

唐津湾及び周辺海域におけるマダイ仔稚魚の生態に関する研究—I 仔稚魚の食性

野口 弘三・平野 哲美

The ecological studies on the larvae and juveniles of the red sea bream in Karatsu Bay and the Adjacent Waters—I

Feeding habit of the pelagic larvae and juveniles

Hiromitsu NOGUCHI and Tetsumi HIRANO

Abstract

Feeding habit of the larvae and juveniles of the Red Sea Bream, *Pagrus major*, collected with a larva net were studied in Karatsu Bay and the adjacent waters from April to June for seven years during 1980-1984, 1990, 1992.

The larvae at the initial feeding stage smaller than 3.0 mm in total length begin to feed on the various food organisms. But these larvae feed mainly on Copepoda nauplius and Invertebrate egg. And various food organisms are found from 3.0-7.0 mm larvae, but main food organisms are Copepoda nauplius.

The larvae and juveniles larger than 8.0 mm feed on the various food organisms, and dominant food organisms were not able to detect.

The feeding activity is sprightly at day, ceases at night.

Maximum number of food organisms found in the gut of larvae and juveniles related to the total length increased to 5 mm, but decreased more than 6 mm.

Percentage of the larvae and juveniles with food related to the total length show almost same pattern except 1984. Percentage of number of food items in the gut of larvae more than 4.0 mm show 100% mostly.

These results suggest the flexibility of the pelagic larvae and juveniles of the red sea bream, *Pagrus major*, in their feeding habit use with good capability for survival.

まえがき

天然海域における浮遊生活期のマダイ *Pagrus major* 仔稚魚に関する生態学的研究は、最近急速に進展し多くの知見が集積されつつある(森¹⁾, 野口²⁾, 野口・平野³⁾, 野口・谷⁴⁾, 大森⁵⁾, 鈴木・桑原⁶⁾, 田中⁷⁾, 田中⁸⁾, 田中⁹⁾, TANAKA¹⁰⁾, TANAKA et al.¹¹⁾, 田中¹²⁾)。しかし浮遊生活期マダイ仔稚魚の食性に関する研究については、野口・谷⁴⁾, 鈴木・桑原⁶⁾, TANAKA¹⁰⁾の報告があるのみでマダイ仔稚魚の摂餌生態についてはまだ未解決な部分が多い。

そこで著者らは、浮遊生活期マダイ仔稚魚の摂餌生態を解明するため、1980～84年、1990年、1992年の7年間

の4～6月に唐津湾及びその周辺海域で食性調査を行い、当海域におけるマダイ仔稚魚の摂餌生態について興味深い知見が得られたので報告する。

報告にさきだち、標本の採集に協力いただいた村山孝行氏、金丸彦一郎氏に感謝します。

材料及び方法

本研究に用いた標本は、1980～84年、1990年、1992年の7年間の4～6月に唐津湾及びその周辺海域の調査定点6～30点で佐賀県玄海水産振興センター調査船かみ(19t)を使用して採集した(Fig.1)。マダイ仔稚魚はまる稚魚ネット(口径130cm, 側長450cm, 目合0.315mm)または稚魚ネット(口径130cm, 側長450cm, 目合0.526mm)

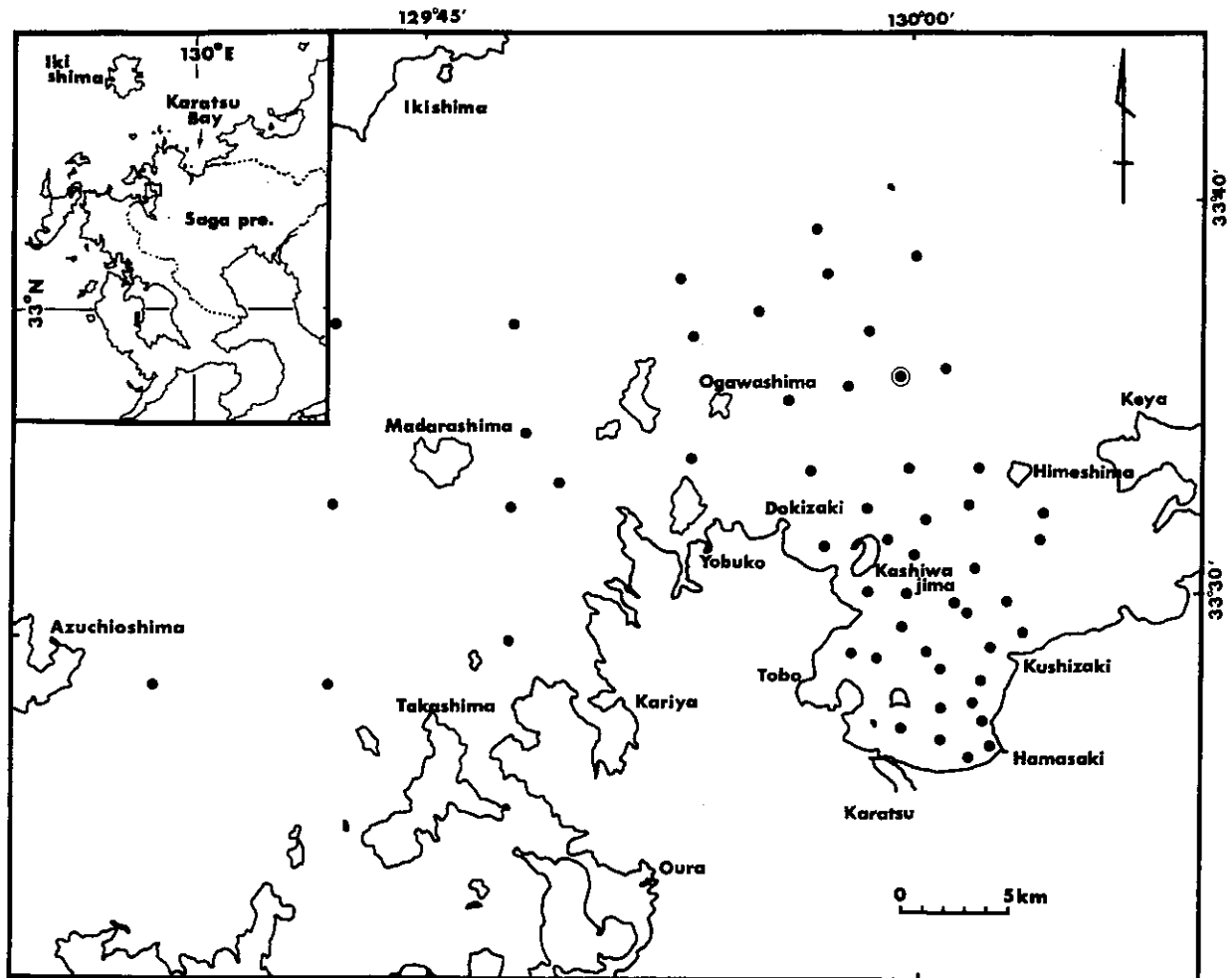


Fig. 1. Location of sampling stations in Karatsu Bay and the adjacent waters in 1980-84, 90, 92.

