

マダイの稚仔魚期における二、三の行動

福原 修・岸田 達

Some Observations on the Swimming Behaviour as Related to Feeding in the Red Sea Bream Larvae Reared under Laboratory Conditions

Osamu FUKUHARA and Tatsu KISHIDA

Larvae of red sea bream, *Chrysophrys major*, hatched from eggs were reared under laboratory conditions and their swimming and feeding behaviours were observed. Marine rotifer (*Brachionus plicatilis*), copepod (*Tigriopus japonicus*) and chopped meat of shellfish were employed in succession as food stuffs for the larvae and juveniles.

Pantagraph was used to record the swimming passes of the larvae in the rearing aquaria, and the swimming speeds were calculated from the travelled distances and the required time.

The active swimming of the larvae was observed to begin at the stage of oil globule absorption. An active feeding also began at the same phase.

The swimming speed of the larvae was dependent mainly upon the age of larvae and the feeding conditions. Up to 20 days after hatching, swimming speed of about 50 cm/min. was recorded after feeding as well as before feeding. While, after 20 days old after hatching coinciding to the transition from post-larva to juvenile, the swimming speed and its difference in relation to the feeding condition increased remarkably.

Consequently, it was considered that swimming behaviours was largely influenced by the abundance of available food and age of larva.

魚類の生活史の初期段階、稚仔魚期の減耗は漁業資源への加入量に影響を及ぼす問題として古くから注目され研究がなされてきた (HJORT,¹⁾ SETTE²⁾)。これまでの研究の多くは、仔魚の栄養の依存形態のちがいで (内部依存から外部への変化) と減耗 (TOETZ³⁾, LASKER et al⁴⁾, JONES⁵⁾, BLAXTER and EHRLICH⁶⁾), 餌料の多寡と減耗の機構 (ROSENTHAL and HEMPEL⁷⁾, MAY⁸⁾, WYATT⁹⁾) およびその他の減耗要因 (BLAXTER and HEMPEL¹⁰⁾) との関連などについてなされてきた。

一方、飼育技術の向上に伴って天然における減耗現象の解明に人為的な飼育条件下における観察が有効な手段として用いられるようになった。しかしながらマダイの幼期における行動はほとんど明らかにされておらず、わずかに山下¹¹⁾が仔魚期の水槽内における観察結果を報告しているに過ぎない。

近年盛んに行われている海産魚、特にマダイの栽培事業においても幼期の減耗や生態の解明が急務とされている。今回マダイ稚仔魚期における行動生態や摂餌生態などに関する基礎的知見を得るため発育に伴う行動変化、特に游泳および摂餌行動との関連について観察を行い若干の知見を得たので報告する。

稿を草するにあたり本研究の機会を与えられ種々のご支援をいただいた増殖部長斉藤雄之助博士、適切な助言とご校閲をいただいた内海資源部長倉田博博士ならびに野上和彦研究室長に心から感謝いたします。実験材料については広島県水産試験場伏見徹生産部長に心よく提供いただいた。また、西ドイツヘリゴランド生物研究所 Harald Rosenthal 博士には実験方法等について有益な助言をいただいた記して謝意を表する。

材料および方法

1. 卵および仔魚の飼育

卵は広島県水産試験場の海面生簀に収容した親魚が1978年5月25日と1979年5月17日に自然産卵したものである。これらの自然産卵を自動車で南西海区水産研究所（佐伯郡大野町丸石）に搬入し、ふ化まで容量1.0 m³の流水式水槽内に設置したネット内で飼育した。ふ化した仔魚は、角型水槽（85×150×60cm）に収容し飼育を行いながらそれぞれの観察実験に供した。ふ化当日から、ふ化後22日までは止水飼育とし以後流水式飼育に切り換えた。また、飼育期間中水槽への通気は常時行い、人工照明は用いず、自然光のみとした。飼育に用いた海水は研究所沖から汲み上げ砂ろ過したもので塩分、水温の調整は特に行わなかった。

飼育に用いた生物餌料はシオミズツボムシ (*Brachionus plicatilis*)、シオダマリミジンコ (*Tigriopus japonicus*)、アルテミア (*Artemia salina*) などで給餌の切り換え時期には重複投与した。魚貝肉を摂取するようになってからはアサリ、ムラサキガイ、カキ等の肉を与えた。貝肉を与える時は、肉片を摂餌し易いように浮上させるため通気をやや強く行った。給餌回数はふ化後18日までは1日1回、それ以後は原則として2回とした。

2. 仔魚の休止と動き時間の観察

ふ化仔魚の成長に伴う“動き”、“游泳”の始まりと摂餌との関連を知るため休止と動いている時間の変化について観察した。

仔魚がふ化してから正位姿勢で游泳するまでの経過は、山下¹¹⁾、福原¹²⁾らが記載しているがここでは、仔魚がふ化から油球を吸収する時期までの懸垂状態での断続的な泳ぎと区別するため“動き”という表現を用い、それ以後の泳ぎを“游泳”とした。

