

## 黒潮親潮移行域周辺におけるスルメイカ幼体の分布

森 賢,<sup>1\*</sup> 中村好和<sup>2a</sup>

(2002年3月25日受付, 2002年7月17日受理)

<sup>1</sup>北海道区水産研究所, <sup>2</sup>水産総合研究センターDistribution of juvenile Japanese common squid *Todarodes pacificus*  
around the Kuroshio-Oyashio transition regionKEN MORI<sup>1\*</sup> AND YOSHIKAZU NAKAMURA<sup>2a</sup><sup>1</sup>Hokkaido National Fisheries Research Institute, Kushiro, Hokkaido 085-0802, <sup>2</sup>Fisheries Research Agency,  
Yokohama, Kanagawa 236-8648, Japan

The distribution pattern of juvenile Japanese common squid, *Todarodes pacificus*, in the Kuroshio-Oyashio transition region was investigated in 1994-1996. The investigation was carried out in the offshore area of Boso-Joban districts every April. The juvenile squids of 5-35 mm (in dorsal mantle length, mainly 7-15 mm) were caught with 2 m ring-plankton-net (mesh size 3 mm). The research area was divided into four sub-areas by the hydrographical conditions namely, Oyashio area, Cold water area, Warm water area, and Kuroshio area. The distribution patterns of juvenile squids were compared among these four water areas. Juveniles occurred dominantly in the Warm water area. In the other areas, juvenile density was relatively low. High density occurrences of juveniles were recognized around the frontal area. Differences in the distribution pattern among size classes were not recognized. The distribution pattern of juvenile squids might be due to passive transport by the ocean current. The warm water area where many juvenile were distributed is a warm water area of more than 10°C at 100 m depth and corresponds to the area with high biomass of zooplankton. The passive system of transferring juveniles into this area influences the survival and growth for later juvenile stages.

キーワード：スルメイカ, 幼体, 分布, 黒潮親潮移行域

北海道・東北太平洋沿岸域で漁獲されるスルメイカは、主に本邦南西海域で冬季に発生し、黒潮によって北方海域へ移送されて成長した後、北海道・東北沿岸域に來遊すると推定されている。<sup>1,2)</sup> 太平洋沿岸でのスルメイカ漁獲量は、1960年代に30万トンを超える水準にあったが、1970年代から1980年代半ばまでの間は数万トン以下の水準にまで減少した。1980年代後半からは増加傾向に転じ、1996年には27万トンまで回復したが、1998年の漁獲量の激減に見られるように、資源水準は近年も大きく変動している。<sup>3)</sup> この資源水準の変動を引き起こす要因として、漁業による過剰漁獲や気候変化に伴う再生産環境の変化など諸説あるが、まだ明らかにはされていない。<sup>4-7)</sup>

スルメイカと同様に、太平洋側で大きな資源変動が確認されているマイワシでは、加入前の仔稚魚期を通じた生残率の変化が新規加入量決定に大きな影響を及ぼしていることが報告されている。<sup>8)</sup> 近年、このマイワシやマサバ、サンマなどの多獲性浮魚類の生活史初期の生息海域として黒潮親潮移行域が注目されており、これら浮魚資源の加入量決定の場として重要視されている。<sup>9)</sup> この黒潮親潮移行域は、黒潮続流および親潮の2大海流によって形成され、大小さまざまな暖水塊や暖水・冷水ストリーマーが発生し、海況の時間的・空間的変動が大きい海域である。<sup>10)</sup>

太平洋を北上し北海道・東北沿岸域に來遊するスルメイカも幼体期から未成体期に移行域を通過するため、<sup>11)</sup>

\* Tel : 81-154-91-9136. Fax : 81-154-91-9355. Email : moriken@fra.affrc.go.jp

<sup>a</sup> 現所属：東南アジア漁業開発センター海洋水産資源開発管理部局 (Marine Fishery Resources Development and Management Department, The Southeast Asian Fisheries Development Center, Kuala Terengganu, Malaysia)

マイワシなどと同様に、移行域における生息環境の変化が資源変動要因の一つとなっている可能性が推測される。しかし、移行域周辺海域におけるスルメイカ幼体の研究報告は少なく、<sup>12,13)</sup> この海域におけるスルメイカの生態は未だ不明な点が多く残されている。そこで、本研究はスルメイカの幼体期から未成体期の生息域として重要な位置を占めると考えられる黒潮親潮移行域周辺での、スルメイカ幼体の分布と水温の関係、また水温によって区分される水域と幼体の分布との対応に焦点をおき、調査を実施したものである。なお、本報告で調査対象とした幼体とは、発育段階区分で幼体期 I に相当し、ヒレ形状、脚式（脚または腕の長さの順序）などが不定形であり、あまり遊泳力を持たないとされている。<sup>14)</sup>

