

伊予灘北東海域におけるマダコの性成熟

坂口秀雄^{†1}, 荒木 晶², 中園明信³Sexual Maturation of *Octopus vulgaris* in Northeastern Iyo-Nada of the Seto Inland Sea, JapanHideo SAKAGUCHI^{†1}, Akira ARAKI² and Akinobu NAKAZONO³

Sexual maturation of six cohorts of *Octopus vulgaris* was investigated in the northeastern area of the Iyo-Nada of the Seto Inland Sea, Japan. The maturation of females was estimated from the gonadal somatic index (GSI). Females with a $GSI \geq 4$ were considered to be mature with observations of oocytes in the ovary. The maturation of males was estimated from the maturation index of male (MIM). Males with a $MIM \geq 40$ were considered to be mature with observations of spermatophores in the Needham's sac. MIM could be used to estimate the sexual maturation of males which had ventral mantle lengths (VML) over 50 mm. Females began maturation from VML of 78–115 mm at 7–11 months of age in each cohort except altricial individuals of the November-hatched cohort. Females of the individuals began maturation from VML of 134 mm at 14 months. Males began maturation from VML of 52–73 mm at 4–9 months of age in each cohort except altricial individuals of the November-hatched cohort. Males of the individuals began maturation from VML of 123 mm at 13 months. Each of the six cohorts of *O. vulgaris* in the Iyo-Nada was considered to be originated from the several different cohorts. Judging from the presence of semen in the oviducts and oviducal balls, the first mating occurred with VML of 75–82 mm at 5 months of age of females in the June and July-hatched cohort, and VML of 65–96 mm at 7–10 months in the other cohorts.

Key words: gonadal somatic index, Iyo-Nada, mating, maturation, maturation index, *Octopus vulgaris*

はじめに

日本周辺におけるマダコ *Octopus vulgaris* の産卵期は、春と秋の2回あるといわれているが(田中1958, 1959; 田村, 1973; 川本, 1978; 日本栽培漁業協会, 1988; 坂岡ほか, 1996; 坂口ほか, 1999a, b), 卵巣の成熟過程を熟度指数などを用いて詳細に述べた研究報告は少ない(田中1958, 1959; 秋元, 1980)。また、雄については、成長にともなう体重の増加割合に比べて成熟にともなう生殖腺重量の増加割合は小さく、生殖腺重量の体重比を熟度指数として使用できないことが報告されており(田中, 1958)、その成

熟過程を詳細に述べた研究報告はみあたらない。

伊予灘海域のマダコについては、水揚げ組成の経月変化から6発生群の存在が明らかとなり、発生群別の成長過程についても報告されている(坂口ほか, 2000; Sakaguchi et al., 2002)。そこで、本研究では、伊予灘北東海域に生息するマダコについて6発生群を念頭に置き、雌の生殖腺重量指数(GSI)の推移から各発生群の性成熟過程を明らかにするとともに、輸卵管および輸卵管球内の精液の有無から交接時期を推定した。さらに、雄の生殖腺の成熟過程についても新たな指数を用いて検討した。

2002年12月19日受付, 2003年8月27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, Yoshimi, Shimonoseki 759-6595, Japan

³ 九州大学大学院農学研究院動物資源科学部門

Department of Animal and Marine Bioresource Science, Graduate School of Bioresource and Bioenvironmental Sciences, Kyushu University, Hakozaki, Higashi, Fukuoka 812-8581, Japan

[†] sakaguchi-hideo@pref.ehime.jp

試料と方法

愛媛県北条市(Fig. 1)にある北条市漁業協同組合において、地先海域で小型底びき網およびたこつぼにより漁獲されたマダコを、1997年1月から1998年12月まで毎月1回ずつ購入した。小型底びき網では、漁船1隻が漁獲したマダコをすべて購入し、総重量が20~70kg程度になるまで数隻分のマダコを購入した。たこつぼでは、海面生簀に蓄養されているマダコから30~70kg程度を無作為に抽出して購入した。購入したマダコは氷蔵して愛媛県中予水産試験場

