

春季の黒潮親潮移行域および黒潮続流域における フウライカマス *Nealotus tripes* の分布と食性

山下紀生[†], 谷津明彦

Distribution and Feeding Habits of Black Snake Mackerel *Nealotus tripes* in the Kuroshio-Oyashio Transition Zone and Kuroshio Extension in Spring

Norio YAMASHITA[†] and Akihiko YATSU

We examined distribution and feeding habits of adults (150–216 mm SL) and subadults (70–149 mm SL) and distribution of larvae and juveniles (9–69 mm SL) of *Nealotus tripes* in the Kuroshio-Oyashio Transition Zone (KOTZ) and Kuroshio Extension (KE) in spring obtained by a midwater trawl survey at night. Adults and subadults rarely occurred in KE but were abundant in KOTZ with the concentrated area north of KE axis with sea surface temperature of about 17°C and 100 m depth temperature of 12–14°C. Larvae and juveniles had slightly wider distribution in KOTZ. Stomach content index (SCI=stomach content weight per body weight) was not statistically different by time of day or by body size of adults and subadults. According to the index of relative importance (IRI), euphausiids (IRI=2,399) were most important prey of adults followed by myctophids (1,767), unidentified fishes (1,699), miscellaneous (702) and anchovy larvae (543). In subadults, unidentified fishes (mainly mesopelagics excluding myctophids, 1,862) and euphausiids (1,826) were major prey followed by miscellaneous (1,009), squids (209) and myctophids (164). These diet compositions were distinct from those reported for larvae and juveniles of *N. tripes* which heavily preyed upon anchovy larvae in KOTZ. The ontogenetic descent and diel vertical migration of *N. tripes* suggest a diet shift from anchovy larvae to micronektons.

Key words: *Nealotus tripes*, Kuroshio-Oyashio Transition Zone, Kuroshio Extension, distribution, feeding habits

はじめに

黒潮続流域および黒潮親潮移行域(移行域)は、マイワシ *Sardinops melanostictus*, カタクチイワシ *Engraulis japonicus*, マサバ *Scomber japonicus* 太平洋系群にとって加入量決定の場として注目されている(渡邊, 1999; 西田ほか, 2002)。水産総合研究センター中央水産研究所と北海道区水産研究所は1995年から春季に移行域およびその周辺海域における夜間の表中層トロールによる資源量調査を継続している(木下, 1998; Watanabe and Nishida, 2002)。この調査では上記浮魚類のほかに、夜間表層に浮上するハダカイワシ科魚類などの中深層性魚類も多く出現する(Yatsu *et al.*, sub-

mitted)。1996年の調査では中深層性魚類は漁獲量の約29%を占め、クロタチカマス科のフウライカマス *Nealotus tripes* は、天皇海山付近に集中していたキュウリエソ *Maurulius imperatorius* を除く中深層性魚類の0.3%を占めた(Sassa *et al.*, 2002)。

クロタチカマス科魚類は魚食性ギルドの一員であり、ハダカイワシ科魚類は小型浮魚類と共に動物プランクトン食性ギルドの主要群である(Gatner *et al.*, 1997)。したがって、本海域における小型浮魚類と中深層性魚類の餌をめぐる競合関係や被食者関係の解明は、小型浮魚類の資源変動を理解するために重要である。

フウライカマスはインド・太平洋と大西洋の北緯47~南緯35度に広く分布し、夜間に表層へ浮上する外洋性中深層魚で、魚食性が強いとされる(Nakamura and Parin, 1993)。ガラパゴス諸島に分布する本種はカタクチイワシを捕食している(Grove and Lave, 1997)。また、5月の黒潮親潮移行域における本種の初期餌料として *Paracalanus* 属を主体と

2004年5月10日受付, 2004年9月13日受理

水産総合研究センター 中央水産研究所

National Research Institute of Fisheries Science, Fisheries Research Agency, 2-12-4 Fukuura, Kanazawa-ku, Yokohama, Kanagawa 236-8648, Japan

