魚類稚仔期の口径に関する研究

代 田 昭 彦

(1969 年 12 月 19 日受理)

Studies on the Mouth Size of Fish Larvae

Akihiko SHIROTA*

Studies on the mouth size of larval fishes have not yet been fully made. The author measured the mouth size of various larval fishes which had absorbed yolk and just begin to take natural live food, and studied the relationship among mouth size, food size and growth of fish. Total body length of the material fishes ranged from 10 to 20 mm.

The results obtained are as follows.

1. No definite relationship was found between the mouth size and the total body length at the time of commencement of feeding.

2. The mouth size of various larval fishes at the time of commencement of feeding ranged from 200μ to $1,000\mu$ and was observed to have a close relationship to the size of their natural foods: That is, larval fishes having small mouth sizes, such as *Hypomesus*, *Plecoglossus*, *Ammodytes*, *Sillago*, *Konosirus* and *Oplegnathus* take only phytoplankton, protozoa and the nauplii of small copepods, but larval fishes having big mouth sizes, such as *Thunnus*, *Katsuwonus*, *Seriola*, *Girella*, *Mugil*, *Lateolabrax* and *Clupea* were found to easily take large copepods at the time of commencement of feeding.

3. Although the body size at the time of commencement of feeding, in fishes of rapid growth such as *Thunnus*, *Katsuwonus*, *Seriola* and *Scomber*, was much smaller (about 1/2) than that of *Clupea*, their mouth size was equal to or larger than that of *Clupea*.

4. It was made clear that the quicker the growth of fish, the greater is the mouth size at the time of commencement of feeding.

一般に孵化仔魚は卵黄を吸収するころから摂餌を始め生長するが、稚仔魚の口径は極めて小さいので食い得る餌料は質、大きさ、嗜好性の他に口径によつても影響されるものと考えられる。

養魚の種苗生産に当り特に仔魚期の餌料はほぼ天然餌料の研究であり、餌料の種類、大きさ、質、給餌条件や水質管理など多くの知見が得られているが、稚仔魚の口径から判断した摂餌可能な餌料の大きさの検討はなされていない。また自然界に棲息する魚類の生長に関連して、摂餌機構が取上げられ鰓耙やプランクトンの汙過水量の問題、更には捕食に伴うエネルギーの問題が対象とされてきたが、稚仔期を含めた口径との関係を扱った研究はほとんどない。

著者はいろいろな魚種の稚仔期の口径を測定し魚種による相違を調べると共に、摂餌開始期の仔魚の食い得る餌料の大きさ及び稚仔期の口径が将来のそれぞれの魚種の生長とどのような関係にあるかを検討した。その結果、口径は魚種によつて大きく相違し、摂餌開始期のそれぞれの仔魚の食い得る餌料の大きさの限界も知ることができた。また稚仔期の口径は生長の早い魚種ほど大きいという知見が得られたのでここにその結果を報告する。

* 国際機関・東南アジア漁業開発センター調査部局・シンガポール (International Organization: South East Asian Fisheries Development Center, Changi Point, Singapore)

本研究に当り資料の採集調査に協力を得た南ベトナムのニャチャン海洋研究所前所長、現サイゴン大学理学部物理学教授 Nguyen-HAI 博士、現所長 Tran-ngoc-Loi 博士並びに所員の方々に心から謝意を表す。また本稿に対し校閲を戴いた東大学農学部水産学科江草周三教授に厚くお礼申上げる。

実験方法

材料 資料の一部は著者が南支那海、シャム湾を含む南ベトナム沿岸域のプランクトン調査¹⁻³⁾の際に得たもので、資料は 5% ホルマリンで固定し、南ベトナムのニャチャン海洋研究所で測定した。魚類仔魚の同定は SCHAEFER⁴⁾, WADE⁵⁾, 内田⁶⁾, MATSUMOTO⁷⁾, YABE⁸⁾ や道津⁹⁾などに従った。また魚類全般を比較するために主要魚種で資料の不十分なものと北方系の魚類仔魚はそれぞれの原著から図上測定によつて求めた。

口径の測定法 魚類仔魚の口径の測定は前面、側面、両側面間の距離(口幅)及び開口面積などによる方法が考えられ、口の大きさは種類によりまた大きさによつても形態が異なるために一定の基準を求めることは難かしい。著者は側面からの測定方法を取り上下顎長の側面観の前吻端(A)から上下顎長の合する末端部(B)までの部分を顕微鏡下で測定した。口径は開口角(C)を一率に 90° とし上顎長(A~B) $\times \sqrt{2}$ として口径(D)を求めた。測定部位及び口径は Fig. 1 に示した。開口率は開口角 90° の場合を 100% とし、開口角 45° の場合を 50%, 開口率 0% は口を開かない場合とし、稚仔魚が開口する平均値(摂餌口径と呼ぶことにする)は開口率 50~75% (著者推定)とみなした。開口角は種類によつて 90° 以上の場合も 90° 以下の場合もあると考えられるが、ここでは相対的な問題とその傾向を主として取扱つたので、開口角を含めたそれぞれの魚類稚仔の口径に関する測定方法の厳密な吟味は今後の研究に期待したい。

Fig. 1. Method for measurement of the mouth sizes of larval fishes.

1. *Sardinops melanosticta*. 2. *Katsuwonus pelamis*.
3. *Thunnus albacares*.
4. Measurement of the mouth size of fish.