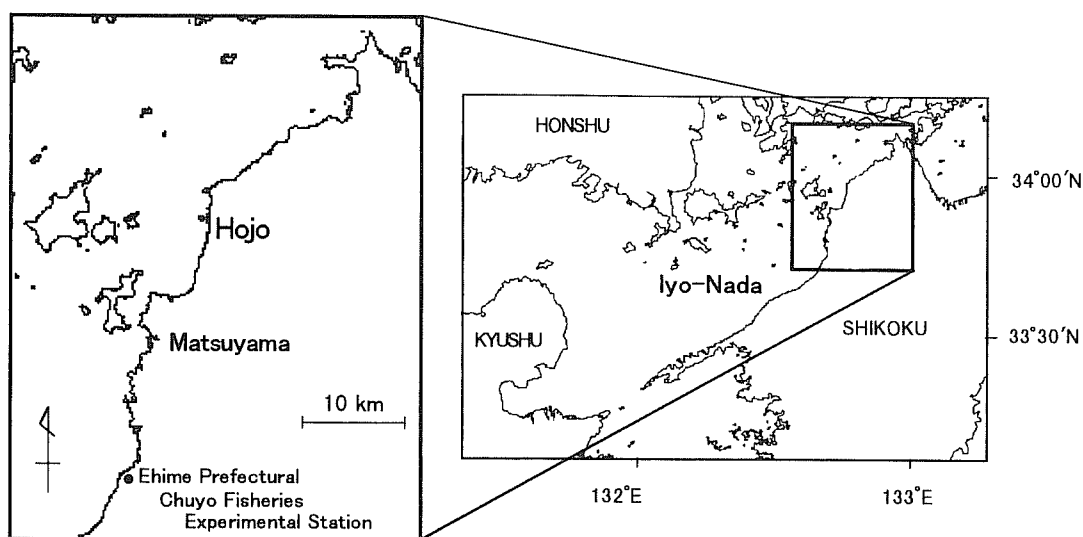


Figure 1. Map showing study area in northeastern Iyo-Nada of the Seto Inland Sea, Japan.

に持ち帰り、外套腹面長（外套後端から外套腹面開口部までの長さ）、体重、雌の輸卵管を含む卵巣重量、雄の精巣重量および精巣を除いたその他の生殖器官重量（精莖腺、精莖囊、陰莖等を含む）を測定した。また、雌では、輸卵管球を含む輸卵管（以降、輸卵管という）内の精液の有無を肉眼により確認した。

雌は次に示す生殖腺重量指数 (GSI) を求めた。

$$GSI = (OW / BW) \times 100,$$

ここで、OWは輸卵管を含む卵巣重量 (g)、BWは体重 (g) である。また、1998年8月~10月に測定した雌96個体について、卵巣を観察し、その結果とGSI値の比較から性成熟個体におけるGSIの下限値を検討した。

雄は性成熟にともなう生殖器官重量の大幅な増加はみられず、生殖器官重量の体重比は体重の増加に伴って減少傾向を示すため、性成熟度を表す指数として使用することができない (田中, 1958)。そこで、本研究で得た雄についてGSIを求めるとともに、新たに雄の性成熟指数 (MIM) を考案し、それぞれの指数の有効性を検討した。

$$GSI = ((TW + GAW) / BW) \times 100,$$

$$MIM = (GAW / (TW + GAW)) \times 100,$$

ここで、TWは精巣重量 (g)、GAWは生殖腺付属器官重量 (g)、BWは体重 (g) である。また、1998年8月に測定した雄79個体について、精莖囊内における精莖の完成状態を観察し、その結果とMIM値の比較から性成熟個体におけるMIMの下限値を検討した。なお、精莖が完成し、精莖囊の中で精莖一本一本が独立しているものを、性成熟個体とみなした。

結果

1997年には、雌は小型底びき網による試料485個体、たこつぼによる試料154個体の合計639個体、雄は小型底びき網による試料548個体、たこつぼによる試料346個体の合計894個体を得た (Table 1)。1998年には、雌は小型底びき網による試料383個体、たこつぼによる試料221個体の合計604個体、雄は小型底びき網による試料462個体、たこつぼによる試料385個体の合計847個体を得た (Table 1)。

