

マハタ仔魚のワムシサイズに対する摂餌選択性

田中由香里,^{1a} 阪倉良孝,^{2*} 中田 久,^{3b} 萩原篤志,¹ 安元 進³

(2004年11月5日受付, 2005年4月25日受理)

¹長崎大学大学院生産科学研究科, ²長崎大学水産学部, ³長崎県総合水産試験場Food selectivity of seven-band grouper *Epinephelus septemfasciatus*
larvae fed different sizes of rotifersYUKARI TANAKA,^{1a} YOSHITAKA SAKAKURA,^{2*} HISASHI CHUDA,^{3b}
ATSUSHI HAGIWARA¹ AND SUSUMU YASUMOTO³¹Graduate School of Science and Technology, Nagasaki University, Nagasaki 852-8521, ²Faculty of Fisheries, Nagasaki University, Nagasaki, Nagasaki 852-8521, ³Nagasaki Prefectural Institute of Fisheries, Nagasaki 851-2213, Japan

We investigated feeding selectivity on different sizes of rotifers (lorica length 90–241 μm) of seven-band grouper *Epinephelus septemfasciatus* larvae. Larvae ranging from 2.0 mm in standard length (SL, first feeding) to 3.0 mm SL positively selected 101–160 μm rotifers, while larvae ranging from 3.0–4.0 mm SL selected 121–180 μm rotifers. Fish bigger than 4.0 mm SL showed a preference for over 160 μm rotifers. In seedling production of this species, small-sized rotifers (<160 μm) are necessary during the first feeding (<3.0 mm SL), and large-sized rotifers ($\geq 160 \mu\text{m}$) are appropriate for larvae bigger than 3.0 mm SL.

キーワード: 餌料系列, 摂餌選択性, 被甲長, マハタ, ワムシ

マハタ *Epinephelus septemfasciatus* は、我が国で高級魚種として市場で取引されているが、漁獲量が少ないため、養殖および栽培漁業対象種として期待が高まっている魚種の一つである。本種の種苗生産は、長崎県、三重県、和歌山県、愛媛県の水産試験場および民間企業等で行われているが、仔魚期の大量減耗¹⁾と仔稚魚期のVNN (ウイルス性神経壊死症)の発症²⁾により、安定して種苗を得るには至っていない。

ハタ類の摂餌開始時の全長は、マハタで2.6 mm,³⁾ キジハタ *E. akaara* で2.4 mm,⁴⁾ マダラハタ *E. polyphkadion* は2.8 mm,⁵⁾ スジアラ *Plectropomus leopardus* では2.4~2.7 mm^{6,7)}と他魚種と比較して小さい。また、ハタ類仔魚は口器サイズも小さく、小型餌料の給餌が必要とされている。⁸⁾ さらに、ハタ類は、開口時に卵黄をほぼ吸収してしまっているか、卵黄があってもその量がごく少ないことから、内部栄養から外部栄養への転換期の摂餌成功が初期生残に特に重要であると考えられ

ている。⁹⁾ これまでに、キジハタ,⁴⁾ スジアラ,^{7,9)} チャイロマルハタ *E. coioides*,^{10,11)} アカハタ *E. fasciatus*¹²⁾について、開口後数日間の仔魚の摂餌特性について調べられた例はあるが、マハタの初期摂餌については不明な点が多い。

本種の摂餌特性に関する基礎的知見を得ることは、仔魚への適切な給餌へとつながり、その結果、仔魚の良好な生残と成長を得ることができると考えられる。また、仔魚の摂餌は、仔魚の形態的発達の中でも特に口器サイズに大きく影響を受けるとされている。¹³⁾ そこで、本研究では、マハタ仔魚の口器の発達および海産ツボワムシ類 (以下ワムシ) のサイズに対する摂餌選択性を明らかにし、仔魚初期での最適な餌料系列を検討するための基礎知見を得ることを目的とした。

材料と方法

供試魚 長崎県総合水産試験場の海面生け簀で1991

* Tel : 81-95-819-2823. Fax : 81-95-819-2799. Email : sakakura@net.nagasaki-u.ac.jp

