

伊予灘東部海域におけるマダコ浮遊期稚仔の出現状況

坂口秀雄^{†1}, 浜野龍夫², 中園明信³Occurrence of Planktonic Juveniles of *Octopus vulgaris* in Eastern Iyo-Nada of the Seto Inland Sea, JapanHideo SAKAGUCHI^{†1}, Tatsuo HAMANO² and Akinobu NAKAZONO³

The occurrence of planktonic juveniles of *Octopus vulgaris* was investigated in eastern Iyo-Nada of the Seto Inland Sea, Japan, from April, 1996 to March, 1998. Total of 641 specimens were collected in Bongo net tows in the surface layer at 9 stations. Planktonic juveniles occurred at night from May to February except for 2 juveniles collected in the daytime. Distribution densities had two peaks, 4.6–5.5 inds./1,000 m³ in June and 82.0–86.9 inds./1,000 m³ in October. The mantle length mode of juveniles was larger in June than in October. Duration of the planktonic phase before settlement was estimated to be approximately 2 months. Relationship between mantle length and total length showed a breakpoint at 2.9 mm in mantle length.

Key words: *Octopus vulgaris*, planktonic juvenile, growth, breakpoint, distribution density, Iyo-Nada

はじめに

マダコ *Octopus vulgaris* は、日本周辺では主に宮城県以南の太平洋側および青森県以南の日本海側から東シナ海、台湾にかけて分布している（奥谷ほか, 1987）。特に瀬戸内海、中でも水道部に近い潮流の速い海域に多く生息しており、このような海域では、本種に対する漁業依存は大きい（井上, 1969; 兵庫県, 1984）。伊予灘もこうした海域の特徴を備えており、本種は主に小型底びき網とたこつばにより漁獲されている。

マダコの生態については不明な点が多く、浮遊期稚仔に関する報告も少ない。天然海域における浮遊期稚仔の出現について、播磨灘では8~12月の期間、昼間は海底上0.2~4 m層、夜間は海面下0~1 m層に多く出現することが報告されている（武田, 1990）。また、坂岡ほか（1996）は、広島県海域では5~10月に浮遊期稚仔が出現することを報告している。しかしながら、瀬戸内海では、マダコの産卵

期は春と秋の2回あるといわれており（田村, 1973; 川本, 1978; 日本栽培漁業協会, 1988）、そのことを考慮した浮遊期稚仔の発生状況調査の例はない。また、天然海域における浮遊期稚仔の食性も解明されていない。ふ化直後のマダコ稚仔の全長に対する腕長比は、成体に比べ著しく小さく、吸盤数も1腕あたり3個と少ない（伊丹ほか, 1963; 川本, 1978; 武田, 1990; Villanueva *et al.*, 1995）。マダコは腕で餌を捕獲するため、腕長は摂餌に重要な役割を果たし、腕の発達とともに捕獲可能な餌の種類が変化すると考えられる。

本研究では、伊予灘東部海域におけるマダコの発生量を相対的に把握するために、春と秋に産卵があることを念頭に置いて本種の浮遊期稚仔の定量採集を試みた。また、採集した稚仔の腕部の相対成長を調べ、食性との関連について考察をおこなった。

試料と方法

1996年4月から1997年3月までは毎月1回昼間および夜間に、1997年4月から1998年3月までは毎月1回夜間に調査をおこなった。伊予灘東部海域の9調査点で（Fig. 1）、愛媛県中予水産試験場の調査船「ゆり」（4.9t）によって、口径60 cmのボンゴネット（目合い0.5 mm）の表層水平曳きをおこなった。大潮時は時間帯による潮流流速の変化が大きく、ネットを微速で安定的に曳航するには不適であると考え、調査日は小潮を原則とした。調査開始時刻は、昼

1999年2月1日受付, 1999年9月8日受理

¹ 愛媛県中予水産試験場

Ehime Prefectural Chuyo Fisheries Experimental Station, Iyo, Ehime 799-3125, Japan

² 水産大学校生物生産学科

National Fisheries University, P.O. Box 3, Shimonoseki, Yamaguchi 759-6595, Japan

³ 九州大学農学部水産学科

Department of Fisheries, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Higashi-ku, Fukuoka 812-8581, Japan

