと多岐にわたっていることなどが知られており、表層のエネルギーを深層に輸送する重要な役割を持つ種であると考えられる。このことから、ナンキョクソコイワシの初期生態の解明を目的とした研究の一環として、仔稚魚の分布様式及び食性を解明することを目的とした。

本研究では東南極昭和基地沖およびアデリーランド沖を中心に、2005年、2008年、2011年及び2012年の1月の採集で得られた合計121個体を用いて食性及び分布について解析を行った。

分布の解析において、ナンキョクソコイワシは仔魚と稚魚で生息深度に大きな違いがみられ、体長26mmで成長に伴い生息深度を深度200-500mから深度1000-2000mへと変化させることがわかった。さらに、東経140°ラインにおいて、鉛直移動を行う時期は尾鰭による遊泳能力の獲得と関連があるのではないかということが示唆された。また、東南極においても西南極と同様、稚魚以降の個体は氷縁に向け分布が多くなる傾向があることがわかった。仔魚に関しては深度0-100mでは採集されず、この海域で優占しているナンキョクダルマハダカと生息場所を分けているのではないかということが考えられた。

食性の解析では、主要な餌生物としてカイアシ類、甲殻類片、多毛類、オキアミ類、貝形類等がみられた。変態期を含む初期発育段階においては小型カイアシ類である *Oncaea*

spp.が内容物として高い割合(78-100%)を示していたが、変態期以降では餌生物の多様性により、多毛類、翼足類等の動物プランクトンも捕食していた。更に成長の進んだ体長60.0mmからは、オキアミ類等のより大型の動物プランクトンも摂餌していた。また変態期以降ではデトリタスの捕食もみられるようになったが、これは個体発生的鉛直移動によるものと思われ、成長に伴いその摂餌量は増加していた。ナンキョクソコイワシは海域によって食性に变化がみられるが、西南極と東南極では類似した摂餌生態を持っている可能性が示唆された。

## 3) 南大洋インド洋区におけるハダカイワシ科 *Electrona antarctica* 仔稚魚の分布構造

ナンキョクオキアミ *Euphausia superba* は南大洋の生態系における鍵種である。しかし、インド洋区では、分布は大陸棚斜面付近に限られており、オキアミの生物量は大西洋区と比較して小さい。そのため、外洋域において膨大な生物量を有するハダカイワシ科魚類が、この海域では食物網の重要な構成要素になっていると考えられる。本研究は、南大洋の季節海氷域の中深層で優占するハダカイワシ科魚類 *Electrona antarctica* の初期生活史の解明を目的とした研究の一環として、*E. antarctica* 仔稚魚の分布構造を解明することを目的として行われた。

採集は、南大洋インド洋区にて2011年1月10-15日、2012年1月18-25日(140°E トランセクト上、60.0°S-65.5°Sの5定点)および2013年1月6-18日(110°E トランセクト上、60°S-64°Sの3定点)で、多段開閉式ネット(IONESS: 網口1m<sup>2</sup>, 目合い0.33mm; RMT1+8: 網口1m<sup>2</sup>目合い0.33mm, 網口8m<sup>2</sup>目合い4.5mm)を用いて行われ、そこで得られたナンキョクダルマハダカ *E. antarctica* 仔稚魚1075個体を中心に分布構造の解析を行った。優占種である *E. antarctica*、ナンキョクナメハダカ *Notolepis coatsi*、ナンキョクソコイワシ *Bathylagus antarcticus* の仔魚については、それぞれ深度200m以浅、深度200m付近、深度200m以深に多く分布がみられたが、3種とも日周鉛直移動は認められなかった。ただ、*E. antarctica* 稚魚に関してはエコーグラムでの解析の結果、最も南の観測点を除き日周鉛直移動が確認された。また、*E. antarctica* 仔魚の空間分布においては Winter Water (WW) から Modified Circumpolar Deep Water (MCDW) にかけて多く分布がみられた。*E. antarctica* の仔魚期は30-47日とされていることから、産卵は11月から12月にかけて行われると考えられる。解析結果から、産卵場所は海氷縁の位置で決定するというよりも水塊構造と関連していると考えられ、それは海氷に影響されると推察される。地球温暖化による海水量の変動が、ハダカイワシ類の