^a 現所属 : 長崎県産業振興財団 (Nagasaki Industrial Promotion Foundation, Omura, Nagasaki 856-0026, Japan)^b 現所属 : 長崎県南水産業普及指導センター (Nagasaki Prefectural Southern District Fisheries Extension Advisory Center, Shimabara, Nagasaki 855-0043, Japan)

年から養成しているマハタ親魚2尾(全長610, 690 mm, 体重4.3, 6.7 kg)に, 2002年6月に, Shein *et al.*¹⁴⁾の方法に従って生殖腺刺激ホルモン放出ホルモンアナログ(LHRHa, SIGMA Co.)を魚体重1 kgあたり50 μg となるように皮下注射した。42時間後, 搾出法によって採卵し, 乾導法により人工授精して受精卵を得た。得られた卵1万粒を, 1 kL容の黒色円形水槽(水深約68 cm, 水面直径約140 cm)に収容してふ化した仔魚を供試魚とし, ふ化後20日齢まで飼育を行った。飼育水には砂濾過後, 紫外線照射した海水を使用し, 水温を24~25°C, 通気量は1 kL容円形水槽でマハタ仔魚飼育に好適な200 mL/分,¹⁵⁾光条件は自然光, 換水率を100%/日(溶存酸素量6-8 mg/L)とした。ハタ類に特有の浮上斃死¹⁶⁾を防ぐため, 動物性の油脂(フィードオイルMS, 理研ビタミン株式会社製)をふ化直前から10日齢まで1日2回, 飼育水表面に0.2 mL/m²の濃度となるように散布した。また, 2日齢からドコサヘキサエン酸(DHA)が強化されている淡水産クロレラ(スーパー生クロレラV12, クロレラ工業株式会社製)を飼育水中の密度が50万細胞/mLとなるように1日1回飼育水中に添加した。

餌料には, *Brachionus rotundiformis* インドネシア株(以下SS型ワムシ), 岡山株(以下S型ワムシ), *B. plicatilis* 長崎牧島株(以下L型ワムシ)の2種3株のワムシを用い, 給餌するワムシサイズの幅を広く(90~241 μm)設定した。給餌した2種3株のワムシの被甲長組成をFig. 1に示した。これらのワムシは, スーパー生クロレラV12で培養し, 仔魚の開口が観察され始めた3日齢よりSS, S, L型のワムシの密度がそれぞれ5個体/mL(計15個体/mL)となるように, 1日2回, 10時と14時に仔魚に給餌した。

仔魚の成長および摂餌選択性の解析 0日齢より2, 3日おきに飼育水槽から20尾の仔魚を2 L容柄付きビーカーで採集し, MS222(SIGMA Co.)水溶液を数滴滴下して麻酔したあと, 5%中性ホルマリンで固定した。仔魚の開口率が100%(n=10)となった4日齢以降は, 給餌30分後に仔魚と飼育水中のワムシを採集し, 5%ホルマリンで固定した。0, 5, 10, 15日齢には夜間に柱状計数を行い, ふ化率および生残率を推定した。実験終了後の21日齢に全数計数で生残率を求めた。

仔魚の固定標本のうち, 損傷や収縮の少なかったものを解析に使用した。これらの標本を, 上顎長, 口幅を測定しやすくするためにサイアニン(東京化成工業株式会社)で染色し,¹⁷⁾デジタルマイクロスコープ(VH-6300, KEYENCE)で仔魚の全長(TL), 体長(SL), 上顎長(UJL), 口幅(MW)を0.001 mmの精度で測定した。萱野⁴⁾がキジハタで実施した方法と同様に, 下顎の両側面間の距離を口幅と定義した。形態の測定後,

