ドンコの生長と行動の発現

益子計夫・山岸 宏

(1976年4月15日受理)

Postembryonal Growth of an Eleotrid Goby, *Odontobutis obscurus* (TEMMINCK et SCHLEGEL), as Related to the Development of Behaviour

Kazuo MASHIKO* and Hiroshi YAMAGISHI*

50 newly hatched larvae of an eleotrid goby, *Odontobutis obscurus* were reared in a glass aquarium for 84 weeks, and their growth was traced with special observation on their aggressive and territorial behaviour, and the use of piled-up shelters by them.

1. Under controlled water temperatures (18 ± 1 to $20 \pm 1^\circ\text{C}$), their mean body length reached 9.2 cm in one year (52 weeks), and the yearling females spawned in the aquarium.

2. For the relationship between body weight (W g) and body length (L cm), an equation $W = 0.02031 L^{3.1021}$ was applicable for the whole developmental stages.

3. Some of the shelters used by the fish became territorial centers according to the development of aggressiveness by 20 to 24 weeks after hatching. The appearance of territorial behaviour did not seem to influence the growth and survival of fish under uncrowded conditions.

4. Introduction of piled-up shelters in the rearing place seems to be advantageous for high density captivity, because territory-unestablished individuals utilize its upper position for their staying site.

ドンコ (*Odontobutis obscurus*) は、日本では中部以西の淡水域に分布するカワアナゴ科の一種で、比較的大型の肉食性の底生魚である。本種の生活史を研究した道津・塚原¹⁾は、卵が大型(長径約 5 mm, 短径約 2 mm)で、採卵および仔魚の飼育が容易であることから、ドンコの天然水域での増殖および各種の実験材料魚としての利用の可能性を指摘し、そのためには飼育魚からの周年にわたる採卵方法の確立が必要であると述べている。本種の飼育条件下における産卵生態については、すでに MASHIKO²⁾ が報告した。本研究は、ドンコのふ化仔魚から成魚に至るまでの飼育方法の検討と、そのような養成魚の自然産卵が水槽内で可能か否かを明らかにすることを目的として、ふ化直後から約1年半にわたって飼育を継続し、ドンコの生長をみると同時に、生長に伴う新しい行動型の発現を観察したものである。YAMAGISHI³⁾ らはドンコの成魚が攻撃行動やなわばり行動を示し、これらの行動が同種集団内の各個体の生長および生息場所としての巣穴の利用のしかたに影響を及ぼすことを報告している。したがって、ドンコの攻撃行動が発育の初期に発現するならば、それは仔稚魚の生長と生残に何らかの影響を及ぼし、飼育上問題となるのではないかと考えられる。

更にドンコの成魚は種々の凸所を産卵のための巣穴やなわばりの中心として利用する性質がある。¹⁻³⁾ もし、このような凹所が同種集団内の弱少個体の「かくれ場」としても利用されるならば、ドンコの飼育場所に適当なシェルターを設置することにより、限られた飼育空間がより有効に利用されることになると考えられる。この点を検討するために、生長にともなうシェルターの利用状況についても観察した。

* 帝京大学医学部動物学教室 (Dep. Zool., Fac. Med., Teikyo Univ., Hachioji, Tokyo 192-03, Japan)

材料および方法

1973 年 3 月福岡県猪野川より採集し、実験室内の円型ペンライト 1 t 水槽内で飼育していたドンコ親魚が同年 5 月自然産卵した。この卵を、保護していた雄親魚を取り除いてふ化槽中でふ化させ、ふ化直後の仔魚のうち 50 尾をその後 84 週にわたって角型ガラス水槽で飼育した。水槽のサイズは生長に従って次のように順次大型のものと交換した。33×18×24 cm (ふ化直後～12 週), 60×30×30 cm (13～39 週), 90×30×45 cm (40 週以後)。水槽底面には砂礫を敷き (厚さ約 1 cm), 次のようなシュルターを設置した。すなわち, 内径 0.6 cm, 長さ 3 cm のゴム管 (ふ化後 4～9 週), 内径 1.3 cm, 長さ 8 cm の硬質塩化ビニール管 (10～17 週), 内径 5 cm, 長さ 14 cm の塩ビ管 (18～31 週), 内径 5.5 cm, 長さ 14 cm の塩ビ管 (32 週以降)。これらは数個ずつ, 2 段あるいは 3 段に積み重ねて設置し, シュルター数は生残魚数とはほぼ同数にした。水槽の水は, ふ化後 3 週までは約 3 日おきに半量を取り換えた。それ以後 24 週まではガラスウールと活性炭粉末を充填した水中フィルターによるろ過を行い, ふ化後 25 週以降は水槽上部に設置したろ過槽 (28×31×25 cm) 中の珪砂, 活性炭, グラスウールの層を通して循環ろ過を行った。水温はふ化後 76 週までは水中ヒーターと冷水機を用いて, $20 \pm 1^\circ\text{C}$ (5 月～9 月) か $18 \pm 1^\circ\text{C}$ (10 月～4 月) に調節したが, 77 週以降は室温で放置した。餌料として, ふ化後 2 週まではアルテミアのノウプリウス幼生を 1 日に 2～3 回, 全個体の腹部が赤く充満するまで毎日与えた。その後 68 週まではイトミミズ (仔魚には細片として) を 1 日に 1 回, 十分量 (翌日まで摂餌しきれずに残っている程度の量, 総体重の約 8%) を週 6 回与えた。69 週以降は市販の冷凍エビを解凍して 2 日に 1 回, 全個体が摂餌活動を止めるまで与えた。