ような外洋性魚類の加入にも大きな影響を及ぼす可能性を示唆している。

#### 4) 南大洋インド洋セクターにおける *Notolepis coatsi* と *N. annulata* (ハダカエソ科) 仔稚魚の外部形態と分布

*Notolepis coatsi* はハダカイワシ科に次いで南大洋で卓越する魚類である。その仔稚魚は表層から中層にかけて、多く採集されているが、本種の形態発育や生活史に関する知見は乏しい。一方、*N. annulata* は主に南極前線の北側から採集記録があるが、本種に関する知見は *N. coatsi* よりさらに乏しい。これらの2種の生息域はこれまではほとんど重ならないとされてきたが、2010年および2011年の東京海洋大学研究練習船「海鷹丸」の航海より得られたハダカエソ科魚類の仔稚魚標本を精査した結果、アデリー沖東経140°から、*N. annulata* と同定される標本が *N. coatsi* と同所的に採集されていることが判明した。これまで知られていた黒色素胞の分布様式の他に、上顎長や体高などにも差異が認められた。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 0件)

[学会発表](計 12件)

Fujii K, Amakasu K, Tanimura A, Odate T, Moteki M. Diel vertical migration of larval and juvenile *Electrona antarctica*, an Antarctic myctophid fish, off Adelie Land in the Southern Ocean. The 5th Symposium of Polar Science. 2014年12月2-5日. 立川

Moteki M, Odate T. Integrative Study of Marine Ecosystem in the Indian Ocean sector of the Southern Ocean (A new perspective of the Southern Ocean ecosystem). The 5th Symposium of Polar Science. 2014年12月2-5日. 立川(招待講演)

Watanabe H, Ojima M, Takahashi KT, Tanimura A, Iida T, Odate T, Moteki M. Distribution pattern of *Dimophys arctica* (Siphonophora, Calyphorae) in oceanic zone of the Indian Ocean sector, Southern Ocean. The 5th Symposium of Polar Science. 2014年12月2-5日. 立川

Ojima M, Takahashi KT, Tanimura A, Miyazaki N, Moteki M, Odate T. Sea ice may be a direct food source for fish. The 29th International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice. 2014年2月16-19日. 紋別

Moteki M, K. Fujii, Wakahara C, Ojima M,

Tanimura A. Do sea ice changes impact the reproduction and recruitment success of the Antarctic myctophid fish *Electrona antarctica*. The 4th Symposium of Polar Science. 2013年11月12-15日. 立川

Iwami T, Tanimura A, Moteki M, Odate T. Distribution and ecology of fishes of the family Myctophidae in the Antarctic Ocean. The 4th Symposium of Polar Science. 2013年11月12-15日. 立川

Moteki M. A comprehensive study of the krill-independent marine ecosystem in the Indian Ocean sector of the Southern Ocean. The 4th Symposium of Polar Science. 2013年11月12-15日. 立川

Fujii K, Wakahara C, Tanimura A, Moteki M. Distribution patterns of larval and juvenile Antarctic myctophid *Electrona antarctica* off Adelie Land in the Indian Ocean sector of the Southern Ocean. The 4th Symposium of Polar Science. 2013年11月12-15日. 立川

Wakahara C, Fujii K, Ojima M, Takahashi KT, Tanimura A, Moteki M. Ontogenetic changes in the food habits of larval and juvenile Antarctic myctophid in the Indian Ocean sector of the Southern Ocean. The 4th Symposium of Polar Science. 2013年11月12-15日. 立川

茂木正人、若原千恵子、藤井健太郎、小島本葉、谷村 篤、小達恒夫. インド洋セクターにおけるハダカイワシ科魚類 *Electrona antarctica* の初期生活史 2013年度日本海洋学会 2013年9月17-21日. 札幌

Moteki M, Wakahara C, Fujii K, Tachibana A. Spatial distribution and food habits of larval and juvenile myctophid, *Electrona antarctica*. SCAR, Biology Symposium. 2013年7月15-19日. Barcelona

Wakahara C, Moteki M. Ontogenetic changes in food habit of larval and juvenile Antarctic myctophid, *Electrona antarctica*, in the north of Lutzow-Holm Bay, East Antarctica. The 3rd Symposium of Polar Science. 2012年11月26-30日. 立川

[図書](計 0件)

[産業財産権]

出願状況(計 0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：

出願年月日：  
国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

茂木 正人 (MOTEKI, Masato)  
東京海洋大学・大学院海洋科学技術研究  
科・准教授  
研究者番号：5 0 3 3 0 6 8 4

##### (2) 研究分担者

谷村 篤 (TANIMURA, Atsushi)  
国立極地研究所・教授  
研究者番号：1 0 1 2 5 2 1 3

##### (3) 連携研究者

高橋 邦夫 (TAKAHASHI, KUnio)  
国立極地研究所・准教授  
研究者番号：5 0 4 1 3 9 1 9