

飼育魚類仔魚の摂餌開始期における ワムシサイズ選択性

澤田好史・倉田道雄・向井良夫・戸瀬憲一
田村利博・岡田貴彦・横山達雄

Rotifer-Size Selectivity of Reared Fish Larvae during First Feeding Period

Yoshifumi SAWADA*¹, Michio KURATA*², Yoshio MUKAI*¹, Kenichi TOSE*²,
Toshihiro TAMURA*¹, Tokihiko OKADA*¹, and Tatsuo YOKOYAMA*³

Rotifer size selectivity was examined for reared five marine fish larvae, *Pagrus major*, *Epinephelus bruneus*, *Takifugu rubripes*, *Thunnus thynnus orientalis*, and *Plecoglossus altivelis altivelis*, during the first feeding period. Larvae were fed rotifers after the day of the commencement of feeding for 3 or 5 days. Rotifers fed by larvae were picked up from their digestive tracts and were measured the lorica length (LL) and the lorica width (LW). The LL and LW of rotifers positively selected by larvae were different by species. *T. rubripes* and *P. altivelis altivelis* selected the largest LL and LW rotifers among 5 species during the experiment. The size selectivity of *T. thynnus orientalis*, which selected relatively smaller rotifers at the commencement of the feeding, shifted to the larger LL and LW with growth. Rotifer-size selectivities of *P. major* and *E. bruneus* did not change during the experiment, while *E. bruneus* selected the smallest LW in five species. These results mean the necessity of reconsidering the feeding schedule of these larval fishes adopted in the present seedling production, except for *P. major*.

Key words: Larvae, Rotifer, Size selectivity, First feeding period

現在の海産魚類の初期飼育においては、孵化後1週間あるいは10日といった期間の生残率、すなわち初期生残率は、飼育技術が高い完成の域にあるマダイ、*Pagrus major*、のように100%近い値が得られる魚種もある。しかしながら、現在飼育技術が未発達なクロマグロ、*Thunnus thynnus orientalis*^{1,2)}、ハタ類³⁾、フエダイ類⁴⁾のように、通常40%以下といった低い生残率しか

*¹ 白浜実験場大島分室 (Fisheries Laboratory, Kinki University, Ohshima, Kushimoto, Wakayama 649-3633, Japan)

*² 水産養殖種苗センター大島事業場 (Fish Nursery Center, Kinki University, Ohshima, Kushimoto, Wakayama 649-3633, Japan)

*³ 白浜実験場すさみ分室 (Fisheries Laboratory, Kinki University, Susami, Wakayama 649-2621, Japan)

得られない魚種があり、問題となっている。

このような魚種での低い生残率の原因としては、卵質、飼育環境条件、餌料などが考えらる。その中で摂餌開始期の給餌内容・方法には検討すべき問題がある。例えばハタ類では、孵化仔魚の体サイズ、口のサイズが他魚種に比較して小さいことから、摂餌開始から数日の餌料として、小型のワムシ類、マガキ幼生、コペポードノープリウス等の使用が試みられている。これによりこれらの魚種で、初期生残率の向上が報告されている^{5,6)}。しかしながら、これらの餌料による生残率の向上はまだ十分ではなく、安定した再現性が得られていない。この状態を改善するには、これらの魚種の摂餌開始期における摂餌選択性や栄養要求を明らかにし、適切な餌料種類の選定とその給餌方法の確立が必要である。

本研究では、海産魚類仔魚の摂餌開始期における給餌技術改善を目的として、その摂餌サイズ選択性を明らかにしたのでこれを報告する。現在の海産魚類の初期飼育においては、ほとんどの魚種において、摂餌開始期における餌料としてワムシ類が用いられている。従って本研究ではまずワムシに対するサイズ選択性を明らかにした。本研究で対象とした魚種は、マダイ、クエ、*Epinephelus bruneus*、トラフグ、*Takifugu rubripes*、クロマグロ、アユ、*Plecoglossus altivelis altivelis*、の5種であり、天然海域での生息水域、産卵生態等がそれぞれ異なっている。例えばクロマグロは外洋性、クエ・トラフグ・マダイは沿岸性、アユは両側回遊魚である。また、マダイ、クエ、クロマグロは分離浮性卵を、トラフグ、アユは沈性粘着卵を産する。また5種の孵化仔魚はその大きさが異なることも知られている。これら5種は、このような違いが摂餌選択性に反映されることを予想して選択された。またいずれの種も増養殖上の重要魚種である。

材料および方法

供試魚 本研究に供試した魚類仔魚は、いずれも近畿大学水産研究所白浜実験場大島分室において人工孵化され、飼育された。

飼育実験 飼育実験は1998年の5月から1999年の1月にかけて順次おこなった (Table 1)。5種はそれぞれ現在種苗生産の現場での標準的な方法で飼育水温、餌料密度等を設定し飼育した (Table 1)。

ワムシは、クエ以外の魚種には *Brachionus rotundiformis* のみを、クエではこれに加えて小型種 *Brachionus sp.* を給餌した。

飼育水槽には200 lポリカーボネート水槽を用いた。飼育環境として、水温、溶存酸素量、pHをモニターした。給餌方法はいずれの魚種においても基本的に同様に行った。すなわち、摂餌開始日から1日数回の給餌によって3から5日間餌料密度を目標値に保った。

実験期間中毎日仔魚を20個体採取し、全長、体長を測定した。また、上顎長の測定も適宜行った。

実験中期間中の日中適宜サンプリングした仔魚をMS-222で麻酔後解剖し、消化管からワムシを摘出してその背甲長、背幅長を計測した。さらに2時間毎に飼育水中のワムシを採取し、その背甲長と背腹長を計測した。採取するワムシ個体数は1日当たり50から100個体となるようにした。ワムシ背甲長および背幅長の計測は、ワムシの実体顕微鏡画像をCCDビデオカメラによ

Table 1. Environmental conditions of the rearing water and rotifer feeding densities during feeding experiments

	Species				
	<i>Pagrus major</i>	<i>Epinephelus bruneus</i>	<i>Takifugu rubripes</i>	<i>Thunnus thynnus orientalis</i>	<i>Plecoglossus altivelis altivelis</i>
Experimental period (day)*	3-5	3-5	3-5	3-7	1-3
Water temperature (°C)	18.9-19.8	23.1-24.9	18.6-20.6	25.5-27.5	17.8-18.8
Dissolved oxygen (%)	90-100	76-102	87-98	89-107	88-106
pH	8.1-8.4	7.8-8.2	7.9-8.3	8.0-8.4	7.5-8.2
Feeding density (ind./ml)	10-25	10-27	25-30	5-26	3-7

* Day numbers are those of after hatching.