体長 (吻の前端から脊椎骨後端まで) は全個体について, 0.05% MS 222 水溶液で麻酔したあと, ふ化直後より 8 週までは少量の水の入ったシャーレ上で万能投影機を用いて, それ以降は測定板で測定した。測定間隔はふ化後 0～52 週は 4 週毎, ふ化後 52 週以降は 8 週毎とした。またふ化後 20 週から体長測定と併行して, 体重測定を加え, 48 週以降は全個体にひれ切り法により個体標識をつけ, 個体毎の生長を追跡した。

行動観察では, 新しい行動型が発現する毎に記録した。ふ化後 34 週目には, 攻撃行動の頻度と, 3 段に積み重ねられた塩ビ管シュルターの利用状況を 16 mm 撮影機による微速度撮影で解析した。微速度撮影は, 攻撃行動の頻度に関しては, 1 秒 1 コマで 1 時間 (午前 10 時～11 時), シュルターの利用状況については 8 秒 1 コマで 8 時間 30 分 (午前 9 時 30 分～午後 6 時) 行い, フィルムをモーションアナライザーによつて 1 コマ毎に解析した。

結 果

生長と生存 Fig. 1 にふ化直後からの生存率, 平均体長とその変動, および平均体長の比成長率 ($(l_{ax_1} - l_{ax_0}) / (t_1 - t_0)$; x_1 と x_0 は, それぞれ測定時 t_1 週と t_0 週の平均体長) の変化を示す。生存率はふ化後 4 週より 16 週にかけて急激に低下したが, その後 52 週までふ化時の 26% で止まり, 52 週以後ゆるやかに減少した。平均体長は, 満 1 年 (52 週目) でふ化時の 0.66 ± 0.02 (平均±標準偏差) cm から 9.17 ± 0.93 cm までに増加した。比生長率はふ化後 2～4 週が最大 (28.3%) で, 8～12 週で急激に減少し 46 週以後は 2% 以下になった。体長の変動係数はふ化後 20 週まで増加し続け, ふ化時の 3.36% から 12.8% まで増加したが, その後 12% レベルでとどまった後, 減少する傾向を示した。

Fig. 2 にふ化後 20 週からの平均体重とその変動, および体重の比生長率の変化を示す。同時に, ふ化後 28 週に個体標識した体重順位第 1 位と 2 位の 2 個体に加えて, ふ化後 48 週から標識した残り全個体の体重変化も示してある。ふ化後 20 週から 68 週の間では, 平均体重は比生長率 $12.0 \sim 3.2\%$ の割合で増加し, 満 1 年で 22.8 g に達した。ふ化後 68 週から 76 週の間で平均体重は 3.1 g 減少したが, この減少は餌料のイトミミズから冷凍エビへの転換が原因であると考えられる。しかしその後, どの個体も新しい餌料に適応し体重は順調に回復して, ふ化後 84 週で 59.0 g に達した。

Fig. 1. Changes of survival rate (the upper), mean body length (open circles and solid line), coefficient of variation in body length (solid circles and solid line) and specific growth rate per week (solid circles and dotted line) in mean body length of *O. obscurus* for 84 weeks after hatching. Vertical bars show the range of maximum and minimum body length.

Fig. 2. Changes of the mean body weight (open circles and thick solid line), coefficient of variation in body weight (solid circles and solid line) and specific growth rate per week in body weight (solid circles and thick dotted line) of *O. obscurus* from 20 weeks up to 84 weeks after hatching. Vertical bars show the range of maximum and minimum body weight. Two fish were marked at 28 weeks, and other 11 fish were marked at 48 weeks (solid line: males, dotted line: females). Arrows against the two females show occurrences of oviposition.