坂口ほか (2000) が報告した6発生群を考慮に入れて、1997年および1998年における雌の生殖腺重量指数 (GSI) の月別推移を Fig. 2 に示した。卵巣の観察結果によると、卵母細胞の発達段階は、GSI値とほぼ対応していた。すなわち、GSIが1.5未満の個体では、卵母細胞に卵黄の蓄積がほとんどみられなかった。GSIが1.5~4の個体では、卵黄の蓄積を開始した卵母細胞がみられるが、卵黄蓄積がない卵母細胞もみられた。GSIが4~8の個体では、すべての卵母細胞内に卵黄を蓄積中であった。GSIが8以上の個体では、卵黄の蓄積が完了したと考えられる卵母細胞がみられた。そこで、本研究ではGSIが4以上の個体を性成熟個体とみなすことにした。

月別のGSIの推移は2ヵ年でほぼ同様な傾向を示している。すなわち、6月発生群 (Fig. 2のJn群、以下同様) は、ふ化から7ヵ月後の翌年1月に平均外套腹面長が約107mmとなり性成熟個体がみられるようになり、以降、5月にかけて性成熟個体が出現している。7月発生群 (Jy群) は、ふ化から7ヵ月後の翌年2月に平均外套腹面長が約88mmとなり性成熟個体がみられるようになり、以降、7月にかけて性成熟個体が出現している。8月発生群 (A群) は、ふ化から10ヵ月後の翌年6月に平均外套腹面長が約108mmとなり性成熟個体がみられるようになり、以降、8

Table 1. Number of individuals of *Octopus vulgaris* for each sex investigated.

Year	Month	Female			Male		
		Small beam-trawl	Octopus pots	Total	Small beam-trawl	Octopus pots	Total
1997	Jan.	26	17	43	30	28	58
	Feb.	50	13	63	74	24	98
	Mar.	55	6	61	40	22	62
	Apr.	37	17	54	34	27	61
	May	25	11	36	47	26	73
	June	44	9	53	47	37	84
	July	52	18	70	42	25	67
	Aug.	33	14	47	46	40	86
	Sep.	52	26	78	57	33	90
	Oct.	40	6	46	40	35	75
	Nov.	42	3	45	55	26	81
	Dec.	29	14	43	36	23	59
	Total	485	154	639	548	346	894
1998	Jan.	35	9	44	47	32	79
	Feb.	22	3	25	26	25	51
	Mar.	27	6	33	31	32	63
	Apr.	28	11	39	33	32	65
	May	35	22	57	33	31	64
	June	28	31	59	28	29	57
	July	27	18	45	41	29	70
	Aug.	31	32	63	47	43	90
	Sep.	44	39	83	62	40	102
	Oct.	31	21	52	44	41	85
	Nov.	57	15	72	38	24	62
	Dev.	18	14	32	32	27	59
	Total	383	221	604	462	385	847

月にかけて性成熟個体が出現している。9月発生群（S群）は、ふ化から11ヵ月後の翌年8月に平均外套腹面長が約115mmとなり性成熟個体がみられるようになり、翌月にかけて性成熟個体が出現している。10月発生群（O群）は、ふ化から10~11ヵ月後の翌年8月~9月に平均外套腹面長が約90~100mmとなり性成熟している。11月発生群（N群）はふ化から10ヵ月後の翌年9月に平均外套腹面長が78mmとなり性成熟個体が出現している。この時期に未成熟の個体（以降、11月発生後期成熟群という）は、ふ化から14ヵ月後の翌々年1月に平均外套腹面長が134mmとなり性成熟している。

輸卵管内の精液の有無から交接時期を推定すると(Fig. 2), 6月発生群はふ化から5ヶ月後の11月ごろ, 7月発生群はふ化から5ヶ月後の12月ごろ, 8月発生群はふ化から7~9ヵ月後の3月~5月ごろ, 9月発生群はふ化から