りパーソナルコンピュータに取り込み、計測ソフトウェア (NIH Image Ver. 1.62, アメリカ合衆国保健衛生研究所作製) を用いて行った。

魚類の摂餌選択性指数についてはいくつか提案されているが、ここでは広い範囲で適正な値が得られる Chesson の選択性指数 α を採用して検討した⁷⁾。この指数は、環境中の餌の種類比率構成と、魚が摂餌した餌の種類比率構成から、それぞれの餌の選択性を求めるもので、その算出方法は以下の通りである。

$$\alpha_i = \frac{r_i / p_i}{\sum_i (r_i / p_i)}$$

ここで、 r_i はサイズ階級 i のワムシの摂餌内容中に占める割合、 p_i は環境水中に占める割合をである。

このとき α が、すべての出現確率を加えた値 1 をサイズ階級の数で割った値と同じである場合は無選択、それより大きな場合は正の選択、小さな場合は負の選択となる。すなわち正の選択性は、あるサイズ階級のワムシについて、仔魚が摂餌した割合が飼育水中の割合に比べて高いことを意味する。また負の選択性は、逆に、仔魚が摂餌した割合が飼育水中の割合に比べて低いことを意味する。無選択はこれらの割合が等しいことを表す。

結 果

仔魚飼育の概容 5種の飼育環境を Table 1 に示す。どの魚種、どの実験区においても特に飼育環境に問題となるような項目はなかった。また、仔魚の摂餌も 5種共に良好であった*⁴⁾。

仔魚の体長および上顎長 実験に用いた 5魚種は、摂餌開始期の体長および口の大きさの目安となる上顎長が異なった (Table 2)。5種のうちマダイの体長は、トラフグ、クエより大きく、アユ、クロマグロより小さい、5種中で中位の大きさであった。上顎長はクエより大きかったが、

*⁴⁾ 本研究の一部は平成 11 年度日本水産学会近畿支部前期例会において口頭発表した。

Table 2. Growth of larvae during the experiment

Species		Days after the commencement of feeding				
		1	2	3	4	5
<i>Pagrus major</i> (n=20)	TL* ¹	3.24±0.13	3.33±0.13	3.40±0.17		
	BL* ²	3.09±0.10	3.15±0.12	3.23±0.16		
	UJL* ³	0.28±0.01	0.36±0.02	0.37±0.02		
<i>Epinephelus bruneus</i> (n=20)	TL	2.95±0.10	3.03±0.13	3.23±0.13		
	BL	2.74±0.10	2.82±0.12	3.01±0.13		
	UJL	0.23±0.03	0.24±0.02	0.24±0.03		
<i>Takifugu rubripes</i> (n=20)	TL	3.16±0.07	3.26±0.07	3.33±0.10		
	BL	2.91±0.07	2.99±0.17	3.05±0.10		
	UJL		0.40±0.03			
<i>Thunnus thynnus orientalis</i> (n=20)	TL	4.23±0.17	4.30±0.27	4.47±0.20	4.65±0.30	5.32±0.26
	BL	4.04±0.17	4.10±0.26	4.27±0.20	4.43±0.27	5.09±0.25
	UJL	0.21±0.07	0.35±0.05	0.40±0.06	0.47±0.07	0.62±0.08
<i>Plecoglossus altivelis altivelis</i> (n=20)	TL	7.55±0.26	7.83±0.29	7.84±0.31		
	BL	7.03±0.26	7.32±0.28	7.60±0.31		
	UJL	0.38±0.03		0.41±0.02		

*¹ Total length (mean±standard deviation, mm)

*² Body length (mean±standard deviation, mm)

*³ Upper jaw length (mean±standard deviation, mm)

その他の3種より小さかった。クエは、体長、上顎長ともに最も小さく、実験期間中体長はわずかに大きくなったものの、上顎長は変わらなかった。クロマグロの上顎長は、実験開始時にはクエに次いで小さかったが、実験期間中に増大が見られた。体長はアユについて大きく、期間中の成長が見られた。トラフグの体長は、アユ、クロマグロの次ぐ大きさであり、上顎長はアユとほぼ同等の最大の大きさを示した。アユは体長、上顎長ともに最大であった (Table 2)。また、これらの実験期間中の増加も見られた。

サイズ選択性 マダイでは、摂餌開始3日間でサイズ選択性に顕著な変化がみられず、140-160 μm または 160-180 μm の階級をモードとして摂餌し (Fig. 1a), 100-180 μm の背甲長に正の選択性を示した (Table 3 および Fig. 6)。背幅長においても同じく、100-120 μm または 120-140 μm の階級をモードとして摂餌し (Fig. 1b), 100-180 μm の背幅長に正の選択性を示した (Table 4 および Fig. 7)。

クエは、ワムシの背甲長に対して、実験期間3日間、120-140 μm または 140-160 μm の階級をモードとして摂餌し (Fig. 2a), 120-180 μm の範囲に正の選択性を示した (Table 5 および Fig. 6)。また、背幅長に対しては、5魚種中最も小さな60-80 μm の階級をモードとし摂餌し (Fig. 2b), 同じ階級で正の選択性を示した (Table 6 および Fig. 7)。

トラフグが摂餌したワムシの背甲長のモードは、摂餌開始日は140-160 μm の階級であったが、2および3日目は180-200 μm と大きなサイズへ移行した (Fig. 3a)。正の摂餌選択性を示した階級も、1日目の120-140 μm および160-180 μm から、2日目、3日目は200-220 μm へと大きなサイズに移行した (Table 7 および Fig. 6)。背幅長は、摂餌開始3日間を通して、モード、正の選択制ともに120-160 μm と5種中大きなサイズの範囲にあった (Figs. 3b, 7 および Table 8)。

Table 3. Chesson's food selectivity index α of *Pagrus major* larvae for rotifer lorica length*

Days after the commencement of feeding	Day 1	Day 4	Day 5
Lorica length (μm)			
100~119		0.25	
120~139	0.68	0.19	0.36
140~159	0.27	0.22	0.27
160~179	0.02	0.17	0.17
180~199	0.03	0.07	0.18
200~219		0.07	+

* On day 1, $\alpha > 0.16$, $\alpha = 0.16$, and $\alpha < 0.16$ shows positive, neutral, and negative selectivity, respectively. On day 2, $\alpha > 0.14$, $\alpha = 0.14$, and $\alpha < 0.14$ shows positive, neutral, and negative selectivity, respectively. On day 2, $\alpha > 0.25$, $\alpha = 0.25$, and $\alpha < 0.25$ shows positive, neutral, and negative selectivity, respectively. Cross indicates that rotifers were observed in the larval gut but not in the rearing water. Blanks indicate that rotifers were not observed neither in the larval gut and the rearing water, or only observed in the rearing water.