● : Observational station of diurnal feeding rhythm.

を使用し、海底直上から海表面までの斜め曳き、表層、中層、底層の水平曳き(1.5~2.0ノット、5分曳)によって採集した。採集された仔稚魚は、船上で直ちに10%ホルマリンで固定し、後日実体顕微鏡下で全長、消化管内餌生物の種類と個体数を調べた。消化管内容物調査に供したマダイ仔稚魚数は、採集されたマダイ仔稚魚1,291尾のうち873尾であった。

胃・腸管内で認められた消化管内餌生物については目、または綱の段階でグループ分けし、その1グループを1 item とした。消化管内餌生物の個体数割合(個体数法)は、胃・腸管内で認められた各餌生物 item 毎に個体数を計数し、それが全餌生物 item の総個体数に占める割合で示した。消化管内餌生物の出現頻度(出現頻度法)は、ある餌生物 item が認められた仔稚魚数がある全長階級の仔稚魚数に占める割合で示し、その餌生物の出現頻度を算出した。

仔稚魚の餌生物となる動物プランクトンは、各年の仔稚魚調査時に仔稚魚調査定点と同一定点で北原式定量ネットを用いて海底面上2 mから海表面までの鉛直曳きによって採集した。採集された動物プランクトンは、船上で直ちに10%ホルマリンで固定し、後日実体顕微鏡下で種類と個体数を調べた。

結 果

1. 摂餌開始期の仔魚の食性

1980~1984, 1990, 1992年の7年間のマダイ仔稚魚の消化管内容物組成を個体数法で Table.1~7に示す。摂餌開始期の全長2~3 mmサイズのマダイ仔稚魚は、Copepoda nauplius, Invertebrate egg, Oikopleura, Evadne, Prorocentrum, Cladocera, Cracetacean, Copepoda, Ceratium, Thalassionema, Tintinnopsis,

Table. 1. Changes of the percentage composition of gut contents with total length of larvae/juvenile red sea bream collected in 1980.

Total length (mm)	3.0-3.9	4.0-4.9	5.0-5.9	6.0-6.9	7.0-7.9	8.0-8.9	9.0-9.9	10.0-10.9	11.0-11.9	12.0-12.9	13.0-13.9	14.0-14.9
No. of Larvae examined	3	7	8	15	12	11	4	2	2	1		1
No. of Larvae with food	2	7	8	13	10	9	4	2	1	1		1
Percentage of larvae feeding	66.7	100.0	100.0	86.7	83.3	81.8	100.0	100.0	50.0	100.0		100.0
Number of food	11	30	39	28	31	33	37	19	2	20		
Food items												
Favella spp.			2.6									
Evadne spp.		6.7	5.1									
Copepod nauplius	27.3	26.6	35.9	7.1	9.7	12.1	73.0	47.4		5.0		
Copepoda							2.7	5.2				
Crustacean			2.6									
Invertebrate eggs	72.7	40.0	48.6	14.3	16.1	6.1						
Oikopleura spp.		6.7	2.6	17.9	9.7					70.0		
Unknown		20.0	2.6	60.7	64.5	81.8	24.3	47.4	100.0	25.0		100.0

Table. 2. Changes of the percentage composition of gut contents with total length of larvae/juvenile red sea bream collected in 1981.

Total length (mm)	2.0-2.9	3.0-3.9	4.0-4.9	5.0-5.9	6.0-6.9	7.0-7.9	8.0-8.9	9.0-9.9	10.0-10.9	11.0-11.9	12.0-12.9	13.0-13.9
No. of Larvae examined	2	43	56	36	12	6	11	8	3	2	1	1
No. of Larvae with food	1	25	48	35	10	6	10	7	3	2	1	1
Percentage of larvae feeding	50.0	58.1	85.7	97.2	83.3	100.0	90.9	87.5	100.0	100.0	100.0	100.0
Number of food	1	50	143	164	62	28	48	65	29	3	2	2
Food items												
Ceratium sp.									3.4			
Coscinodiscus spp.			0.7						3.4			
Navicula sp.			0.7									
Prorocentrum sp.		2.0										
Favella spp.			0.7	3.0	3.2							
Podon spp.		14.0	7.7	3.7	16.1		31.3	4.6				
Evadne spp.			1.4	1.8			12.5		3.4			
Penilia spp.			0.7	4.9	3.2	14.3	4.2					
Cladocera			1.4		1.6							
Ostracoda								36.9				
Copepod nauplius		14.0	16.8	11.0	8.1	3.6	10.4	7.7	3.4			
Copepoda						3.6	2.1	1.5				
Invertebrate eggs	100.0	50.0	51.0	45.7	58.1	60.7	16.7	30.8	20.7			
Oikopleura spp.			0.7	1.8		3.6	4.2	6.2				
Bivalvia			2.1	1.8	1.6							
Polychaeta								1.5		33.3		
Fish larva						3.6		1.5		33.3		
Macrurans			0.7	0.6				1.5		33.3		
Crustacean		14.0	6.3	2.4		3.6	2.1					100.0
Gnathia											50.0	
Unknown		6.0	9.1	23.2	8.1	7.1	16.7	7.7	62.0		50.0	

Chaetoceros, Coscinodiscus, Favella, Peridinium, Podon, Bivalvia の17item を餌生物として摂餌しており、かなり多様な餌生物を摂餌していた。このように摂餌開始期のマダイ仔魚は、多くの種類の餌生物を摂餌していたが、その中で数的に多く摂餌されていたものは Copepoda nauplius, Invertebrate egg の2item であった。

2. 年及び成長による食性の変化

1) 消化管内餌生物の個体数割合

1980~1984, 1990, 1992年の7年間のマダイ仔稚魚の消化管内容物組成を個体数法で Table.1~7に示す。

1980年は全体で8item の餌生物を摂餌し、全長3~5mmでは Copepoda nauplius, Invertebrate egg の占める割合が高く、6~8mmでは Copepoda nauplius, Inverte-

Table 3. Changes of the percentage composition of gut contents with total length of larvae/juvenile red sea bream collected in 1982.