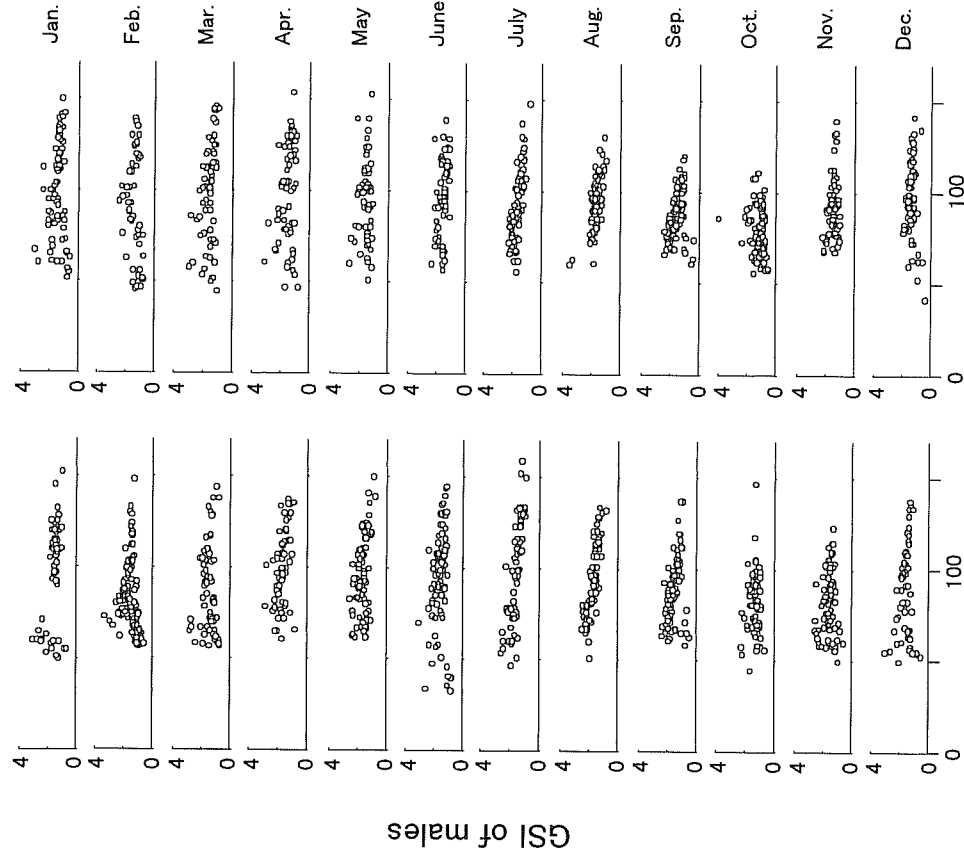
9~10ヵ月後の6月~7月ごろ, 10月発生群はふ化から9ヵ月後の7月ごろ, そして11月発生群はふ化から9ヵ月後の8月ごろであると考えられる。交接時期の平均外套腹面長は、6月発生群が82mm, 7月発生群が75mm, 8月発生群が74~92mm, 9月発生群が77~96mm, 10月発生群が74mmおよび11月発生群が65mmである。

1997年および1998年における雄の生殖腺重量指数(GSI)の月別推移をFig. 3に示した。各月ともに、外套腹面長が大きくなるにしたがい、GSI値は低下する傾向を示しており、GSI値は雄の性成熟を表す指標にはなり得ない。

外套腹面長の成長に対して、精巣重量は直線的に増加するが、精莢囊を含めた生殖腺付属器官（以降、生殖腺付属器官という）重量は精巣重量に比べて増重割合が高くなっている(Fig. 4)。これは、性成熟によって精莢が盛んに作られ、精莢囊に貯蔵されていくためであると考えられる。