Table 4. Chesson's food selectivity index α of *Pagrus major* larvae for rotifer lorica width*

Days after the commencement of feeding	Day 1	Day 2	Day 3
Lorica width (μm)			
80~99	0.08	0.05	0.03
100~119	0.10	0.23	0.15
120~139	0.19	0.47	0.53
140~159	0.20	0.23	0.29
160~179	0.52		

* On day 1 and day 2, $\alpha > 0.16$, $\alpha = 0.16$, and $\alpha < 0.16$ shows positive, neutral, and negative selectivity, respectively. On day 3, $\alpha > 0.25$, $\alpha = 0.25$, and $\alpha < 0.25$ shows positive, neutral, and negative selectivity, respectively. Cross and blanks are as in Table 3.

クロマグロが摂餌したワムシの背甲長は、摂餌開始日から5日目までモードは160-200 μm の範囲であったが (Fig. 4a), 正の選択性は開始日の120-140 μm から7日目の160-180 μm のサイズの大きな階級へと徐々に移行した (Table 9 および Fig. 6)。背幅長のモードは開始日の100-120 μm から5日目の140-160 μm へ (Fig. 4b), また正の選択性は摂餌開始日および2日目の120-160 μm の階級から、3, 4, 5日の140-180 μm の階級へとやや大きくなった (Table 10 および Fig. 7)。

アユでは、正の選択を示した背甲長は、5種中もっとも広く120-260 μm の範囲であり、その最大値が日齢の経過とともに増加した (Fig. 6)。モードは160-200 の範囲にあった (Table 11 および Fig. 5a)。背幅長については、3日間ともに120-160 μm の範囲で正の選択をし (Table 12 および Fig. 7), モードは100-140 μm にあった (Fig. 5b)。

Table 5. Chesson's food selectivity index α of *Epinephelus bruneus* larvae for rotifer lorica length*

Days after the commencement of feeding	Day 1	Day 4	Day 5
Lorica length (μ m)			
80~99			
100~119		0.08	0.12
120~139	0.17	0.17	0.28
140~159	0.22	0.14	0.34
160~179	0.22	0.02	0.17
180~199	0.13	0.04	0.03
200~219	0.05	0.13	0.05
220~239	0.02	0.41	

* On day 1 and day 2, $\alpha > 0.14$, $\alpha = 0.14$, and $\alpha < 0.14$ shows positive, neutral, and negative selectivity, respectively. On day 3, $\alpha > 0.13$, $\alpha = 0.13$, and $\alpha < 0.13$ shows positive, neutral, and negative selectivity, respectively. Cross and blanks are as in Table 3.

Table 6. Chesson's food selectivity index α of *Epinephelus bruneus* larvae for rotifer lorica width*

Days after the commencement of feeding	Day 1	Day 2	Day 3
Lorica width (μ m)			
60~79	0.82	0.66	0.82
80~99			
100~119	0.01	0.05	0.04
120~139	0.11	0.06	0.05
140~159	0.06	0.23	0.08

* On day 1, day 2 and day 3, $\alpha > 0.20$, $\alpha = 0.20$, and $\alpha < 0.20$ shows positive, neutral, and negative selectivity, respectively. Cross and blanks are as in Table 3.

Table 7. Chesson's food selectivity index α of *Takifugu rubripes* larvae for rotifer lorica length*

Days after the commencement of feeding	Day 1	Day 2	Day 3
Lorica length (μ m)			
120~139		0.05	0.01
140~159	0.11	0.14	0.03
160~179	0.31	0.16	0.10
180~199	0.08	0.11	0.12
200~219	0.42	0.54	0.74
220~239			+

* On day 1, $\alpha > 0.14$, $\alpha = 0.14$, and $\alpha < 0.14$ shows positive, neutral, and negative selectivity, respectively. On day 2 and day 3, $\alpha > 0.17$, $\alpha = 0.17$, and $\alpha < 0.17$ shows positive, neutral, and negative selectivity, respectively. Cross and blanks are as in Table 3.

Table 8. Chesson's food selectivity index α of *Takifugu rubripes* larvae for rotifer lorica width*

Days after the commencement of feeding	Day 1	Day 2	Day 3
Lorica width (μ m)			
80~99	0.22	0.06	0.01
100~119	0.11	0.01	0.03
120~139	0.26	0.11	0.12
140~159	0.60	0.82	0.84

* On day 1, $\alpha > 0.17$, $\alpha = 0.17$, and $\alpha < 0.17$ shows positive, neutral, and negative selectivity, respectively. On day 2 and day 3, $\alpha > 0.20$, $\alpha = 0.20$, and $\alpha < 0.20$ shows positive, neutral, and negative selectivity, respectively. Cross and blanks are as in Table 3.

Table 9. Chesson's food selectivity index α of *Thunnus thynnus orientalis* larvae for rotifer lorica length*

Days after the commencement of feeding Lorica length (μm)	Day 3	Day 4	Day 5	Day 6	Day 7
100~119	0.34	0.11		0.40	0
120~139	0.22	0.44	0.21	0.10	0.08
140~159	0.16	0.18	0.21	0.18	0.11
160~179	0.08	0.13	0.26	0.11	0.34
180~199	0.08	0.07	0.20	0.07	0.08
200~219	0.11	0.07	0.11	0.14	0.13
220~239		+	+	+	0.26
240~259		+			0

* On day 3, day 4, day 6 and day 7, $\alpha > 0.17$, $\alpha = 0.17$, and $\alpha < 0.17$ shows positive, neutral, and negative selectivity, respectively. On day 5, $\alpha > 0.20$, $\alpha = 0.20$, and $\alpha < 0.20$ shows positive, neutral, and negative selectivity, respectively. Crosses and blanks are as in Table 3.