[†] noriyama@fra.affrc.go.jp

するカイアシ類が重要であるが、体長7mm程度からはカタクチイワシ仔魚を選択的に捕食し、成長に伴い魚食性がさらに高まる(久保田, 2003)。一方、カタクチイワシ仔魚の生残メカニズムが、被食確率と関連づけて検討されており(Takasuka *et al.*, 2003, 2004)、カタクチイワシと同一海域に生息する未成魚期以降のフウライカマスの食性の解明が重要である。そこで、本研究では上記の表中層トロール調査で得たフウライカマスの分布と、成魚と未成魚の胃内容物の解析を行い、小型浮魚類との生態的な関連を検討した。

材料と方法

2002年5月に黒潮続流域から移行域にかけての北緯35~40度、東経143~159度における表中層トロール調査で得たフウライカマス663個体(標準体長9~216mm, Fig. 1)を用いて分布の解析を行った(Fig. 2~4)。また、食性の解析には本調査で得られたフウライカマスのうち標準体長が70mm以上の493個体を用いた。使用した表中層トロールは口径約25m、コッドエンドの目合10mmで、北海道教育庁実習船北鳳丸(664総トン、2,200馬力)により対水約3.5ノットで主に25m水深以浅を夜間に30分間曳網した。1夜に原則として3回曳網を行った。各調査点では、CTDを用いて500m水深までの水温と塩分を測定した。

漁獲物の全量または一部からフウライカマスを選別し、漁獲量(最小単位0.01kg)を測定し全数を計数した。漁獲物の一部を処理した場合は重量比で引き延ばし、本種の漁獲量と漁獲尾数を推定した。漁獲したフウライカマスは冷凍標本あるいはホルマリン標本として持ち帰り、標準体長(SL, 最小単位1mm)を測定した。70mm SL以上の個体については、体重と胃内容物重量(最小単位0.01g)を測定した。胃内容物をオキアミ類、カイアシ類、端脚類、イカ類、カタクチイワシ、サバ属魚類、ハダカイワシ科魚類、

未同定魚類、その他生物に分類し、これら分類群別に重量と個体数を計測した。消化が進み、魚種の判別が困難であった魚類は未同定魚類に含めて記録した。

フウライカマスの標準体長と採集時刻による胃充満度の変化を検討するために、胃内容物重量指数(SCI)を用いた。SCIは体重に対する胃内容物の総重量の割合(%)とした。また、餌生物*i*の相対的重要度の指標として下記の定義によるIRI_iを用いた。以下の解析はNakamura and Parin(1993)に従って成熟開始体長である150mm SLを境界として成魚と未成魚に分けて行った。

$$IRI_i = (C_i + W_i) F_i$$

$$C_i (\%) = \frac{\text{餌生物 } i \text{ の総出現個体数}}{\text{総餌生物出現個体数}} \times 100$$

$$W_i (\%) = \frac{\text{餌生物 } i \text{ の総重量}}{\text{総胃内容物重量}} \times 100$$

$$F_i (\%) = \frac{\text{餌生物 } i \text{ が見られた総胃数}}{\text{総調査胃数}} \times 100$$

結果

分布

調査点における成魚、未成魚および仔稚魚(70mm SL未満)のCPUEを表面、20m水深および100m水深の水温とともにFig. 2~4に示した。調査海域の表面水温は14~20°C、100m水深の水温は10~19°Cであった。5~6月の黒潮続流の流軸位置は100m水深の水温17°Cで指標され(村上, 1993)、本調査では黒潮流軸は東経145度以西と155度付近の北緯35~36度付近に位置した。したがって、本調査海域は主に移行域に相当した。