Table 1. The total length and the mouth size of larval fishes in the time of commencement of feeding.

No.	Species of fish	Egg size (mm)	Size of hatched larva (mm)	Time from hatch to absorption of yolk (days)	Body size of larval fish in the time of commencement of feeding	
					Total length (mm)	Mouth size (μ)
1	<i>Cyprinus carpio</i>	1.2~2.0	5.1~6.5	2~3	6.6	570
2	<i>Carassius auratus</i>	0.7~1.2	4.5	2	5.2	400
3	<i>Hypomesus olidus</i>	0.5~0.8	4.2	4	5.0~6.2	226
4	<i>Salmo gairdneri-irideus</i>	4.0~6.4	13.3~18.3	50	17.4~25.1	—
5	<i>Plecoglossus altivelis</i>	0.9~1.1	4.3	1	6.6	375
6	<i>Rhinogobius similis</i>	1.4~2.1	7.5	2	7.9~8.3	509
7	<i>Mugil cephalus</i>	0.9~1.0	—	—	5.2	636~882
8	<i>Lateolabrax japonicus</i>	1.22~1.45	3.0~4.6	3~5	—	—
9	<i>Oncorhynchus kisutch</i>	6.0~8.0	—	100~150	—	—
10	<i>Ammodytes personatus</i>	0.85~0.95	3.3~4.0	2	4.4~5.0	226
11	<i>Konosirus punctatus</i>	1.4~1.6	3.2~3.4	4	4.8~5.2	264
12	<i>Etrumeus micropus</i>	1.2~1.4	3.8	3	6.0~6.9	690
13	<i>Engraulis japonica</i>	0.7~1.6	2.6	3	3.7	233~283
14	<i>Sardinops melanosticta</i>	1.5~1.75	3.0~3.8	3	5.0	426
15	<i>Spratelloides japonicus</i>	0.93~1.29	4.6~4.7	1	4.8~5.2	276
16	<i>Clupea pallasii</i>	1.3~1.6	6.8~7.6	7	9.0~10.5	728
17	<i>Harengula zunasi</i>	—	—	—	4.4	291
18	<i>Ilisha elongata</i>	2.2~2.5	5.1	4~5	6.8	496
19	<i>Tylosurus melanotus</i>	3.22~3.52	1.16	2	12.8~14.0	1450
20	<i>Cololabis saira</i>	1.51~1.98	6.2~6.7	2	7.2~7.4	546
21	<i>Hemiramphus sajori</i>	2.1~2.3	7.7	2	9.2	550
22	<i>Trachurus japonicus</i>	—	—	—	3.6	298~481
23	<i>Scomber japonicus</i>	0.9~1.3	3.0	3	3.7~4.0	622
24	<i>Seriola aureovittata</i>	—	—	—	5.5	1004
25	<i>Seriola quinqueradiata</i>	1.25	3.45~3.5	4	5.1	994
26	<i>Seriola purpurascens</i>	—	—	—	5.5	984
27	<i>Sillago sihama</i>	0.61~0.71	1.31	3~4	2.6~3.0	255~311
28	<i>Girella punctata</i>	1.01~1.05	2.27~2.35	—	6.6	882
29	<i>Siganus fuscescens</i>	0.62~0.66	2.6	3	3.0~3.3	287
30	<i>Oplegnathus fasciatus</i>	0.86~0.95	2.1~2.3	4	3.0	259
31	<i>Mylio macrocephalus</i>	0.74~0.94	1.70~2.18	2~3	2.3~2.7	—
32	<i>Chrysophrys major</i>	0.9~1.0	2.0	3	3.1~3.5	—
33	<i>Katsuwonus pelamis</i>	0.80~1.17	2.44~3.04	4	3.7~4.0	930
34	<i>Thunnus albacares</i>	1.0	2.6	—	—	—
35	<i>Thunnus thynnus</i>	0.6~1.0	2.6	4	3.7	—
36	<i>Fugu rubripes</i>	1.35~1.45	2.9	6	3.6	303
37	<i>Platycephalus indicus</i>	0.88~0.91	1.78	4	2.84	223
38	<i>Chelidonichthys kumu</i>	1.20~1.27	3.21~3.26	4	4.05~4.20	594
39	<i>Gadus macrocephalus</i>	1.25~1.30	3.6	3~4	4.3	424
40	<i>Eopsitta grigorjewi</i>	1.10~1.20	3.0~3.2	5~6	4.5~4.6	368

餌料の大きさの表示法 天然餌料の大きさの表示は動物餌料ではほとんどが体長のみの表示であり、植物餌料は細胞幅×細胞長で表示されてきた。著者は仔魚期を含めた魚類の摂餌機構から判断し、体長の表示は必ずしも摂餌される餌料の大きさを代表するものではないことから、餌料の大きさは餌料の体幅あるいは直径で表示するように改めた。

満1年目の魚体長及びその間の生長 満1年目の魚体長あるいは満1年末満の生長は総てそれぞれの魚種を扱った原著者の報告書に基き引用したが、ほとんどの魚種において得られた結果は原著者達の取扱った棲息域、測定方法や年齢査定との相違によつてまちまちであつた。またマグロ類やカツオなどの大形回游魚では満1年末満の資料が不十分であるため完全な生長曲線は得られていない。

結 果

仔魚の摂餌時の大きさと卵径、孵化時全長及び口径との関係 魚類の卵は孵化してから卵黄を吸収するまでに普通数日を要するが、卵黄が完全に吸収される前後から摂餌が開始される。Table 1 は魚類の卵径、孵化直後の大きさ、卵黄吸収までに要する日数、摂餌時の大きさ及び口径を示したものである。

卵径は一般に1 mm 前後であるが、キス *Sillago*

Fig. 2. The relationship between the egg size and the total length of fish in the time of commencement of feeding. Figures indicate the species of the fishes given in Table 1.