[†] hsakagti@lime.ocn.ne.jp

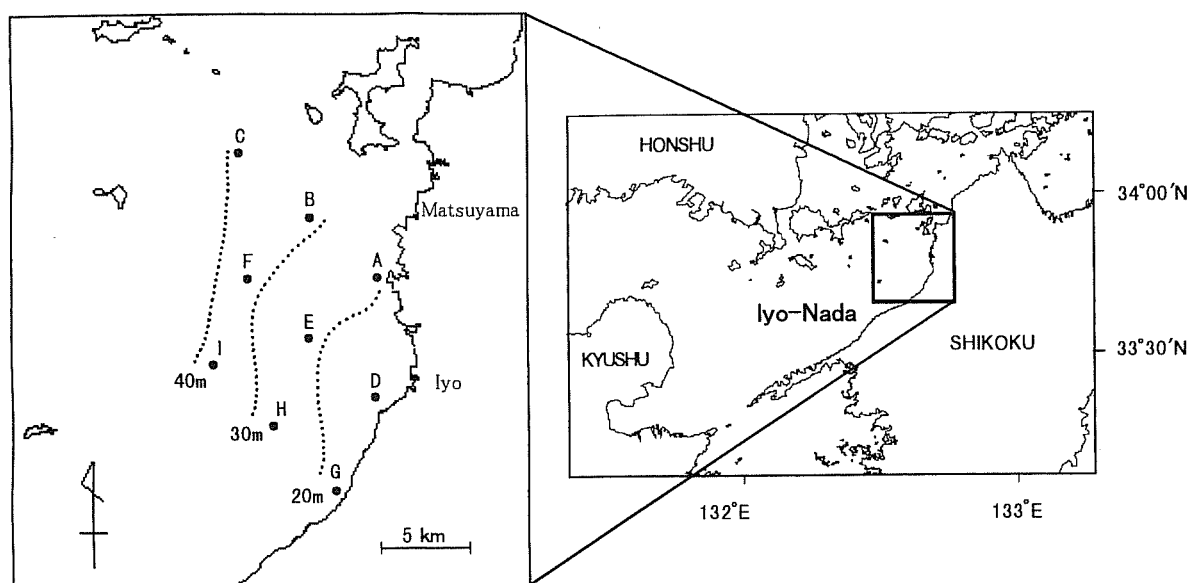


Figure 1. Sampling stations A to I in eastern Iyo-Nada of the Seto Inland Sea, Japan.

間には午前9時前後を、夜間には日没1時間後を目安とした。曳網は約2ktで8~10分間おこなった。同時に、調査船の船底（水面下1m）に装備している水温計により、調査場所の水温を測定した。また、ボンゴネットには濾水計を装着し、事前に無網試験により得た係数を用いて、濾水率を求めた。

採集した標本を船上で5%海水ホルマリンで固定し、後日、研究室でタコ類稚仔を選別、同定した。タコ類稚仔は3種類出現した。水槽飼育により得られたマダコ稚仔の標本（坂口ほか, 1999）と形態を比較してマダコを選別し、下記の計測をおこなった。また、個体数密度の算出は、調査点別の場合には採集個体数と濾水量から、月別の場合には全調査点での採集個体数の合計と全調査点の濾水量の合計から、海水1000m³あたりの値を求めた。

本研究では、タコ類の外部形態の測定に一般的に使用される部位（奥谷, 1984）のうち、全長（外套後端から最も長い腕の前端までの長さ）、外套長（外套後端から眼の中心までの長さ）、および外套腹面長（外套後端から外套腹面開口部までの長さ）を測定した（Fig. 2）。吸盤数は、武田（1990）の方法にしたがい、右第1腕の吸盤のうち中央部に凹部が形成されているもののみを計数した。

結果

1996年度の調査では、マダコ浮遊期稚仔は6月から翌2月にかけて夜間に合計379個体採集されたが、昼間には10月に2個体採集されたのみであった（Table 1）。昼間の表面平均水温は、7月が25.8℃と最も高く、2月が11.3℃で最も低かった。夜間の表面平均水温は7月、8月が24.1℃と最も高く、2月が11.0℃で最も低かった。1997年度の調査

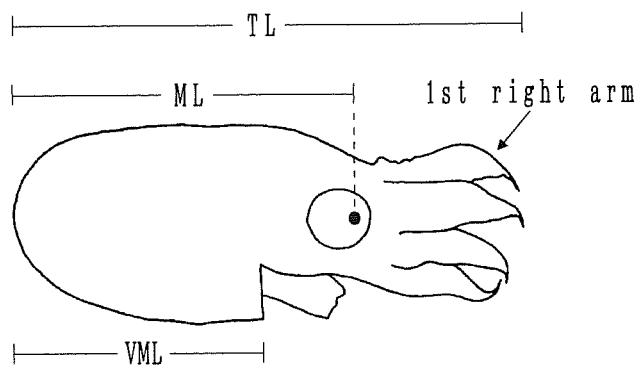


Figure 2. Size measurements of planktonic juveniles of *Octopus vulgaris*. TL: total length, ML: mantle length, VML: ventral mantle length

は夜間のみおこない、5月から12月および翌2月に合計262個体の稚仔を採集した（Table 1）。表面平均水温は、8月が26.0℃と最も高く、2月が11.4℃で最も低かった。