フウライカマス成魚の分布は表面水温16°C以上に見られ、17°CでCPUEが高い傾向を示した(Fig. 2)。未成魚は表面水温15~18°Cに分布し、成魚同様に17°CでCPUEが高かった(Fig. 3)。仔稚魚の分布も表面水温16°C以上に見られ、20m水深の水温で見ても成魚と未成魚同様に15~20°CでCPUEが高かった(Fig. 4)。しかし表面水温が17°C前後であっても、東経150度以東では成魚・未成魚とも漁獲がなかった調査点も存在した。そこで、フウライカマス成魚と未成魚が多く分布する水深(20m以深, Yatsu *et al.*, submitted)の水温を考慮して、表面水温と100m水深の水温差とCPUEの関係を検討した(Fig. 5)。その結果、表面水温が17°C前後の調査点の中で水温差が大きい調査点において、全ての発育段階のCPUEが高いことが明らかになった。また、本種の仔稚魚のCPUEは、成魚と未成魚に比べやや北側で高かった(Fig. 2~4)。

食性

成魚・未成魚ともSCIは0~20%(平均4%)で、標準体長とSCIの間には関連は見られなかった(Fig. 6)。成魚と未成魚間におけるSCIには統計的有意差は認められなかった(Mann-Whitney *U* test, $P > 0.05$)。曳網開始時刻とSCIの間にも関係は見られず(Fig. 7)。1夜3回の曳網に対応した時刻

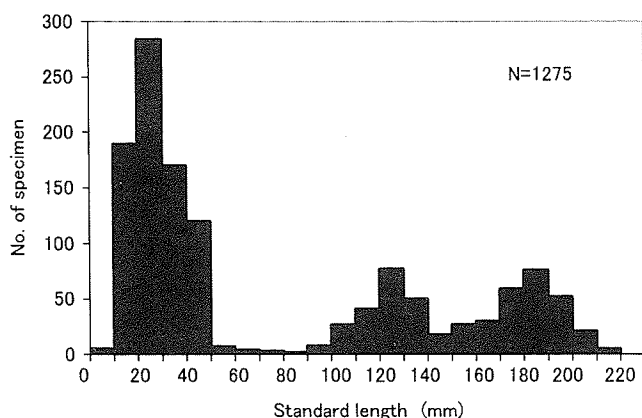


Figure 1. Length frequency distribution of black snake mackerel *Nealotus tripes* in the Kuroshio-Oyashio Transition Zone and Kuroshio Extension in spring obtained by a midwater trawl survey at night.

フウライカマスの分布と食性

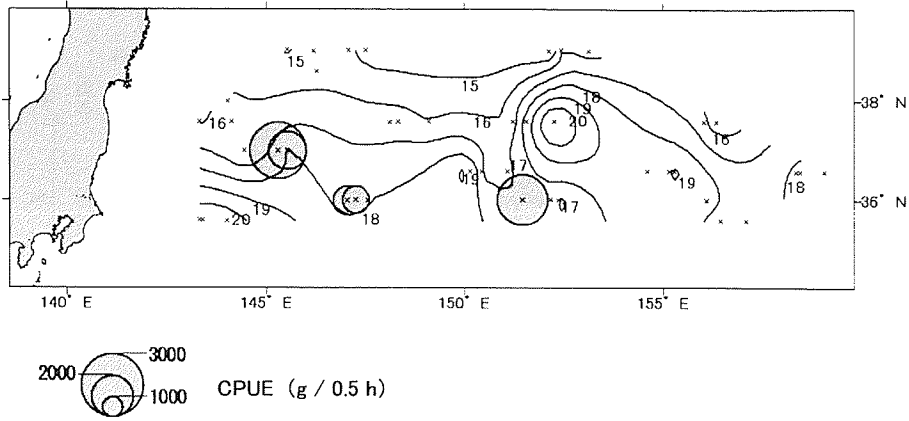


Figure 2. Distribution of catch-per-unit-effort (CPUE, g per 0.5 h trawling) of adults (150–216 mm SL) and sea surface temperature (SST) (°C). Circle areas are proportional to the CPUE as indicated in legend. × indicate locations of midwater trawl.