Fig. 3. The relationship between the total length of newly hatched larva and the total length of fish in the time of commencement of feeding. Figures indicate the species of the fishes given in Table 1.

sihama, アイゴ *Siganus fuscescens* では 0.5~0.7 mm, ボラ *Mugil cephalus* やタイ類のマダイ *Chrysophrys major*, クロダイ *Mylio macrocephalus*, インダイ *Oplegnathus fasciatus* では 1 mm 以下, コイ *Cyprinus carpio*, キンギョ *Carassius auratus* は 0.7~2.0 mm, アユ *Plecoglossus altivelis* やカツオ *Katsuwonus pelamis* では約 1 mm, ブリ *Seriola quinqueradiata*, マダラ *Gadus macrocephalus*, ホウボウ *Chelidonichthys kumu*, カレイ類のムシガレイ *Eopsetta grigorjewi*, ヤナギムシガレイ *Tanakius kitaharai*, メイタガレイ *Pleuronichthys cornutus* では 1.1~1.3 mm, イワシ類のマイワシ *Sardinops melanosticta*, カタクチイワシ *Engraulis japonica* やニシン *Clupea pallasii*, トビウオ *Prognichthys agoo* は 1.5 mm 程度, サンマ *Cololabis saira* は 1.5~2.0 mm, ヒラ *Hirata elongata*, サヨリ *Hemiramphus sajori* は 2.0~2.5 mm, テンジクダツ *Tylosurus melanotus* では 3 mm 以上である。サケ・マス類は最大の卵径をもちニジマス *Salmo gairdneri-irideus* で 4~6.5 mm, ギンザケ *Oncorhynchus kisutch* では 6~8 mm である。

卵が孵化してから卵黄を吸収するまでに普通数日を要するがアユやキビナゴ *Spratelloides japonicus* では 1 日, ニシンでは 7 日を要し, サケ・マス類では最も遅くニジマスで約 50 日, ギンザケなどでは 100~150 日を必要とする。

卵黄を吸収し終る時期に摂餌が始まる。魚類の卵径と摂餌時の体長(全長で表示)との関係を調べると Fig. 2 に示すように卵径 (x mm) が大きいほど摂餌時の体長 (y mm) は大きく, ほぼ直線 $y = 4.0x$ で表わされる。また孵化時の全長と摂餌時の大きさとの関係は Fig. 3 に示すごとく直線関係となり孵化時の全長を x , 卵黄を吸収し摂餌が開始する魚体長(全長)を y とすれば両者の間には

$$y = 1.357x$$

Fig. 4. The relationship between the total length of fish in the time of commencement of feeding and the mouth size. Figures indicate the species of the fishes given in Table 1.

が成立する。但し単位は mm である。

従つて孵化時の全長がわかれば摂餌時の全長をほぼ推定することができよう。サケ・マス類の摂餌時の全長は最も大きく約 25~35 mm, 次がテンジクダツ, 続いてニシン, ソウギョ *Ctenopharyngodon idellus*, ハクレン *Hypophthalmichthys molitrix*, サンマ, サヨリなどとなつているが生長が早いと考えられるカツオ, サバ *Scomber japonicus*, ブリ, マグロ類のクロマグロ *Thunnus thynnus*, キワダ *Thunnus albacares* (マグロ類は卵径及び孵化直後の大きさより推定) などは孵化時及び摂餌時の大きさはニシンの半分以下である。またインダイ, クロダイ, マダイなどタイ類やマダラなども孵化時, 摂餌時ともにかなり小さいことがわかる。

Fig. 4 は摂餌時の大きさと口径との関係を示したものである。サケ・マス類及びテンジクダツは摂餌時の大きさと口径も共に大きい, カツオ, ヒラマサ *Seriola aureovittata*, カンパチ *Seriola purpurascens*, マサバ, ブリ, スズキ *Lateolabrax japonicus*, ボラなどでは摂餌時の大きさが小さいにも拘らず口径は極めて大きいことがわかつた。ニシンは摂餌開始時の体長が大きい割に口径は小さく, 従つて魚体は細長いことがわかる。またサンマ, サヨリ, ヨシノボリ *Rhinogobius similis* なども同じ傾向を示している。一方摂餌時の全長に対する口径の割合を求めてみると Fig. 5 のようになり, この割合を魚種間で比較検討することができる。

カツオの口径の割合は 25.1% で全長の約 1/4 で (マグロ類も同程度と推定される) 極めて口径が大きい。我々に最もよく知られているコイやキンギョではそれぞれ 8.6%, 7.7% で口径は全長の 1/12~1/13 となり全魚種の平均が, やや小さいといえよう。