### 材料および方法

**調査期間・海域** 調査は、北水研所属の調査船北光丸（466 トン）を用いて、1994 年 4 月 11～28 日、1995 年 4 月 11～29 日、1996 年 4 月 12～30 日に行った。調査海域は、房総半島から常磐沖合までの北緯 35°～38°、東経 141°30′～146°で囲まれる海域に南北方向に 6 本の調査ラインを設定し、各調査ライン上に緯度 20′間隔で調査定点を配置した（Fig. 1）。なお、各年の調査実施点数は調査時の気象条件によって異なり、1994 年は St.50 を除く St.1～55 までの 54 点、1995 年は St.20 を除く St.1～37 までの 36 点、1996 年は St.30, 31, 36, 44, 49 を除く St.1～55 までの 48 点であった。

**海洋観測と水域区分** 各調査点における水温環境を把握するため、表面海水の採水による水温の測定、メモ

リー STD を用いた水深 300 m までの水温の測定を行った。調査海域内の水域区分は、観測した水深 100 m および 200 m の水温を用い、横内ら<sup>15,16)</sup>を参考に、次に示す 4 水域に区分した。黒潮水域（Kuroshio area）は黒潮流軸（200 m 深水温 14°C で指標）以南の海域。親潮水域（Oyashio area）は 100 m 深水温 5°C 線で囲まれ、周辺よりも冷たい海域。黒潮水域と親潮水域の間の水域は 100 m 深水温を用いて、10°C 未満を冷水域（Cold water area）、10°C 以上を暖水域（Warm water area）として区分した。

**イカ類幼体採集方法** 移行域周辺海域で調査を行った Okutani<sup>12)</sup>は、マルチ A ネットの表層曳きによる採集結果から、スルメイカ幼体が日周鉛直移動を行い、夜間は表層域に多く出現することを指摘している。そのため、本研究ではスルメイカの日周鉛直移動による影響を少なくするため、採集用ネットの曳網時間を夜間（日没直後～日出直前）に限定し、曳網方法も表層曳きと傾斜曳きの 2 方法を選択した。幼体の鉛直分布様式は明らかにされていないが、スルメイカのリンコトウチオン幼生ならびに未成体～成体の夜間の遊泳層の観察結果では、いずれも 100 m 以浅に分布していた。<sup>17,18)</sup> そのため傾斜曳きの最大水深は 100 m に設定した。使用したネットは、口径 2 m、ネット形状が円筒円錐型のリングネット（円筒部側長 3.2 m、円錐部側長 4.1 m、網目合い 3 mm）である。表層曳きは船速 3 ノット、曳網時間 15 分で設定し、曳網中は口輪の直径の約 2/3 が水面下にあるように曳索の長さを調整した。表層曳きでの濾水量は、海面下にあるネット開口部面積（直径の 2/3 が常

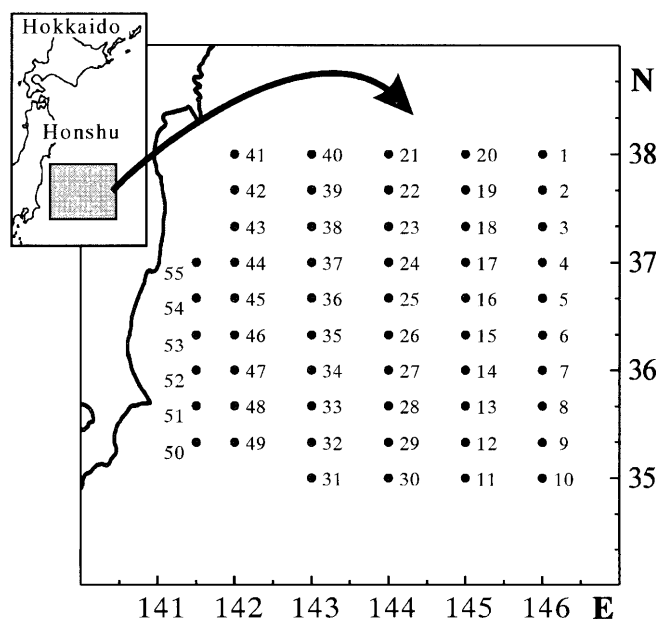


Fig. 1. Distribution of sampling sites for investigations from 1994 to 1996. Numerals show sampling site serial numbers.