Total length (mm)	2.0-2.9	3.0-3.9	4.0-4.9	5.0-5.9	6.0-6.9	7.0-7.9	8.0-8.9	9.0-9.9	10.0-10.9
No. of Larvae examined	9	32	38	12	8	4	2	2	1
No. of Larvae with food	4	23	38	12	8	4	2	2	1
Percentage of larvae feeding	44.4	71.9	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Number of food	7	59	146	79	21	10	5	5	1
Food items									
Diatoms						10.0			
Prorocentrum sp.		1.7	10.3	48.1					
Podon spp.			1.4	3.8	4.8				
Copepod nauplius	42.9	11.9	10.3	1.3	14.3				
Copepoda			2.7			10.0			
Invertebrate eggs			1.4	1.3	4.8	10.0			
Oikopleura spp.	14.3	8.5	24.0	7.6	19.0	40.0		20.0	
Unknown	42.9	78.0	50.0	38.0	57.1	30.0	100.0	80.0	100.0

Table 4. Changes of the percentage composition of gut contents with total length of larvae/juvenile red sea bream collected on 1983.

Total length (mm)	2.0-2.9	3.0-3.9	4.0-4.9	5.0-5.9	6.0-6.9	7.0-7.9	8.0-8.9	9.0-9.9	10.0-10.9	11.0-11.9
No. of Larvae examined	7	87	66	18	5	2		1		1
No. of Larvae with food	5	78	62	15	5	2		1		1
Percentage of larvae feeding	71.4	89.7	93.9	83.3	100.0	100.0		100.0		100.0
Number of food	17	313	254	42	17	2		8		13
Food items										
Ceratium sp.		0.3								
Thalassionema sp.		0.3	0.4							
Prorocentrum sp.		0.3	0.4							
Podon spp.		0.3	1.2					75.0		53.8
Penilia spp.			0.4							
Cladocera		0.3								15.4
Copepod nauplius	100.0	82.4	72.8	31.0	11.8			12.5		
Copepoda		0.3	1.6	2.4						15.4
Crustacean		1.0	0.4					12.5		
Invertebrate eggs		4.5	3.1							
Oikopleura spp.		1.0	4.7	42.9	17.6	100.0				
Polyhaeta										7.7
Fish larva				2.4						
Unknown		9.3	15.0	21.4	70.6					7.7

brate egg, Oikopleura の摂餌がみられるが、それらの割合は 6~18%と低かった。9~10mmでは再び Copepoda nauplius の占める割合が高くなり 47~73%となった。

1981年は全体で 21item の餌生物を摂餌し、全長 2~7mm で Invertebrate egg の摂餌割合が非常に高く 46~100%を占めている。一方 Copepoda nauplius は、3~10mm で摂餌されているが、その割合は 3~17%と

1980年に比較して低い。8mm以上では Invertebrate egg, Podon, Ostracoda, Malacostraca, Bivalvia, Fish larva, Gnathia 等の比較的大型の餌生物を摂餌する傾向がみられる。1981年は、他の 6年に比べ、各サイズとも摂餌している餌生物の item 数がかかなり多く、また珪藻、渦鞭毛藻、有鐘類等の小型プランクトンも摂餌されていた。

1982年は全体で 8item の餌生物が摂餌されていたが、

Table 5. Changes of the percentage composition of gut contents with total length of larvae/juvenile red sea bream collected in 1984.

Total length (mm)	2.0-2.9	3.0-3.9	4.0-4.9	5.0-5.9	6.0-6.9	7.0-7.9	8.0-8.9	9.0-9.9	10.0-10.9	11.0-11.9
No. of Larvae examined	2	108	93	19	11	3	1	1	3	2
No. of Larvae with food	1	69	55	10	6	2	1	0	2	1
Percentage of larvae feeding	50.0	63.9	59.1	52.6	54.5	66.7	100.0	0	66.7	50.0
Number of food	2	186	131	29	12	3	2	0	8	8
Food items										
Chaetoceros spp.		1.6	0.8							
Coscinodiscus spp.		0.5			9.1					
Prorocentrum sp.		0.5	0.8							
Peridinium sp.		0.5								
Tintinnopsis sp.	50.0									
Favella spp.		5.4	3.8							
Podon spp.			0.8							
Evadne spp.		1.1	2.3							
Cladocera			0.8							
Copepod nauplius	50.0	58.6	35.1	51.7	9.1	33.3			12.5	87.5
Copepoda		2.7	3.9	6.9					12.5	
Invertebrate eggs		19.4	10.7	3.4						
Fish larva			0.8	10.3	18.2					
Unknown		9.7	40.5	27.6	63.6	66.7	100.0		75.0	12.5

Table 6. Changes of the percentage composition of gut contents with total length of larvae/juvenile red sea bream collected in 1990.

Total length (mm)	2.0-2.9	3.0-3.9	4.0-4.9	5.0-5.9	6.0-6.9	7.0-7.9	8.0-8.9	9.0-9.9	10.0-10.9	11.0-11.9	12.0-12.9	13.0-13.9
No. of Larvae examined	8	14	8	8	10	4	1	3	1			1
No. of Larvae with food	5	12	8	8	10	4	1	3	1			1
Percentage of larvae feeding	62.5	85.7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0			100.0
Number of food	8	29	31	33	59	10	2	6	4			4
Food items												
Evadne spp.					1.7							25.0
Copepod nauplius	87.5	89.7	83.9	69.7	72.9	20.0						
Copepoda			3.2	3.0	3.4							
Invertebrate eggs	12.5	3.4			3.4							
Oikopleura spp.			3.2	3.0	5.1	40.0	100.0	16.7	50.0			25.0
Unknown		6.9	9.7	24.2	13.6	40.0		83.3	50.0			50.0

Table 7. Changes of the percentage composition of gut contents with total length of larvae/juvenile red sea bream collected in 1992.

Total length (mm)	2.0-2.9	3.0-3.9	4.0-4.9	5.0-5.9	6.0-6.9	7.0-7.9
No. of Larvae examined	4	13	5	1	4	2
No. of Larvae with food	2	11	4	1	4	2
Percentage of larvae feeding	50.0	84.6	80.0	100.0	100.0	100.0
Number of food	2	32	12	4	10	9
Food items						
Copepod nauplius	100.0	68.8	66.7	25.0	30.0	
Copepoda					30.0	11.1
Invertebrate eggs		12.5				
Oikopleura spp.					10.0	
Bivalvia		9.4				
Unknown		9.4	33.3	75.0	30.0	88.9

主に摂餌されたものは Copepoda nauplius, Oikopleura の 2 item であった。全体的には Oikopleura の割合が最も高く、2 mm サイズでも摂餌が見られた。次いで多かったのは Copepoda nauplius であったが、Invertebrate egg の摂餌割合は前 2 年に比べ低くなっていた。なお、Prorocentrum は、4 ~ 5 mm サイズで 10.3 ~ 48.1% と高い割合を示した。