Fig. 3. 4-weeks growth and survival rate of the larvae of *O. obscurus* fed only on cut *Tubifex* since 6 days after hatching (arrow). Vertical bars are the range of maximum and minimum body length.

Fig. 4. Relationship between body weight (W) and body length (L) of *O. obscurus* in both logarithmic scales.

Fig. 3 に、ドンコ仔魚をふ化直後から4週間アルテミア幼生を全く与えず、イトミミズ細片のみで飼育した場合の平均体長の増加と生存率の変化を示す。この実験では、 $33 \times 18 \times 24$ cm のガラス水槽に前述の 1ℓ 水槽中の親魚の自然産卵によって得られた 25 尾のふ化仔魚を収容し、水温 $21 \pm 1^\circ\text{C}$ に保つた。他の飼育条件は、本研究の前述の方法に準じた。ふ化後 6 日からイトミミズ細片による投餌を開始し、毎日十分量与えた。投餌開始後、平均体長は序々に増加し、およそ 10 日以後大型個体は急激に体長が伸びているのがわかる。しかし一方、体長の伸びが全くない個体のあることも認められ、体長の最小値を結ぶ生長曲線は本種の絶食条件下の体長変化²⁾ に似ている。これらの体長の伸びのない小型個体はふ化後 16~24 日に全部死亡し、生存率は 53% まで低下した。しかしその後死亡はなく、平均体長はふ化後 4 週で 1.29 ± 0.09 cm となり、前述のアルテミア幼生とイトミミズ細片を併用した場合の同時期の体長 1.40 ± 0.08 cm と比べて遜色のないものであった。

産卵 ふ化後 1 年目の繁殖期には、飼育魚の雌雄のサイズ差は明瞭となり、雌は雄に比べて小型であった (Fig. 2)。また、この時期の大型の雄個体は、稚魚期においてすでに大型であり、以後飼育個体間に著しい体重順位の変動なしに生長し続けることが、Fig. 2 の個体毎 (特に稚魚期の大型 2 個体) の体重の推移から推察される。満 1 年生残した雌 3 尾のうち大型の 2 尾は、ふ化後 47 週から 55 週の間に、3 回および 1 回雄のシェルター内に産卵した (Fig. 2 の矢印)。1 回の産卵数は 4 例とも 100 粒下であった。卵は雄親魚が保護していたがいずれの場合も胸ビレを用いた水煽り (Fanning) 行動を主とする雄の保護行動が粗雑であったためか、ふ化前に卵はシェルターから脱離し、仔魚は得られなかつた。しかし、この年に産卵した雌のうち 1 尾は翌年の繁殖期まで生き残り同じ水槽内で再び産卵し、仔魚が得られた。

体重—体長関係 Fig. 4 にドンコのふ化仔魚から成魚に至る全発育段階での体重体長関係を示す。ここで体長約 2.0 cm 以下のプロットは本研究の測定データからは得られなかつたため、1974

Table 1. Appearance of aggressive behaviour and use of piled-up shelters according to the growth of *O. obscurus*, +: occurrence, #: frequent occurrence, -: non-occurrence

Weeks after hatching		0	4	8	12	16	20	24	28	40	52
Aggressive behaviours	Squaring posture against an approaching fish	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+
	Threatening	-	-	-	-	+	+	#	#	#	#
	Nipping	-	-	-	-	+	+	+	#	#	#
	Fighting	-	-	-	-	+	+	+	#	#	#
	Chasing	-	-	-	-	+	+	+	#	#	#
	Territorial defence	-	-	-	-	-	+	#	#	#	#
Use of piled-up shelters	Entrance in the first storey	-	+	+	+	+	+	#	#	#	#
	Usual staying in the first storey	-	-	-	-	-	+	#	#	#	#
	Staying in the upper storeys and on the roof of the shelters	-	-	-	-	-	+	#	#	#	#

年に前述の 1 t 水槽中の親魚の自然産卵によつて得られた仔魚を本研究と同様な方法によつて飼育したものの測定値を用いている。全発育段階で、体重 (W g) と体長 (L cm) の間には、 $W=0.02031L^{3.1821}$ の関係が得られた。