に海面下にあると仮定)に、船速から計算した曳網距離を乗することで計算した。傾斜曳きは海表面から曳網を開始し、最大到達水深が100 mに達するように船速およびワイヤー傾角を調整して曳網した。ワイヤーの繰り出し、巻き取りスピードは平均0.5 m/sで行った。傾斜曳きの濾水量は、ネットに取り付けた濾水計から計算した。

**サンプル処理とデータ解析** ネットで採集した標本は、10% 海水ホルマリンで固定した後、研究室に持ち帰り、試料のソーティングならびに種査定を行ってスルメイカを選別した。採集したスルメイカ幼体は調査地点ならびに曳網方法別に計数し、濾水量から1 m<sup>3</sup>あたりの密度を計算した。また、外套背長も1 mm単位で測定した。各調査点における分布密度は、海表面(10×10 m<sup>2</sup>)から水深100 mまでの水柱内(10,000 m<sup>3</sup>)に存在するスルメイカの個体数として表した。本研究に使用した北光丸で傾斜曳きを行う場合、スクリーンによるネットの破損を防ぐため、投入直後と回収直前は船速を落とし、船を大きく旋回させ、曳索の繰り出しおよび巻き上げのスピードを上げている。そのため、海表面に近い部分の採集効率は大きく低下していると考えられる。そこで、水深1 m以浅は表層曳きの値を用い、水深1~100 mは斜め曳きの値を用い、(1)式により分布密度を計算した。

$$Dt = 100 \times (Ds + 99 \times Do) \quad (1)$$

$Dt$ : 調査地点の海表面~水深100 mまでの分布密度 (個体/10,000 m<sup>3</sup>)

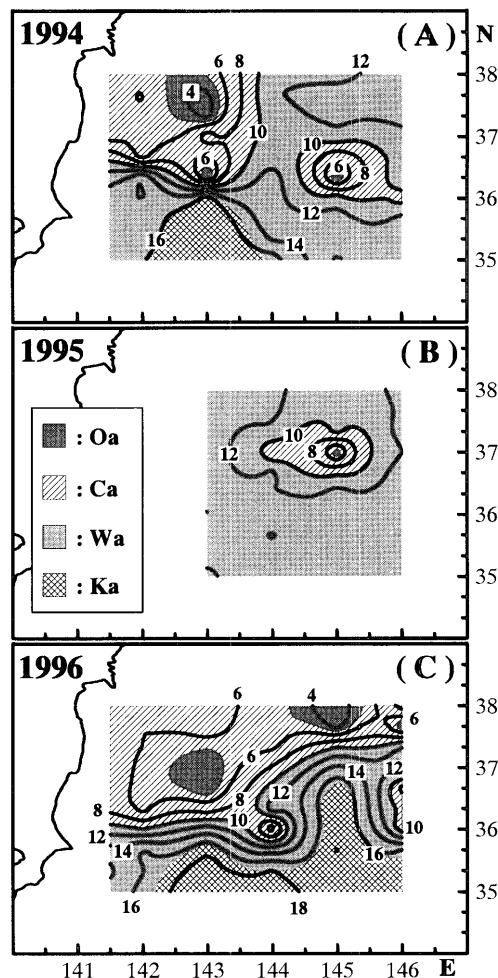
$Ds$ : 表層曳きで得られた密度 (個体/m<sup>3</sup>)

$Do$ : 傾斜曳きで得られた密度 (個体/m<sup>3</sup>)

**分布様式の解析** スルメイカ幼体の分布様式と水温との対応は、曳網を行った水深が0~100 mであることから、表面水温ならびに100 m深水温を代表値として、以後の解析に用いた。幼体の分布密度と水温との関係は、表面ならびに100 m深水温ごとに、(1)式で算出された分布密度の累積頻度分布図を作成して比較した。100 m, 200 m深水温から区分した水域間における幼体の分布の比較には、(1)式を用いて算出した分布密度を各水域毎に集計し、Mann-Whitney検定により検定を行った。

## 結 果

**海況** Fig. 2に調査海域における100 m深水温と各水域の水平分布を示した。調査海域の水温分布は、経年変化が大きかった。1994年は東経142~143°にかけて水温フロントが形成され、北緯36°以北の海域では親潮水域、冷水域が卓越し、36°以南では暖水域、黒潮水域が広がっていた (Fig. 2(A))。一方、144°以東では暖水域が広く調査海域を被い、水温傾斜も緩やかになってい



**Fig. 2.** Horizontal distribution of water temperature (°C) at 100 m depth and diagnostic hydrographic patterns. Oa, Oyashio area ( $\geq 5^{\circ}\text{C}$  at 100 m depth); Ca, Cold water area ( $5\text{--}10^{\circ}\text{C}$  at 100 m depth); Wa, Warm water area ( $\geq 10^{\circ}\text{C}$  at 100 m depth,  $< 14^{\circ}\text{C}$  at 200 m depth); Ka, Kuroshio area ( $\geq 14^{\circ}\text{C}$  at 200 m depth).