1997

1998

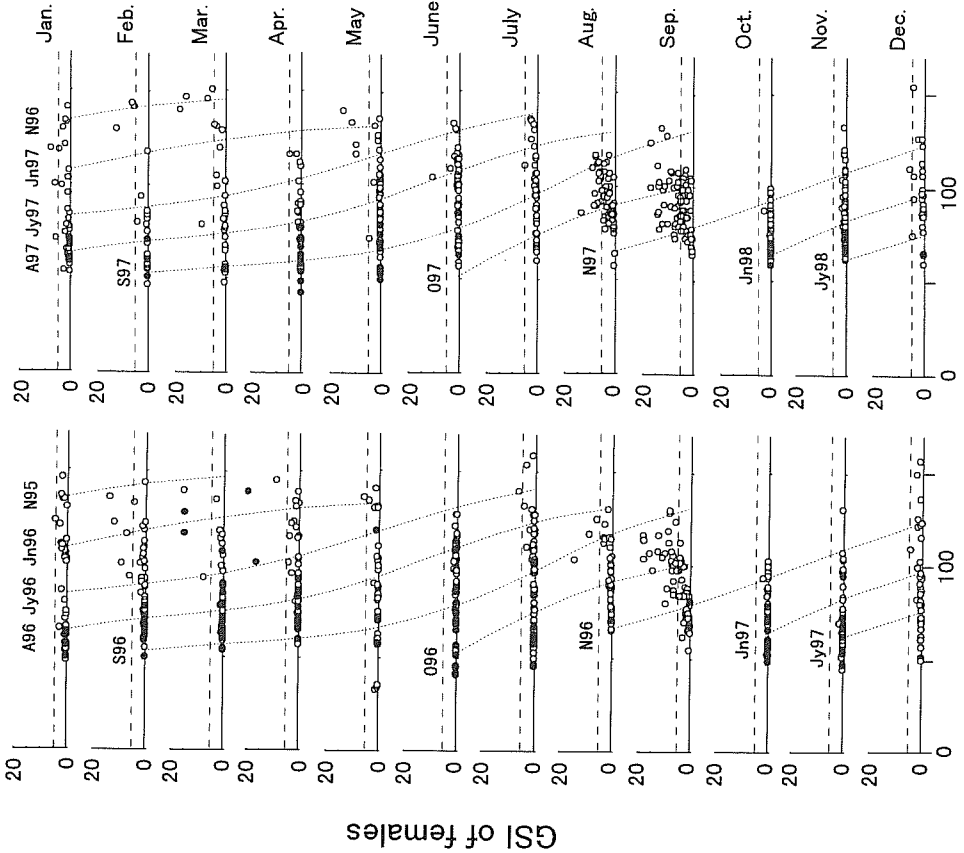


Ventral mantle length (mm)

Figure 3. Relationships between the ventral mantle length and the gonadal somatic index (GSI) of male *Octopus vulgaris* caught by the small beam-trawl and the octopus-pots at the Hojo-city Fish Market from 1997 to 1998. $GSI = (TW + GAW) / BW \times 100$. TW: testis weight, GAW: genital accessory organ weight, BW: body weight.

1997

1998



Ventral mantle length (mm)

Figure 2. Relationships between the ventral mantle length and the gonadal somatic index (GSI) of female *Octopus vulgaris* caught by the small beam-trawl and the octopus-pots at the Hojo-city Fish Market from 1997 to 1998. Black circles denote animals in which semen was not found in the oviducts and oviducal balls with the naked eye. The oviducts weight with the oviducal balls was included in the ovary weight. $GSI = (OW/BW) \times 100$, OW: ovary weight, BW: body weight. Dotted lines indicate growth curves of six cohorts of *O. vulgaris* in northeastern Iyo-Nada of the Seto Inland Sea, Japan (Sakaguchi *et al.*, 2002). Abbreviations denote the hatching month and year of the cohort, e.g. 'A96' indicates the cohort was hatched in August, 1996.

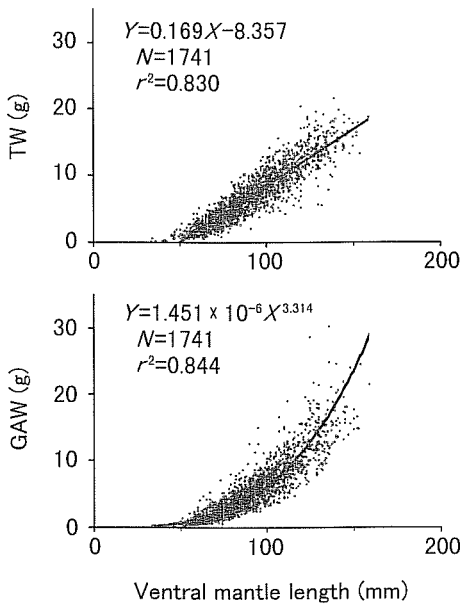


Figure 4. Relationships between the ventral mantle length (VML) and the testis weight (TW), and the genital accessory organ weight (GAW) of male *Octopus vulgaris*.