分布 夜間のマダコ浮遊期稚仔の月別出現状況は両年度においてほとんど同じであった（Fig. 3）。すなわち、個体数密度は6月に5個体/1,000m³程度まで増加したが、以降は減少し、8月には1個体/1,000m³未満となった。しかし、9月には10個体/1,000m³以上、10月には80個体/1,000m³以上となり、ピークを迎えた。その後、個体数密度は低下し、12月には1個体/1,000m³程度となり、翌1、2月には0.5個体/1,000m³未満となった。両年度ともに、3月および4月には、マダコ浮遊期稚仔は採集されなかった。

比較的多数の浮遊期稚仔が採集された6月、9月、10月について、それらの水平分布をFigure 4に示した。両年の6月を比較すると、個体数密度は、1996年には中部沿岸域

Table 1. Occurrence of planktonic juveniles of *Octopus vulgaris* in eastern Iyo-Nada of the Seto Inland Sea, Japan. Specimens were collected by towing a Bongo net (diameter 60 cm doubled and mesh size 0.5 mm) in the surface layer at 9 stations each for a duration of 10 minutes at 2 knots.

	Date	Total number of juveniles captured	Range of mantle length (mm)	No. of suckers on 1 st right arm	Mean surface water temp. (°C)
Daytime	Apr. 10, 1996	0	—	—	11.3
	May 24,	0	—	—	17.9
	June 24,	0	—	—	19.9
	July 24,	0	—	—	25.8
	Aug. 19,	0	—	—	23.8
	Sep. 20,	0	—	—	24.4
	Oct. 18,	2	1.8–2.0	3	22.3
	Nov. 7,	0	—	—	21.1
	Dec. 4,	0	—	—	17.4
	Jan. 13, 1997	0	—	—	13.2
	Feb. 13,	0	—	—	11.3
	Mar. 14,	0	—	—	11.9
	Nighttime	Apr. 10, 1996	0	—	—
May 24,		0	—	—	16.5
June 24,		15	1.7–2.5	3	18.9
July 22,		6	1.6–2.4	3	24.0
Aug. 19,		3	1.9–2.3	3	24.1
Sep. 20,		27	1.7–2.6	3– 4	23.9
Oct. 18,		289	1.6–3.5	3– 7	22.4
Nov. 7,		33	1.7–3.6	3– 7	21.1
Dec. 4,		4	2.2–5.0	3–14	17.4
Jan. 13, 1997		1	2.1	3	13.2
Feb. 13,		1	1.9	3	11.0
Mar. 14,		0	—	—	11.8
Apr. 14,		0	—	—	14.2
May 16,		2	2.2	3	19.2
June 13,		14	1.8–2.3	3	19.5
July 14,		7	1.6–2.8	3– 4	24.0
Aug. 29,		1	1.8	3	26.0
Sep. 25,		33	1.7–2.2	3	23.4
Oct. 8,		193	1.4–3.5	3– 7	23.1
Nov. 19,		8	2.0–4.8	3–14	19.2
Dec. 5,		3	3.0–5.4	4–18	17.4
Jan. 9, 1998		0	—	—	13.9
Feb. 18,		1	1.9	3	11.4
Mar. 16,	0	—	—	11.8	

で高かったが、1997年には北部沖合い域および南部沿岸域で高かった。9月は、1996年はやや沖合い域が高く、1997年は沿岸域で高かった。10月は、1996年は中部のやや沖合い域に分布の中心があり、1997年は北部の沿岸域に分布の中心があった。いずれの月も分布は一様ではなく、局在的であった。また、これら3ヶ月について、調査点別のマダコ浮遊期稚仔の採集個体数と水温の関係を求めたが、稚仔採集個体数が、ある水温帯に集中するというよう

な傾向は認められなかった (Fig. 5)。

外套長組成 月別の外套長の変化をみると (Table 1, Fig. 6), 最小値は、1996年6月から11月までは1.6~1.7mmで、月による違いはみられなかった。また、1997年6月には1.8mmであったものが、漸減傾向を示し、10月には1.4mmとなった。最大値は、1996年6月から9月までは、2.3~2.6mmであったが、10月には3.5mm、11月には3.6mm、12月には5.0mmと大きくなった。しかし、翌1月以