観察は飼育水槽内の個体を任意に1尾選び、肉眼でみながら1分間における動き時間をストップウォッチ（セイコーデジタル 873 S T）で計測した。こうした計測観察を1日10尾について実施した。観察は原則として午前9時から10時の間に行い、10尾の行動を記録するのに要した時間は約20分である。1978年はふ化当日から16日目までの仔魚について常温下（18.6～22.1℃）における給餌前と給餌後の動き時間について観察した。1979年はふ化当日から9日目までの仔魚について常温下（15.4～19.8℃）の飼育水槽と恒温（17.0℃）にした実験水槽（30ℓ容量、円形水槽）における動き時間の変化と恒温条件下における給餌と無給餌による観察も行った。なお、両年も観察中は水槽内の水が余り動かないようにするため事前に通気を止めた。

3. 稚仔魚の游泳速度

すでに游泳摂餌期に達した仔魚について通常の飼育条件下において成長に伴う游泳速度の変化と給餌の影響、主として餌料密度との関連を知るため、Fig. 1 に示すような装置を作り、稚仔魚の動きと游泳の速さを観察記録した。すなわち、図に示してある2枚の板ガラスの上にとりつけた拡大器（ペンタグラフ）の穴（穴の直径は上面から覗いた時に稚仔魚が視野一杯になる程度の大きさ）から垂直に水槽を見おろし任意の個体を選んで動いたあるいは游泳した行跡を記録紙上に描いた。観察は10尾について給餌前（原則として午前9:00～9:30）と給餌後（給餌後30分から1時間以内）の2回について行い、観察中は水槽内の水の動きが供試魚の游泳行動に影響を及ぼすと考えられたので、事前に通気を止めた。10尾を観察するのに20～30分を要した。供試魚の游泳速度は成長につれて次第に速くなるため、ふ化後21日までは行跡の観察時間は30秒間としたが、それ以後は観察時間が同装置で10秒以上であったものを追跡記録として用いた。そしてそれぞれ

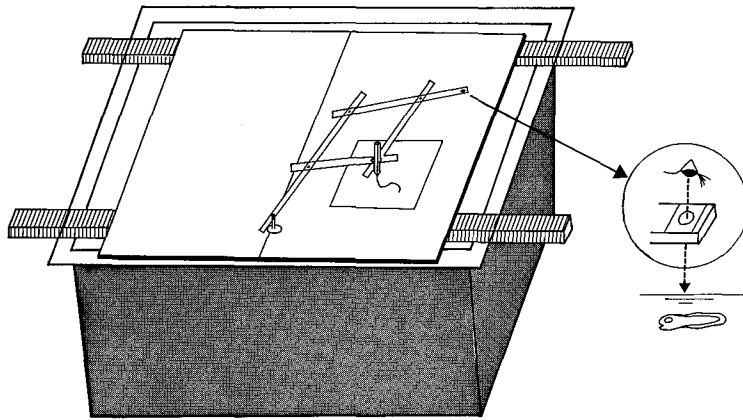


Fig. 1 *Chrysophrys major*. Diagrammatic drawing of a device for the observation of swimming speed of the larvae. Pantagraph was set on two plate glasses.

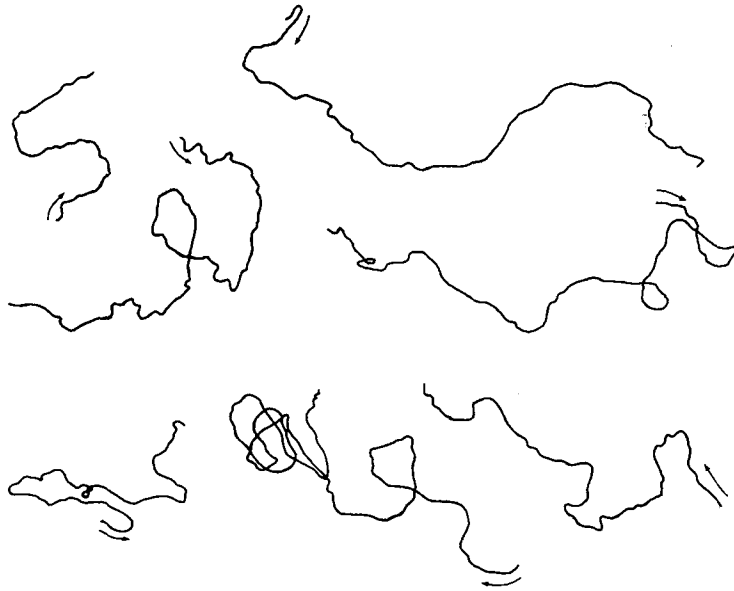


Fig. 2 *Chrysophrys major*. Examples of record of the observed swimming path of the larvae. Distances of movement were measured by mean of a curvimeter. Arrows indicate the direction of swimming.