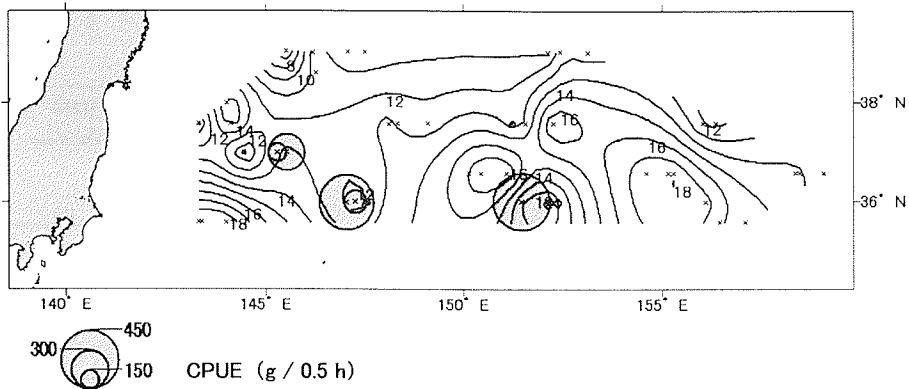


Figure 3. Distribution of CPUE of subadults (70–149 mm SL) and 100 m depth temperature (°C). Circle areas are proportional to the CPUE as indicated in legend. × indicate locations of midwater trawl.

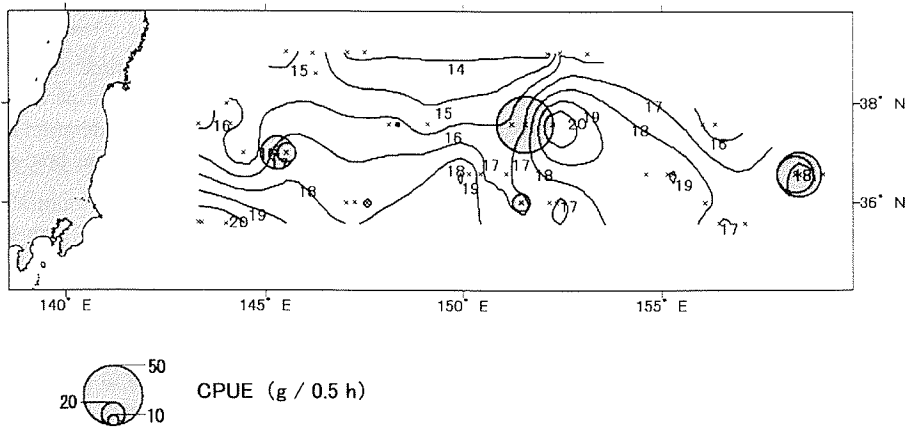


Figure 4. Distribution of CPUE of larvae and juveniles (9–69 mm SL) and 20 m depth temperature (°C). Circle areas are proportional to the CPUE as indicated in legend. × indicate locations of midwater trawl.

帯別の SCI を統計的に検討したところ有意差は認められなかった (Kruskal-Wallis analysis of variance of ranks, $P > 0.05$). 成魚では IRI の高い順に、オキアミ類 (IRI=2,399)、ハダ

カイワシ科魚類 (1,767)、未同定魚類 (1,699)、その他生物 (702)、カタクチイワシ (仔魚) (543)、イカ類 (390)、サバ属 (稚魚) (3) であった (Fig. 8). 未成魚では IRI の高い順

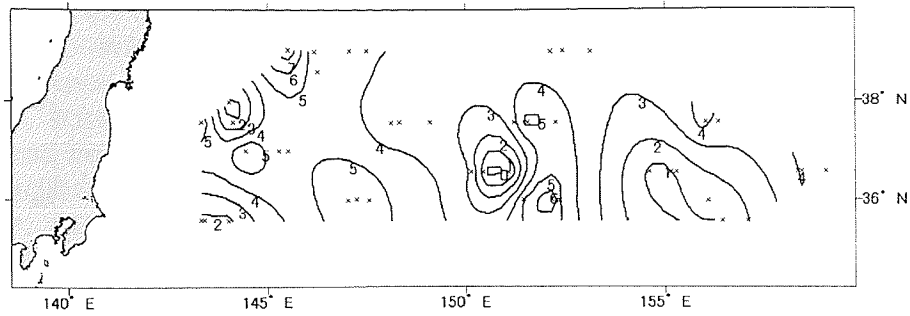


Figure 5. Distribution of difference between 100 m depth temperature and SST (°C). × indicate locations of mid-water trawl.