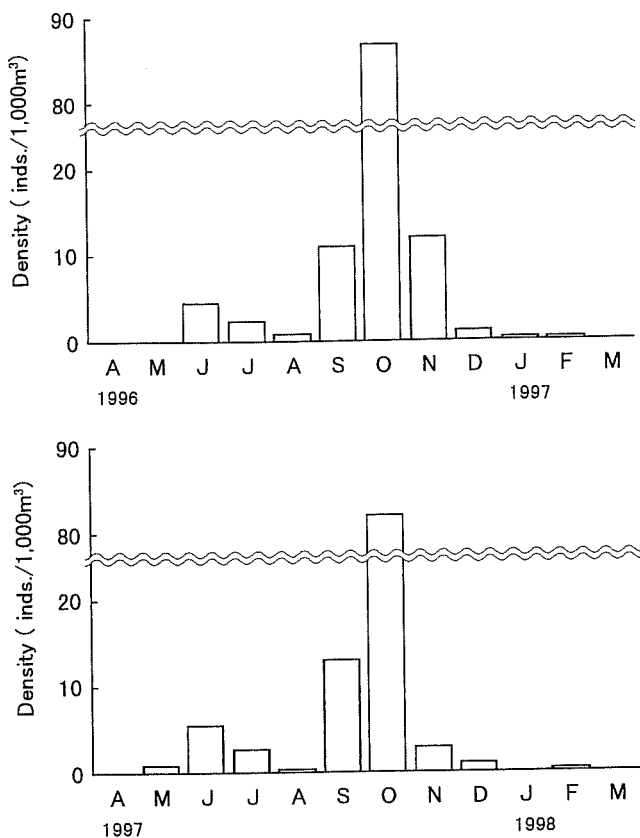


Figure 3. Distribution density of planktonic juveniles of *Octopus vulgaris* collected by surface net tows at night in eastern Iyo-Nada of the Seto Inland Sea, Japan from April, 1996 to March, 1998.

降は、大型個体はみられなくなった。また、1997年6月には2.3 mmであったものが、7月には2.8 mmと大きくなり、8月、9月にはふたたび小型化して、2.0 mm程度となり、その後、10月には3.5 mm、11月には4.8 mm、12月には5.4 mmと大きくなった。そして、翌1月以降は、大型個体はみられなくなった。モードは、両年ともに6月には2.0~2.2 mmに、9月、10月には1.8~2.0 mmにあり、採集月にかかわらず全般的に多峰分布の傾向がみられた。

吸盤数 右第1腕の吸盤数は、採集された稚仔643個体のうち、595個体が3、30個体が4、7個体が5で、吸盤数6以上は11個体であった (Table 2)。このうち、最も多くの吸盤をもっていた個体は、外套長が5.4 mmで、吸盤数は18であった。外套長は、吸盤数3の個体で最大が3.0 mm、最小が1.4 mm、平均が2.1 mm、吸盤数4の個体で最大が3.5 mm、最小が2.3 mm、平均が2.8 mm、吸盤数5の個体で最大が3.4 mm、最小が3.0 mm、平均が3.1 mm、であった。

相対成長 2年間に採集したマダコ浮遊期稚仔643個体を用い、外套長-全長、および外套長-外套腹面長の関係を、べき関数 ($Y=aX^b$) により求めた。当海域における稚仔は、

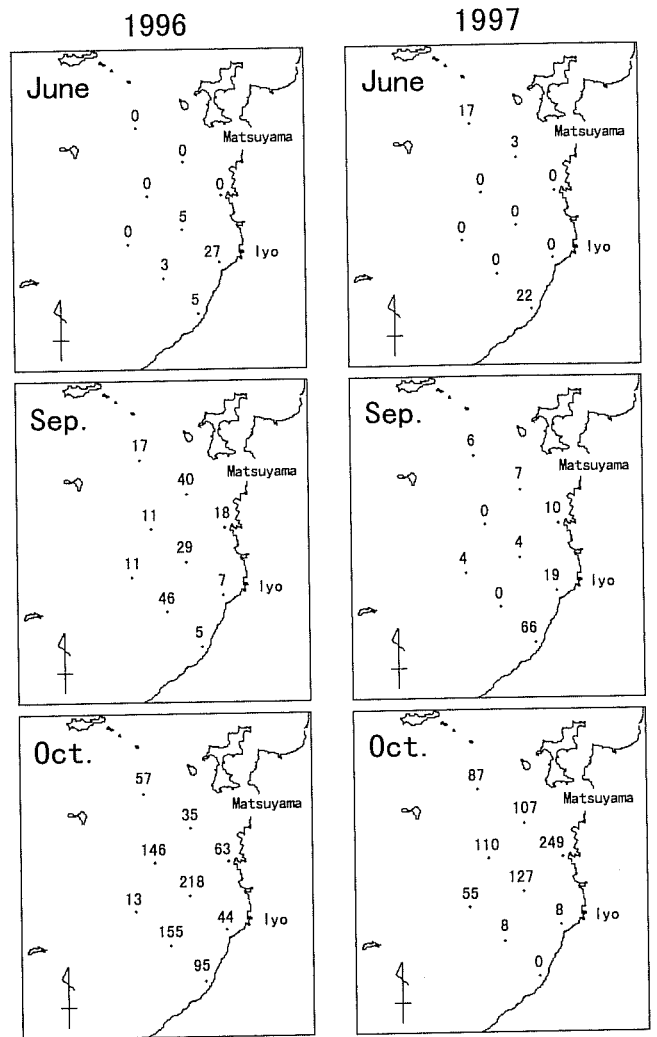


Figure 4. Horizontal distribution of planktonic juveniles of *Octopus vulgaris* at night in June, September and October, 1996 and 1997 in eastern Iyo-Nada of the Seto Inland Sea, Japan. Numerals indicate density of individuals (inds./1000 m³) of planktonic juveniles.