の記録について単位時間あたりの游泳速度を算出した。また、実験魚の游泳範囲によって記録紙上の描写倍率（2～1/2倍）も適宜かえた。記録した行跡（Fig. 2）はキルビメーター（距離計）を用いて長さを測定した。

供試魚は前述したように任意の個体を選んだが、観察装置の機能からして水槽内全体の稚仔魚を対象にしたのではなく、自ずと装置の設置個所周辺の個体が中心となっていることは否めない。

結 果

採集した卵は産卵から2日目(1978年, 平均ふ化水温18.6°C)あるいは3日目(1979年, 同16.5°C)にふ化した。ふ化仔魚は卵黄を有し, 口は未だ開いていない。ふ化後3~4日目に卵黄を完全に吸収した。投与餌料の密度は, シオミズツボムシについては給餌直後で5~10個体/mlであった。シオダマリミジンコは水槽壁に密集し正確な計数が困難なため密度の計算は行わなかった。

飼育中の稚仔魚の成長を知るため観察水槽より3~4日おきに約20尾を採取し体長測定した結果を Fig.

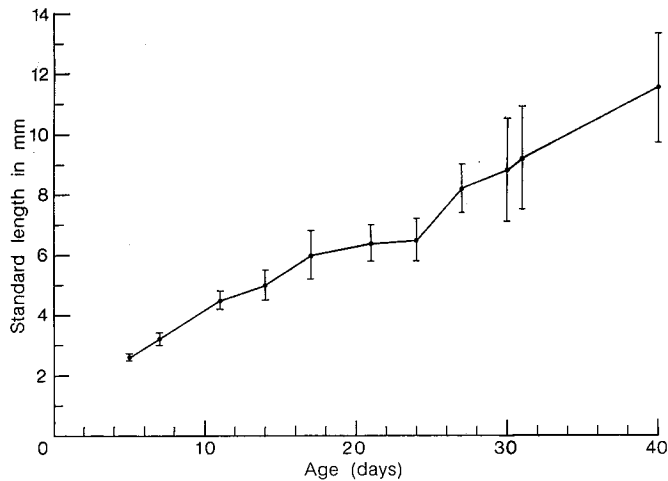


Fig. 3 *Chrysophrys major*. Growth of the larvae reared in the laboratory. Each point shows an average length of 20 measurements and vertical lines indicate standard deviation. Water temperature ranged from 18.6-24.2°C with an average of 21.6°C.

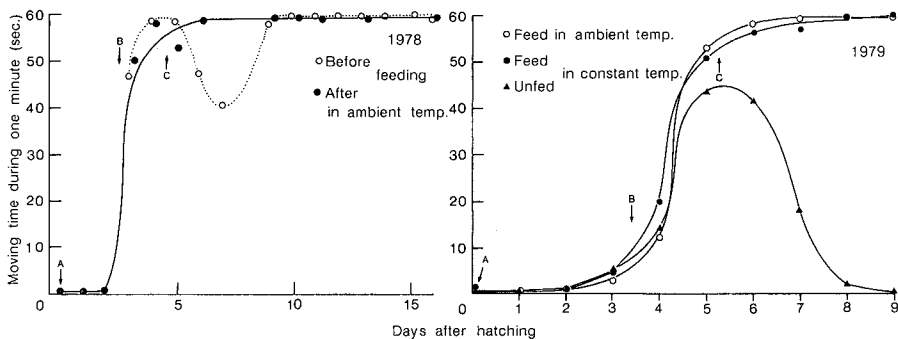


Fig. 4 *Chrysophrys major*. Increase after hatching in the moving time during each one minute observation. Ambient water temperature averaged at 23.8°C (range; 18.6-22.1°C) in 1978 and at 18.4°C (range; 15.4-19.8°C) in 1979. The constant temperatures was regulated at $17.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$. A, hatching; B, yolk absorption; C, oil globule absorption.

3 (1978) に示した。期間は5月27日から7月6日までで、水温は平均21.6°C (18.6~24.2°C) であった。

1. 仔魚の休止と動き時間の変化

ふ化当日の仔魚は水槽内上層に静止し動きはほとんど認められない。時間の経過と共に時折、垂直あるいは水平運動を示すようになるが休止している時間が非常に長い。Fig. 4 に '78年と '79年にふ化当日から1~2週間前後までの1分間における動き時間の変化を示した。'78年は常温下 (平均水温 23.8°C) でふ化後3日目から摂餌が認められたので給餌の前後について、また '79年は常温水槽 (平均水温 18.4°C) と30ℓ恒