た。北緯36~37°、東経145°周辺には冷水域が存在していた。1995年は東経143°以西の調査がなく、この海域の海洋環境は不明である。東経143°以東の海況は1994年と似た傾向を示し、暖水域が広範囲に広がり、中心に冷水域が存在していた (Fig. 2(B))。水温傾斜は緩やかであり、水温フロントは認められない。一方、1996年は1994, 1995年とは大きく異なり、水温フロントが東西方向に長く形成されていた (Fig. 2(C))。また、暖水域の分布範囲が大きく減少し、代わって黒潮水域、冷水域の範囲が拡大していた。

**外套背長組成** Fig. 3に採集されたスルメイカ稚仔の外套背長組成を示した。スルメイカの外套背長の範囲は5~35 mmであった。各年の外套背長モードは、1994年が9 mm, 1995年が12 mm, 1996年が11 mmであり、年により大きく異なることはなかった。各年とも外

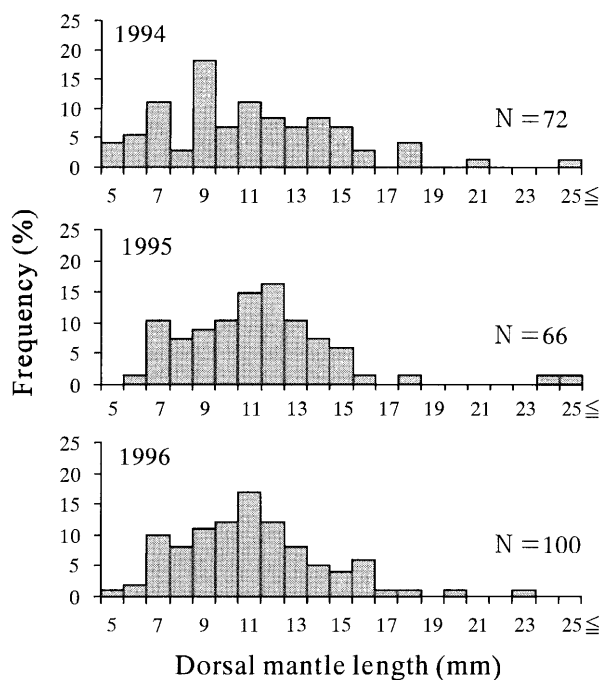


Fig. 3. Size frequency distributions of Japanese common squid juveniles collected from 1994 to 1996.

套背長 7~15 mm の個体の頻度が高く, 7 mm 以下および 16 mm 以上の個体は少数であった。

**水平分布様式** Fig. 4 に各年のスルメイカ幼体の水平分布状況を示した。幼体が採集された調査地点は, 各年とも 100 m 深水温 10°C 以上, 200 m 深水温 14°C 以下で指標される暖水域内が多かった。1994 年は 143°E 以西での幼体の分布は少なく, 144°E 以東に多く分布していた (Fig. 4(A))。幼体の出現はほぼ暖水域に限定され, 特に冷水域とのフロント部が多かった。分布密度は 0.0~43.5 個体/10000 m<sup>3</sup>, 平均 2.6 個体/10000 m<sup>3</sup> であった。1995 年は調査海域の大部分が暖水域で占められ, 幼体の採集地点もこの水域内に限定されていた (Fig. 4(B))。1994 年とは異なり冷水域とのフロント部での分布は少なく, 北緯 36°以南に広く分散していた。分布密度も 0.0~9.0 個体/10000 m<sup>3</sup>, 平均 1.1 個体/10000 m<sup>3</sup> であり, 全体的に低密度であった。1996 年も, 幼体は暖水域を中心に黒潮水域および冷水域とのフロント周辺部に多く分布していたが, 暖水域が冷水域および黒潮水域に挟まれその領域が帯状に狭まっているため, スルメイカ幼体の分布範囲は 94, 95 年と比較して狭い範囲に限定されていた (Fig. 4(C))。しかし, 94, 95 年とは異なり, 黒潮水域や冷水域にも幼体の分布が見られ, 10 個体/10000 m<sup>3</sup> 以上の高い密度もあった。分布密度は 0.0~19.6 個体/10000 m<sup>3</sup>, 平均 1.7 個体/10000 m<sup>3</sup> であった。