その個体数密度 (Fig. 3) から、6月を中心に分布する群と、10月を中心に分布する群に大別できるので、外套長-全長関係については5~8月までの標本と9~12月までの標本を分けて検討することにした。1月と2月に採集された3個体については、本解析からは除外した。

9~12月の標本についてみると、外套長-全長散布図 (Fig. 7) から、外套長の2 mmと3 mmの間に弱い変曲点があることを確認した。そこで、まず、外套長2 mmから3 mmの範囲内に分割点を設け、標本を2分割し、分割点未満の標本を用いた回帰式 (A式) とそれ以上の標本を用いた回帰式 (B式) を求めた。この作業を、分割点を0.1 mmずつ変化させて繰り返し、11組の回帰式を得た。さらに、各組ごとにA式とB式の残差平方和を合計し、その和が最

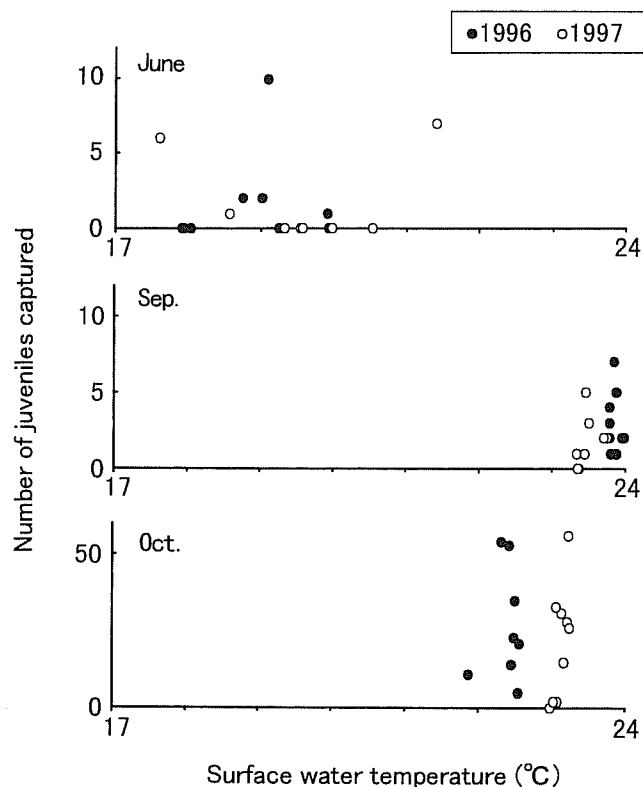


Figure 5. Relationships between the surface water temperature and the number of *Octopus vulgaris* juveniles captured at each sampling station at night in June, September and October, 1996 and 1997 in eastern Iyo-Nada of the Seto Inland Sea, Japan.

小となる分割点を求めた、その結果、外套長の2.8 mmと2.9 mmの間に変曲点となり得る点があることを確認した。そこで、標本を外套長2.9 mm未満と2.9 mm以上に分け、外套長 (X , mm) と全長 (Y , mm) について次の2式を得た。

外套長2.9 mm未満：

$$Y = 1.26X^{1.08} \quad (N=562, r=0.962, P<0.001) \quad (1)$$

外套長2.9 mm以上：

$$Y = 0.84X^{1.46} \quad (N=30, r=0.984, P<0.001) \quad (2)$$

さらに、全標本を使って求めた式は、

$$Y = 1.22X^{1.13} \quad (N=592, r=0.976, P<0.001) \quad (3)$$

であった。この(1)~(3)式について、共分散分析をおこなった。その結果、式(1)と式(2)の間には有意差があり ($P_s<0.001$)、さらに式(1)と式(3)、式(2)と式(3)の間にも有意差が認められ ($P_s<0.01$)、式(1)と式(2)の交点である外套長2.9 mmに変曲点があると判断した。