またアユでは 1/17, ワカサギ *Hypomesus olidus* は最もこの割合が小さく 1/25 程度である。

仔魚期の生長に伴う口径の変化 仔魚が摂餌を始め生長し始めるとそれに伴つて頭長や口径も大きくなる。Fig. 6 は仔魚期の生長に伴う口径の変化を示したものである。

仔魚期の全長が 20 mm 以下の場合の口径の大きなものから順に魚種をあげるとマグロ (キワダ), カツオ, ブリ, マダラ, スズキ, マサバ, クロダイ, カンパチ, カタクチイワシなどとなり, 20 mm 以上ではカタクチイワシ, マイワシ, ニシン, マダラ, コノシロ *Konosirus punctatus*, サッパ *Harengula zunasi*, カンパチなどの口径が体長に比して著しく増大する傾向がみられた。魚体の大きさが 20 mm 以上の場合には大部分の魚種の口径は 1.5~4.0 mm に達する。口径が 2 mm 以上では天然に棲息する主要な動物性餌料である Copepoda のほとんどの種類^{1,3)}がほぼ食い得ると推定される。

仔魚の全長 10 mm, 15 mm, 20 mm の場合の各魚種の口径を比較してみると Table 2 のようにいずれもキワダ (マグロ) が最高値を示している。

Fig. 5. The relationship between the mouth size and the total length of larval fishes in the time of commencement of feeding.

Fig. 6. Relationship between the total length of larval fishes and the mouth sizes. Figures indicate the species of the fishes given in Table 1.

キワダ (マグロ) の稚仔期の生長に関する報告は極めて少なく、ここでは全長 8 mm (矢部⁸⁾) と 53.1 mm (Marchal) の二つの実点を縛んで得たものである* (Fig. 6)。従つて計算口径はそれぞれ 2.97 mm となり、口径の全長に対する割合はそれぞれ 37.1% と 17.6% で極めて高いが、稚魚では仔魚に較べ口径の全長に対する割合は小さくなることがわかる。

全長 10 mm の場合の口径は大きい順にキワダ (マグロ)、カツオ、ブリ、マサバ、カンパチ、スズキ、マアジ、マダラ (以上 1.5~3.3 mm)、マダイ、メジナ *Girella punctata*、クロダイ、カタクチイワシ (以上 1.1~1.3 mm)、トラフグ *Fugu rubripes*、サッパ、マイワシ、コノシロ、ニシン、サンマ、アユ (以上 0.5~0.9 mm) となつた。全長 15 mm ではキワダ (マグロ)、カツオ、ブリ、マアジ、マサバ、スズキ、マダラ、クロダイ (以上 2.0~4.0 mm)、カンパチ、マダイ、メジナ、カタクチイワシ、サッパ、コノシロ、マイワシ、トラフグ (以上 1.0~1.9 mm)、ニシン、サンマ、アユ (以上 0.8~1.0 mm)。全長 20 mm の場合にはキワダ (マグロ)、カツオ、マダラ、ブリ、スズキ、マサバ (以上 3.0~4.7 mm)、クロダイ、カンパチ、カタクチイワシ、サッパ (以上 2.1~2.6 mm)、メジナ、コノシロ、トラフグ (以上 1.8~1.9 mm)、ニ

* 一般に生長は S 字曲線で表わされるので、実際には僅かに懸垂状の曲線を画くと考えられるが、著者はその実点をそのまま生かして直線上から比例的にキワダの口径を求めた。

Table 2. The mouth size of larval fish at different body sizes.

Total length of fish		*	10 mm	15 mm		20 mm	
No.	Species of fish	Mouth size (μ)	Mouth size (mm)	Species of fish	Mouth size (mm)	Species of fish	Mouth size (mm)
1	<i>Thunnus albacares</i>	—	3.3	1	4.0	1	4.7
2	<i>Katsuwonus pelamis</i>	930	3.0	2	3.3	2	3.9
3	<i>Seriola quinqueradiata</i>	994	2.1	3	2.8	8	3.4
4	<i>Scomber japonicus</i>	622	1.8	7	2.6	3	3.3
5	<i>Seriola purpurascens</i>	984	1.7	4	2.6	6	3.2
6	<i>Lateolabrax japonicus</i>	—	1.6	6	2.5	4	3.0
7	<i>Trachurus japonicus</i>	390	1.5	8	2.1	11	2.6
8	<i>Gadus macrocephalus</i>	424	1.5	11	2.0	5	2.6
9	<i>Chrysophrys major</i>	—	1.3	5	1.9	12	2.5
10	<i>Girella punctata</i>	882	1.3	9	1.9	14	2.1
11	<i>Mylio macrocephalus</i>	—	1.1	10	1.6	10	1.9
12	<i>Engraulis japonica</i>	250	1.1	12	1.5	16	1.8
13	<i>Fugu rubripes</i>	303	0.9	14	1.4	13	1.8
14	<i>Harengula zunasi</i>	291	0.8	16	1.3	17	1.5
15	<i>Sardinops melanosticta</i>	426	0.8	15	1.3	15	1.5
16	<i>Konosirus punctata</i>	264	0.7	13	1.2	19	1.3
17	<i>Clupea pallasii</i>	728	0.7	17	1.0		
18	<i>Cololabis saira</i>	546	0.6	18	0.9		
19	<i>Plecoglossus altivelis</i>	375	0.5	19	0.8		

* Larval fish in the time of commencement of feeding.