したがって、生殖器官総重量に占める生殖腺付属器官重量の割合を表す雄の性成熟指数 (MIM) は、メダコ雄の性成熟を表す有効な指標となるものと考えられる。

MIMの月別推移を Fig. 5に示した。精莢の観察により、一本一本が独立した完成した精莢を持つ個体のMIMが40以上であったことから、MIMが40以上を性成熟個体とみなすことにした (Fig. 6)。ただし、外套腹面長が50 mm未満の雄は、生殖器官全体が未発達なため精莢と生殖腺付属器官はほぼ同程度の重量となっており、未成熟にもかかわらずMIMが40以上を示す可能性がある (Fig. 4)、本研究では外套腹面長が50 mm未満の個体についてはMIMの値にかかわらず未成熟とみなした。

月別のMIMの推移は2ヵ年でほぼ同様な傾向を示して

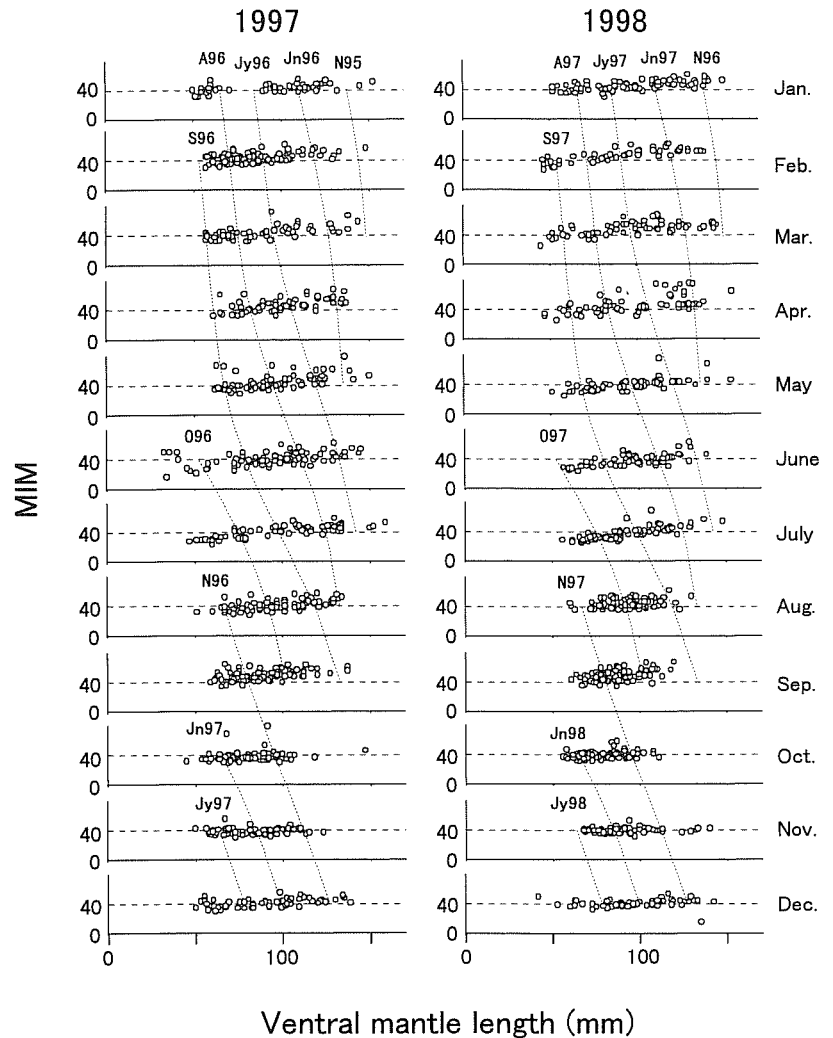


Figure 5. Relationships between the ventral mantle length and the maturity index of male (MIM) *Octopus vulgaris* captured by the small beam-trawl and the octopus-pots at the Hojo-city Fish Market from 1997 to 1998. MIM = (GAW/(TW+GAW))×100, GAW: genital accessory organ weight, TW: testis weight. See Figure 2 for abbreviations.

いる。すなわち、6月発生群 (Fig. 5のJn群、以下同様) はふ化から4ヵ月後の10月に平均外套腹面長が63 mmとなり性成熟個体がみられるようになり、以降、翌年3月にかけて性成熟個体が出現している。7月発生群 (Jy群) はふ化から4ヵ月後の11月に平均外套腹面長が62 mmとなり性成熟個体がみられるようになり、以降、翌年7月にかけて性成熟個体が出現している。8月発生群 (A群) はふ化から4ヵ月後の12月に平均外套腹面長が52 mmとなり性成熟個体がみられるようになり、以降、翌年8月にかけて性成熟個体が出現している。9月発生群 (S群) はふ化から5ヵ月後の翌年2月に平均外套腹面長が52 mmとなり性成熟個体がみられるようになり、以降、8月にかけて性成熟個体が出現している。10月発生群 (O群) はふ化から9ヵ月後

