

## 実験動物としてのブルーギルサンフィッシュ に関する研究

### II. 卵内発生と稚仔の成長

中村中六・笠原正五郎・矢田敏晃\*  
(広島大学水畜産学部水産学科)

## Studies on the Usefulness of the Bluegill Sunfish, *Lepomis macrochirus* Rafinesque, as an Experimental Standard Animal

### II. On the Developmental Stages and Growth from the Egg through One Year

Nakaroku NAKAMURA, Shogoro KASAHARA and Toshiaki YADA\*

Department of Fisheries, Faculty of Fisheries and Animal Husbandry,  
Hiroshima University, Fukuyama

(Figs. 1-5; Tables 1-6)

\* Osaka Prefectural Freshwater Fish Experiment Station, Neyagawa

### 緒 言

筆者等は bluegill sunfish (*Lepomis macrochirus* Rafinesque) を標準実験動物として使用する場合の必要条件一品種, 系統としての均一性, 個体変異, 繁殖力, 成長, 好適環境条件等一について吟味することを目的として研究を行なっているが, まず周年にわたる採苗, 飼育の可能性を明らかにするための第一歩としてその産卵習性について観察を行ない, その結果について報告した (1969)<sup>6)</sup>. そのような研究の中で次に問題となるのは各種実験条件下における発生と稚仔の成長等であるが, これらについては十分に明らかにされているとは言えない。

本種の卵内発生については MORGAN (1951)<sup>2)</sup>, 赤崎等 (1970)<sup>1)</sup> の報告があり, また TOETZ (1966)<sup>10)</sup> は卵, 仔魚の発育に伴うエネルギー変化について詳細な追求を行なっているが, 成長については棲息条件によってかなりの変異のあることが知られているに止まり, まとまった報告はない。筆者等は実験動物としての有用性の吟味という観点から各種の水温段階における卵内発生, 仔魚の成長及びトビの現象の有無をも含めての0年魚の成長等について実験, 観察を行なったのでその結果について報告する。実験を進めるにあたり, 終始御援助をいただいた本学部の遠部卓講師に厚く感謝する。

### 材料及び方法

Bluegill の親魚は学部構内の水槽で飼育した3~4才の雌雄を用い, 1968年と69年の産卵期に3×1.5×0.4 m の水槽内にそれらを収容して産卵させた卵についてその性状, 卵内発生, 孵化等を観察し, 更に引続いて構内の水槽で仔魚の飼育を行ない各種の実験に供した。また初期発生の経過を詳細に観察するために人工採卵を行なったが, この際雌個体についてはホルモン剤の注射によって採卵を容易

\* 現在: 大阪府淡水魚試験場

にすることが出来た。

卵内発生及び仔魚の成長に伴う卵黄の吸収等に関する観察は 28.5°C, 24.5°C 及び 18.5°C にそれぞれ設定した恒温水槽内に収容したものについて行なった。また仔魚の飼育にあたってはあらかじめ培養した cladocera, rotifer や他より採集した copepoda 等を用い、またニジマス用ペレットも用いた。

## 結果及び考察

### 1. 卵の性状

卵はやや黄味を帯び、直径 1.23 mm 前後、卵膜は約 33  $\mu$  の厚さで全表面に亀甲模様が見られ、強い粘着性をもつ。発生初期の卵では卵黄の直径は約 1.0 mm、囲卵腔の広さは約 0.1 mm である。1 個の大油球 (約 0.38 mm) と多数の小油球 (30~0.9  $\mu$ ) があり、小油球は数十個宛固まり 2~3 箇所点状に点在している。

12 個体の産卵例について親魚の大きさ、産卵回数、産卵数と 20 粒宛について測定した卵径とを一括表示すると Table 1 の通りである。これを見ると卵径は同一年令でも個体により、また同一個体でも産卵の度に差があることが判る。例えば、3 年魚について No. 2, No. 5 及び No. 7 の各個体間、4 才魚について No. 8 と No. 9 の個体間には有意の差が見られ、また No. 3 (3 才魚) 及び No. 10 (4 才魚) のそれぞれ第 1 回目と第 2 回目の産卵時の卵径の間についても同様である。しかし親魚の年令、大きさ、産卵回数、産卵数やまた求愛日数と卵径の間には一定の関係は見られなかった。

Table 1. The number and diameter of eggs in each time of the spawning of each spawner.