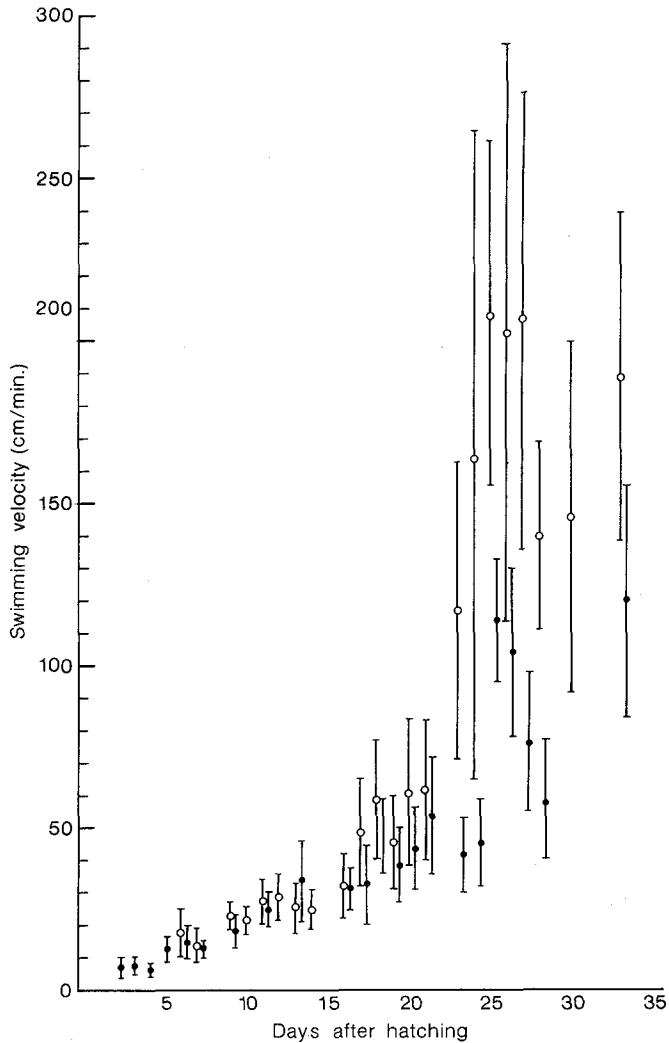


Fig. 5 *Chrysophrys major*. Increase in the swimming speed with growth of the larvae before (open circles) and after (closed circles) feeding. Each point and vertical lines show the mean of 10 measurements and the standard deviation respectively.

温水槽（浴槽式， $17.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$ ）における動き時間について観察した結果を示してある。図から明らかなように仔魚の動きは卵黄吸収当日から急激に始まり、翌日には観察時間である1分間の約80~90%は動いている。さらに油球が吸収される日にはほとんどの個体は水槽内を活発に游泳するようになり、それ以後は休止することはない。'78年における結果で給餌前の仔魚がふ化後5~8日にかけて一時動き時間が減少する傾向を示しているが、給餌後については特に大きな変化は見られない。また、'79年に行った恒温条件下での給餌区、無給餌区での動き時間の変化をみると、給餌区は常温下での飼育魚とほぼ同様の傾向をたどっているが、無給餌区においてはふ化後5日目頃から他の実験区との時間差が現われ始め、この期をピークにして以後漸次減少の一途をたどる。そしてふ化後8日目にはほとんど動かなくなり、9日目には死に至る。

ふ化後2日目頃の仔魚における動き時間の全観察時間（60秒）に対する比率は1%未満であるが、1分間に1~3回程度1秒にも満たない短時間ながら突発的に動く個体が全観察尾数の約65%認められた。このような動作は anchovy でも認められ、呼吸機能をもつのではないかと考えられている（HUNTER¹³⁾。

2. 稚仔魚の成長と游泳速度

観察はふ化仔魚が動き始めた2日目から稚魚期に至る33日目まで行った。それ以後はほとんどの個体が底生に移り供試することができなかつた。結果を Fig. 5 に示した。ここでいう游泳速度には前述した動きの行動も速度として測定してある。ふ化後20日目までは成長に伴う游泳速度の増加はゆるやかでかつ給餌前後における游泳速度の差は余り認められず、給餌後の游泳速度は給餌前の72%以下になることはなかつた。しかしながら、この時期を経過すると游泳速度、特に給餌前の速度は約50cm/min から100~200cm/min と著しく増加する。一方、給餌後の游泳速度は成長と共に増加の傾向がみられるが給餌前の速度の増加ほど著しくなく、給餌後の速度は給餌前の約50%程度を示している。

このことは稚仔魚が摂餌後の時間経過すなわち摂取餌料の消化吸収が進むことと、後述のごとく餌料密

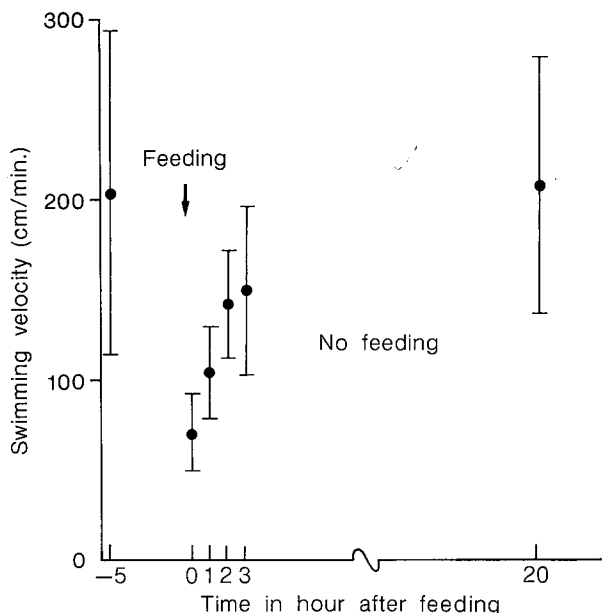


Fig. 6 *Chrysophrys major*. The effect of time elapsed after previous feeding on swimming speed of the 22 to 23 days old larvae, showing a tentative decrease and subsequent recovery after feeding.