Table 10. Chesson's food selectivity index α of *Thunnus thynnus orientalis* larvae for rotifer lorica width*

Days after the commencement of feeding Lorica width (μm)	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5
60~79	+	0.17		0	
80~99	0.26	0.12	0.05	0.30	0.31
100~119	0.20	0.11	0.15	0.09	0.05
120~139	0.11	0.22	0.15	0.12	0.08
140~159	0.34	0.20	0.32	0.16	0.47
160~179	0.10	0.17	0.32	0.32	0.27

* On day 4, day 6, and day 7, $\alpha > 0.17$, $\alpha = 0.17$, and $\alpha < 0.17$ shows positive, neutral, and negative selectivity, respectively. On day 3 and day 5, $\alpha > 0.2$, $\alpha = 0.2$, and $\alpha < 0.2$ shows positive, neutral, and negative selectivity, respectively. Cross and blanks are as in Table 3.

Table 11. Chesson's food selectivity index α of *Plecoglossus altivelis altivelis* larvae for rotifer lorica length*

Days after the commencement of feeding Lorica length (μm)	Day 1	Day 4	Day 5
100~119			
120~139	0.14	0.38	0.09
140~159	0.24	0.12	0.11
160~179	0.33	0.06	0.12
180~199	0.26	0.17	0.28
200~219	0.03	0.27	0.16
220~239	+		0.24
240~259			

* On day 1, $\alpha > 0.14$, $\alpha = 0.14$, and $\alpha < 0.14$ shows positive, neutral, and negative selectivity, respectively. On day 2, $\alpha > 0.13$, $\alpha = 0.13$, and $\alpha < 0.13$ shows positive, neutral, and negative selectivity, respectively. On day 2, $\alpha > 0.17$, $\alpha = 0.17$, and $\alpha < 0.17$ shows positive, neutral, and negative selectivity, respectively. Cross and blanks are as in Table 3.

Table 12. Chesson's food selectivity index α of *Plecoglossus altivelis altivelis* larvae for rotifer lorica width*

Days after the commencement of feeding Lorica width (μm)	Day 1	Day 2	Day 3
80~99	0.02	0.03	0.01
100~119	0.09	0.13	0.07
120~139	0.38	0.24	0.26
140~159	0.52	0.61	0.66
160~179			+

* On day 1, day 2, and day 3, $\alpha > 0.14$, $\alpha = 0.14$, and $\alpha < 0.14$ shows positive, neutral, and negative selectivity, respectively. Cross and blanks are as in Table 3.

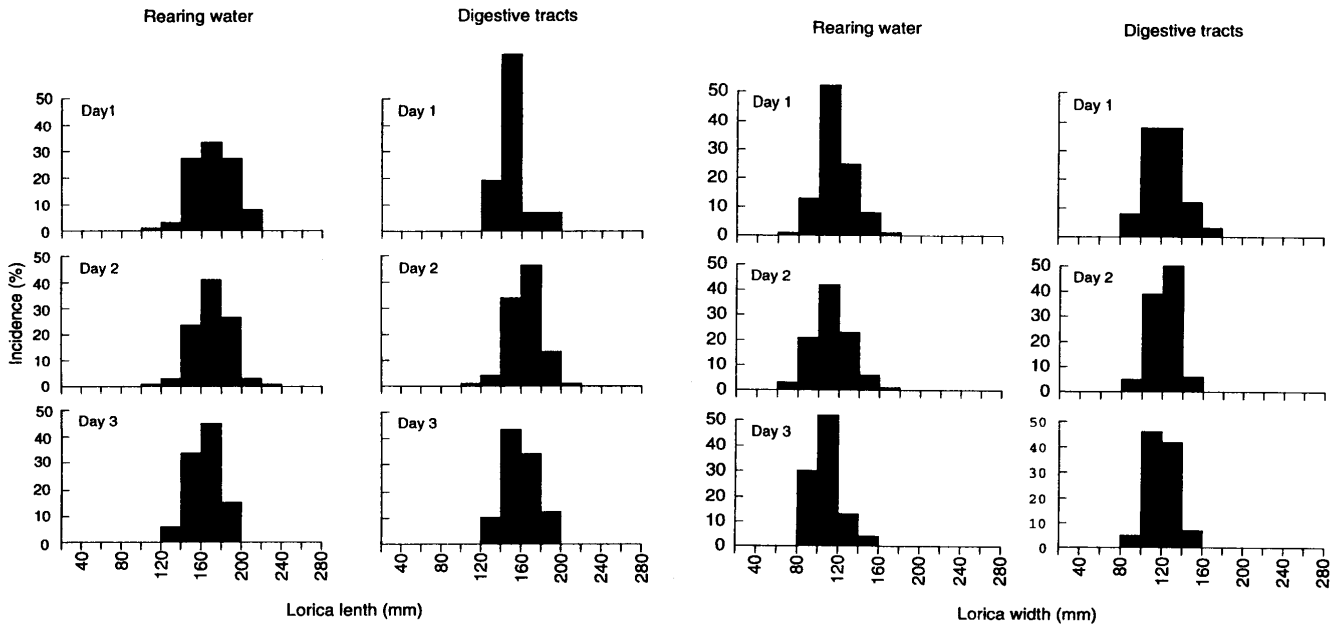


Fig. 1a

Fig. 1b

Fig. 1. Size composition of rotifer lorica length (Fig. 1a) and lorica width (Fig. 1b) in the rearing water and in the gut of red sea bream, *Pagrus major*, larvae. Day numbers show those after the day when larvae commenced feeding. The day when larvae commenced feeding is counted as day 1.