1983 年は全体で 14 item の餌生物が摂餌されたが、主な餌生物としては 2 ~ 5 mm で Copepoda nauplius, 5 ~ 7 mm で Oikopleura, 9 ~ 11 mm で Podon がみられ、成長に伴う食性変化が明瞭に認められた。なお摂餌された餌生物の item 数は 3 ~ 4 mm ではかなり多いが、5 mm 以

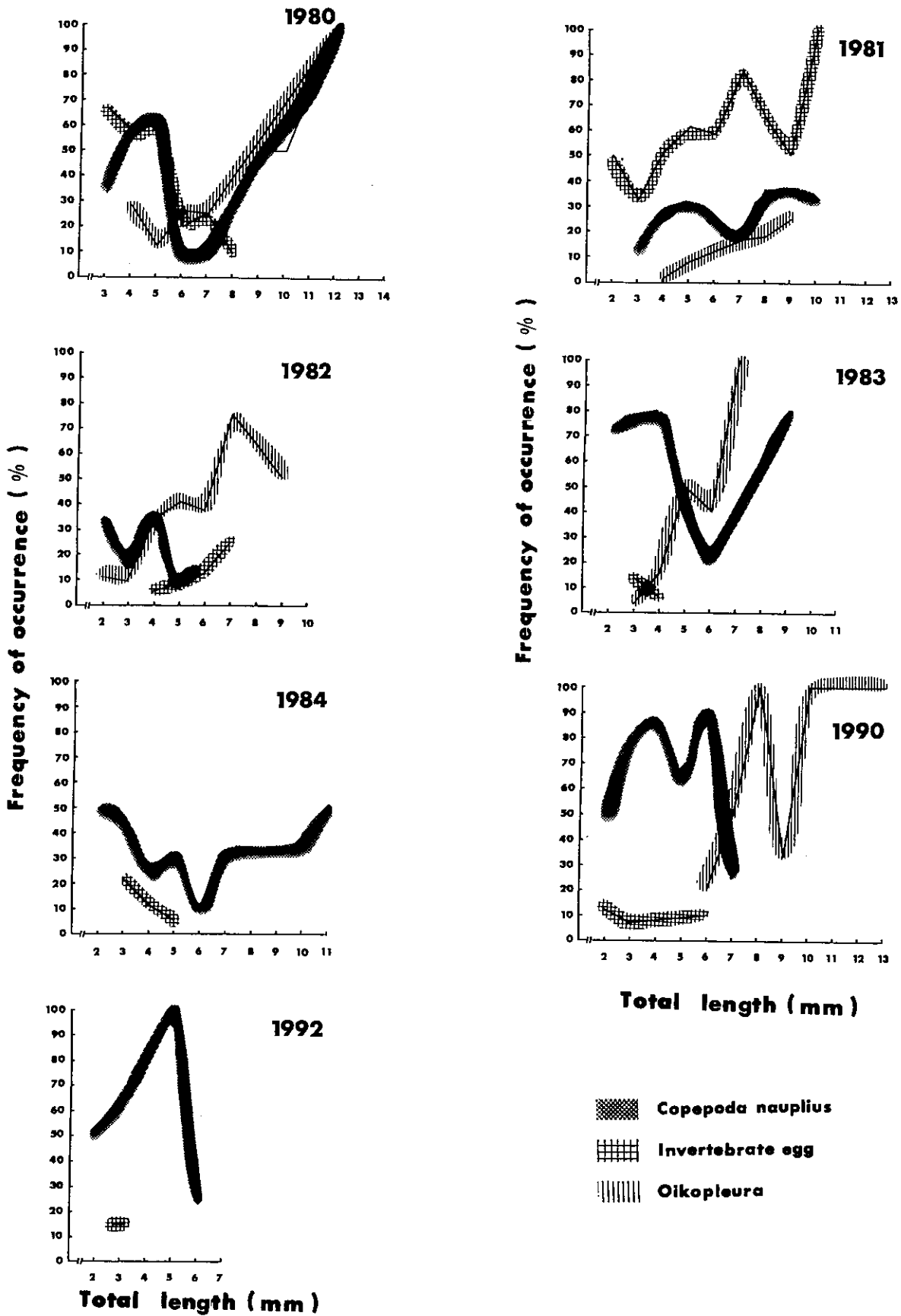


Fig. 2. Change of percentage frequency of food organisms (Copepoda nauplius, Invertebrate egg, Oikopleura) in gut with larval and juveniles growth in red sea bream in 1980-84, 90, 92.

上ではその item 数は急減した。

1984年は全体で14itemの餌生物が摂餌され、2～5mmでCopepoda naupliusの摂餌割合が高くなっている他は、3～4mmでInvertebrate eggが若干摂餌されている程度であった。3～4mmのマダイに摂餌された餌生物の種類が13itemとかなり多くなっていることと4～6mmで魚類仔魚を摂餌していたことが特徴的である。

1990年は全体で6itemの餌生物を摂餌しており、2～6mmでCopepoda naupliusの占める割合が非常に高い。7mm以上になるとOikopleuraの割合が高くなっており、成長に伴う食性の変化が明瞭にみられる。'90年の摂餌パターンは、'83年の摂餌パターンとほぼ似た傾向を示している。

1992年は全体で6itemの摂餌がみられ、2～6mmでCopepoda naupliusの割合が高い。Copepoda naupliusの摂餌割合が、成長に伴って低下する傾向は'83年、'90年と同様である。各サイズのマダイ仔稚魚に摂餌された餌生物の item 数は、'92年の場合4.6mmの4itemが最高で、7年間のうち item 数が最も多かった'81年の4mmサイズでの14itemと比較すると非常に少なく、また他の年に比べても少ない状況にあった。

2) 消化管内餌生物の出現頻度

消化管内餌生物として主に出現したCopepoda nauplius, Invertebrate egg, Oikopleuraの出現頻度を各年度毎に全長別に Fig.2に示す。

Copepoda naupliusは、全長2～12mmまでみられたが、年により出現する全長範囲は違い、2～7mmまで出現する年は'82年、'90年、'92年の3年間、9mm以上まで出現している年は'80年、'81年、'83年、'84年の4年間であった。Copepoda naupliusの出現頻度は、多くの場合成長とともに高くなるが、7年間全てで6～7mmになると急激に減少する傾向がみられた。しかし8mmに達すると再び増加傾向を示す年もあり、このようなパターンを示したのは、'80年、'81年、'83年、'84年の4年間であった。

摂餌開始期の仔魚(TL 2～3mm)でのCopepoda naupliusの出現頻度は、年によりかなり違い、最低は'81年の11.6%で、最高は'83年の75.9%であった。