度の変化が影響して游泳速度を増していると判断できる。そしてこの傾向は日令が多い程顕著であるといえる。

3. 摂餌状態と游泳速度

給餌後の時間経過に伴う游泳速度の変化を知るためにシオミズツボムシ給餌約5時間前と給餌後3時間までの游泳速度の時間的変化を1時間毎にとり観察した結果を Fig. 6 に示した。給餌5時間前は平均200 cm/min 前後の速度であるが、給餌直後は平均65cm/min に減少し1時間後にはすでに150cm/min と時間経過に伴って増加する。そして20時間後には再び給餌前と同様の速度になった。1979年に同様の実験を日令の異なる稚仔魚で行った結果を示したのが Table 1 である。実験は同一水槽内の稚仔魚(推定尾数2,700~3,000尾/トン)について観察した。使用した餌料は11日目、20日目の観察時はシオミズツボムシ、31日目はアルテミアである。いずれの実験においても給餌前の游泳速度が速く、給餌によって速度は減少傾向を示す。そして時間経過と共に再び速度の増加がみられる。こうした傾向は稚仔魚が大きくなるほど著しくなる。

これらのことから明らかなように給餌後の時間経過すなわち餌料生物の消化吸収は稚仔魚の游泳速度と密接な関係を有することを表わしている。

Table 1. Changes of swimming velocity in relation to feeding at various ages of larvae.

Age in days	Date	Time	Swimming velocity (cm/min)	S. D.	Food density (individual/ml)	Food organism	
11-12	29 May	14:10	25.87	7.89	5.0	<i>B. plicatilis</i>	
	30 May	10:40	28.08	9.59	5.0		
		11:00		<i>feeding</i>			
		11:20	22.76	10.07	13.7		
		14:20	26.76	11.43	11.3		
		17:10	31.31	12.36	11.0		
19-20	6 June	10:00	46.73	16.37	0.6	<i>B. plicatilis</i>	
		10:40		<i>feeding</i>			
	7 June	11:00	25.25	12.34	13.7		
		16:00	33.53	17.31	7.0		
		9:30	29.12	15.56	5.3		
		11:30	43:77	20.43	2.0		
		13:30	50.76	25.05	0.8		
	15:40	55.96	15.55	0.4			
31-32	18 June	9:40	154.31	27.04	0	<i>A. salina</i>	
		10:30		<i>feeding</i>			
	19 June	10:40	27.40	12.99	3.6		
		13:30	29.88	16.38	1.0		
		16:00	52.62	26.51	0.8		
	9:30	89.40	36.47	0			

S. D. = Standard deviation

4. 餌料密度と游泳速度

Fig. 7 は Table 1 に示した資料を餌料密度との関連で表わしたものである。ふ化後11~12日目の仔魚は餌料密度が約5~14個体/mlの範囲では游泳速度はほとんど変わらない。同じく19~21日目の仔魚については餌料密度が低いほど(0~3個体/ml)、游泳速度が速くなる傾向が認められ5個体/ml以上の餌料密度になると前期の仔魚と同様にほとんど差がない。また、31~32日目の稚魚においては餌料生物が0に近くなると游泳速度が著しく増すことが観察される。78年の実験(Fig. 5)においてもふ化後10日頃は給餌前後の游泳速度の差はほとんどみられないが20日前後になると次第に給餌前後の影響が現われ、25~30日頃に最も游泳速度差が現われる。このことは摂食した餌料の消化吸収の程度も関係するが、餌料密度の差が游泳速度に影

響を及ぼしていることを示している。

兩年の結果から稚仔魚の游泳速度は餌料の多寡により大きく影響される。そしてそれは日令にして20日頃から次第に影響が現われ、30日前後に最も著しくなっているといえる。