**水域別分布様式** Fig. 4 で示したように, スルメイカ

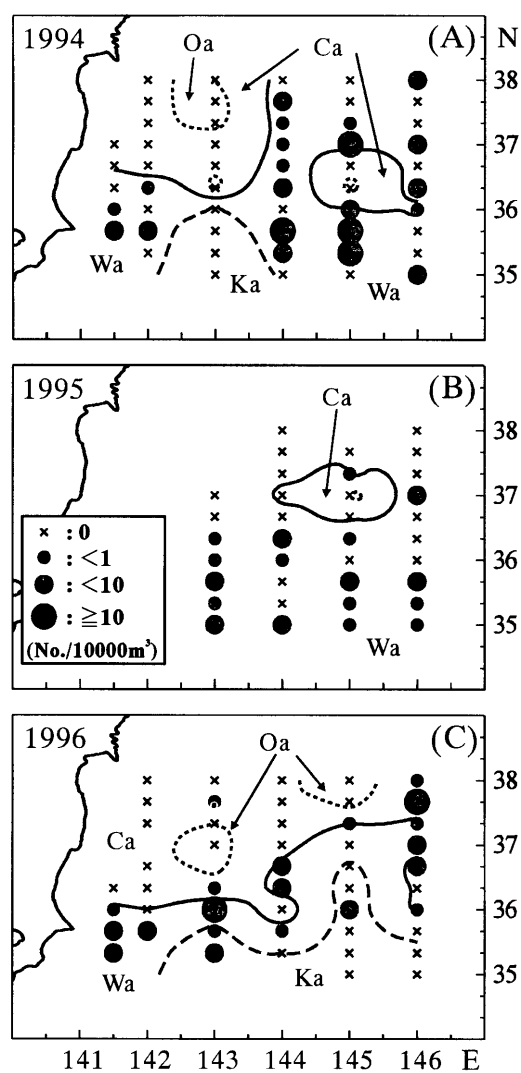


Fig. 4. Horizontal distribution of Japanese common squid juveniles and four water areas. (Oa, Ca, Wa and Ka: see the caption of Fig. 2)

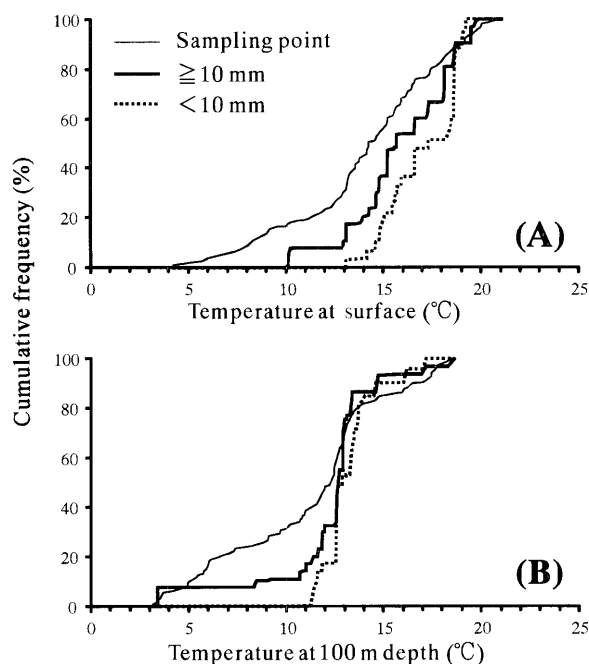
幼体の分布域は各年とも暖水域を中心に形成され, その他の水域では 1996 年を除いてあまり認められなかった。そこで, Table 1 に各水域毎に集計したスルメイカ幼体の平均採集密度とその標準偏差を示した。調査を行った各年とも, 暖水域での分布密度は他の水域よりも大きく, その傾向は 1994, 1995 年で顕著であったが, 1996 年についても暖水域での分布密度は親潮水域の 2.2 倍, 黒潮水域の 2.8 倍であった。調査を行った 3 年間を集計すると, 暖水域における分布密度は他水域の 3.1~28.0 倍であった。調査数が少ない水域もあるため, 暖水域とそれ以外の水域に 2 分し, Mann-Whitney 検定を用いて水域差の検定を行った結果, 暖水域での幼体分布密度は他水域より有意に高いことが示された ( $Z = 4.54, P < 0.01$ )。

**分布と水温の関係** 水温と幼体の分布の関係を明らか

**Table 1.** Density of Japanese common squid juveniles (No./10,000 m<sup>3</sup>) in four water areas

Area	1994		1995		1996		Total	
	Average	±SD	Average	±SD	Average	±SD	Average	±SD
Oyashio area	0.0	—	0.0	—	1.7	4.1	0.8	2.9
Cold water area	0.0	—	0.0	—	0.3	1.0	0.1	0.8
Kuroshio area	0.0	—	no data		1.3	3.0	0.9	2.6
Oyashio + Cold + Kuroshio area	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	2.5	0.5	1.9
Warm water area	4.1	8.4	1.2	2.3	3.7	5.5	2.8*	6.2

Asterisk indicates significant difference by Mann-Whitney test ( $P < 0.01$ )



**Fig. 5.** Cumulative frequencies of the density of Japanese common squid juvenile for two size classes and cumulative frequency of observed water temperature in surface (A) and at 100 m depth (B). Thick solid line for  $\geq 10$  mm dorsal mantle length; dotted line for  $< 10$  mm dorsal mantle length; thin solid line for water temperature.