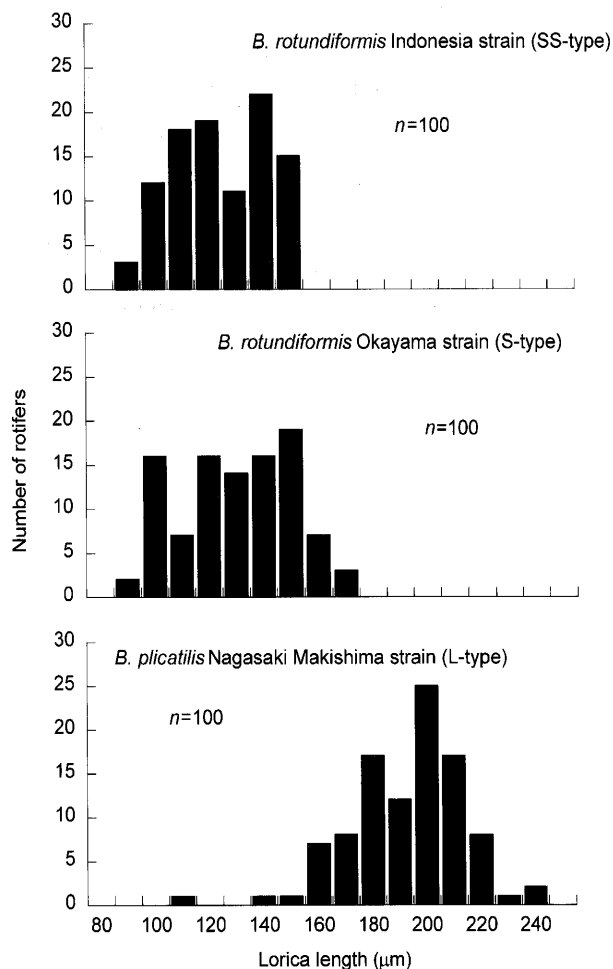


Fig. 1 Lorica size distribution of *Brachionus rotundiformis* (SS-type and S-type) and *B. plicatilis* (L-type).

仔魚の腹部を実体顕微鏡下で解剖して仔魚の消化管内に見られたワムシを計数し, ワムシ摂餌数とした。また, 採集した日齢毎に, 解剖した仔魚のうち摂餌の確認できた仔魚の割合を求め, 摂餌個体率(%)とした。さらに仔魚の消化管内のワムシの被甲長をデジタルマイクロスコープ(VH-8000, KEYENCE)により0.1 μm の精度で測定した。飼育水中のワムシの被甲長も同様に測定した。上顎長の測定値より, 代田¹³⁾の方法に従って開口角を90°とし, 口径($MS = UJL \times \sqrt{2}$)を算出した。

また, サイズの異なるワムシに対する仔魚の摂餌選択性を定量化するために, 仔魚の消化管内のワムシ被甲長と飼育水中のワムシ被甲長の測定値を20 μm ごとの9個のグループに分け, それぞれのサイズグループのワムシに対する仔魚のChessonの餌選択指数¹⁸⁾を求めた。Chessonの餌選択指数(α_i)は次式で表される。

$$\alpha_i = (r_i/p_i) / \sum(r_i/p_i)$$

ここで, r_i は仔魚の消化管内で, あるサイズグループのワムシ(i)が占める割合(%), p_i は飼育水中で, あるサイズグループの被甲長のワムシ(i)が占める割合(%), α_i は, 0から1までの値をとり,

n 種類の餌が存在したとき、 $1/n$ を neutral とし、それよりも高い値を正の選択性、低い値を負の選択性と判定する。今回は測定データを9個のサイズグループに分けたため、neutralは0.111となった。

統計解析 同日齢での仔魚の消化管内のワムシ被甲長と飼育水中のワムシ被甲長との比較には、飼育水中のワムシ被甲長のデータに正規性がないため、Mann-Whitneyの U -test を用いた。また、Chessonの餌選択指数の neutral との比較には、Chessonの餌選択指数の値がすべての仔魚で0の場合はFisherの直接確率計算法、それ以外には1標本の t -test で検定し、摂餌選択性を判定した。統計検定には StatView ver. 5.0 (SAS INSTITUTE INC.) を用いた。

結 果

マハタ仔魚の生残・成長 マハタ卵のふ化率は96%で、ふ化尾数を生残率100% (0日齢での生残率) として計算したときの5日齢 (摂餌3日目) の生残率は73%、20日齢では22%であった (Fig. 2)。また、ふ化仔魚の平均体長 (\pm 標準偏差) は 1.71 ± 0.06 mm、摂餌2日目の4日齢では 1.99 ± 0.03 mm で、9日齢以降、仔魚の体長は急増したが、個体間の成長差も大きくなった (Fig. 2)。