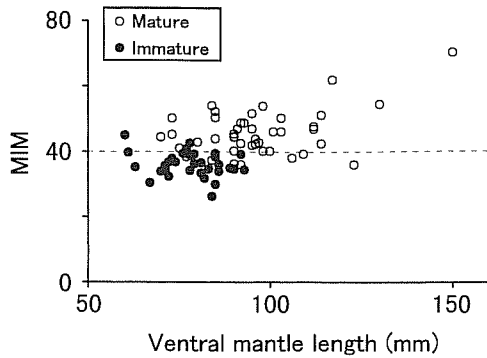


Figure 6. Maturity index of male (MIM) *Octopus vulgaris* for mature and immature individuals. The dashed line indicates MIM=40 which is the boundary between mature and immature males.

の翌年7月に平均外套腹面長が73 mmとなり性成熟個体が見られるようになり、以降、9月にかけて性成熟個体が出現している。11月発生群(N群)はふ化から9~11ヵ月後の翌年8月~10月に平均外套腹面長が65~92 mmとなり性成熟する個体と、ふ化から13ヵ月後の翌年12月以降、平均外套腹面長が123 mm以上となり性成熟する個体が見られる (Fig. 5)。

考 察

伊予灘海域におけるマダコは、11月発生群では月齢約11ヵ月で産卵期を迎える個体と月齢約16ヵ月で産卵期を迎える個体(11月発生後期成熟群)があり、それ以外の発生群では月齢約11ヵ月で産卵期を迎えるものと推定されている(坂口ほか, 2000)。本研究によるマダコの卵巣の成熟過程からも同様な結果が示された (Fig. 2)。ただし、6月、7月発生群および11月発生後期成熟群は、1月以降、数ヵ月間、卵巣が成熟した個体が見られるが、1月~5月中旬に産出された卵は、水温の関係から6月にふ化するものと考えられる(坂口ほか, 1999b)。したがって、6月発生群は、6月、7月発生群および11月発生後期成熟群から生まれた個体の混成群と考えられる。同様にみると、7月~10月の各月発生群は、同発生群とその前後の発生群から生まれた個体の混成群 (Fig. 2)、11月発生群は、同発生群のうち、9月下旬から10月上旬に成熟した個体から生まれたものと考えられる。

雄の性成熟は雌に先行して始まっている (Figs. 2, 5)。雄の性成熟が始まる時期は、6月発生群および7月発生群では雌よりも約3ヶ月前、8月および9月発生群では約6ヶ月前、10月および11月発生群では約1ヶ月前と推察される。10月および11月発生群の雄の性成熟がその他の発生群に比べて遅いのは、これらの発生群は発生初期に冬季を迎えるため初期成長が遅く、夏季以降急速に成長するためであ

Table 2. Range of the mean ventral mantle length in mature *Octopus vulgaris* for each sex investigated. November (1) cohort and November (2) cohort comprised precocial individuals and altricial individuals, respectively.

Hatching cohorts	Range of mean ventral mantle lengths (mm)	
	Mature males	Mature females
June	63-131	107-131
July	62-139	83-139
August	52-122	108-122
September	52-129	115-129
October	73-100	90-100
November (1)	65-92	78-92
November (2)	123-145	134-145

ると考えられる (Sakaguchi *et al.*, 2002)。8月および9月発生群では雄が性成熟し始めてから3~4ヶ月後に交接がおこなわれていると考えられるものの、その他の発生群では雄が性成熟するとほぼ同時に交接がおこなわれているものと推察される (Figs. 2, 5)。ただし、交接が同一発生群間のみでおこなわれるのか、あるいは、異なる発生群間においてもおこなわれるのかについては、本研究からは言及することはできない。

田中 (1958) は、マダコの雌では全長が400~500 mmで交接・産卵し、雄では全長が400 mm以上で性成熟が始まると推定している。また、Mangold-Wirz (1963) は、雌では体重が1,300 g以上で、雄では体重が250~300 gから性成熟が始まると報告している。本研究では、発生群により異なるものの、雌では平均外套腹面長が78~134 mm、雄では平均外套腹面長が52~123 mmで性成熟が始まっている (Table 2, Figs. 2, 5)。雌の外套腹面長が78~134 mmの個体は、全長460~740 mm、体重470~2,000 gであり、雄の外套腹面長が52~123 mmの個体は、全長330~690 mm、体重160~1,570 gであるので、本研究で得た性成熟開始の体サイズは、田中 (1958) およびMangold-Wirz (1963) の範囲内にほぼ収まっている。ただし、本研究で示したのは性成熟個体の平均外套腹面長であり、外套腹面長の最低値ではない。著者らは、天然海域で捕獲した体重230 gの成熟した雌(11月発生群と考えられる)を室内水槽で飼育し、産卵を確認している(坂口ほか, 1999b)。