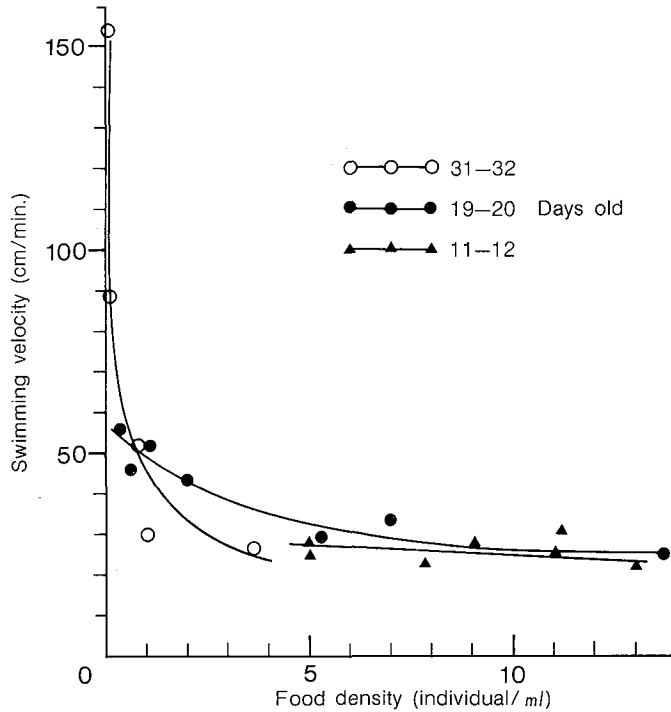


Fig. 7 *Chrysophrys major*. Changes in the swimming velocity of the larvae in relation to food density at 11-12 days (triangle), 19-20 days (closed circles) and 31-32 days (open circles) after hatching. Each observation represents an average of 10 measurements.

今回の実験では仔魚は最初主として水槽の表層に分布していたが、ふ化後2週間頃から表中層ばかりでなく、底層に生息する個体も少数ながら観察されるようになった。その後次第に底層に移行する個体が増え、30日前後になると底層にいる個体は、大型で体色はやや赤味帯びてきた。そしてふ化後20日前後から表中層と底層を游泳する稚仔魚の游泳速度に差が認められたため25日から26日にかけて両者を観察したところ Fig. 8 のような結果が得られた。底層以外に分布している個体では、給餌前の游泳速度が平均200cm/min と速いばかりでなくバラツキもきわめて大きく、かつ給餌後との速度の差もかなりある。一方、底層に分布する個体は、速度は遅くバラツキも小さいだけでなく、給餌前後の差があまり認められない。明らかに両者の間に游泳あるいは行動の様式に相違があることを示している。

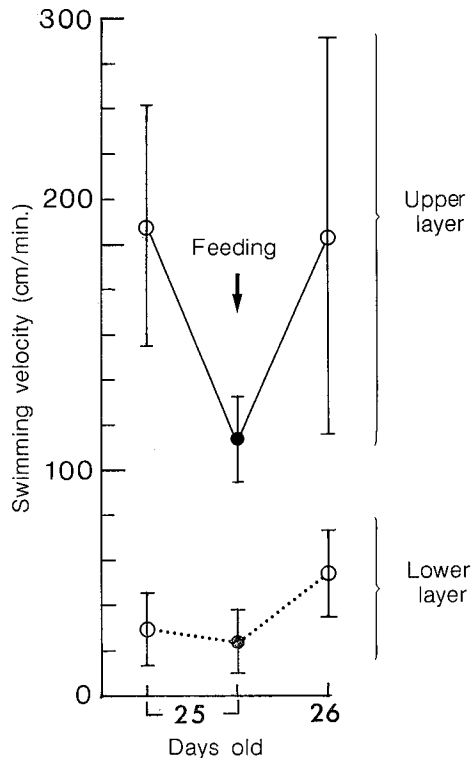


Fig. 8 *Chrysophrys major*. Differences of swimming speed among the larvae staying at the upper (solid line) and the lower (dotted line) layers of the rearing water column. Measurement were taken before (open circles) and after (closed circles) the feeding. Circles and vertical bars indicate the average of 10 measurements and the standard deviations respectively.

考 察

今回の実験においては稚仔魚の水平方向の動きのみを追跡したため、鉛直方向に移動した距離に関しては考慮されていない。特に鉛直方向に移動の激しい個体は観察の対象とせず、主に水平方向に移動した個体について観察したが、この場合でもある程度の縦移動は看過されている。これがどの程度の誤差を生ずるかという点、仮に水平に50cm移動する間に鉛直に10cmの移動があったとすれば実動距離は $\sqrt{50^2 + 10^2} \approx 51\text{cm}$ であるので約2%だけ過少に見積られたことになる。また、游泳方向についてはいずれの大きさの仔魚においても特に定まった傾向は認められなかった。

卵からふ出した仔魚が動き始める要因については主として索餌のためと考えられている。Toetz³⁾のいうように endogenous から exogenous に切り換わる時期が仔魚にとって最初の“critical period”であり、この時期にうまく餌にありつかなかった仔魚は死に至るといえる。マダイにおいても卵黄が存在する間は動く時間がきわめて短かく、卵黄が吸収される3日目頃から動く時間の比率が急激に多くなり、4日目、5日目には平均97%以上の時間を動くことに費すようになってくる。こうした経過は Fig. 4 から明らかなように初期の栄養供給源、卵黄や油球の存在と密接に関係していると考えられる。このことは当然のことながら

体外に栄養を求めて動くという判断が許されよう。卵黄吸収期に索餌行動が盛んになるだけでなく、この時期が高い歩留りを得るためには給餌を遅らせることができる限界であるという飼育実験¹⁴⁾と一致する点は興味深い。卵黄の有無が行動や生残りを大きく左右していることが伺える。HUNTER¹³⁾によると anchovy の仔魚においては卵黄吸収後に游泳が活潑になり、泳ぎ回ることにより視界の中に餌を発見し攻撃するとしている。