5月~8月の標本については、外套長はすべて2.8 mm以

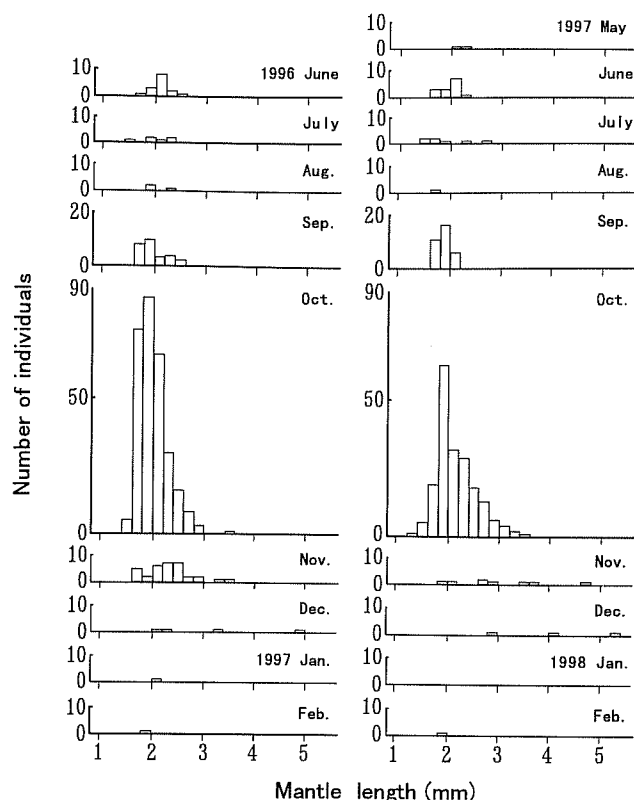


Figure 6. Size distribution of planktonic juveniles of *Octopus vulgaris* collected by surface tows at night in eastern Iyo-Nada of the Seto Inland Sea, Japan.

Table 2. Number of suckers on the first right arm of *Octopus vulgaris* juveniles.

No. of suckers on 1st right arm	Mantle length (mm)			No. of specimens
	Max	Min	Mean	
3	3.0	1.4	2.1	595
4	3.5	2.3	2.8	30
5	3.4	3.0	3.1	7
6	3.3	2.8	3.1	2
7	3.6	3.4	3.5	4
8	—	—	—	0
9	—	—	—	0
10	—	—	—	0
11	—	—	—	0
12	3.8	3.8	3.8	1
13	—	—	—	0
14	5.0	4.1	4.6	3
15	—	—	—	0
16	—	—	—	0
17	—	—	—	0
18	5.4	5.4	5.4	1

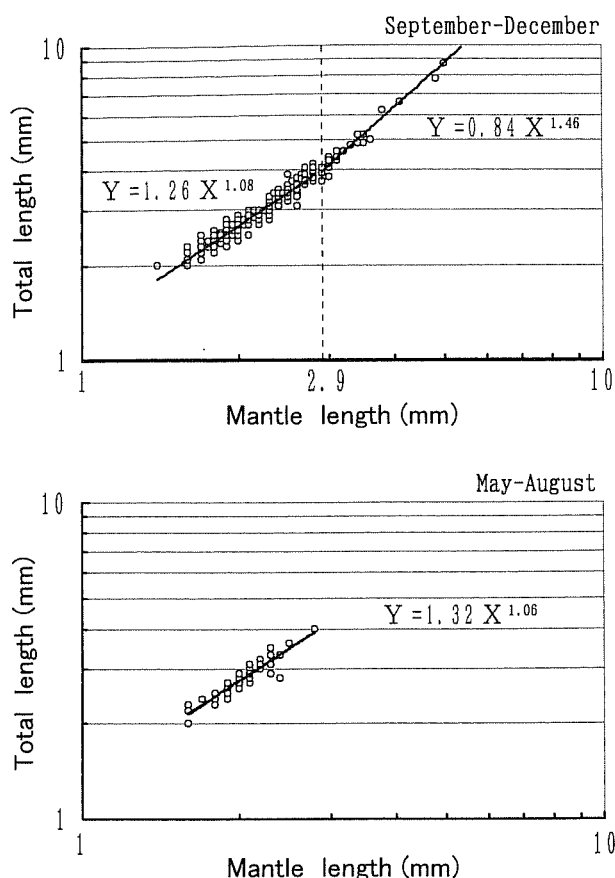


Figure 7. Relationships between the mantle length and the total length of planktonic juveniles of *Octopus vulgaris*. A breakpoint occurred at 2.9 mm in mantle length for September to December data (top) and no breakpoint was observed for May to August data (bottom).