マハタ仔魚の成長と摂餌 飼育期間中のマハタ仔魚の摂餌個体率と摂餌数の変化を Fig. 3 に示した。摂餌初日の3日齢の摂餌個体率は30.0%、平均ワムシ摂餌数は 0.4 ± 0.7 個体であった。摂餌2日目の4日齢には、摂餌個体率は72.3% となり、ワムシ摂餌数は 3.3 ± 3.1 個体と、摂餌初日に比べて8.4倍に急増した。13日齢以降、摂餌個体率は100%になった。また、ワムシ摂餌数は9日齢 (8.3 ± 5.4 個体) から急増し、以降、仔魚は30個体前後のワムシを摂餌していた。

マハタ仔魚の消化管内のワムシおよび飼育水中のワムシの被甲長を日齢ごとに Table 1 に示した。4日齢では摂餌したワムシの平均被甲長は $121.5 \pm 15.2 \mu\text{m}$ で、飼育水中に存在するワムシの中でも小型のワムシを摂餌していた。9日齢では小型ワムシの摂餌が多いものの、観察した15尾の仔魚のうち、被甲長 $161 \mu\text{m}$ 以上 $200 \mu\text{m}$ 以下のワムシを摂餌している個体も3尾認められた。13日齢以降は被甲長 $161 \mu\text{m}$ 以上のワムシを摂餌する割合が多くなったが、おもに被甲長 $121 \sim 140 \mu\text{m}$ のワムシが多く摂餌されていた。

仔魚の体長を1 mm ごとの体サイズグループにわけ、それぞれの体サイズの仔魚のワムシサイズに対するChessonの餌選択指数を求めた (Fig. 4)。体長3.0 mm 未満の仔魚は被甲長 $101 \sim 160 \mu\text{m}$ のワムシに正の選択性を示し、その中でも特に被甲長 $121 \sim 140 \mu\text{m}$ のワムシに強い正の選択性を示した。一方、被甲長 $100 \mu\text{m}$ 以

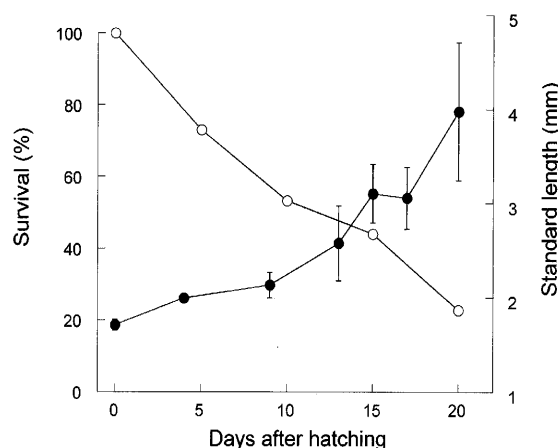


Fig. 2 Survival and growth of seven-band grouper *Epinephelus septemfasciatus* larvae. Open circles represent the survival of larvae, solid circles and bars indicate the average of standard length ($n=12-17$) and standard deviations, respectively.

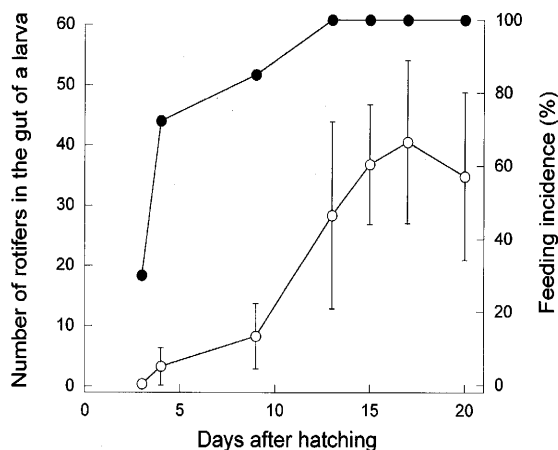


Fig. 3 Number of rotifers in the larval gut, and feeding incidence (%) expressed as a percentage of seven-band grouper *Epinephelus septemfasciatus* larvae with rotifers in their guts among observed fish. Open circles and bars indicate average and standard deviations ($n=10-15$). Solid circles represent feeding incidence ($n=10-15$).