Invertebrate eggは、全長2～10mmサイズまでの個体の消化管内でみられた。出現割合は、'80年、'81年の2年間は高かったが、他の'82年～'84年、'90年、'92年の5年間は低かった。摂餌開始期(TL 2～3mm)のInvertebrate eggの出現割合は、年によりかなり違い、最低は'90年の7.1%、最高は'80年の66.7%であった。成長とともに

うInvertebrate eggの出現頻度には2タイプのパターンがあり、増加パターンを示す年は'81年、'82年、一方減少傾向を示すのは、'80年、'83年、'84年であった。'81年は多くのサイズでInvertebrate eggの出現頻度が30%以上を示し、成長とともに高くなる傾向がみられた。一方'80年は全長3mmで66.7%と高い割合を示したが、その後急減した。

Oikopleuraは、全長2～13mmサイズまでの消化管内でみられた。'80～'83年、'90年の5年間で摂餌がみられるが、'90年を除く4年間では成長とともに出現割合は増加傾向を示している。Oikopleuraは、摂餌開始期の2～3mmサイズの仔魚にも摂餌されているが、その出現割合は'82年で9.4～11.1%、'83年で3.4%とCopepoda nauplius, Invertebrate eggの出現割合に比べ低くなっている。

3. 食性の日周変化

1984年5月7～8日にSt.19において実施した水平曳(表層、中層、底層)及び斜め曳によって採集したマダイ仔稚魚の食性の日周変化について個体数法によりTable.8に示した。St.19で採集されたマダイ仔稚魚の全長は、2～6mmサイズであったが、ここでは全長2～5mmサイズについて比較検討した。

摂餌率(供試仔魚数のうち消化管内餌生物が消化管内より見いだされた仔魚数の出現割合)は16:00 50.0%、

Table. 8. Daily changes of the percentage composition of gut contents of red sea bream larvae (TL 2-5mm) collected at St. 19 on 7-8 May 1984.

Time	16:00	18:00	20:00	22:00	6:00	14:00	計
No. of Larvae examined	4	11	41	44	13	44	157
No. of Larvae with food	2	8	27	16	6	38	97
Percentage of larvae feeding	50.0	72.7	65.9	36.4	46.2	86.4	61.8
Number of food	2	24	41	35	14	141	257
Number of food per a larva	1.0	3.0	1.5	2.2	2.3	3.7	2.6
Food items							
Chaetoceros ssp.		4.2				2.1	1.6
Coscinodiscus spp.					7.1		0.4
Prorocentrum sp.		4.2	2.4				0.8
Peridinium sp.						0.7	0.4
Favella spp.			7.3	2.9	7.1	7.1	5.8
Podon spp.				2.9			0.4
Evadne spp.	50.0	4.2	4.9				1.6
Cladocera			2.4				0.4
Copepod nauplius	50.0	70.8	29.3	34.3	64.3	50.4	47.5
Copepoda			17.1	5.7		0.7	3.9
Invertebrate eggs		4.2	14.6	25.7	14.3	20.6	18.3
Fish larva			2.4				0.4
Unknown		12.4	19.6	28.5	7.2	18.4	18.5

18:00 72.7%, 20:00 65.9%, 22:00 36.4%, 6:00 46.2%, 14:00 86.4%となり、昼間が高く、夜間に低くなる傾向がみられた。各時刻別に採集した全仔稚魚の消化管内の item 数は、2種類(16:00)から8種類(20:00)と時刻によりバラツキがみられた。また摂餌が認められたマダイ仔魚1尾当たりの平均摂餌個体数を各時刻別にみると1個体(16:00)から3.7個体(14:00)であった。マダイ仔魚1尾当たりの摂餌 item 数は0~3種類、空胃を除くと1~2種類が多く、摂餌可能な item もごく少数に限られていた。またマダイ1尾当たりの摂餌個体数は0~10個体となっていた。マダイ1尾当たりの摂餌個体数をサイズ別にみると全長3mmサイズでは0~10個体摂餌しており、そのうち空胃が32.2%、1~3個体摂餌している割合は51.6%と過半数を占めている。また4mmサイズでは0~8個体で、そのうち空胃が41.0%、1~3個体摂餌している割合は49.2%とほぼ過半数となっていた。

最も重要な餌生物である Copepoda nauplius の摂餌は16:00 50.0%, 18:00 70.8%, 20:00 29.3%, 22:00 34.3%, 6:00 64.3%, 14:00 50.4%と全ての時刻でみられ、前述した摂餌率と同様昼間高く、夜間少ない傾向が認められた。なおマダイ1尾当たりの Copepoda nauplius の摂餌数は、1~8個体であった。

4. 仔稚魚の摂餌と生き残り

1) 仔稚魚期の摂餌率

1980~84年, 1990年, 1992年の7年間におけるマダイ仔稚魚の成長にともなう摂餌率の変化を Fig. 3に示す。7年間のマダイ仔稚魚の摂餌率は、全長2mmでは44.4~71.4%と低いが、3mmサイズでは58.1~89.7%となり、4mmサイズでは100%を示すものも出現し、成長にともなって高くなる傾向を示した。成長に伴う摂餌率の変化を年毎にみると1984年を除いてほぼ同様のパターンを示した。1984年の場合は全長3mmまでは他の年と同じ変動パターンを示しているが、4mm以降は摂餌率の上昇がみられず、4~7mmサイズの摂餌率は、60.0~72.7%と低い割合を示した。

2) 消化管内餌生物の item 数及び摂餌個体数

浮遊生活期マダイ仔稚魚の分布密度(5月上旬, 唐津湾及び周辺海域の6定点の平均)と消化管内餌生物の平均 item 数(5月上旬)との関係を Fig. 4に示した。消化管内餌生物の平均 item 数は、'80年を除くとマダイの分布密度が高くなるに従って多くなり、'81年の約60尾/1,000m³以上の密度になると一定レベルで推移する傾向

がみられた。

一方浮遊生活期マダイ仔稚魚の分布密度(5月上旬, 唐津湾及び周辺海域の6定点の平均)と浮遊生活期マダイ仔稚魚の平均摂餌個体数(5月上旬)との関係を Fig. 5に示した。消化管内餌生物の平均摂餌個体数は、'80年を除くとマダイ仔稚魚の分布密度が高くなるに従って多くなり、'81年の約60尾/1,000m³以上の密度になると一定レベルで推移する傾向がみられた。

3) 仔稚魚のサイズ別最大摂餌個体数

消化管内容物として出現した全餌生物と主な餌生物で

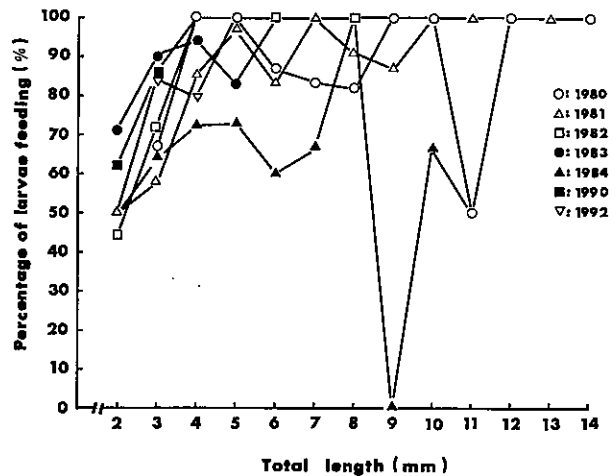


Fig. 3. Percentage of larval and juveniles red sea bream with food organisms related to the total length in 1980-84, 90, 92.