シン、マイワシ、アユ（以上 1.3~1.5 mm）となり生長するにつれてそれぞれの口径も増大するが、口径の大きな上位 6 種程は余り順位の変動もなくしかも生長が早いことがわかった。ここで特に目だつのはマダラの口径で、全長 10 mm の時 8 位、全長 15 mm の時 7 位であつたものが全長 20 mm の時には 3 位となり、この頃からマダラの口径が急激に増大するものと考えられる。

尚、摂餌開始時（体長は魚種により異なる）に大きな口径をもつブリ、カンパチ、カツオ、メジナ、ニシン、サバの中メジナ、ニシンは全長 10 mm では既に他種に較べて口径が小さくなり、全長 20 mm までの範囲でも同様小さいことが注目される。

仔魚の口径と摂餌可能な天然餌料の大きさ 孵化した仔魚は卵黄を吸収し摂餌を開始するが、一体どの程度の大きさの天然餌料を食い得るのであろうか。

著者はこれまで開口率 100% の場合の各魚種間の口径を論じてきたが、摂餌に当つてはより正確な実測が必要となる。先ずここで問題となるのは開口率 100% で摂餌が可能か否かということであるが、実際上は 100% の開口率で摂餌する（例えば口径 1.0 mm の仔魚が直径 1.0 mm の餌料を食べること）ことは一般に極めて珍の状態と考えられるので著者は摂餌口角から判断される開口率 50~75% を平均の摂餌開口率とみなして餌料との関係を検討した。

Fig. 7 は摂餌開始時の仔魚の口径と餌料の大きさを示したものである。図中黒の太線は実際の天然餌料の大きさを示し、淡水産及び海産天然餌料の二つの group に分け記入した。尚主な天然餌料の種類と大きさは Table 3 に示した。

淡水産のワカサギは摂餌開始時に 115~170 μ の大きさの餌料を摂餌することが可能である（勿論これ以下の大きさの餌料は総て摂餌可能である）。実際には淡水産のミジンコ類¹⁰⁾ *Daphnia* や *Moina* など大きくて食えず、またそれらの nauplius さえも摂餌は不可能である。ただ汽水産の輪虫シオミズボウムシ

Fig. 7. Relationship between the mouth sizes of larval fishes and the size of live foods.
The mouth opening rate is 50~75%.

*Brachionus plicatilis*¹¹⁻¹³⁾ はかろうじて摂餌可能であろう。従つてこれら輪虫類¹⁴⁾ が天然で不足する場合には専ら原生動物^{3, 15)} か植物プランクトンに依存しなければならないであろう。人工飼育の場合には孵化後まもないアカムシ幼虫 *Chironomus dorsalis*¹⁶⁾ あるいはミクロワーム *Anguillula silusiae*¹⁷⁻¹⁹⁾ は十分に摂餌可能な大きさなので、これを給餌することによつて飼育が可能である。アユやキンギョの摂餌可能な餌料の大きさはそれぞれ 190~290 μ 及び 200~300 μ である。それ故ミジンコ類の *Daphnia rosea*, *D. pulex*, *Bosmina coregonitypica*, *B. longirostris*, *Moina macrocopa*, *M. affinis*²⁰⁾ の nauplius は摂餌不可能が極めて困難である。しかし *Moina dubia*, *Ceriodaphnia megops*, *C. regaudi* などの nauplius は摂餌可能である。天然アユの仔魚は海産であるからこの程度の餌料の大きさが摂餌されるものと考えられ、人工飼育の場合にはシオミズツボウムシやアカムシ幼虫が最も適当な餌料と思われる。コイでは 285~425 μ の大きさの餌料が摂餌可能でキンギョなどに較べやや摂餌範囲は大きくなるが、それでも nauplius

Table 3. Species and the size of natural live foods for larval fishes.