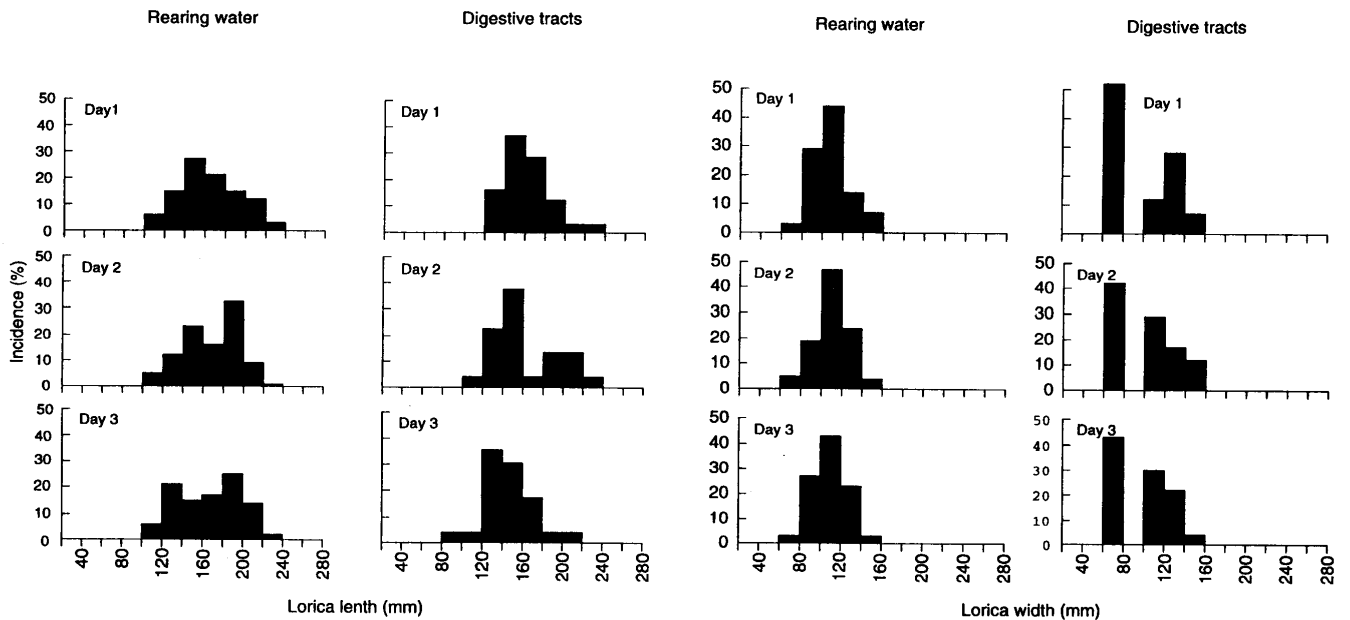


Fig. 2a

Fig. 2b

Fig. 2. Size composition of rotifer lorica length (Fig. 2a) and lorica width (Fig. 2b) in the rearing water and in the gut of kelp grouper, *Epinephelus bruneus*, larvae. Day numbers are same as in Fig. 1.

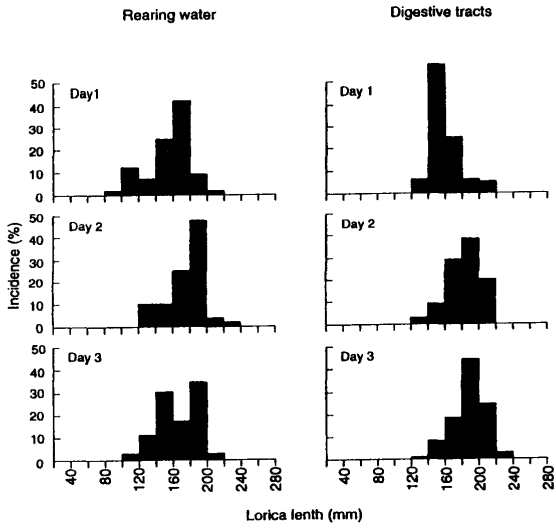


Fig. 3a

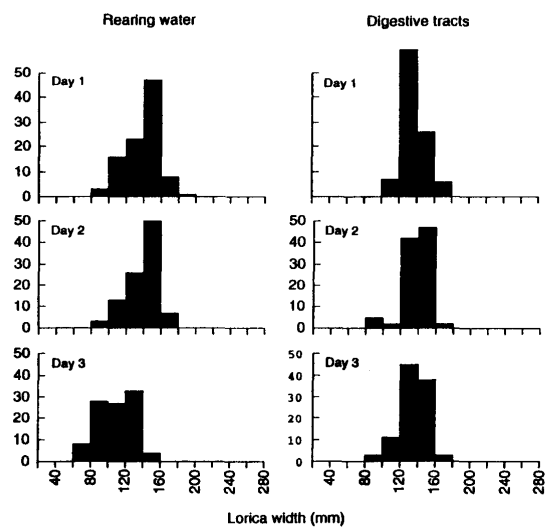


Fig. 3b

Fig. 3. Size composition of rotifer lorica length (Fig. 3a) and lorica width (Fig. 3b) in the rearing water and in the gut of tiger puffer, *Takifugu rubripes*, larvae. Day numbers are same as in Fig. 1.