攻撃行動の発現とシェルターの利用 ふ化直後の仔魚は水槽底面の暗がりの部分に静止しているが、ふ化後 2～3 日でアルテミア幼生を活発に摂餌するようになる。ふ化後 4 週間後からシェルターに入出入りする個体が現れるが、まだ定性的ではない。ふ化後 7 週の稚魚は接近する他個体に対し頭部を低くかまえる身がまえ (Squaring) の姿勢を示し、14 週をすぎると接近個体に対し、えらを拡張させながら頭部を低くかまえて体全体をやや弓なりの姿勢をとる、おどかし (Threatening) や、相手個体への追いかけ (Chasing)、またその途中で場合によつては特に尾ビレの部分へのかみつき (Nipping) が観察された。また特に大型個体間では、おどかしによつても相手が逃げず、むしろ立ち向つて来るような場合には、互に向きあつて頭部を並行にしながら円運動をするたたかい (Fighting) も発現した。

ふ化後 18 週で、大型の固体に、3 段に積まれたシェルターの第 1 段の定まつた場所に長時間滞在する傾向が認められた。この大型個体には上述の攻撃行動が特に顕著であつた。このような定住性の出現は、攻撃行動の発達と相まつて、なわばり防衛行動の発現へと進展してゆくものと考えられ、なわばり防衛行動はふ化後 20 週 (体長 4.33 ± 0.55 cm) で明瞭になつてくる。また、なわばり占有個体の出現と前後して、立体的シェルターの第 2、第 3 段やその屋上部に、比較的小型の個体が滞在するようになった。Table 1 に、ふ化後 1 年 (52 週) までの攻撃行動の出現とシェルターの利用状況の経過をまとめて示す。

Fig. 5 は、ふ化後 34 週 (1974 年 2 月 15 日) に生存していた 13 個体による、同数よりなる立体的シェルター (第 1 段 4 個、第 2 段 5 個、第 3 段 4 個) の利用状況を示したものである。全観察時間中全く利用されなかつたシェルターは第 2 段の 1 個 (E) だけで、残り 12 個のシェルターは (屋上部も含めて) 滞在時間の長短はあるがいずれも利用されている。利用内容を見ると、第 1 段 (水槽底面と密着) の 4 個では魚の出入りがかなり頻繁なのに対し、第 2、第 3 段や屋上部 (Roof) ではそれ程頻繁ではなく、1 回の滞在時間がかかなり長くなっている。目視観察によれば、第 1 段のシェルターは 3 尾の大型個体によりなわばりの中心として利用されており、頻繁な出入りはそれらのパトロール行動³⁾ によるためであると考えられ、それらに定住性がないことを意味するものではない。一方、第 2、第 3 段や屋上部を利用している個体は比較的小型であり、これらは水槽底面になわばりを占有することのできない「あぶれ個体」であると思われる。攻撃行動の頻度解析結果は、1 時間に 24 回の行撃行動のうち 16 回は第 1 段の 4 個のシェルターの周囲で行な

Fig. 5. Time course (from 9:30 a.m. to 6:00 p.m.) of staying of the fish in triply piled-up 13 shelters (4 shelters of the 1st and 3rd storey, and 5 shelters of 2nd one) at 34 weeks after hatching. Horizontal lines show staying time of fish. Roof means the whole area on the 3rd storey-shelters. Figures at the right side show the total staying time (hr) during the observation, and mean time (hr) per one staying in parentheses. *Tubifex* was given at 12:10 hr.

われたものであり、残り8回は水槽の四隅の底面上で行なわれたものであつた。特に、シェルターの第2、第3段を利用している個体同士で、あるいは第1段になわばりを占有する個体が第2段以上の利用者に攻撃行動を示さなかつたことは注目すべきと思われる。

考 察

ドンコは生長が他の養殖用淡水魚と比較して遅く、肉食性であるため池中養殖の対象としては難点があるが、ふ化直後より仔魚を順調に生長し得ること、ほぼ、生長に好都合な恒温条件で自然産卵すること、仔魚が大型であるためいきなりイトミミズ細片などの大型餌料で飼育できること等の事実は、道津・塚原¹⁾が指摘した各種の実験材料魚としての利用や、放流用の稚魚を育成するための人工採苗が比較的容易であることを示すものと思われる。

Fig. 1 で、生存率はふ化後4週から16週の間急激に低下している。この原因は、餌料の不足や不適當であつたためというよりは、この時期では飼育水槽の水が循環ろ過されていなかったため水質の悪化したことが原因であると思われる。ちなみに益子の別の飼育実験*によると、本実験とほぼ等しい3.33尾/lの初期密度でふ化仔魚をはじめから循環ろ過方式で飼育したところ、ふ化後16週での生存率はシェルターが全く設置されない場合でも77%と著しく高率であつた。