下のワムシおよび $161 \mu\text{m}$ 以上のワムシを忌避していると判断された。体長 $3.0 \sim 3.9$ mm の仔魚は、被甲長 $121 \sim 180 \mu\text{m}$ のワムシに対して正の選択性を示したが、被甲長 $81 \sim 120 \mu\text{m}$ の小型のワムシと $181 \mu\text{m}$ 以上の大型のワムシを忌避していた。体長 $4.0 \sim 4.9$ mm の仔魚は被甲長 $161 \sim 220 \mu\text{m}$ のワムシに対して正の選択性があり、体長 5.0 mm 以上の仔魚は被甲長 $201 \mu\text{m}$ 以上の大型のワムシのみに対する正の選択性が見られた。

マハタ仔魚の口器の発達と摂餌したワムシサイズとの関係 マハタ仔魚の口器の成長に伴う変化と仔魚が摂餌したワムシサイズとの関係を Table 1 に示した。4日齢の仔魚の口径 (MS) は 0.18 ± 0.02 mm、口幅 (MW)

Table 1 Changes in feeding characteristics of seven-band grouper *Epinephelus septemfasciatus*

Characters	Days after hatching						
	0	4	9	13	15	17	20
<i>n</i>	20	18	20	27	15	17	26
Standard length (mm)	1.71±0.06	1.99±0.03	2.13±0.14	2.58±0.40	3.11±0.31	3.06±0.33	3.98±0.73
Mouth size (mm)	—	0.18±0.02	0.22±0.03	0.33±0.07	0.41±0.07	0.43±0.04	0.60±0.13
Mouth width (mm)	—	0.21±0.01	0.25±0.05	0.36±0.09	0.41±0.06	0.42±0.06	0.60±0.14
<i>n</i>	—	123	125	140	120	120	125
Lorica length of rotifers in the rearing tank (μm)	—	163.3±38.5	163.6±36.0	161.5±35.6	160.0±26.5	151.4±35.2	163.2±39.9
<i>n</i>	—	29	74	152	201	155	205
Lorica length of rotifers in the larval gut (μm)	—	121.5±15.2	130.0±18.8	138.9±15.0	140.0±16.9	140.3±13.4	170.1±31.4
Lorica length of rotifer/larval mouth size (%)	—	67.3±9.8	60.4±12.6	43.8±8.5	35.1±6.9	33.0±3.4	29.2±5.7
Lorica length of rotifer/larval mouth width (%)	—	57.7±7.4	52.5±11.1	32.4±12.4	27.6±5.3	30.6±4.3	29.0±5.6

Data are expressed as average±standard deviation. Mouth size was calculated as upper jaw length× $\sqrt{2}$ (Shirota 1970). Asterisks indicate the significant difference (Mann-Whitney *U*-test, $p<0.05$).