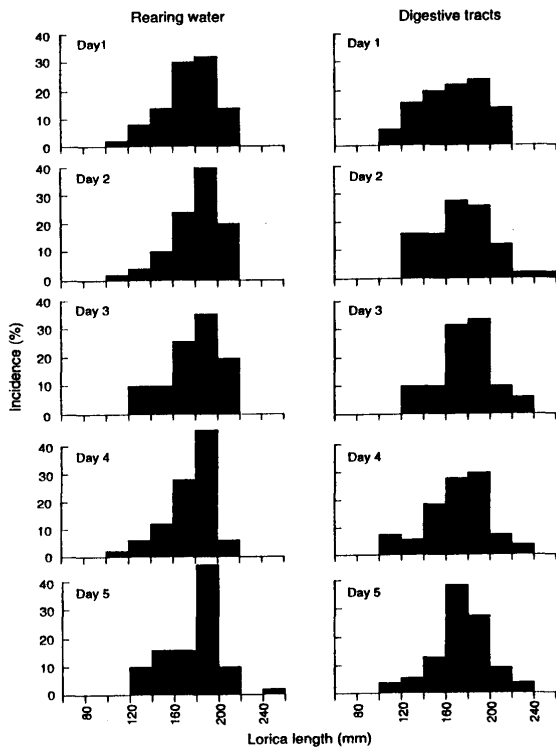


Fig. 4a

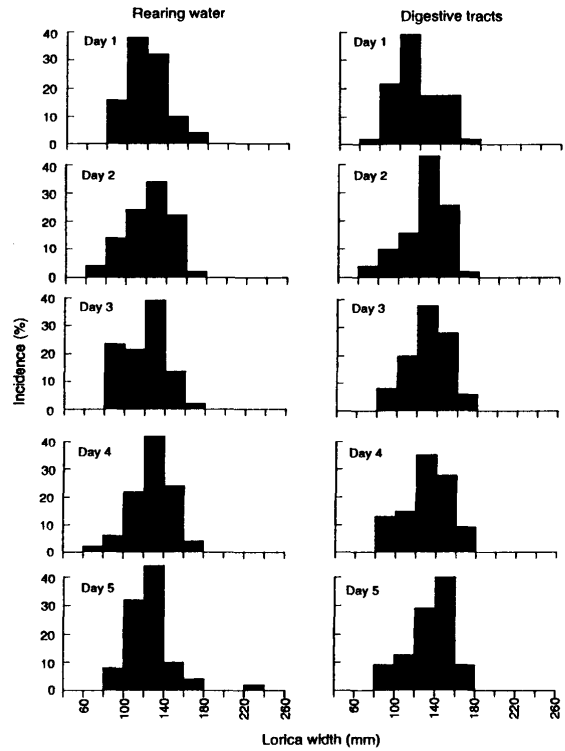


Fig. 4b

Fig. 4. Size composition of rotifer lorica length (Fig. 4a) and lorica width (Fig. 4b) in the rearing water and in the gut of the Pacific bluefin tuna, *Thunnus thynnus orientalis*, larvae. Day numbers are same as in Fig. 1.

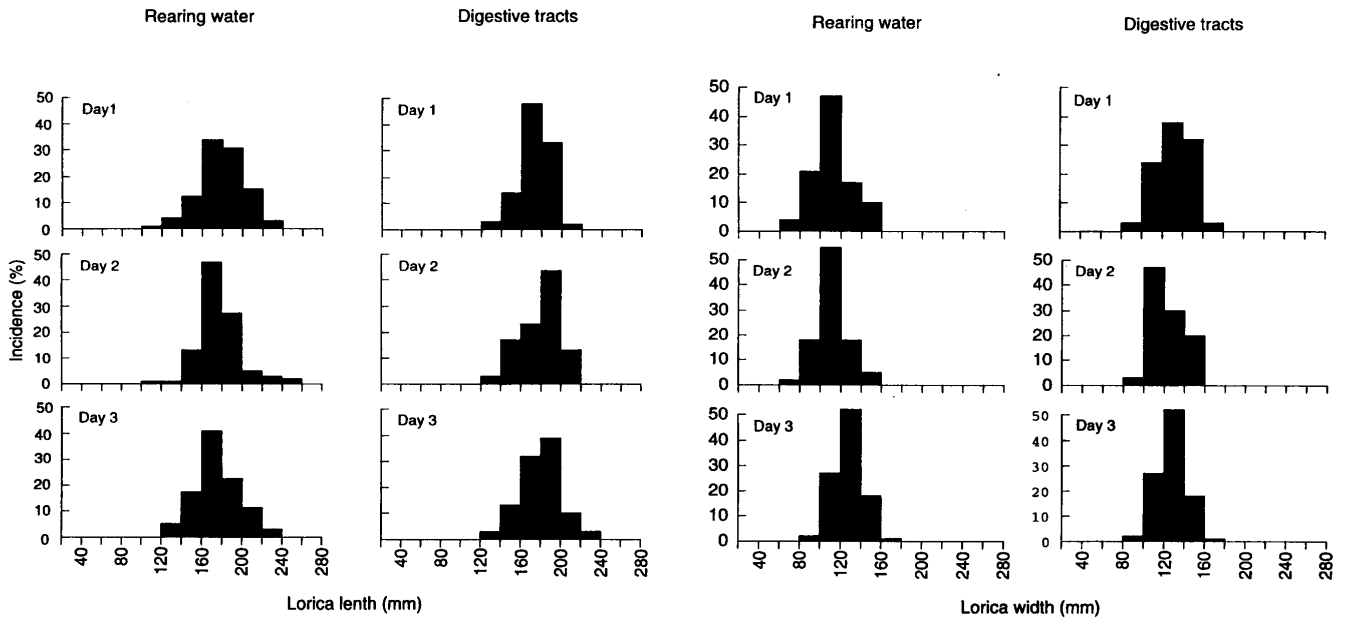


Fig. 5a

Fig. 5b

Fig. 5. Size composition of rotifer lorica length (Fig. 5a) and lorica width (Fig. 5b) in the rearing water and in the gut of ayu, *Plecoglossus altivelis altivelis*, larvae. Day numbers are same as in Fig. 1.

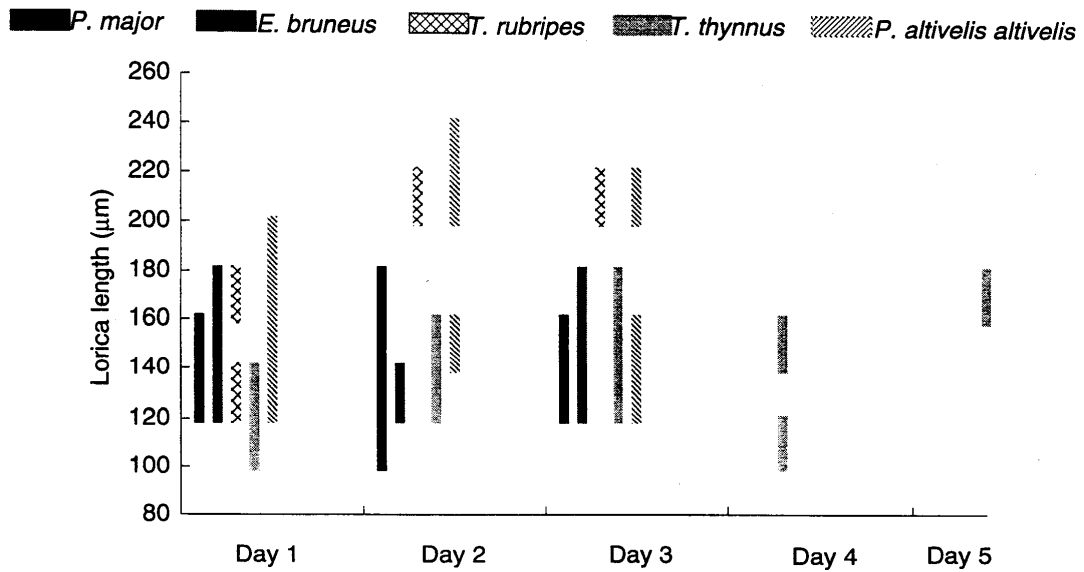


Fig. 6. Rotifer-size selectivity of 5 fish larvae for the lorica length (μm). Day numbers are same as in Fig. 1.