稚魚はふ化後16~24週で一連の攻撃行動を発現し、シェルターへの定住的傾向が現われるが、この時期の平均体長の比生長率は活発な摂餌の始まるふ化後2~8週を除くと最も高い。またこの時期には生存率に全く変化がなく、体長の変動係数の増加もほぼ止つているので、攻撃行動やなわばりの占有は生息密度が高すぎない限り生残や生長にほとんど影響を与えないものと思われる。

ドンコのなわばりは稚魚のときから底面上に形成される。しかし、積み重ねたシェルターを飼育場所に設置すると、Table 1 に示したようにその中層部や上層部がなわばりを占有することのできない「あぶれ個体」の滞在場所として利用される。このため、限られた空間により多くの個体を収容することが可能となると思

* 益子計夫：昭和50年10月日本水産学会秋期大会（長崎）にて講演。

われるが、シェルター設置の厳密な効果を知るためには更に対照実験を必要としよう。

個体標識をつけて生長を追跡した結果によると、雌は雄に比べて一般に生長がおくれ、ふ化後1年目の繁殖期には明瞭な体型差が生じる (Fig. 2)。このことは、雌にとつてなわばり占有や攻撃行動において雄より不利であり、ひいては雌の生存率にも影響すると予想される。本実験では、ふ化後 16~52 週で、十分低密度であつたためか生存率には全く変化がなかつたが、生息密度が非常に高い場合には小型の個体が大型の個体の圧迫をより多く受けることが予想されるので、雌親魚を確保するためには大型個体からの分離飼育が望ましいと考えられる。

ふ化後翌年の産卵期では、2尾の雌に計4回の産卵が観察されたが、卵は雄の粗雑な保護行動のため巣より脱離し、仔魚のふ化に至らなかった。しかし、その後の本種の産卵行動の観察によれば、1年魚の雌の卵でも何回か卵の保護行動を経験したとみられる2年魚以上の人工養成雄親魚によつて保護されていた場合にはふ化に至つた (益子, 未発表) ので卵質には問題はないと思われる。このことから、1年魚の雌雄の産卵による卵から仔魚を得たい場合には、ビニールメッシュなどの通水性の材料で作つた巣穴に産卵させ、雄親魚を卵塊より取り除き、適当な条件下²⁾ でふ化させれば良いと考えられる。

Fig. 2 で、餌料をイトミミズから冷凍エビに転換したふ化後 68~76 週で、体重は生存していた7個体中3個体で減少したがまもなく回復し、その後も大部分の個体が順調な生長を示したことは、ドンコの成魚の飼育に必ずしも生き餌が必要ではないことを示している。これまでの観察によると、ドンコはペレット状やフロック状の市販の餌料は摂餌しないが、ドンコの好む臭いや味をつけた配合餌料を工夫して与えることによつて、生き餌以外の餌料で稚魚期からの飼育が可能かもしれない。

要 約

屋内の水槽でドンコのふ化仔魚を1年半にわたつて飼育し続け、その生長と新しい行動型の発現を調べた。

1. 水温 $18 \pm 1^{\circ}\text{C}$ (冬期) ~ $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$ (夏期) で、平均体長はふ化時の 0.66 cm からふ化後1年で 9.2 cm に達し、また平均体重は 22.8 g に達した。雌の生長は雄に比べて遅れる傾向がみられた。
2. 体重 (W g) と体長 (L cm) の間には、全発育段階にわたつて、 $W = 0.02031 L^{3.1821}$ の関係があつた。
3. 雌雄ともふ化後1年で成熟し、水槽内で自然産卵した。
4. 特定のシェルターに対する定住的傾向はふ化後 20 週までに発現し、この時期より幾分早めに現れた攻撃行動と相まつて、ふ化後 20~24 週で明瞭ななわばり行動がみられた。これらの行動の発現は、本実験では生息密度が十分低かつたためか生長や生残に影響を与えなかつた。
5. 立体的なシェルターを飼育場所に設置することは、ドンコの養殖において限られた空間のより有効な利用に役立つであろう。

文 献

- 1) 道津喜衛・塚原 博: 本誌, 30, 335-342 (1964).
- 2) K. MASHIKO: 日生態会誌, 26, 91-100 (1976).
- 3) H. YAMAGISHI, T. MARUYAMA and K. MASHIKO: Oecologia (Berl.), 17, 187-202 (1974).