しかしながら Fig. 4 で示したように、ふ化後5日目から動きに費やす時間が減少傾向を示し10日頃から再び観察時間の60秒の大部分を游泳に費している。このことは餌料が存在しても摂餌がうまく行われていない個体が5日目以降出現することを暗示し、さらにこれらの個体は体内にいくらかの栄養があり、泳ぎ回っている間に餌料に遭遇しなければ10日頃までにへい死するものと考えられる。

稚仔魚の游泳速度、特に給餌前の速度がふ化後20日すぎに著しく速くなるのは摂食量と游泳能力の変化が関与していることが推測される。20日前後はワムシの推定摂餌量は最大に達する¹⁵⁾ことから明らかなように成長に伴ってこの時期に摂餌量が増加し、従来より早く餌料密度が低下したこと(15日目頃から給餌前には餌料密度はほとんど0個体/mlになっていた)と形態的にはこの時期が稚魚への形態的移行が始まり鱗がよく発達し、游泳速度が増したことによる索餌範囲の拡大によって現われた現象と理解される。

餌料密度は Fig. 7 の密度と速度の関係から考えると5個体/ml以上の餌料密度では游泳速度も大きく変化していないことから、この時期の稚仔魚を飼育するに際して行動面からみた場合の餌料密度として一つの目安になろう。北島¹⁶⁾は摂餌量の観察から少なくとも3個体/ml以上保つ必要があると述べている。

ROSENTHAL and HEMPEL⁷⁾ や HUNTER¹³⁾ らによると索餌範囲すなわち游泳力の面から仔魚はふ化後の経過日数が少い程、高い餌料密度を必要とするという。

餌料密度あるいは摂餌後の経過時間と游泳速度の関係については、一般には密度が高い時より低い時が速くなり索餌範囲を広げると考えられている (ROSENTHAL and HEMPEL⁷⁾, WYATT⁹⁾, HUNTER and THOMAS¹⁷⁾)。本実験でも Fig. 6 や Fig. 7 で明らかなように餌料密度の低下に伴って游泳速度が増加している。すなわち游泳速度の増加で餌生物との遭遇率の低下分を補っていると思われる。

給餌前後の時間によって游泳速度が変化することは、稚仔魚の摂餌状態の変化からみれば空腹の進行と餌料密度の低下という游泳速度に影響を及ぼす二つの要因が相乗的に作用したためと考えられる。従来からの知見では空腹から給餌して約30分経過後にほとんど飽食すると考えられる (北島¹⁶⁾)。そして1時間前後たてば再び空腹状態に達する (伏見¹⁸⁾) ことが想像される。こうした経時的変化が今回の観察のように給餌後の時間経過、餌料密度と游泳速度の関係のように表われるものと思われる。

游泳速度が水槽底部に生息する個体と表中層にいる個体との間で著しく異なるのは諸器官の形態と山下¹¹⁾ や YAMAGISHI¹⁹⁾ らの観察からも明らかなように生活様式が従来の段階から次の段階すなわち、浮游性の生物を摂食していた時期から底生生物を摂食するようになり、それと相俟って生息域、行動が変化するようになったことが関与していると考えられる。特に田中²⁰⁾の観察からも明らかなように餌料栄養の吸収機能の発達によって摂餌様式が次の段階に達したこともみのがせない要因であろう。plaice においても変態前までは游泳速度が10cm/minから60cm/minまで増加するが変態時には急激に減少する (BLAXTER and STAINES²¹⁾)。すなわち游泳速度が稚仔魚の生態、行動様式い換えれば发育段階とも関連があることを示唆している。

稚仔魚の游泳能力を解析する場合、実験条件が作作的になり易いため観察が非常に困難であるが、今回の通常の飼育条件下における観察から考察すれば、成長および发育に伴って游泳に関する器官の機能は高まることは明らかである。しかしながら底生個体では見かけ上は游泳速度は低下するので抗流実験のような人為的条件下での観察も必要となろう。水槽内での游泳速度は秒速でだいたい後期仔魚期は体長の1倍、稚魚期は2~5倍に相当する。この値は plaice, walleye や yellow perch などの観察例 (RYLAND²²⁾, HOUDE²³⁾) と類似した値を示していることから稚仔魚における游泳速度としてそれ程通常の行動から逸脱したものではなからう。

摘 要

マダイ稚仔魚の成長に伴う行動の発達、特に游泳に関する発達を知るため通常の飼育条件下における観察を行い次のような結果が得られた。

- 1) ふ化仔魚は開口するまではほとんど動かないが、卵黄吸収と相俟って急激に動きを開始し、油球吸収期以後は常時游泳する。これらの一連の行動は摂餌生態の変化に伴って起ると考えられる。
- 2) 稚仔魚の游泳速度は成育に伴って増加するが、特にふ化後20日頃から速度が増加し始め、30日頃には給餌前で200cm/min程度の速さになる。こうした機能の発達は稚仔魚の形態変化や生活様式のうつりかわりと関連していると考えられる。
- 3) 餌料密度と摂餌条件(空腹、満腹)は稚仔魚の游泳速度に強く影響し、また餌料密度が低下すると速度は増加する。そしてこの傾向は、一般に発育段階が進む程著しくなる。