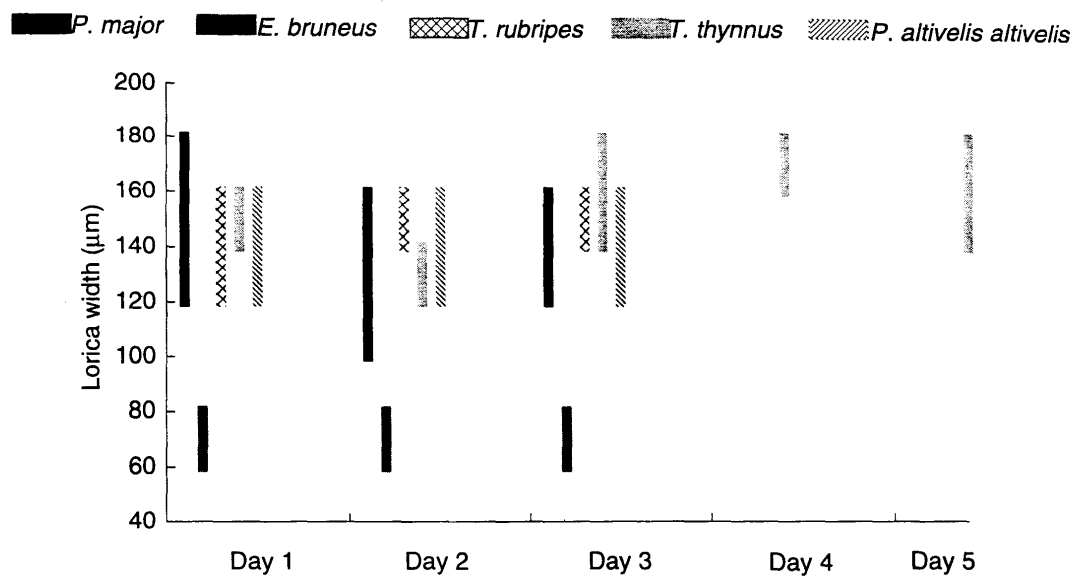


Fig. 7. Rotifer-size selectivity of 5 fish larvae for the lorica width (μm). Day numbers are same as in Fig. 1.

考 察

アユとトラフグは、ワムシ背甲長での摂餌サイズ選択性では、アユで小さなサイズ範囲でも正の選択が見られた以外、背甲長の非常に大きなワムシを選択的に摂餌していた。これに対して、両種とも摂餌された（消化管内に存在した）ワムシの背甲長および背幅長のモードはこれより小さなサイズにあった。さらに環境水中のワムシには、仔魚が正の選択を示した大きなサイズのワムシは少ない割合でしか存在しなかった（Fig. 3 および 5）。これらのことは、両種が正の選択をしたサイズのワムシが環境水中に少ないがために、それより小さなワムシの摂餌を余儀無くされたことを示している。したがってアユとトラフグでは、仔魚のサイズ選択性に合わせた給餌を目指すならば、もっとサイズの大きなワムシを給餌する必要がある。本研究で給餌されたワムシは、*Brachionus rotundiformis* であり、小型の部類に属する。したがってこれらの魚種では、さらにサイズの大きな *B. plicatilis* の給餌を検討すべきであろう。*B. plicatilis* の培養は *B. rotundiformis* に比べて高密度での培養が困難である等、種苗生産現場で用いるには不向きな点もあるが、これらについてはその克服が望まれる。アユで背甲長で小さなサイズで見られたが、これは摂餌開始日を除いて、強い正の選択を示したのは2日目の $120\text{-}139\ \mu\text{m}$ のみであった。したがって、アユ仔魚の摂餌開始数日におけるサイズ選択性はやや広いものの、選択の中心は大きなサイズにあると言える。

一方、ワムシの背幅長でサイズ選択性の実験期間中の推移を見た場合、アユとトラフグはマダイと変わらないサイズのワムシを選択していた。これは背甲長で得られた結果と異なる。この原因として、ワムシの体形は背甲長に比べて背幅長が小さいために、選択性が背幅長より背甲長で顕著に現れやすいことが考えられる。これは、サイズ選択性における背甲長と背幅長の仔魚にとっての意味が異なるからであると推測される。すなわち、背甲長はワムシの体で最大のサイズを表

し、これは視覚を用いてサイズを選択して摂餌する場合大きく影響する要因となろう。これに対し背幅長は、仔魚が捕獲したワムシを口から消化管へ送り込む際に、消化管の入り口のサイズとの関係において、最も大きく影響する因子であろう。アユとトラフグで背甲長に選択性の推移が顕著に見られたことは、これら2種が大きさでワムシを選択する際に視覚が大きな要因となっていることを意味しているのかも知れない。

クロマグロのワムシ背甲長、背幅長に対する選択性が日齢とともに徐々に大きな範囲へ移行したことは、この間の体長および上顎長の増加の様相とよく対応していた。さらに孵化後5日目からは、正の選択をした背幅長範囲が給餌したワムシの最大範囲にあった。特に背甲長では摂餌したワムシのサイズのモードは5日間で大きく変わっていない。これは、孵化後5日目から、もしさらに大きな背甲長のワムシが給餌されていれば、クロマグロはこれらを選択した可能性を示している。また、2日目から4日目には環境水中に見られなかった大型のワムシが摂餌されていた (Fig. 4a および Table 9)。したがってクロマグロにおいても、孵化後5日目からは、よりサイズの大きな *B. plicatilis* の給餌が望ましい。

マダイおよびクエは、マダイで摂餌開始当日から翌日への変化を除いて、体長および上顎長の期間中の増加が大きくなかった (Table 2)。これに対応して、背甲長のサイズ選択性も顕著な変化が見られなかった。したがって体サイズあるいは口のサイズの大きさは摂餌のサイズ選択性に深く関係する要因であると考えられる。アユおよびトラフグでも、強い正の選択を示す背甲長と背幅長のサイズに実験期間中変化がなかったこと (Table 7, 8, 11 および 12)、また両魚種での期間中の体サイズの成長がそれほど大きくなかったこと (Table 2) は、これを支持する。これに対してクロマグロでは体サイズの成長とともに選択性が変化した。