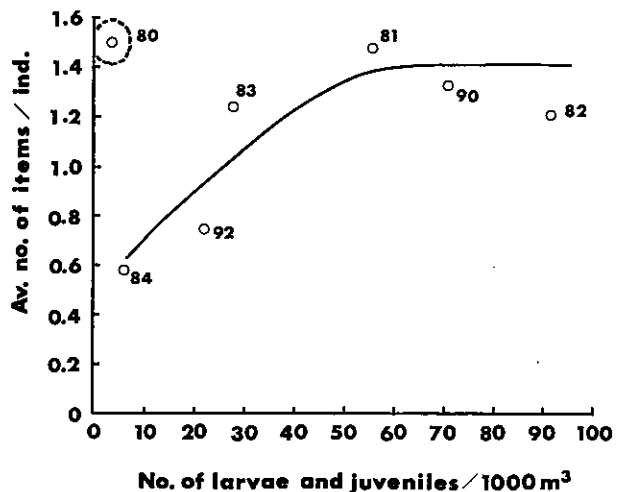


Fig. 4. Relationship between the density of larval and juveniles red sea bream (ind. no./1000m³) and the average number of items per individual in the gut in 1980-84, 90, 92.

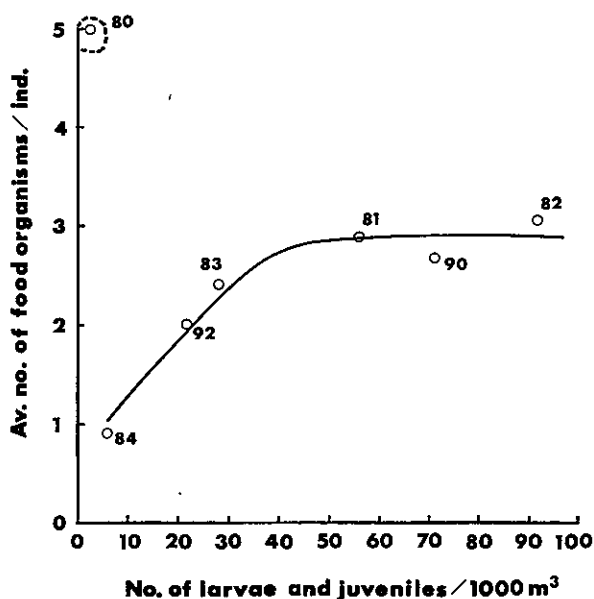


Fig. 5. Relationship between the density of larval and juveniles red sea bream (ind. no./1000m³) and the average number of food organisms per individual in the gut in 1980-84, 90, 92.

ある Copepoda nauplius, Invertebrate egg, Oikopleura の 3 種類について全長別に 1 尾当たり最大摂餌個体数の変化を 7 年間分まとめて Fig. 6 に示した。全餌生物では全長 2 mm で 6 個体, 3 mm で 15 個体, 4 mm で 17 個体, 5 mm で 44 個体と 5 mm までは急増傾向を示し, 5 mm でピークに達した。その後 6 mm で急減したが, 6 ~ 12 mm では 13 ~ 25 個体の間で推移し, 13 mm 以降は再び急減した。なお最大摂餌個体数が最も多かった 5 mm サイズでの餌生物の内訳は *Prorocentrum* 38 個体, *Podon* 1 個体, Unknown 5 個体であった。

Copepoda nauplius は全長 2 mm で 6 個体, 3 mm で 15 個体, 4 mm で 17 個体, 6 mm で 18 個体と増加傾向を示した。7 mm 以降は最大摂餌個体数 23 個体を示した 9 mm 以外は

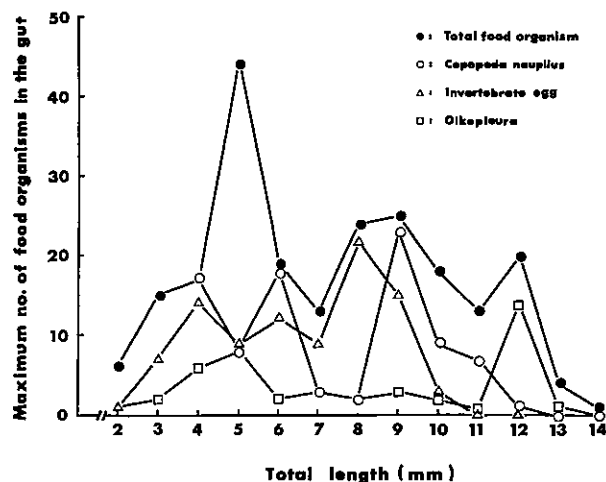


Fig. 6. Maximum number of food organisms in the gut of pelagic larval and juveniles red sea bream related to the total length in 1980-84, 90, 92.

摂餌個体数は低いレベルにあった。Invertebrate egg は全長 2 mm で 1 個体, 3 mm で 7 個体, 4 mm で 14 個体と急増した。8 mm で最大摂餌個体数 22 個体を示したが, 9 mm 以降の摂餌個体数は急減した。このような変動パターンは Copepoda nauplius の場合とほぼ同じパターンであった。Oikopleura は全長 4, 5, 12 mm でそれぞれ 6, 8, 14 個体であった他は 3 個体以下の低いレベルであった。

5. 天然海域における餌生物

'80~'84年の4月下旬~5月下旬における主要餌生物 3 種 (Copepoda nauplius, Oikopleura, Invertebrate egg) の分布密度 (個体/ℓ) と分布組成を Table.9 に示す。主要餌生物 3 種の平均分布密度は, Copepoda nauplius の場合 '80年 4.1 個体/ℓ, '81年 1.2 個体/ℓ, '82年 0.2 個体/ℓ, '83年 1.8 個体/ℓ, '84年 1.3 個体/ℓ となっており, '80年が一番高く, 次いで '83年, '84年, '81

Table. 9. Mean density and composition of food organisms in Karatsu Bay and the adjacent waters from late April to late May, 1980-84.