文 献

- 1) HJORT, J., 1926: Fluctuations in the Year Classes of Important Food Fishes. Jour. Du Cons., 1 (1), 5—38.
- 2) SETTE, O. E., 1948: Biology of the Atlantic Mackerel (*Scomber scombrus*) of North America. Part 1: Early Life History, Including Growth, Drift, and Mortality of the Egg and Larval Populations. Fish. Bull., 50 (38), 149—237.
- 3) TOETZ, D. W., 1966: The Change from Endogenous to Exogenous Sources of Energy in Bluegill Sunfish Larvae. Invest. Indiana Lakes & Streams, 7 (4), 115—146.
- 4) LASKER, R., H. M. FEDER, G. H. THEILACKER and R. C. MAY, 1970: Feeding, Growth, and Survival of *Engraulis mordax* Larvae Reared in the Laboratory. Marine Biology, 5 (4), 345—353.
- 5) JONES, A., 1972: Studies on Egg Development and Larval Rearing of Turbot, *Scophthalmus maximus* L., and Brill, *Scophthalmus rhombus* L., in the Laboratory. J. Mar. Biol. Ass. U. K., 52 (4), 965—986.
- 6) BLAXTER, J. H. S. and K. F. EHRLICH, 1974: Changes in Behaviour during Starvation of Herring and Plaice Larvae. 575—588. In J. H. S. Blaxter (ed.). The Early Life History of Fish. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York.
- 7) ROSENTHAL, H. and G. HEMPEL, 1970: Experimental Studies in Feeding and Food Requirements of Herring Larvae (*Clupea harengus* L.) 344—363. In J. H. Steele (ed.). Marine Food Chains. Univ. Calif. Press, Berkeley.
- 8) MAY, R. C., 1971: Effects of Delayed Initial Feeding on Larvae of the Grunion, *Leuresthes tenuis* (Ayres). Fish. Bull., 69 (2), 411—425.
- 9) WYATT, W., 1972: Some Effects of Food Density on the Growth and Behaviour of Plaice Larvae. Marine Biology, 14 (3), 210—216.
- 10) BLAXTER, J. H. S. and G. HEMPEL, 1963: The Influence of Egg Size on Herring Larvae (*Clupea harengus* L.) Jour. Du Cons., 28, 211—240.
- 11) 山下金義, 1963: マダイ養殖の基礎的研究 1, 稚仔の行動について. 水産増殖, 11 (4), 189—206.
- 12) 福原修, 1976: マダイ稚仔魚の形態学的研究—I. 鱭の形成について. 本誌, (9), 1—11.
- 13) HUNTER, J. R., 1972: Swimming and Feeding Behavior of Larval Anchovy *Engraulis mordax*. Fish. Bull., 70 (3), 821—838.

- 14) 福原修, 1974: 初期の飢餓がマダイ仔魚の生残り, 成長および発育に及ぼす影響について. 本誌, (7), 19—29.
- 15) 福所邦彦, 原修, 岩本浩, 1977: マダイ仔魚の大量飼育におけるシオミズツボムシ給餌量と摂餌量. 長崎水試研報, (3), 41—48.
- 16) 北島力, 福所邦彦, 岩本浩, 山本博敬, 1976: マダイ稚仔のシオミズツボムシ摂餌量. 同上, (2), 105—112.
- 17) HUNTER, J. R. and G. L. THOMAS, 1974: Effect of Prey Distribution and Density on the Searching and Feeding Behaviour of Larval Anchovy *Engraulis mordax* Girard. 559—574. In J. H. S. Blaxter (ed.). The Early Life History of Fish. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York.
- 18) 伏見徹, 1975: 4. 餌料, 水産学シリーズ 8 稚魚の摂餌と発育. 67—83. 日本水産学会編, 恒星社厚生閣刊.
- 19) YAMAGISHI, H., 1969: Postembryonal Growth and its Variability of the Three Marine Fishes with Special Reference to the Mechanism of Growth Variation in Fishes. Res. Popul. Ecol., 11 (1), 14—33.
- 20) 田中克, 1971: 仔魚の消化系の構造と機能に関する研究—Ⅲ. 後期仔魚の消化系の発達. 魚雑, 18 (4), 164—174.
- 21) BLAXTER, J. H. S. and M. E. STAINES, 1971: Food Searching Potential in Marine Fish Larvae. 467—485. In D. J. Crisp (ed.). Fourth European Marine Biology Symposium. Cambridge University Press.
- 22) RYLAND, J. S., 1963: The Swimming Speeds of Plaice Larvae. J. Exp. Biol., 40, 285—299.
- 23) HOUDE, E. D., 1969: Sustained Swimming Ability of Larvae of Walleye (*Stizostedion vitreum vitreum*) and Yellow Perch (*Perca flavescens*). J. Fish. Res. Bd. Canada, 26 (6), 1647—1659.