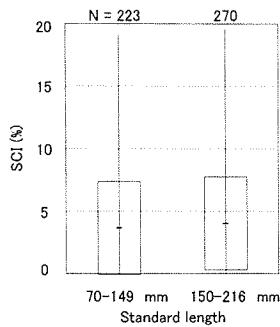
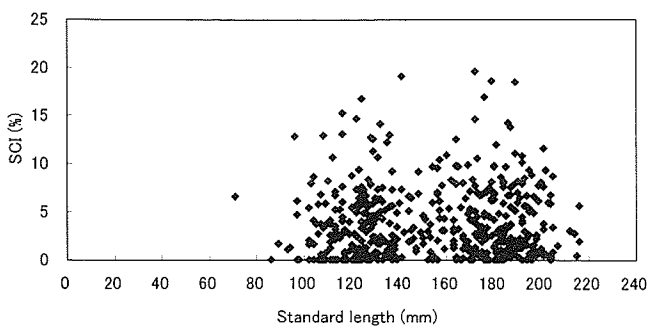


Figure 6. Relation between standard length and stomach content index (SCI) (top) and box-whisker plot of SCI of adults (150–216 mm SL) and subadults (70–149 mm SL) (bottom). SCI: Stomach content weight per body weight, horizontal bar: mean, vertical bar: range, box: range of standard deviation.

に、未同定魚類 (1,862)、オキアミ類 (1,826)、その他生物 (1,009)、イカ類 (209)、ハダカイワシ科魚類 (164)、カタクチイワシ (仔魚) (163)、サバ属 (稚魚) (54) であった (Fig. 8)。成魚と未成魚の胃内容物で、未同定魚類として分類した魚類の大部分はソコイワシ科などの中深層性魚類と思われた。

考察

水平分布

久保田 (2003) は黒潮続流域および移行域において昼間に

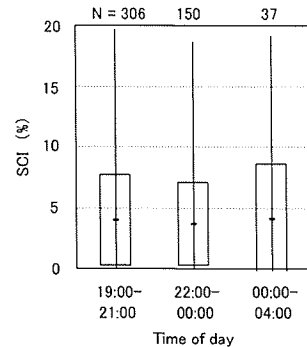
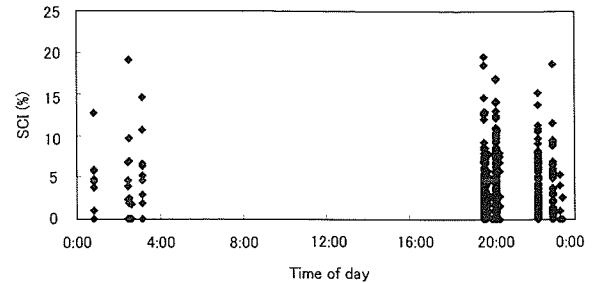


Figure 7. Relation between time of day and SCI (top) and box-whisker plot of SCI by time period (bottom). Time of day: time of start of towing and duration is 30 minutes. horizontal bar: mean, vertical bar: range, box: range of standard deviation.

30 m 以浅、夜間に 90 m 以浅からフレームトロールにより採集した稚仔魚データを解析し、フウライカマス稚仔魚が移行域に広く分布することを報告している。本研究により、フウライカマス成魚と未成魚も移行域内に広く分布することが明らかとなった。稚仔魚の CPUE は、成魚や未成魚に比べ北側の海域において高い値を示した。これは、遊泳力が乏しいと考えられる稚仔魚が、黒潮続流の北上分派により北緯 38 度付近まで流された可能性を示唆している。また本調査で、久保田 (2003) で示された稚仔魚の分布よりもさらに沖合である東経 159 度付近でも稚仔魚が分布していることが明らかになった。