頭足類の雌は交接により雄から精莢を受け取り、産卵までの間、精子を体内に保存することが多い(波部ほか, 1999)。しかしながら、保存した精子を使い、いつ、どのようにして卵を受精させるのかについては解明されていない。本研究により、卵巣が完熟しているにもかかわらず輸卵管内の精液が確認できない個体が1997年3月および4月にみられたことから (Fig. 2)、受精が産卵前に卵巣内でお

こなわれている可能性も考えられる。また, Nixon (1969) は, マダコの交接は複数回おこなわれるものと推定している。雌が最初に交接をおこなう時期は, 卵巣の成熟状況および輸卵管内の精液の有無から考えて, 11月発生後期成熟群では性成熟の5~7ヵ月前, その他の発生群では性成熟の1~3ヵ月前であると考えられる。

マダコの6発生群については, 水揚げ組成の推移(坂口ほか, 2000)および性成熟の状況から各発生群が区別されているにすぎない。本研究により各発生群間の遺伝的差異は小さいことが予想されるものの, 各発生群の独立性や, より詳細な成熟過程を明らかにするために, 今後, 集団遺伝学的解析や生殖腺の組織学的観察をおこなう必要がある。

謝 辞

本研究のとりまとめにあたり, 有益なご助言とご校閲をいただいた水産大学校生物生産学科浜野龍夫博士ならびにマダコの購入にあたり便宜を図っていただいた北条市漁業協同組合の柿本捷治参事(当時)を始めとする職員の皆様および測定にご協力いただいた中予水産試験場企画開発室の皆様へ深謝する。

引用文献

- 秋元義正 (1980) マダコの生態—II. 漁獲の大きさと産卵. 福島水試研報, **6**, 21-29.
- 波部忠重, 奥谷喬司, 西脇三郎 (1999) 軟体動物学概説 (下巻). サイエンティスト社, 東京, 29-42.
- 川本信之 (1978) 養魚学各論. 恒星社厚生閣, 東京, 685-692.
- Mangold-Wirz, K. (1963) Biologie des Cephalopodes benthiques et nectoniques de la Mer Catalane. Vie Milieu (Suppl.), **13**, 1-285.
- 日本栽培漁業協会 (1988) 昭和61年度日裁協年報, 84-86.
- Nixon, M. (1969) The lifespan of *Octopus vulgaris* Lamarck. Proc. Malac. Soc. Lond., **38**, 529-540.
- 坂口秀雄・浜野龍夫・中園明信 (1999a) 伊予灘東部海域におけるマダコ浮遊期稚仔の出現状況. 水産海洋研究, **63**, 181-187.
- 坂口秀雄・浜野龍夫・中園明信 (1999b) マダコ卵のふ化日数と水温の関係. 水産海洋研究, **63**, 188-191.
- 坂口秀雄・浜野龍夫・中園明信 (2000) 水揚げ組成からみたマダコの個体群構造. 水産海洋研究, **64**, 224-234.
- Sakaguchi, H., T. Hamano and A. Nakazono (2002) Growth of *Octopus vulgaris* in the northeastern Iyo-Nada of the Seto Inland Sea, Japan. Bull. Jpn. Soc. Fish. Oceanogr., **66**, 11-15.
- 坂岡 賢・峠 恭雄・橋本博明・具島健二・洪野拓郎 (1996) 瀬戸内海中部域における浮遊期仔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.
- 田村 正 (1973) 浅海増殖学. 恒星社恒星閣, 東京, 167-173.
- 田中二良 (1958) 外房に於けるマダコ *Octopus (Octopus) vulgaris* Lamarck 資源の性状について. 日水誌, **24**, 601-607.
- 田中二良 (1959) タコの増殖に関する基礎研究. 博士論文, 東京大学, 東京, 66 pp.