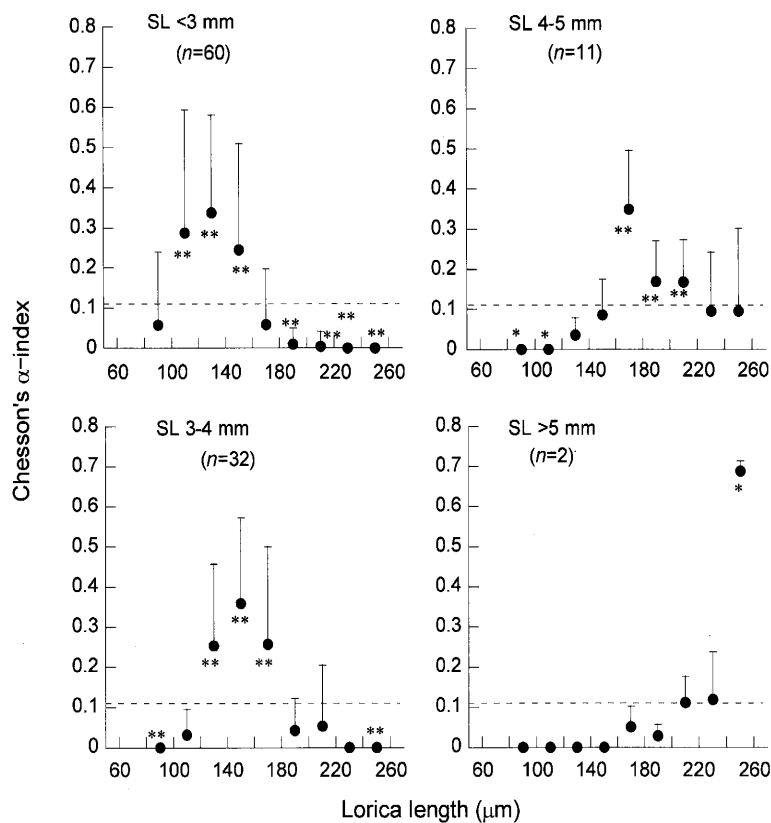


Fig. 4 Chesson's α -index of seven-band grouper *Epinephelus septemfasciatus* larvae in 4 different size classes (standard length, SL) fed with different sizes of rotifers. Solid circles and bars indicate average and standard deviations, the broken line represents the neutral, and asterisks represent a significant difference against the neutral (**, *, one sample *t*-test or Fisher's exact probability test against the neutral, $p<0.01$, $p<0.05$), respectively.

は 0.21 ± 0.01 mm であった。体長と口径および体長と口幅は次の式で表され、いずれも体長との間に強い正の相関がみられた。

$$MS = 0.12SL - 0.196$$

$$R = 0.951 \text{ (SL: 1.91 - 5.40, } n = 106, p < 0.001)$$

$$MW = 0.12SL - 0.184$$

$$R = 0.971 \text{ (SL: 1.91 - 5.40, } n = 106, p < 0.001)$$

4日齢(摂餌2日目)のマハタ仔魚は、口径の $67.3 \pm 9.8\%$ 、口幅の $57.7 \pm 7.4\%$ に相当するワムシを摂餌していた。13日齢では仔魚の口径、口幅のそれぞれ $43.8 \pm 8.5\%$ 、 $32.4 \pm 12.4\%$ 、20日齢ではそれぞれ $29.2 \pm 5.7\%$ 、 $29.0 \pm 5.6\%$ に相当するサイズのワムシを摂餌しており、成長に伴い仔魚が摂餌したワムシサイズの口径、口幅に対する割合は低くなった。

考 察

マハタ仔魚は、様々なサイズのワムシを同時に給餌した場合、摂餌2日目(4日齢)に被甲長 $121.5 \pm 15.2 \mu\text{m}$ のワムシを摂餌した(Table 1)。この結果は、スジアラ(平均被甲長 $130 \mu\text{m}$)⁷⁾およびキジハタ(平均被甲長 $104 \mu\text{m}$)¹⁹⁾の摂餌開始時に選択したワムシサイズとほぼ一致した。また、キジハタ,^{20,21)}スジアラ,⁹⁾アカハタ¹²⁾では、海産ツボワムシ類の中でも小型の*B. rotundiformis*で特に小型のタイ産ワムシを与えることで、初期摂餌の成功率とその後の生残を向上できることが明らかになっている。さらに、チャイロマルハタでは*B. rotundiformis*よりも小型のカイアシ類ノープリウス幼生を与えたとき、仔魚は良好な生残・成長を示した。^{10,11)}本研究のマハタ仔魚の摂餌個体率は、摂餌2日目(4日齢)には72.3%と比較的高い値を示した。以上のことから、マハタの種苗生産でも、他のハタ類と同様に摂餌開始時に小型の餌料が必要であることが裏付けられた。

様々な魚種で、仔魚の口径と摂餌する餌料の大きさには密接な関係がある。¹³⁾マハタでは、9日齢から15日齢の間に摂餌するワムシ個体数が急増し(Fig. 3)、この間体長3.0 mmに達した仔魚が、より大型のワムシを選択的に摂餌するようになったが(Fig. 4)、仔魚が選択的に摂餌したワムシサイズの仔魚の口径、口幅に対する割合は成長に伴って低くなった(Table 1)。このことは、マハタ仔魚のワムシに対する摂餌選択性は口器サイズ以外の要因にも影響を受けていることを示唆する。すなわち、若日齢の仔魚の摂餌選択性はワムシサイズや仔魚の口器サイズなどの物理的制限によるものが大きい。成長に伴い摂餌選択性は口器サイズ以外の要因によって変化すると考えられる。Kohno *et al.*⁸⁾は、水温 $27.2 \sim 29.5^\circ\text{C}$ で飼育したチャイロマルハタの口器発達を詳細に記載し、開口後150時間以降に上顎・下顎歯の骨化が開始すること、これら口器の形成は他科の魚種に比べると遅く、このことがハタ科魚類の初期摂餌行動が他魚種に比べて活発でない理由として挙げた。また、ハタ科以外の魚種でも、ターボット *Scophthalmus maximus* 仔魚が、摂餌開始時には口幅の約46%に相当するサイズの餌を摂餌したのに対し、頭骨の骨化する時期である10日齢には口幅の約37%の餌を摂餌するようになる。²²⁾本研究では、マハタの口器を含む形態学的・組織学的な詳細を精査していないが、マハタ仔魚の餌料サイズに対する選択性や摂餌量が変化した体長3 mm前後では、チャイロマルハタと同様に仔魚の形態的および生理的变化が起きているものと考えられる。したがって、マハタでも、仔魚の成長に伴う摂餌器官、消化器官、遊泳機能の変化を詳細に調べることで、ワムシサイ