マダイでは、強い正の選択を示した背甲長および背幅長のサイズは、摂餌したワムシのサイズのモードはほぼ一致した。また、環境水中のワムシの背甲長、背幅長のモードもこれらにほぼ一致した。これらのことは、マダイの摂餌開始期の摂餌が現在一般に良好な一因であろう。

クエは、ワムシ背幅長に対して5魚種中最も小さなサイズに選択性を示した。またこのサイズは給餌されたワムシの中でも最も小さなサイズであった。クエを含むハタ類は現在種苗の大量生産技術が完成されていない魚類である。その原因として初期餌料の不適合は種苗生産技術開発の早い段階から指摘されてきた。すなわち、ハタ類は口のサイズが小さい、あるいは摂餌器官の発育が遅いために、摂餌開始期には他魚種に比べて小さなサイズの餌料しか摂餌できないのに、現在適当な餌料がないというものである。

近年、ワムシに替わる初期餌料としてコペポダのノープリウス幼生が注目され、その培養法の改善や初期餌料としての価値を評価する報告がなされている^{8,9)}。コペポダノープリウスのサイズは種によってはワムシより小さいものがあり、また、天然海域における海産魚類の初期餌料として知られているものが多く、その大量培養法が確立されれば有効な初期餌料となりうる。

口が大きく、成長が速いクロマグロ、キハダなどでは消化器官も早い時期から発達することが報告されている^{10,11,12)}。これに対して、摂餌開始期の仔魚の体長や口のサイズが小さなクエでは摂餌器官や消化器官の発達もやや遅い^{3),5)}。体長や口のサイズは餌生物を捕食する能力を通じて仔魚の餌料サイズ選択性を決定する大きな要因となろう。そして速い成長を生存戦略としている魚

*⁵ 家戸敬太郎・澤田好史：クエの種苗生産と仔稚魚の発育。平成8年度第1回水産増殖懇話会講演会にて口頭発表した。

種では、より大きな餌料を効率よく摂取した場合、これを充分消化し、その栄養を自身の成長に転化できるような形態的（例えば消化器官の速い発育）、生理的な機構を備えているのであろう。

要 約

飼育仔魚 5 種、マダイ、クエ、トラフグ、クロマグロ、アユの摂餌開始期におけるワムシのサイズ選択性を調べた。仔魚には、摂餌開始後当日から 3 日または 5 日間、ワムシを給餌した。仔魚が摂餌したワムシは、仔魚の消化管より摘出し、背甲長と背幅長を測定した。トラフグとアユは 5 種中最も大きな背甲長と背幅長のワムシを摂餌した。クロマグロのサイズ選択性は、実験期間中、摂餌開始日の小さなサイズから大きなサイズへと移行した。マダイとクエのサイズ選択性には実験期間中に変化がなかった。クエは、5 種中最も小さな背幅長のワムシを選択した。これらの結果は、マダイを除く魚種で現在の種苗生産において採用されている餌料系列を見直す必要があることを示している。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、ご協力をいただいた平成 10 年度近畿大学農学部水産学科水産増殖学専攻 4 年生、青山光宏、大野直子、長田善哉、藤崎雅也の各氏に深謝いたします。

文 献

- 1) 熊井英水：クロマグロの人工ふ化飼育とその再生産に関する研究。日水誌，64，601-605 (1998)。
- 2) 澤田好史，熊井英水：クロマグロ。熊井英水編著 最新海産魚の養殖，湊文社，東京，pp. 212-216. 2000.
- 3) Kohno, H., R. S. Ordonio-Aguilar, A. Ohno, and Y. Taki: Why is grouper larval rearing difficult?: an approach from the development of the feeding apparatus in early stage larvae of the grouper, *Epinephelus coioides*. *Ichthyol. Res.*, 44, 267-274 (1997).
- 4) Doi, M., A. Ohno, Y. Taki, T. Singhagraiwan, and H. Kohno (1997): Nauplii of the calanoid copepods, *Acartia sinjiensis* as an initial food organism for larval red snapper, *Lutjanus argentimaculatus*. *SUISANZOSHOKU*, 45(1), 31-40.
- 5) Kayano, Y. and S. Yamamoto (1991): Optimal quantities of the small typed rotifer *Brachionus plicatilis* taken on first feeding by larvae of the red spotted grouper *Epinephelus akaara*. *Bull. Okayama Pref. Fish. Exp. Stn.*, 4, 79-80 (in Japanese).
- 6) Kawabe, K. (1999): Evaluation of common s-type rotifer as an initial food for the larvae of blacktip grouper, *Epinephelus fasciatus*. *SUISANZOSHOKU*, 47(3), 403-408.

- 7) Chesson, J. (1978): Measuring preference in selective predation. *Ecology*, **59**, 211-215.
- 8) Støttrup, J. G., K. Richardson, E. Kirkegaard and N. J. Pihl (1983): The cultivation of *Acartia tonsa* Dana for use as a live food source for marine fish larvae. *Aquaculture*, **52**, 87-96.
- 9) Ohno, A. and Y. Okamura (1988): Propagation of the calanoid copepod, *Acartia tsuensis*, in outdoor tanks. *Aquaculture*, **70**, 39-51.
- 10) Kaji, T., M. Tanaka, Y. Takahashi, M. Oka, and N. Ishibashi (1996) : Preliminary observations on the development of Pacific bluefin tuna *Thunnus thynnus* (Scombridae) larvae reared in the laboratory, with special reference to the digestive system. *Mar. Freshwater Res.*, **47**, 261-269.
- 11) Miyashita, S., K. Kato, Y. Sawada, O. Murata, Y. Ishitani, K. Shimizu, S. Yamamoto, and H. Kumai (1998): Development of digestive system and digestive enzyme activities of larval and juvenile bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, reared in the laboratory. *SUISANZOSHOKU*, **46** (1), 111-120.
- 12) Kaji, T., M. Tanaka, M. Oka, H. Takeuchi, S. Ohsumi, K. Teruya, and J. Hirokawa (1999): Growth and morphological development of laboratory-reared yellowfin tuna *Thunnus albacares* larvae and early juveniles, with special emphasis on the digestive system. *Fisheries Sci.*, **65** (5), 700-707.