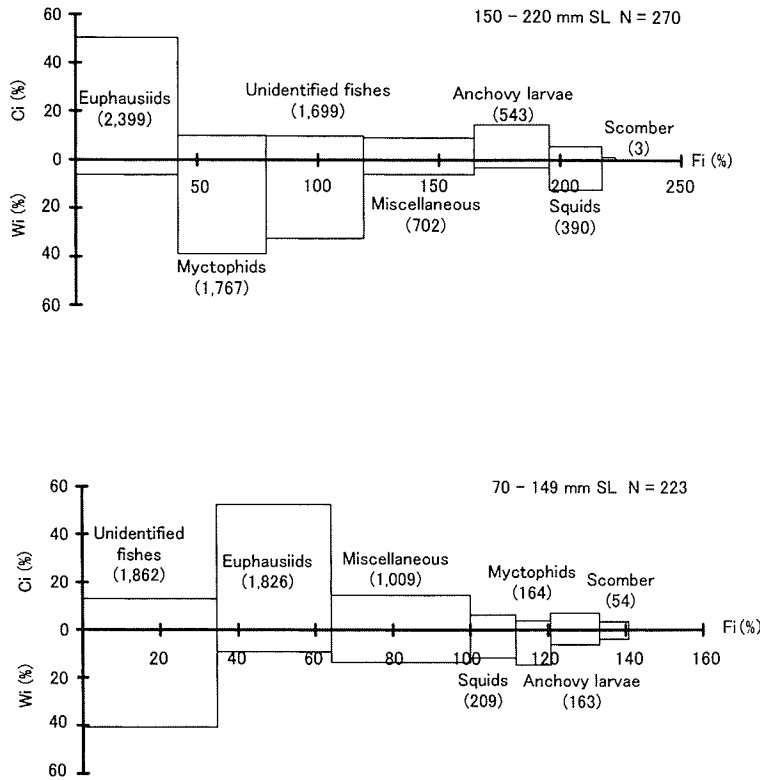


Figure 8. Three-way graphs representing index of relative importance (IRI values in the parentheses) of major diets of adults (top) and subadults (bottom), C_i (%): percent in number of diet i , F_i (%): frequency of occurrence, W_i (%): percent in wet weight.

フウライカマスの発育段階ごとの CPUE と水温の関係の検討から、いずれも表面水温が 17°C 前後で表面水温と 100 m 水深の水温差が大きい海域で分布密度が高いことが示された。水温差の大きい海域では、亜寒帯系水が亜熱帯(黒潮)系水の下層に入り込んでいると考えられる。このような海域では、適度な水温に加え、亜寒帯系水からの栄養供給や前線波動に伴う低気圧性渦による湧昇などによってクロロフィル濃度やカイアシ類などの生産が高められ、カタクチイワシ仔魚などにとって好適な環境を提供している(中田ほか, 1999; Kimura *et al.*, 2000)。また、ハダカイワシ類の重量で見た密度も亜寒帯域で高く、亜熱帯域は低く、移行域は中間的である(Sassa *et al.*, 2002)。そのため、水温差の大きい海域はフウライカマスの主要な餌の一つであるハダカイワシ類の生物量も同様な表面水温帯の中では比較的多いと考えられる。

鉛直分布

フウライカマス成魚は昼間は中深層に分布し、夜間は表層へ浮上するとされる(Nakamura and Parin, 1993)。本海域において夜間に 100 m 水深以浅で行われた表層トロール調査によると、フウライカマス成魚と未成魚およびハダカイワシ科魚類は 20~100 m 水深で密度が高かったのに対し、マイワシとカタクチイワシ稚魚は 60 m 水深以浅に主に分