にするため、Fig. 5に表面水温および100 m深水温別のスルメイカ幼体分布密度と調査地点数の累積頻度分布を示した。外套背長の違いによる分布様式の差を比較するため、幼体の分布密度を外套背長10 mmを境に大小2群に分離して解析を行った。調査地点数の累積頻度分布は、調査地点がどの水温帯に配置されていたかを示す指標であり、分布密度の累積頻度分布はどの水温帯で多く分布していたかを示す指標となる。そのため、累積頻度分布の一致、不一致の程度は、スルメイカ幼体による水温の選択性を示し、不一致の程度が大きいほど選択性が強いと考えられる。表面水温との比較では、調査地点

と幼体の累積頻度分布には差が認められ、幼体の分布は10~20°Cの水域に限られていた。外套背長10 mmで区分した2群を比較すると、大型の幼体の方がより低い水温帯から出現しているが、その差は大きくなく1~2°Cであった(Fig. 5(A))。100 m深水温との比較でも、調査地点と幼体分布密度の累積頻度分布には差が認められた(Fig. 5(B))。しかし、幼体の累積頻度分布は表面水温の場合と異なり、10°C前後から急激に増加し、14°Cまででほとんどの個体が分布する形を示した。このことから、幼体の分布を規定する要因として、表面水温よりも100 m深水温の方がより大きな影響を与えていると考えることができる。外套背長の異なる2群の比較では、表面水温による比較と同様に大型個体のほうがより冷たい水域から出現し、特に10°C以下では小型個体の出現は認められなかった。しかし、全体的には水温による分布の差は小さかった。

#### 考 察

**スルメイカ幼体の水平分布様式** 水温から区分した4水域間の比較では、スルメイカ幼体の分布域は暖水域を中心に形成されていた(Fig. 4)。また、100 m深水温で比較すると、全体では3~18°Cと広範囲に分布していたが、中心は10~13°Cにあり、狭い水温帯に分布が集中する傾向があった(Fig. 5(B))。しかし、1996年のように親潮水域や黒潮水域にまで幼体が分布する事例も認められた。この1996年の海況を1994、1995年と比較すると、1996年は幼体の主分布水域である暖水域の占有面積が小さくなり、その他の水域が拡大していた(Fig. 2)。また、水温フロントが東西方向に長く形成されるなど、1994、1995年とは異なり、複雑な様相を示していた。この複雑な水温構造とそれを派生させた海流変動により、幼体の分布域が他の水域にまで広がったと考えられる。

調査地点別の幼体の分布密度は0~43.5個体/10000 m<sup>3</sup>であり、採集地点の多くは10個体/10000 m<sup>3</sup>以下であった(Fig. 4)。幼体の分布が集中していた暖水域内でも分布密度は大きく変化し、局所的に高密度になる地

点が存在した。また, 分布水温と外套背長組成の間には明瞭な関係は認められず (Fig. 5), 幼体が成長に伴い分布水域を冷水域に移していく過程はあまり認められなかった。以上の結果から, 本調査で主に採集された外套背長 10 mm 前後の幼体では, まだ能動的に集群・移動するまでの遊泳力を獲得しておらず, 海流等の物理的要因によって各個体が受動的に輸送・拡散されていると考えられる。一部の調査地点で幼体が高密度に分布する地点もあるが, これは暖水舌や冷水渦周辺のフロントなどのように, 物理的要因によって幼体が集群された結果と考えられる。これらの例は, 黒潮周辺域では動物プランクトンやカタクチイワシ仔稚魚などで報告があり<sup>19-21)</sup>, イカ類稚仔ではメキシコ湾流周辺域でカナダイレックス (*Illex illecebrosus*) の例が報告されている。<sup>22)</sup>

**スルメイカの生活史初期における黒潮親潮移行域の重要性** 本邦太平洋沿岸域に來遊するスルメイカは, 冬季に東シナ海北部～中西部で産出された集団が主体であり, 黒潮によって春季には北東海域に移送される。<sup>1,2,12)</sup> 産卵海域は卵が未採集のため確認されていないが, 孵化直後と考えられる幼生の分布から, 東シナ海の黒潮本流域に隣接した中国側陸棚の暖水域であると考えられている。<sup>17,23,24)</sup> 産卵海域から黒潮によって移送される本邦南西沖合域でも, スルメイカ幼稚仔は黒潮フロント周辺部に多く分布していた。<sup>12)</sup> そして, 黒潮親潮移行域におけるスルメイカ幼体も黒潮から派生する暖水域を中心に分布していた (Fig. 4)。以上のことから, スルメイカの稚仔期から幼体期における生息域は黒潮およびそれに付随する暖水域を中心に形成され, この水域における物理的・生物的環境要因がその資源変動に大きな影響を与えていると考える事が出来る。

採集されたスルメイカの外套背長は 5～35 mm であり, 10 mm 前後の個体が主体であった (Fig. 3)。黒潮親潮移行域周辺でのスルメイカ幼体の食性に関する研究例はないが, 日本海西南海域で食性に関する研究を行った浜部ら<sup>25)</sup>によると, 外套背長が 1～5 cm の幼体は端脚類やアミ類, エビ・カニ類の幼生など動物プランクトンを主体に捕食し, 外套背長が大きくなるに従って, より大型のイカ類や魚類などを捕食していた。また, スルメイカには特別な餌選択性はなく, 量, 質ともに分布水域の餌料生物の分布状況を反映していると考えられていることから,<sup>26,27)</sup> 黒潮親潮移行域のスルメイカ幼体も動物プランクトンを主に捕食していると考えられる。