Fresh-water live foods	
Species	Size
<i>Chlorella ellipsoidea</i>	5~3 μ $\times$ 7.5~9.5 μ
<i>C. vulgaris</i>	5~10 μ
<i>Scenedesmus bijuga</i>	4~7 μ $\times$ 7~18 μ
<i>S. dimorphus</i>	3~6 μ $\times$ 16~22 μ
<i>S. armatus</i>	4~8 μ $\times$ 7~14 μ
<i>S. obliquus</i>	3~9 μ $\times$ 10~21 μ
<i>S. quadricauda</i>	3.5~6 μ $\times$ 11~15 μ
<i>Microcystis incerta</i>	3~4 μ (colony 100 $\times$ 300 μ)
<i>M. aeruginosa</i>	0.5~4 μ (colony 5 $\times$ 200 μ)
<i>Euglena oxyuris</i>	19~38 μ $\times$ 140~450 μ
<i>E. terricola</i>	8~17 μ $\times$ 68~93 μ
<i>E. rostrifera</i>	18~48 μ $\times$ 90~140 μ
<i>E. minima</i>	10~15 μ $\times$ 25~40 μ
<i>E. retronata</i>	9~15 μ $\times$ 18~34 μ
<i>Daphnia rosea</i>	0.4~1.2 mm $\times$ 0.8~2.0 mm
<i>D. pulex</i>	0.5~1.4 mm $\times$ 1.1~2.3 mm
<i>Ceriodaphnia megops</i>	0.2~1.0 mm $\times$ 0.8~1.5 mm
<i>C. regaudi</i>	0.25~0.3 mm $\times$ 0.4~0.5 mm
<i>Bosmina coregonitypica</i>	0.4 mm $\times$ 0.45 mm
<i>B. longirostris</i>	0.35~0.46 mm $\times$ 0.46~0.6 mm
<i>Moina dubia</i>	0.11 mm $\times$ 0.38 mm
<i>M. macrocopa</i>	0.37~1.1 mm $\times$ 0.6~1.8 mm
<i>M. affinis</i>	0.45~0.5 mm $\times$ 0.7~1.0 mm
<i>Glaucoma scintillans</i>	40~50 μ $\times$ 60 μ
<i>Tetrahymena faurei</i>	40 μ $\times$ 60 μ
<i>T. pyriformis</i>	40 μ $\times$ 55 μ
<i>Colpidium striatum</i>	45~65 μ $\times$ 90~120 μ
<i>Anguillula silusiae</i>	8 μ $\times$ 0.17 mm~0.25 $\times$ 2.3 mm
<i>Limnodrilus gottoi</i>	0.7~1.0 mm $\times$ 7~10 cm
<i>Chironomus dorsalis</i>	0.13 $\times$ 0.7 mm~1.28 mm $\times$ 1.3 cm
Marine-water live foods	
Species	Size
<i>Thalassiosira condensata</i>	17~30 μ $\times$ 50~100 μ (max. 5 cells)
<i>Skeletonema costatum</i>	18~35 μ $\times$ 10000 μ
<i>Chaetoceros compressus</i>	10~24 μ $\times$ "
<i>C. brevis</i>	10~40 μ $\times$ "
<i>C. lorenzianus</i>	10~40 μ $\times$ "
<i>C. sp.</i>	5~20 μ $\times$ 25~100 μ (max. 4~5 cells)
<i>C. simplex</i>	3~4 μ $\times$ 5~10 μ
<i>Trichodesmium thieboutii</i>	5~16 μ $\times$ 500~600 μ
<i>T. erythraeum</i>	5~20 μ $\times$ 100 μ
<i>Brachionus plicatilis</i>	72 $\times$ 96 μ ~165 $\times$ 236 μ
<i>Eucyclops sp.</i>	0.2~2.5 mm $\times$ 0.7~0.9 mm
<i>Artemia salina</i>	0.19 $\times$ 0.46 mm~1.6 mm $\times$ 10~12 mm

Fig. 8. The relations between mouth size and size of live foods in larvae of various species of fish at the stages of 10 mm (A) and 15 mm (B) in the total length.

が対象となるので実験室で飼育する場合にはミジンコ類の nauplius は選別して給餌されなければならないであろう。

養魚の場合には以上の事柄が中村²¹⁾の指摘したトビの現象をもたらす最大の原因となることがよく理解できる。このように餌料の大きさが仔魚の口径と密接に関係する範囲では例え一個体であつても動物性天然餌料が摂餌可能か否かはその種の生長と摂餌競争に重大なる影響を及ぼすものと考えられる。

一方海産稚仔魚についても淡水産の場合と全く同様である。今餌料としてアルテミア *Artemia salina*^{1,22-24)} を選り摂餌開始時の仔魚の摂餌状態を検討してみよう。フグ類やメイタガレイ、キスではやつと孵化時のアルテミアの幼生を食い得る(アルテミナの游泳肢が大きいためにやや困難の場合もある)ことがわかるが、インダイ、コノシロ、ワカサギ、イカナゴ *Ammodytes personatus*、ミジンベニハゼ *Lubricogobius exiguus* やヒガンフグ *Fugu pardalis* では摂餌は不可能と思われる。これに対してカツオ、ブリ、メジナ、スズキ、ボラ、ニシン、ウルメイワシ、マサバ、ホウボウ、サンマ、サヨリなどでは卵黄吸収後直ちにアルテミア幼生が摂餌可能であろう。従つてこれらの魚種は天然では海産のほとんどの動物性プランクトンの nauplius や植物プランクトンを十分に摂餌し得るであろう。海産植物プランクトンの藍藻類に属する *Trichodesmium thiebautii*^{1,25)} や *T. erythraeum*¹⁾ は熱帯性プランクトンで特に沿岸域に卓越して見出される¹⁾が、細胞チェーンが長くまたその colony は 3000 μ 以上にも達する場合があることから時に摂餌は不可能となる。*Chaetoceros* や *Skeletonema* も同様で、集約的養殖の場合にはよく攪拌などして細胞チェーンの長さを細分する*ことも必要と考えられる。

Fig. 9. The growth of fishes given by various authors.

* 甲殻類特にエビやカニなどの場合には魚類と異なり餌を嚙食するので、餌料の大きさは魚類にくらべ余り問題にならない。

しかし仔魚が生長すればそれに伴つて摂餌可能な餌料の大きさの範囲も変つてくる。仔魚全長 10 mm 及び 15 mm の場合における口径と摂餌可能な餌料の大きさは Fig. 8 に示した。

本文で取扱つた魚種を含め養殖対象魚の口径が明らかになれば、どの程度の餌料が食い得るかの予測ができ、例え人工餌料の場合でも餌料粒子の大きさを合理的に判断して作製することができるであろう²⁶⁾。