布していた(Yatsu *et al.*, submitted)。一方、フウライカマスの仔稚魚(主に 6~39 mm SL)は、本海域において昼夜とも 50 m 水深以浅でカタクチイワシ仔稚魚とともに採集されていることから(久保田, 2003)、フウライカマスは 40 mm SL 以上に成長してから日周鉛直回遊を開始すると思われる。鉛直回遊に伴いカタクチイワシ仔魚よりも、ハダカイワシ科魚類などの中深層性の魚類が生息する水深と重複度が高くなると考えられる。一般に、中深層性マイクロネクトンの夜間表層への浮上は摂餌のため、日中の中深層への移動は捕食者からの逃避のためと考えられている(Gartner *et al.*, 1997)。したがって、日周鉛直運動の開始は、本種の体長に依存した被食関係の重要な変化を伴うものであると推察される。なお、本調査は 25 m 水深以浅を曳網したため、成魚と未成魚では採集層以深に分布していた魚群を漁獲できなかった可能性もある。

食性

フウライカマスの胃内容物の消化速度は不明であるが、時刻帯別の SCI に有意差がなかったことから、成魚と未成魚の摂餌は日没から夜間において特に活発な時刻帯があるとは思われない。一方、久保田(2003)はフウライカマスの仔稚魚の胃充満度が夜間に減少し日中に増加したことから、摂餌時間帯は日中であると報告している。したがって、

成長に伴い摂餌時間帯が変化する可能性が示唆された。

本研究におけるフウライカマス成魚・未成魚の主要な餌生物は、ハダカイワシ科魚類、オキアミ類、未同定魚類（大部分がソコイワシ科など中深層性魚類と思われる）であった。この結果は、既往の知見 (Nakamura and Parin, 1993) と一致した。IRI から見て、成魚は未成魚に比べてハダカイワシ科魚類の重要性が高かった (Fig. 8)。本研究ではカタクチイワシ仔魚は若干捕食されていたに過ぎないが、フウライカマス仔稚魚はカイアシ類、オキアミ類、カタクチイワシ仔魚を主に捕食していた (久保田, 2003)。これらのことから、オキアミ類と魚類がフウライカマスの仔稚魚期から成魚期に一貫して重要な餌生物であり、フウライカマスの成長に伴い、カイアシ類やカタクチイワシ仔魚から大型のハダカイワシ科魚類へと食性が変化することが推察された。この変化はフウライカマスの発育と成長に伴う生息深度の変化と関連していると考えられる。

本海域におけるカタクチイワシの仔稚魚の成長と生残メカニズムが、その主な餌であるカイアシ類の密度と関連づけて検討されている (Takahashi *et al.*, 2001)。本海域のマイワシ仔稚魚もカイアシ類を主に捕食し、サバ属魚類の稚魚はカイアシ類やオキアミ類を主に摂餌していた (中央水産研究所、未発表データ)。また、ハダカイワシ科魚類はカイアシ類や小型浮魚類の仔魚を捕食する (Moku *et al.*, 2002; Watanabe and Kawaguchi, 2003)。したがって、移行域に分布する小型浮魚類仔稚魚にとって、フウライカマス仔稚魚は競合者あるいは捕食者である (久保田, 2003)。一方、本海域におけるフウライカマス成魚と未成魚は、ハダカイワシ科魚類にとって捕食者であるほか、オキアミ類を巡る競合関係にもあると考えられる。ハダカイワシ科成魚は動物プランクトン食者、クロタチカマス科成魚は魚食者として摂餌のため夜間に表層へ浮上する種が多い (Gartner *et al.*, 1997)。そのため、動物プランクトン食者であるカタクチイワシやマイワシの初期生残に及ぼすフウライカマス成魚と未成魚の影響は、ハダカイワシ科魚類の介在により間接的なものとなっている。

謝 辞

洋上での調査を的確に遂行された北鳳丸の吉野 威船長はじめ乗組員の方々に深謝する。また、標本測定を手伝っていただいた中央水産研究所資源動態研究室の方々、フウライカマス稚魚の食性やハダカイワシ類の生態に関する知見をご教授いただいた中央水産研究所の久保田 洋研究員と東北区水産研究所の杵 雅利重点研究員に感謝する。本研究は、農林水産技術会議によるプロジェクト研究「深層生態系・生物資源の解明及び表層との相互作用の解明」および水産庁の資源評価調査の一環として行った。