黒潮親潮移行域周辺での動物プランクトン現存量は親潮水域が最も多く, 混合域 (本研究における冷水域と暖水域), 黒潮水域の順で現存量は減少し, 各海域とも 5 月を中心とした春～初夏にかけて現存量が最大になると報告されている。<sup>28,29)</sup> 分布する動物プランクトンのサイ

ズを比較すると, 親潮水域では大型種が多く, 黒潮水域では小型種が多く, 混合域では大型種と小型種の両方が出現していた。<sup>29)</sup> つまり, スルメイカ幼体が分布する混合域は多様性が高く, 生物量の豊富な動物プランクトン群集を有することになる。成長とともに餌生物の種類や大きさが変化することは, 日本周辺海域ではヤリイカ (*Loligo bleekeri*) などで報告があり,<sup>30)</sup> また, 他のアカイカ科イカ類ではオーストラリアスルメイカ (*Nototodarus gouldi*) やヨーロッパスルメイカ (*Todarodes sagittatus*) などで報告がある。<sup>31,32)</sup> 生息域における個体の成長段階に応じた適度な大きさの餌生物の存在は, 個体の成長・生残にとって必須条件になると考えられる事から, 多様性の高い動物プランクトン群集を有する黒潮親潮移行域周辺海域は, スルメイカの幼体期における生息域として非常に好適な餌環境を有していると言える。

冬季に九州南西海域で産出されたスルメイカは, 受動的輸送により春季には黒潮親潮移行域周辺に運ばれる。移行域周辺の動物プランクトン現存量が最大になるのは春季であり, スルメイカの北上期と餌生物の増大期は一致することになる。つまり, 太平洋海域におけるスルメイカは, その海域の生産力を最も有効に活用する繁殖戦略を選択していると言える。しかし, 海流環境等の変化により, 親潮水域や黒潮水域に輸送, 保持された場合, 低水温もしくは高水温による代謝異常, 適切な餌生物の不足による飢餓など, 幼体の生残が悪化する可能性が高くなると考えられる。以上のことから, 黒潮による産卵海域から成育に適した黒潮親潮移行域への輸送と保持が, スルメイカの初期生残決定の重要な要素になっていると考えられる。

## 謝 辞

本研究をまとめるにあたり, 懇切なるご指導いただいた北海道区水産研究所亜寒帯漁業資源部長水戸啓一博士, 中央水産研究所黒潮研究部長石田行正博士に厚くお礼申し上げます。また, 船上での各種作業に御協力を頂いた北光丸船長を始めとする北光丸乗組員の方々に感謝いたします。

## 文 献

- 1) 新谷久男. 「スルメイカの資源」水産研究叢書 16, 日本水産資源保護協会, 東京, 1967; 1-60.
- 2) Hatanaka H, Kawahara S, Uozumi Y, Kasahara S. Comparison of life cycles of five Ommastrephid squids fished by Japan: *Todarodes pacificus*, *Illex illecebrosus*, *Illex argentinus*, *Nototodarus sloani sloani* and *Nototodarus sloani gouldi*. *NAFO Sci. Coun. Studies* 1985; **9**: 59-68.
- 3) 北海道区水産研究所. 平成 13 年スルメイカ冬季発生系群の資源評価. 我が国周辺水域の漁業資源評価, 水産庁, 東京, 2001; 247-267.