魚類の生長と稚仔期の口径 以上のごとく孵化後まもない仔魚において、口径の大きな魚種は小さなものに比べ大きな餌料を摂餌することができるので生長も生長も早くなると考えられる。仔魚期を過ぎ稚魚以上に生長すればどの魚種の口径も大きくなるので大形動物プランクトンでも容易に摂餌が可能となる。しかし実際には稚魚以上では Trophic level に従つて対象とする餌料が動物プランクトンから稚仔魚、幼魚や若魚へと変つてくる。こうして魚類はいわば捕食——被捕食の関係においても互に生長が続けられるが、現在この段階における摂餌と口径との関係は明らかではない。

そこで魚類稚仔期の口径と稚仔魚が生長し満 1 年目に達した時の体との関係を調べてみた。

Fig. 9 はこれまでに内外の研究者達によつて報告された主要魚種の満 1 年までの生長を示したものである。その値は図中に示したように研究者によつて大きな相違が見られる。この原因としては魚類が棲息する水域の環境の差及びそれぞれの研究者による年令査定の一不一致によることなどがあげられるであろう。またカツオ、マグロなどでは稚魚、幼魚、若魚などの資料^{27,28)}が断片的であるため満足すべき生長曲線は得られなかつた。ブリは近年各地で養殖が盛んに行われ、生長曲線が得られているが養殖池での生長が最大飽食量の給餌で最大生長を示した値であるか否かは疑問である。

この図から満 1 年目の魚類の体長を比較してみると最も体長の大きいのはマグロ類であり、次にカツオ、ブリ、サバの順となつている。ギンザケやカラフトマス *Oncorhynchus gorbusha* の体長はほぼカツオやブリに匹敵するが、その生長曲線は他の魚種と異つている。これはサケ・マス類の卵が孵化後、卵黄を吸収

Table 4. The comparison of the mouth size of each larval fish with that of *Thunnus albacares* in different sizes.

Total length of fish	10 mm	15 mm	20 mm
Species of fish	Percentage (%)		
<i>Thunnus albacares</i>	100.0	100.0	100.0
<i>Katsuwonus pelamis</i>	90.9	82.5	72.3
<i>Seriola quinqueradiata</i>	63.3	70.0	70.2
<i>Scomber japonicus</i>	54.5	65.0	63.8
<i>Seriola purpurascens</i>	51.5	47.5	55.3
<i>Lateolabrax japonicus</i>	48.4	62.5	68.1
<i>Trachurus japonicus</i>	45.4	65.0	—
<i>Gadus macrocephalus</i>	45.4	52.5	72.3
<i>Chryshphrys major</i>	39.4	47.5	—
<i>Girella punctata</i>	39.4	40.0	40.4
<i>Mylio macrocephalus</i>	33.3	42.0	50.0
<i>Engraulis japonica</i>	33.3	37.5	53.2
<i>Fugu rubripes</i>	27.3	30.0	38.3
<i>Harengula zunasi</i>	24.2	35.0	44.7
<i>Sardinops melanosticta</i>	24.2	32.5	31.9
<i>Konosirus punctatus</i>	21.2	32.5	38.3
<i>Clupea pallasii</i>	21.2	25.0	31.9
<i>Cololabis saira</i>	18.2	22.5	—
<i>Plecoglossus altivelis</i>	15.1	20.0	27.7

するまでに 4~5 カ月を要することと関係がある。また仔魚の摂餌時の体長は大きく 3~4 cm に達し、口径も大きいので直ちに大形の Copepoda や中型の底棲動物であるアカムシ幼虫や多くの他の水棲昆虫を摂餌する^{29,30)} ことによって摂餌開始後急激な生長がもたらされたものと考えられる。以上の種類は満 1 年目に平均体長 22 cm から 63 cm に達した魚種であるが、平均体長 20 cm 以下にしかないといわれている魚にマアジ、マダイ、マイワシ、サンマ、ニシン、クロダイがありこの順で体長は小さくなっている。

Table 2 から各魚種のそれぞれの全長 (10, 15, 20 mm) における口径のキワダマダグロの (口径を 100 とした場合の) 口径に対する割合を求めると、Table 4 のごとくなる。また Fig. 9 に示した魚類の中 HENNEMUTH³¹⁾ 及び DAVIDOFF³²⁾ の推定したキワダの満 1 年目の魚体長 (60 cm) を 100 とし、これに対する各魚種の満 1 年目の体長の割合を求め Table 4 の結果と対比してみると Fig. 10 のごとくになった。

基準になつたキワダの推定体長は研究者によつて異なる値を示しているため図ではある程度の幅が生じている。カツオ、ブリ、マサベ、マイワシ、ニシン、サンマでは各研究者による魚体長の推定値の相違することと、キワダを基準とした場合の稚仔魚の口径の割合が Table 4 に見られるとおり全長 (10~20 mm) によつて相違することによつて、これらの魚種では面積として表示された。なお図中の破線は著者による推定で

Fig. 10. The relationship between the mouth size of larval fish 1~20 mm in total length and the growth in one year.