下で、変曲点はみられなかった (Fig. 7)。また、その回帰式は、

$$Y = 1.32X^{1.06} \quad (N=48, r=0.930, P<0.001) \quad (4)$$

となった。この (4) 式と、9月~12月の外套長2.9mm未満の個体についてあてはめた式 (1) を共分散分析により比較したところ、切片に有意な差が認められた ($P_s < 0.001$)。

また、外套長-外套腹面長関係については、5月~8月と9月~12月の回帰式間に差がみられなかったので (ANCOVA, $P_s > 0.05$)、全標本を使用して次の回帰式を得た (Fig. 8)。

$$Y = 0.65X^{1.19} \quad (N=643, r=0.913, P<0.001) \quad (5)$$

ここで、 X は外套長 (mm)、 Y は外套腹面長 (mm) である。

考察

マダコ浮遊期稚仔の月別個体数密度のパターンは、春と秋

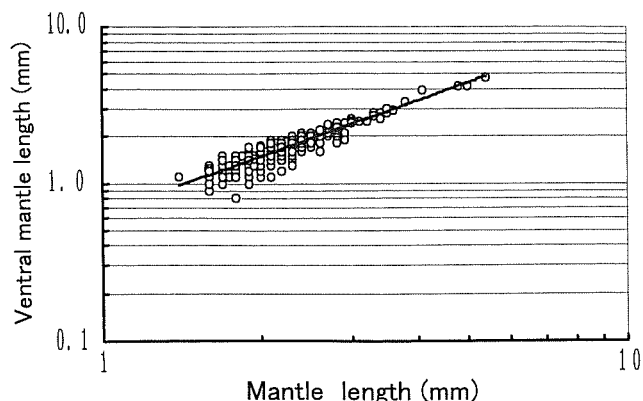


Figure 8. Relationship between the mantle length and the ventral mantle length of planktonic juveniles of *Octopus vulgaris*.

の産卵期に対応する形で現われた。よって、春に産出された卵は6月を中心にふ化し、秋に産出された卵は10月を中心にふ化すると考えられる。さらに、5~8月の稚仔を春生まれ群、9~12月を秋生まれ群として個体数密度を比較すると、秋生まれ群の方が15~19倍程度高いことがわかった (Fig. 3)。ここで、水温等の環境条件や稚仔の生態によって、分布の形態や生残率が変わらないと仮定すると、この比率は春生まれ群と秋生まれ群の発生量を反映していることになる。

著者らは、天然海水温に近い水温条件による水槽飼育により、マダコの卵のふ化日数を確認している (坂口ほか, 1999)。それによると、6月にふ化した稚仔のふ化日数は水温17°C前後で約2ヶ月、10月にふ化した稚仔の平均ふ化日数は水温23°C前後で約1ヶ月であった。したがって、6月および10月に浮遊していた大量の稚仔は、それぞれ、4月および9月を中心に産卵されたものと推測される。そして、浮遊期稚仔の個体数密度からみて、4月の個体群の産卵数は9月に比べて非常に少ないものと考えられる。

稚仔は5月から翌2月まで採集されたが、2月に出現した稚仔は、外套長が1.9mmと小さい (Table 1, Fig. 6)。そして、前月にはその大きさの稚仔は出現していないことから考えると、この稚仔は、ふ化してそれほど日数は経過していないと考えることができる。ところで、これらの稚仔が出現した2月の調査点における平均表面水温は、1997年が11.0°C、1998年が11.4°Cであり、その前の1月がそれぞれ13.2°C、13.9°C、12月がそれぞれ17.4°C、17.4°Cであった (Table 1)。愛媛県水産試験場が毎月おこなっている海洋観測結果 (愛媛県中予水産試験場・愛媛県水産試験場, 1998) によると、この時期の水温は、表層と底層でほとんど差がみられないことから、マダコの卵が産出されている底層の水温も、ほぼ表層と同様であるとみなすことができる。そして、マダコの卵のふ化が水温17°Cで約2ヶ月かかること (坂口ほか, 1999) を考慮すると、2月に出現した

稚仔は2ヶ月以上前である12月以前に産出された卵からふ化したものであろう。

春に産出された卵およびそれらからふ化した稚仔は、秋のものよりも大型であるといわれている（日本栽培漁業協会, 1988; 坂岡ほか, 1996）。このことは、本調査における外套長の月別推移に良く反映されている。すなわち、外套長のモードは、6月には2.0~2.2mmにあったが、9月、10月には1.8~2.0mmに移った。さらに、1997年における外套長の月別最低値は、6月には1.8mmであったが、以降漸減し、10月には1.4mmまで減少した（Table 1, Fig. 6）。