- 4) 土井長之, 川上武彦. 日本近海産スルメイカの生物生産と漁業の管理. 東海水研報 1979; **99**: 65-83.
- 5) 新宮千臣, 村田守, 石井正. 日本の太平洋沿岸におけるスルメイカの漁獲変動. 北水研報告 1983; **48**: 21-36.
- 6) Sakurai Y, Kiyofuji H, Saitoh S, Goto T, Hiyama Y. Changes in inferred spawning areas of *Todarodes pacificus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) due to changing environmental conditions. *ICES J. Mar. Sci.* 2000; **57**: 24-30.
- 7) 桜井泰憲. 気候変化とイカ類資源の変動. 月刊海洋 2001; 号外**24**: 228-236.
- 8) Watanabe Y, Zenitani H, Kimura R. Population decline of the Japanese sardine *Sardinops melanostictus* owing to recruitment failures. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1995; **52**: 1609-1616.
- 9) 渡邊良朗. 浮魚類新規加入量決定の場としての黒潮親潮移行域の重要性. 月刊海洋 1999; **31**: 181-183.
- 10) 川合英夫. 黒潮と親潮の海況学「海洋物理Ⅱ 海洋科学基礎講座2」(高野健三, 川合英夫編) 東海大学出版会, 東京. 1972; 129-321.
- 11) 安井達夫, 久保田清吾, 橋場敏雄, 斉藤重男, 湊栄一, 松井勇. 東北・北海道太平洋側海域におけるスルメイカの分布と回遊. スルメイカ漁況予測精度向上のための資源変動機構に関する研究, 農林水産技術会議事務局, 東京, 1972; 68-94.
- 12) Okutani T. Studies on early life history of Decapodan Mollusca-III. *Bull. Tokai. Reg. Fish. Res. Lab.* 1968; **5**: 9-57.
- 13) 村田守. 春～初夏の本邦北部沖合海域におけるスルメイカ若令群の分布および集魚灯下での行動. 北水研報告 1983; **48**: 37-52.
- 14) 笠原昭吾. 日本海区のスルメイカ. 昭和63年度長期予測高度化技術開発試験報告書, 漁業情報サービスセンター, 東京, 1989; 162-179.
- 15) 横内克巳, 平井光行, 稲掛伝三, 村上眞裕美, 安田一郎, 松尾豊, 友定彰. 東北海区漁場海況概報作成マニュアル(改訂第9版). 東北ブロック水産海洋連絡会報 1992; **21**: 71-73.
- 16) 横内克巳, 友定彰, 松尾豊. 黒潮, 親潮および混合水域において擬似現場測定により得られた光一光合成曲線. 東北水研研報 1997; **59**: 127-138.
- 17) 渡部泰輔. 1959～1962年冬季本邦南西海域におけるスルメイカ稚仔の分布生態について. 東海水研報 1965; **43**: 1-12.
- 18) 鈴木恒由, 田代征秋, 山岸吉弘. 魚群探知機で見た北部日本海のスルメイカの遊泳層について. 北大水産彙報 1974; **25**: 238-246.
- 19) Yamamoto T, Nishizawa S. Small-scale zooplankton aggregations at the front of a Kuroshio warm-core ring. *Deep-Sea Res.* 1986; **33**: 1729-1740.
- 20) Nishikawa J, Tsuda A, Ishigaki T, Terazaki M. Distribution of euphausiids in the Kuroshio front and warm water tongue with special reference to the surface aggregation of *Euphausia pacifica*. *J. Plankton Res.* 1995; **17**: 611-629.
- 21) 岡崎雄二, 中田英昭. 黒潮続流縁辺域における仔稚魚とその餌生物の分布. 月刊海洋 1998; 号外**13**: 154-158.
- 22) Rowell TW, Trites RW, Dawe EG. Distribution of short-finned squid (*Illex illecebrosus*) larvae and juveniles in relation to the Gulf Stream frontal zone between Florida and cape Hatteras. *NAFO Sci. Coun. Studies* 1985; **9**: 77-92.
- 23) 松田星二, 花岡藤雄, 古藤力, 浅見忠彦, 浜部基次. 本邦南西海域におけるスルメイカの再生産機構とその変動要因. スルメイカ漁況予測精度向上のための資源変動機構に関する研究, 農林水産技術会議事務局, 東京, 1972; 10-30.
- 24) Bower JR, Nakamura Y, Mori K, Yamamoto J, Isoda Y, Sakurai Y. Distribution of *Todarodes pacificus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) paralarvae near the Kuroshio off southern Kyushu, Japan. *Mar. Biol.* 1999; **135**: 99-106.
- 25) 浜部基次, 清水虎雄. 日本海南西海域を主にしたスルメイカの生態学的研究. 日水研報告 1966; **16**: 13-55.
- 26) Okutani T. Diet of the common squid, *Ommastrephes sloani pacificus* landed around Ito port, Shizuoka Prefecture. *Bull. Tokai. Reg. Fish. Res. Lab.* 1962; **32**: 41-47.
- 27) 沖山宗雄. 日本海沖合におけるスルメイカ *Todarodes pacificus* (STEENSTRUP) の食性. 日水研報告 1965; **14**: 31-41.
- 28) Ikeda T, Motoda S. Estimated zooplankton production and their ammonia excretion in the Kuroshio and adjacent seas. *Fish. Bull.* 1978; **76**: 357-367.
- 29) 小達和子. 東北海域における動物プランクトンの動態と長期変動に関する研究. 東北水研研報 1994; **56**: 115-173.
- 30) 佐藤雅希. ヤリイカの食性について. 平成2年度イカ類資源・漁海況検討会議研究報告, 北水研, 北海道, 1991; 84-90.
- 31) O'Sullivan D, Cullen JM. Food of the squid *Nototodarous Gouldi* in Bass strait. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.* 1983; **34**: 261-285.
- 32) Breiby A, Jobling M. Predatory role of the flying squid (*Todarodes sagittatus*) in north Norwegian waters. *NAFO Sci. Coun. Studies* 1985; **9**: 125-132.