1. <i>Thunnus albacares</i>	7. <i>Fugu rubripes</i>
2. <i>Katsuwonus pelamis</i>	8. <i>Mylio macrocephalus</i>
3. <i>Seriola quinqueradiata</i>	9. <i>Sardinops melanosticta</i>
4. <i>Scomber japonicus</i>	10. <i>Clupea pallasii</i>
5. <i>Trachurus japonicus</i>	11. <i>Cololabis saira</i>
6. <i>Chrysophrys major</i>	

ある。

この図からカツオはマグロ類について口径及び体長とも大きく、続いてブリ、マサバ、タイ、トラフグ、マイワシ、ニシン、サンマの順で小さくなっており、結局、生長の早い魚種ほど稚仔期の口径が大きいことがわかった。

要約及び結論

いろいろな魚種の稚仔期の口径を測定し、口径と全長、餌料及び満1年後の魚体長との関係を検討し以下のごとき結果を得た。

1. 摂餌開始期の仔魚全長は卵径及び孵化時の全長とは相関をもつが、口径と全長との間には相関はない。
2. カツオ、サバ、ブリなどの孵化時及び摂餌開始期の全長はニシンの半分程度で小さいが、口径はニシンと同じかやや大きい。
3. 摂餌開始期における仔魚全長に対する口径の割合はマグロ、カツオ、ブリ、アジ、サバ、スズキが15~25%で最大、コイ、キンギョ、ニシン、サンマは7.5~8.5%で中位、ワカサギ、コノシロ、イカナゴでは3~5%で最小である。
4. 摂餌開始期における仔魚の口径は魚種により大きく異なり200~1000 μ の範囲にあり、彼等が摂餌する天然餌料の大きさと密接な関係をもつことが観察された。即ち摂餌開始期に小さな口径をもつワカサギ、アユ、イカナゴ、キス、コノシロやインダイは植物プランクトン、原生動物や小さなCopepodaのnaupliusしか摂餌できないが、口径の大きなマグロ、カツオ、ブリ、メジナ、ボラ、スズキやニシンは最初から大形の動物プランクトン(Copepoda)でも摂餌が可能である。
5. 生長の早い魚種(例えばマグロ、カツオ、ブリ、サバ、スズキなど)ほどその稚仔期の口径は大きい。

文 献

- 1) A. SHIROTA: The Plankton of South Vietnam—Fresh-Water and Marine Plankton, 489 pp., Overseas Technical Cooperation Agency, Japan (1966).
- 2) A. SHIROTA, Le-thi-ngoc-ANH, and Tran-dinh-AN: *Inf. Bull. Planktology, Vietnam*, 1 (1), 82~100 (1967).
- 3) 代田昭彦: 南ベトナムにおける浮遊生物学の進歩と水産業の将来性, 海外技術協力事業団, 202 pp. (1969).
- 4) M. B. SCHAEFER and J. C. MARR: *U. S. Fish and Wildl. Serv., Fish. Bull.*, 44, 187~206 (1948).
- 5) C. B. WADE: *ibid.* 51, 445~485 (1951).
- 6) 内田恵太郎編: 九州大学農学部水産学科第二教室, 89 pp. (1958).
- 7) W. M. MATSUMOTO: *U. S. Fish and Wildl. Serv., Fish. Bull.*, 128, 31~72 (1958).
- 8) H. YABE and S. UYEYANAGI: *Occ. Rep., NFRRL*, No. 1, (1962).
- 9) Y. DÔTU and S. FUGITA: *This Bull.*, 29, 969~975 (1963).
- 10) A. SHIROTA and Hoang-quoc-TRUONG: *Ann. Fac. Sci. Saigon Univ.*, 177~236 (1963~1964).
- 11) A. SHIROTA: *Inf. Bull. Plank. Vietnam*, 1, 49~81 (1967).
- 12) A. SHIROTA: *Inst. Océanogr. Nha Trang, Vietnam*, 31 pp. (1968).
- 13) 伊藤 隆: 三重県立大学水産学部紀要, 3, 708~740 (1960).
- 14) 安達六郎: 日本プランクトン研究連絡会報, 13, 76~82 (1966).
- 15) 代田昭彦: 日本水産学会年会講演 (1959),
- 16) 代田昭彦: アカムシの研究養一魚餌料の飼育培養法, 148 pp. 恒星社厚生閣 (1969).
- 17) 狩谷貞二・代田昭彦: 日本水産学会年会講演 (1958).
- 18) 代田昭彦: 修士論文, 東北大学農学部 (1957).
- 19) M. GRINDAL: in "Fish Foods", 202~204 (1957).
- 20) A. SHIROTA and Tran-dinh-AN: *Inst. Océanogr. Nha Trang, Vietnam*, 47 pp. (1966).
- 21) 中村中六・笠原正五郎: 本誌, 21, 1022~1024 (1956).
- 22) 寺本賢一郎・木下祝郎: 本誌, 27, 801~804 (1961).

- 23) 二村義八朗: 本誌, **29**, 424~433 (1963).
- 24) 平野礼次郎・大島泰雄: 本誌, **29**, 282~297 (1963).
- 25) 永沢祥子・丸茂隆三: 日本プランクトン研究連絡会報 (記念号), 139~144 (1967).
- 26) 代田和彦: 日本生態学会・東北地区会通信, **7**, 1~3 (1959).
- 27) 川崎 健: 水産研究叢書, 日本水産資源保護協会, **8**, 108 pp. (1965).
- 28) 中村広司: 同誌, **10**, 111 pp. (1965).
- 29) 松下友成: 同誌, **6**, 147 pp. (1965).
- 30) ア・イ・スインコフ: TINRO, No. **34**, (1951).
- 31) R. C. HENNEMUTH: *Bull.*, IATTC, **5**, 1~82 (1961).
- 32) E. B. DAVIDOFF: *ibid.*, **8**, 201~237 (1963).