ズに対する摂餌選択性のメカニズムをさらに明らかにできると考える。

これまでのハタ類の餌サイズ選択性の研究^{7,11,18)}には、Ivlevの餌選択指数²³⁾が用いられてきた。Ivlevの餌選択指数は簡便で広く用いられているが、環境中の餌の相対量が変化したときに餌選択指数も大きく変化するため、摂餌者の行動を必ずしも反映せず、さらに、異なる餌密度で実施した実験間の比較もできないという欠点がある。²⁴⁾そこで本研究では、環境中の餌密度の影響を受けず、餌消費者の行動を反映しやすいChessonの餌選択指数¹⁸⁾を求めた。その結果、マハタ仔魚は成長に伴って、小型のワムシから大型のワムシを選択的に摂餌するようになることが定量化された。その結果から餌料系列を検討すると、マハタ仔魚飼育では、体長3 mmまでの仔魚にはSS型およびS型ワムシ、それ以上の仔魚にはL型ワムシを給餌する餌料系列が適していると判断された。しかし、実際の種苗生産現場では、ワムシの培養スペースや労力等の問題からサイズの異なる3タイプのワムシを給餌することは困難であろう。体長3 mmの仔魚であっても被甲長 $121 \sim 140 \mu\text{m}$ のワムシに対して特に強い正の選択性が見られたこと(Fig. 4)より、SS型ワムシを用いず、S型ワムシの給餌も十分可能であると考えられる。しかし、ワムシは水温や塩分などの環境要因によってサイズの変化が起こるため、^{25,26)}ワムシの培養環境や仔魚に給餌した後の仔魚水槽の環境によって多少のサイズ変化が起こっても、被甲長 $140 \mu\text{m}$ 以下のワムシを安定的に確保するには、SS型ワムシの方が有効であると考えられる。マハタ仔魚の口径およびサイズ選択性に合わせた餌料を給餌することによって良好な生残・成長を得られるようになるものと推察される。今後は、実際に仔魚の摂餌選択性に基づいて作成した餌料系列と他の餌料系列とでマハタ仔魚を飼育し、仔魚の生残および成長を検討する必要がある。

謝 辞

本論文に有益なコメントをいただいた2人の査読者に謝意を表す。本研究は、独立行政法人科学技術振興機構地域結集型共同研究事業の一環として、長崎県産業振興財団より助成を受けた。

文 献

- 1) 土橋靖史, 栗山 功, 黒宮香美, 柏木正章, 吉岡 基. マハタ種苗生産過程における仔魚の活力とその生残に及ぼす水温, 照明およびフィードオイルの影響. 水産増殖 2003; 51: 49-54.
- 2) 土橋靖史, 栗山 功, 黒宮香美, 柏木正章, 吉岡 基. マハタ種苗生産におけるウイルス性神経壊死症(VNN)の防除対策の検討. 水産増殖 2002; 50: 355-361.
- 3) 北島 力, 高屋雅生, 塚島康夫, 荒川敏久. マハタの卵内発生および飼育による仔稚魚の形態変化. 魚類学雑誌