Year	1980		1981		1982		1983		1984	
No. of sampling station	5		13		3		13		5	
	Density (N/L)	Composition (%)	Density (N/L)	Composition (%)	Density (N/L)	Composition (%)	Density (N/L)	Composition (%)	Density (N/L)	Composition (%)
Copepoda nauplius	4.1	8.9	1.2	8.8	0.2	9.2	1.8	14.0	1.3	8.6
Oikopleura spp.	4.0	8.6	0.7	5.2	0	0	2.5	19.2	0.9	5.8
Invertebrate egg	0.3	0.7	0.4	3.1	0	0	0.8	5.9	0.4	2.4
Others		81.8		82.9		90.8		60.9		83.2
Total		100		100		100		100		100

年、'82年の順であった。Oikopleuraの場合'80年4.0個体/ℓ、'81年0.7個体/ℓ、'82年0個体/ℓ、'83年2.5個体/ℓ、'84年0.9個体/ℓとなっており、Copepoda nauplius同様'80年が一番高く、次いで'83年、'84年、'81年、'82年の順になっていた。Invertebrate eggの場合'80年0.3個体/ℓ、'81年0.4個体/ℓ、'82年0個体/ℓ、'83年0.8個体/ℓ、'84年0.4個体/ℓとなっており、'83年が一番高く、次いで'81年、'84年、'80年、'82年の順となっていた。一方主要餌生物であるCopepoda nauplius, Oikopleura, Invertebrate eggの組成はCopepoda nauplius 8.6~14.0%, Oikopleura 0~19.2%, Invertebrate egg 0~5.9%で、各年ともCopepoda naupliusが一番多く、次いでOikopleura, Invertebrate eggの順となっていた。

考 察

マダイ仔稚魚の摂餌生態に関する問題は、仔稚魚の初期減耗要因を解明する意味で非常に重要な研究課題である。田中¹³⁾は、海産仔魚の摂餌開始期の消化管内から出現する餌生物としてCopepoda nauplius等多くの種類があることを、またCopepoda naupliusが消化管から見いだされることが圧倒的に多いことを報告している。鈴木・桑原⁶⁾は、マダイ仔魚の摂餌開始期(体長2~3mmサイズ)の餌生物としてThalassiosira sp., Copepoda nauplius, Invertebrate eggを報告している。また野口・谷⁴⁾はマダイ仔魚の摂餌開始期(全長2~3mmサイズ)の餌生物としてChaetoceros spp., Coscinodiscus spp., Prorocentrum spp., Peridinium spp., Tintinnopsis sp., Favella spp., Evadne spp., Copepoda nauplius, Copepoda, Invertebrate eggを報告している。今回の調査結果では、Copepoda nauplius, Invertebrate egg, Oikopleura, Evadne, Polychaeta, Prorocentrum, Cladocera, Crustacean, Copepoda, Ceratium, Thalassionema, Tintinnopsis, Chaetoceros, Coscinodiscus, Favella, Peridinium, Podon, Bivalviaの18itemが確認され、かなり多様性に富んでいることが判った。これらのうち数的に多く摂餌されていたものはCopepoda nauplius, Invertebrate eggの2種類であった。Copepoda naupliusは、仔魚の摂餌割合が最も高く、1尾当たりの摂餌個体数も多く、消化の程度も良く、摂餌開始期のマダイ仔魚の餌としては、栄養的に最も重要な餌生物であると思われた。このことは、野口・谷⁴⁾

鈴木・桑原⁶⁾がマダイで、田中¹³⁾が多くの海産仔魚で報告しているのと同じ結果であった。一方Invertebrate eggがかなり摂餌されていたのは'80年、'81年の2年間であった。Invertebrate eggは消化機能が未発達の摂餌開始期の段階では消化の程度が低く、栄養的にも問題があるものといわれている(HUNTER¹⁴⁾)。にもかかわらずInvertebrate eggが消化管内から数多く見いだされたことは、天然海域における餌生物、特にCopepoda naupliusの分布量との関わりでInvertebrate eggを摂餌したとも考えられる。

最近摂餌開始期の海産仔魚の餌として植物プランクトン、渦鞭毛藻、有鐘類の重要性が言われている(田中¹³⁾、池脇・澤田¹⁵⁾)。今回の調査結果では植物プランクトンとしてThalassionema, Chaetoceros, Coscinodiscus, 渦鞭毛藻としてProrocentrum, Ceratium, Peridinium, 有鐘類としてTintinnopsis, Favellaが出現したが、毎年みられないこと、数的にも多くないこと、全長4mm以上の仔魚からも出現すること等から、それらの重要性はそれほど高くないものと思われる。これらのことから摂餌開始期(全長2~3mm)のマダイ仔魚の餌料生物としてはCopepoda naupliusが最も重要であると思われた。

年による食性の違いを個体数法でみると消化管内容物には年によりかなり多様性が認められる。消化管内容物のうち主な餌料生物3種(Copepoda nauplius, Invertebrate egg, Oikopleura)によって各調査年を類型化するとCopepoda nauplius主体の年('84年, '92年), Invertebrate egg主体の年('81年), Copepoda naupliusとInvertebrate egg主体の年('80年), Copepoda naupliusとOikopleura主体の年('82年, '83年, '90年)の4タイプに分けられ、'81年を除いてCopepoda naupliusが、何らかの形で関わっている年が多く、Copepoda naupliusの重要性が指摘できる。

一方成長による食性変化をみると、年による違いがあり、年によってはCopepoda nauplius, Invertebrate eggを摂餌開始期から稚魚期まで摂餌していることもあり、またOikopleuraをほぼ同じサイズの範囲で摂餌している場合もあった。今回の7年間の調査結果では全長6~7mmまでCopepoda naupliusを主体に摂餌し、それ以降はOikopleuraをはじめEvadne, Polychaeta, Cladocera, Copepoda, Podon, Penilia, Bivalvia, fish larva, Gnathia, Malacostraca, Ostracoda, Crustacean等の多様な餌生物を摂餌していることが認められた。鈴木・桑原⁶⁾は、マダイ仔魚の餌生物として、体長6

mmまでは Copepoda nauplius を、6mm以降は Penilia, Acartia, Oikopleura を主に摂餌していると報告している。今回の調査結果では Copepoda nauplius を主に摂餌しているマダイ仔魚のサイズ範囲は全長6~7mmまでで鈴木・桑原⁹⁾の報告とほぼ同じであった。しかしそれ以降のサイズについては鈴木・桑原⁹⁾の報告とはかなり違い、年により優占種がかなり変化しており特定することができなかった。

このように全長6~7mmまでは Copepoda nauplius を主体に摂餌しているものの、それ以降では多様な餌生物を摂餌しており、木曾¹⁶⁾、大野¹⁷⁾が報告しているようなマダイ幼稚魚の食性に基本型が存在するという指摘は認めることができなかった。畔田ら¹⁸⁾は、マダイ幼稚魚の摂餌生態には多様性が存在し、マダイ幼稚魚は餌生物を自由に選択していることを指摘しているが、浮遊生活期マダイ仔稚魚というごく初期の摂餌生態にも多様性がすでに存在していることが今回の調査結果で示唆された。