天然海域におけるマダコ稚仔の浮遊期間については、ナポリ湾では1ヶ月程度（Naef, 1923）、イギリス海峡では2ヶ月程度（Rees, 1950）、また、国内では播磨灘で1ヶ月程度（武田, 1990）と報告されている。一方、飼育試験によると、伊丹ほか（1963）は平均水温24.7°Cで33~40日、Mangold and Boletzky（1973）は水温20°Cで35~60日、Villanueva *et al.*（1995）は平均水温21.2°Cで47~54日で底生生活に移ることを報告している。伊予灘では、浮遊期稚仔の個体数密度は10月に最大となり、その後、この群に属するものが成長したと考えられる個体は、12月まで出現している（Table 1, Fig. 6）。そして、翌月にはそれらの個体はみられなくなることから、当海域における秋生まれ群のマダコ稚仔は、一般には2ヶ月程度の浮遊期間を経て、外套長が5mm以上になり着底すると考えられる。

一方、春生まれ群は、1997年度の結果では、7月までみられ、8月には姿を消している（Table 1, Fig. 6）。しかし、7月に採集された最大個体は、外套長が2.8mmと小さく、着底直前とは考えられない。この群の個体数密度は小さく、本調査では十分に採集できなかったため、浮遊期間については明言できない。

腕の吸盤数については、武田（1990）は天然海域で採集したマダコ浮遊期稚仔について、吸盤数が3, 9, 14および22の標本における各部位の測定結果から、吸盤数の増加とともに腕長の伸びが大きくなり、その結果、外套長の全長に対する比率が0.46から0.38へと低下すると報告し、外套長と全長が同調しない可能性を示唆した。また、Villanueva *et al.*（1995）は飼育試験から、マダコ稚仔はふ化後30日で外套長が4.5mmに成長し、この時期に腕長の急激な伸びが起こることを報告している。本調査により得た、9月以降の発生群における全長の外套長に対する回帰式から、外套長2.9mm未満では外套長に対して全長が等成長、2.9mm以上が優成長であると考えられ、外套長2.9mmに変曲点があることが確認された（Fig. 7）。右第1腕の吸盤数が4の個体の平均外套長（2.8mm）は、変曲点とほぼ一

致した。これらのことから、外套長が2.9mmを超えるころから、それまで外套長に対し等成長であった腕長の伸びが優成長となり、同時に吸盤数も増加していくと考えられる。マダコは腕で餌を捕えることから、食性も外套長2.9mmを境に変化することが推測される。

武田（1990）は、鉛直移動について、マダコ浮遊期稚仔は昼間には底層に分布し、夜間には底層から表層まで広範囲に分布すると推測している。本調査においても、マダコ稚仔は昼間には表層ではほとんど採集されなかった（Table 1）。今後、浮遊期稚仔の海域における動態を明らかにするためには、昼夜におけるマダコ稚仔の鉛直分布の調査や稚仔の光に対する反応についての室内実験をおこなう必要がある。

謝 辞

標本の採集にあたり、調査協力していただいた愛媛県中予水産試験場企画開発室の皆様および調査船「ゆり」の神岡啓二船長に深謝する。

引用文献

- 愛媛県中予水産試験場・愛媛県水産試験場（1998）平成7年度漁海況予報事業結果報告書、60-71。
 兵庫県（1984）大規模増殖場造成事業調査結果報告書、47 pp。
 井上喜平治（1969）タコの増殖。水産増養殖叢書、20、日本水産資源保護協会編、50 pp。
 伊丹宏三・井沢康夫・前田三郎・中井昇三（1963）マダコ稚仔の飼育について。水誌、29、514-520。
 川本信之（1978）養魚学各論。恒社厚生閣、東京、pp. 685-692。
 Mangold, K. and S. v. Boletzky, (1973) New data on reproductive biology and growth of *Octopus vulgaris*. Mar. Biol., 19, 7-12。
 Naef, A. (1923) Die Cephalopoden. Fauna et Flora del Golfo di Napoli, 35 Part I, 1-148。
 日本栽培漁業協会（1988）昭和61年度日裁協年報、84-86。
 奥谷喬司・田川 勝・堀川博史（1987）日本陸棚周辺の頭足類。日本水産資源保護協会編、pp. 156-157。
 奥谷喬司（1984）頭足類の生物学 底棲八腕形類の分類と生態。海洋と生物、33、257-263。
 Rees, W.J. (1950) The Distribution of *Octopus vulgaris* Lamarck in British waters. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 29, 361-378。
 坂口秀雄・浜野龍夫・中園明信（1999）マダコ卵のふ化日数と水温の関係。水産海洋研究、63、188-191。
 坂岡 賢・峠 恭雄・橋本博明・具島健二・渋谷拓郎（1996）瀬戸内海中部域における浮遊期マダコの出現について。平成8年度日本水産学会春季大会講演要旨集、731。
 武田雷介（1990）播磨灘におけるマダコ浮遊期稚仔の分布。水産増殖、38、183-190。
 田村 正（1973）浅海増殖学。恒社恒星閣、東京、pp.167-173。
 Villanueva, R., C. Nozais and S. v. Boletzky (1995) The planktonic life of octopuses. Nature, 377, 107。