- 1991; **38**: 47-55.
- 4) 萱野泰久. キジハタ仔稚魚の口器の発達と摂餌. 岡山県水産試験場事業報告 1988; **3**: 55-60.
 - 5) 多和田真周. マダラハタの卵内発生と仔稚魚期の形態変化. 水産増殖 1989; **37**: 99-103.
 - 6) Masuma S, Tezuka N, Teruya K. Embryonic and morphological development of larval and juvenile coral trout, *Plectropomus leopardus*. *Jap. J. Ichthyol.* 1993; **40**: 333-342.
 - 7) 升間主計, 竹内宏行. スジアラ仔魚の3タイプのワムシに対する摂餌選択性. 栽培漁業技術開発研究 2001; **28**: 69-72.
 - 8) Kohno H, Ordonio-Aguilar RS, Ohno A, Taki Y. Why is grouper larval rearing difficult?: an approach from the development of the feeding apparatus in early life stage larvae of the grouper, *Epinephelus coioides*. *Ichthyol. Res.* 1997; **44**: 267-274.
 - 9) 與世田兼三, 浅見公雄, 福本麻衣子, 高井良幸, 黒川優子, 川合真一郎. サイズの異なる2タイプのワムシがスジアラ仔魚の初期摂餌と初期生残に及ぼす影響. 水産増殖 2003; **15**: 101-108.
 - 10) Toledo JD, Golez NS, Doi M, Ohno A. Food selection of early grouper, *Epinephelus coioides*, larvae reared by the semi-intensive method. *Suisanzoshoku* 1997; **45**: 327-337.
 - 11) Toledo JD, Golez MS, Doi M, Ohno A. Use of copepod nauplii during early feeding stage of grouper *Epinephelus coioides*. *Fish. Sci.* 1999; **65**: 390-397.
 - 12) 川辺勝俊. アカハタ仔魚の初期餌料としてのいわゆるS型ワムシの有効性. 水産増殖 1999; **47**: 403-408.
 - 13) 代田昭彦. 魚類稚仔魚期の口径に関する研究. 日水誌 1970; **36**: 353-368.
 - 14) Shein NL, Chuda H, Arakawa T, Mizuno K, Soyano K. Ovarian development and final oocyte maturation in cultured sevenband grouper *Epinephelus septemfasciatus*. *Fish. Sci.* 2004; **70**: 360-365.
 - 15) 塩谷茂明, 赤澤敦司, 阪倉良孝, 中田 久, 荒川敏久, 萩原篤志. 仔魚飼育水槽内の流場の計測: マハタ飼育水槽の検討例. 水産工学 2002; **39**: 201-208.
 - 16) Yamaoka K, Nanbu T, Miyagawa M, Isshiki T, Kusaka A. Water surface tension-related deaths in prelarval red-spotted grouper. *Aquaculture* 2000; **189**: 165-176.
 - 17) 木下 泉. 11-稚仔魚のスケッチの実際. 海洋と生物 1987; **49**: 182-187.
 - 18) Chesson J. Measuring preference in selective predation. *Ecology* 1978; **59**: 211-215.
 - 19) 萱野泰久, 何 玉環. キジハタ仔魚の初期摂餌と成長. 水産増殖 1997; **45**: 213-218.
 - 20) 萱野泰久, 山本章造. キジハタ仔魚の摂餌開始時におけるタイ国産小型シオミズツボワムシの適正給餌量. 岡山県水産試験場報告 1991; **6**: 96-99.
 - 21) 福永恭平, 野上欣也, 吉田儀弘, 浜崎活幸, 丸山敬悟. 日本栽培漁業協会・玉野事業場における最近のキジハタ種苗生産の増大と問題点について. 栽培漁業技術開発研究 1990; **19**: 33-40.
 - 22) Cunha I and Planas M. Optimal prey size for early turbot larvae (*Scophthalmus maximus L.*) based on mouth and ingested prey size. *Aquaculture* 1999; **175**: 103-110.
 - 23) Chesson J. The estimation and analysis of preference and its relationship to foraging models. *Ecology* 1983; **64**: 1297-1304.
 - 24) Ivlev I. *Experimental ecology of the feeding of fish*. Yale University Press, New Heaven, 1961; 302p.
 - 25) Snell TW and Carrillo K. Body size variation among strains of the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Aquaculture* 1984; **37**: 359-367.
 - 26) 萩原篤志. 海産魚の初期餌料: 餌料生物ワムシの生物機能と種苗生産への応用. 水産増殖 2002; **50**: 473-478.