引用文献

- Gartner, J. V., Jr., R. E. Crabtree and K. J. Sulak (1997) Feeding at depth. pp. 115–193 In D. J. Randall and A. P. Farrell (eds.), *Deep-Sea Fishes*. Academic Press.
- Grove, J. S. and R. J. Lave (1997) *The Fish of the Galapagos Islands*. Stanford Univ. Press.
- Kimura, S., H. Nakata and Y. Okazaki (2000) Biological production in meso-scale eddies caused by frontal disturbances in the Kuroshio Extension. *ICES J. Mar. Sci.*, **57**, 133–142.
- 木下貴裕 (1998) 黒潮続流域の北上稚魚、マイワシの資源変動と生態変化。渡邊良朗・和田時夫 (編), **119**, 84–92.
- 久保田 洋 (2003) 黒潮視潮移行域における小型浮魚類仔稚魚を取り巻く群集生態に関する研究。東京水産大学大学院水産学研究所博士論文, 1–112.
- Moku, M., K. Kawaguchi, H. Watanabe and A. Ohno (2000) Feeding habits of three dominant myctophid fishes, *Diaphus theta*, *Stenobrachius leucopsarus* and *S. nannochir*, in the subarctic and transitional waters of the western North Pacific. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **207**, 129–140.
- 村上眞裕美 (1993) 東北海区近海における黒潮続流流軸を指標する 100 m 深水温について。海の研究, **2**, 343–349.
- Nakamura, I. and N.V. Parin (1993) FAO species catalogue. Snake mackerels and cutlassfishes of the world (Families Gempylidae and Trichiuridae). *FAO Fish. Synop.*, **15**, 1–136.
- 中田英昭・岡崎雄二 (1999) 黒潮続流フロント域における仔魚の分布と餌料生物生産の動態。月刊海洋, **31**, 206–210.
- 西田 宏・友定 彰・谷津明彦 (2002) 黒潮続流・移行域におけるマサバ幼稚魚・未成魚の分布・輸送と加入量変動。月刊海洋号外, **31**, 165–170.
- Sassa C., K. Kawaguchi, T. Kinoshita and C. Watanabe (2002) Assemblages of vertical migratory mesopelagic fish in the transitional region of the western North Pacific. *Fish. Oceanogr.*, **11**, 193–204.
- Takahashi, M., Y. Watanabe, T. Kinoshita and C. Watanabe (2001) Growth of larval and early juvenile Japanese anchovy, *Engraulis japonicus*, in the Kuroshio-Oyashio transition region. *Fish. Oceanogr.*, **10**, 235–247.
- Takasuka A., I. Aoki and I. Mitani (2003) Evidence of growth-selective predation on larval Japanese anchovy *Engraulis japonicus* in Sagami Bay. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **252**, 223–238.
- Takasuka A., I. Aoki and I. Mitani (2004) Three synergistic growth-related mechanisms in the short-term survival of larval Japanese anchovy *Engraulis japonicus* in Sagami Bay. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **270**, 217–228.
- Yatsu, A., C. Sassa, M. Moku and T. Kinoshita. (submitted) Nighttime vertical distribution and abundance of small epipelagic and mesopelagic fishes in the upper 100 m layer of Kuroshio-Oyashio Transition Zone in Spring. *Fish. Sci.*
- Watanabe, C. and H. Nishida (2002) Development of assessment techniques for pelagic fish stocks: applications of daily egg production method and pelagic trawl in the Northwestern Pacific Ocean. *Fish. Sci.*, **68** (Suppl. 1), 97–100.
- Watanabe, H. and K. Kawaguchi (2003) Decadal change in the diets of the surface migratory myctophid fish *Myctophum nitidulum* in the Kuroshio region of the western North Pacific: Predation on sardine larvae by myctophids. *Fish. Sci.*, **69**, 716–721.
- 渡邊良朗 (1999) 浮魚類新規加入量決定の場としての黒潮視潮移行域の重要性。月刊海洋, **31**, 181–183.