マダイ仔稚魚の成長にともなう摂餌率の変化は、7年間のうち'84年の1年間を除き同じ傾向を示している。桑原¹⁹⁾も若狭湾におけるマダイ仔魚の摂餌率の変化について報告し、成長にともなう摂餌率は比較的緩やかに増加し今回の調査結果と違った傾向にあるとしている。また、体長2~3mmサイズの摂餌開始期の仔魚の摂餌率も、桑原¹⁹⁾の報告では10~56%と低い値であったが、今回の調査結果では44~90%とかなり高い結果を得ている。また今回の調査のうち'84年の摂餌率の変化は、他の6年間の調査と比べかなり低い結果となっており、桑原¹⁹⁾の報告とやや似た傾向を示している。唐津湾と若狭湾の間や同じ唐津湾でも年により摂餌率に差が生じたのは、能津²⁰⁾、中島²¹⁾が報告しているように年あるいは海域によって餌生物量に差があるためと推測され、仔魚期の摂餌率が低い年には飢餓による初期減耗が起こった可能性がある。この点については今後詳細に検討して行かなければならないと思われる。

浮遊生活期マダイ仔稚魚の分布密度(5月上旬、唐津湾及び周辺海域の6定点の平均)と1尾当たり平均摂餌個体数(5月上旬)、消化管内餌生物の平均 item 数(5月上旬)との関係について検討を行った結果、浮遊生活期マダイ仔稚魚の分布密度の増加とともに1尾当たりの平均摂餌個体数、消化管内餌生物の平均 item 数がともに多くなる傾向を示した。しかしマダイ仔稚魚の分布密度が増加しあるレベル以上になった場合は1尾当たりの平均摂餌個体数や消化管内餌生物の平均 item 数は増減

せず一定のレベルを示すようになった。これはマダイ仔稚魚が多く分布すれば摂餌する餌生物の個体数や item 数を増加させ適応しようとするが、あるレベル以上になるとその摂餌能力も限界に達してしまうということを示唆しているものと思われる。

今回の調査結果は、仔稚魚の分布密度と消化管内の餌生物との関係について述べたもので、仔稚魚の分布と餌生物の分布との関係について言及していない。仔稚魚と餌生物の時空間的分布の一致不一致については、断片的な知見は得られつつあるが、まだ不明な点が多いとされているので(池脇・澤田¹⁵⁾)、仔魚と餌生物の時空間的關係についても研究を進めていくことが必要と思われる。また大野¹⁷⁾は餌生物の分布と着底後の幼稚魚数との関係について検討し、2者の間には相関関係があることを報告している。今後はこれらの点についても検討していくべきと考えている。

文 献

- 1) 森慶一郎(1980):油谷湾における浮遊期、底生生活初期のマダイの生態。西水研研報, 54, 59-78.
- 2) 野口弘三(1983):唐津湾における浮遊生活期マダイ仔稚魚の生態および底生生活への移行、着底過程について。西海区ブロック浅海開発会議魚類研究会報, 1, 23-35.
- 3) 野口弘三・平野哲美(1984):唐津湾における浮遊生活期および底生生活初期のマダイの生態。西海区ブロック浅海開発会議魚類研究会報, 2, 11-22.
- 4) 野口弘三・谷 雄策(1985):唐津湾における浮遊生活期マダイ仔稚魚の食性の一例。西海区ブロック浅海開発会議魚類研究会報, 3, 27-31.
- 5) 大森迪夫(1980):油谷湾におけるマダイ当歳魚の食性。西水研報, 54, 93-109.
- 6) 鈴木重喜・桑原昭彦(1983):若狭湾西部海域におけるマダイ仔稚魚の鉛直分布と食性。水産海洋研究会報, 42, 10-16.
- 7) 田中 克(1979):マダイ稚魚の浮遊生活から底生生活への移行過程。水産土木, 16, 47-57.
- 8) 田中 克(1980):志々伎湾におけるマダイ仔稚魚の生態に関する研究-I 浮遊生活期仔稚魚の水平分布。西水研研報, 54, 231-258.
- 9) 田中 克(1983):志々伎湾におけるマダイ仔稚魚の生態に関する研究-II 浮遊生活期仔稚魚の

垂直分布の一例. 西水研報, 59, 33-45.

- 10) TANAKA, M. (1985) : Factors affecting the inshore migration of pelagic larval and demersal juvenile red sea bream *Pagrus major* to a nursery ground. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 114, 471-477.
- 11) TANAKA, M., UEDA, H., AZETA, M. and SUDO, H. (1985) : Significance of near-bottom copepod aggregations as food resources for the juvenile red sea bream in Shijiki Bay. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 53, 1545-1552.
- 12) 田中 克 (1986) : 稚仔魚の生態. 「マダいの資源培養技術」(田中 克・松宮義晴編), 水産学シリーズ59, 恒星社厚生閣, 東京, 59-74.
- 13) 田中 克 (1980) : 海産仔魚の摂餌と生残 I 天然海域における食性. *海洋と生物*, 11, 440-447.
- 14) HUNTER, J. R. (1977) : Behavior and survival of northern anchovy *Engraulis mordax* larvae. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest., Rep.*, 19, 138-146.
- 15) 池脇義弘・澤田好史(1991) : 海産仔魚の食性. 「魚類の初期発育」(田中 克編), 水産学シリーズ83, 恒星社厚生閣, 東京, 86-104.
- 16) 木曾克裕 (1980) : 平戸島志々伎湾におけるマダイ当歳魚個体群の摂餌生態-I 成長に伴う餌料の変化とその変動. *西水研報*, 54, 291-306.
- 17) 大野 淳 (1992) : マダいの粗放的種苗生産に関する研究. 特別研究報告 2 号, 日本栽培漁業協会, 1-110.
- 18) 畔田正格・池本麗子・東 幹夫 (1980) : 志々伎湾における底生生活期マダイ当歳魚の分布と成長. *西水研報*, 54, 259-278.
- 19) 桑原昭彦 (1985) : 仔魚の食性. 「海産魚類の初期生活史」. *海洋と生物*, 37, 87-93.
- 20) 能津純治 (1966) : 豊後水道における Copepoda の nauplius 期幼生の分布密度とカタクチイワシ卵・稚仔出現量の季節的変動. *日本水産学会誌*, 32, 233-236.
- 21) 中島純子 (1990) : 九州沿岸海域における微小動物プランクトン群集. *月刊海洋*, 22, 28-32.