Nos. of individual	Total length (mm)	Standard length (mm)	Body weight (g)	Age (year)	Spawning	Diameter of eggs (mm)	Number of eggs spawned	Date	Duration of courtship (day)
1	198	155	157	III	1st	1.16±0.015	—	June 18	2
					3rd	1.18±0.026	—	July 14	2
2	180	139	115	III	1st	1.37±0.020	21100	June 27	2
3	172	136	106	III	1st	1.27±0.015	35900	July 1	3
					2nd	1.19±0.015	25500	July 8	1
					3rd	1.25±0.011	21000	July 15	2
					4th	1.22±0.020	21700	July 22	1
4	140	107	49	III	1st	1.23±0.028	6900	July 1	4
5	154	119	65	III	1st	1.17±0.032	4200	July 5	9
					2nd	1.15±0.017	10200	July 12	2
6	141	110	50	III	1st	1.24±0.037	12700	July 12	5
7	136	108	39	III	—	1.28±0.040	—	June 30	—
8	194	155	126	IV	1st	1.18±0.022	—	May 10	11
9	190	149	160	IV	1st	1.26±0.038	—	May 31	9
10	188	139	133	IV	1st	1.21±0.033	27200	June 10	3
					2nd	1.32±0.022	23700	June 18	2
11	189	149	125	IV	1st	1.17±0.029	16500	June 16	8
12	207	167	184	IV	1st	1.26±0.060	17900	June 11	1
					2nd	1.28±0.033	19200	June 20	2

人工採卵の際に測定した受精卵と未受精卵を比較すると、前者は 1.282±0.040 mm、後者は 1.215±0.029 mm であり、両者の間に有意の差は見られなかった。このことは山本 (1943)<sup>12)</sup> がメダカ卵で観察しているように、受精後に囲卵腔が形成されるに当ってはそのかなりの部分が卵黄容積の縮小によって生じ、受精膜の扛挙はあるにしても卵自体の膨大はほとんどないことによるのであろう。

MORGAN は卵径を 1.26 mm と記載しており、筆者等の測定結果もそれと良く一致している。これから本種の産出卵の卵径は 1.2~1.3 mm とみて妥当であろう。

2. 卵内発生と孵化

すでに述べたように卵内発生の経過を詳細に観察するために人工採卵を試みたが、その際、産卵期の雄は腹部を圧すると白濁した精液を容易に流出するが、雌では腹部を圧して排卵させることは容易でない。そこでホルモン剤注射により排卵を促した。3~4才魚の雌を5尾ずつに分けそれぞれ1尾当り25家兔単位と50家兔単位のシナホリンを背側筋肉内に注射した。2日後に25単位注射区の1個体が腹部を圧すると黄色の卵を排出したが、完全に至っておらず受精しなかったのに対し、50単位注射区の1個体は同様の処置で淡黄色、半透明の完熟卵を排出した。この卵をピペットで吸い取り薄く水を張ったバットに敷いたスライドグラスに付着させ、ピペットを用いて雄より採取した精液を卵に振りかけた後、水を攪拌して受精させた。こうして得た受精卵を 28.5±1.0°C、24.5±1.0°C、18.5±1.0°C の3段階の水温の容器中に収容し昼夜照明(約 80 lux)下で卵発生の経過を観察した。

各段階の水温における発生経過の差異は Table 2 に示される通りであるが、まず 24.5°C における発生経過の概略を記述すると次のようである (Figure 1 参照)。

Table 2. The developmental stages of the bluegill egg in each grade of temperature.

Time	Water temperature		
	28.5±1.0°C.	24.5±1.0°C.	18.5±1.0°C.
1 hour	4-cell stage	2-cell stage	Blastodisc formed
2 hours	Morula stage	Many cell stage~ Morula stage	4~8-cell stage
5 hours and 20 minutes	Middle gastrula stage	Later blastula stage ~Early gastrula stage	Early morula stage
10 hours and 20 minutes	3-myotome stage	Later gastrula stage ~Early embryo appeared	Later blastula stage ~Early gastrula stage
18 hours and 20 minutes	27~28-myotome stage	18~19-myotome stage, otolith appeared	Early embryo appeared
29 hours and 10 minutes	Hatching	Embryo completely encircled the yolk	4-myotome stage
41 hours and 20 minutes		Hatching	18~19-myotome stage
85 hours			Hatching

受精後5分ですでに卵腔が見られ、表層胞の崩壊が植物極に向って進んでおり、円盤状の胚盤の形成も観察される (Fig. 1. A)。25分後には表層胞の崩壊も終り、胚盤の下面中央部に胚盤を2分する隆起がみられ、1時間後には第1分割が完了する (Fig. 1. B)。これより10分後には第2分割が始まり、この頃から分割の速度も早くなり、2時間後には32細胞期から桑実胚に、更に2時間50分後には桑実胚後期を示す。3時間20分頃から胚盤は徐々に卵黄を包み、始めて胞胚期を示し、5時間20分には周縁肥厚部の出現が明瞭になる。8時間乃至9時間経過すると胚盤葉周縁の被包は益々進み、10時間20分位で被包は殆ど終り胚体原基が認められ始める。11時間50分たつと胚体の隆起が明瞭に認められる (Fig. 1. C)。13時間30分には胚体頭部より2/3あたりに筋節 (myotome) の分化が見られ、また頭部には眼胞の形成がかすかに観察される (Fig. 1. D)。16時間20分には10~11の、また18時間20分には12~13筋節が認められ、クッペル氏胞が明確に見られる。21時間20分で耳石の形成が始まり、筋節数は18~19となり、23時間20分には尾部は卵黄より離れクッペル氏胞は消去し、また眼胞に水晶体が分化し、筋節数は21~22になる。24時間20分には心臓が胸部卵黄面に接して形成され、すでに搏動し

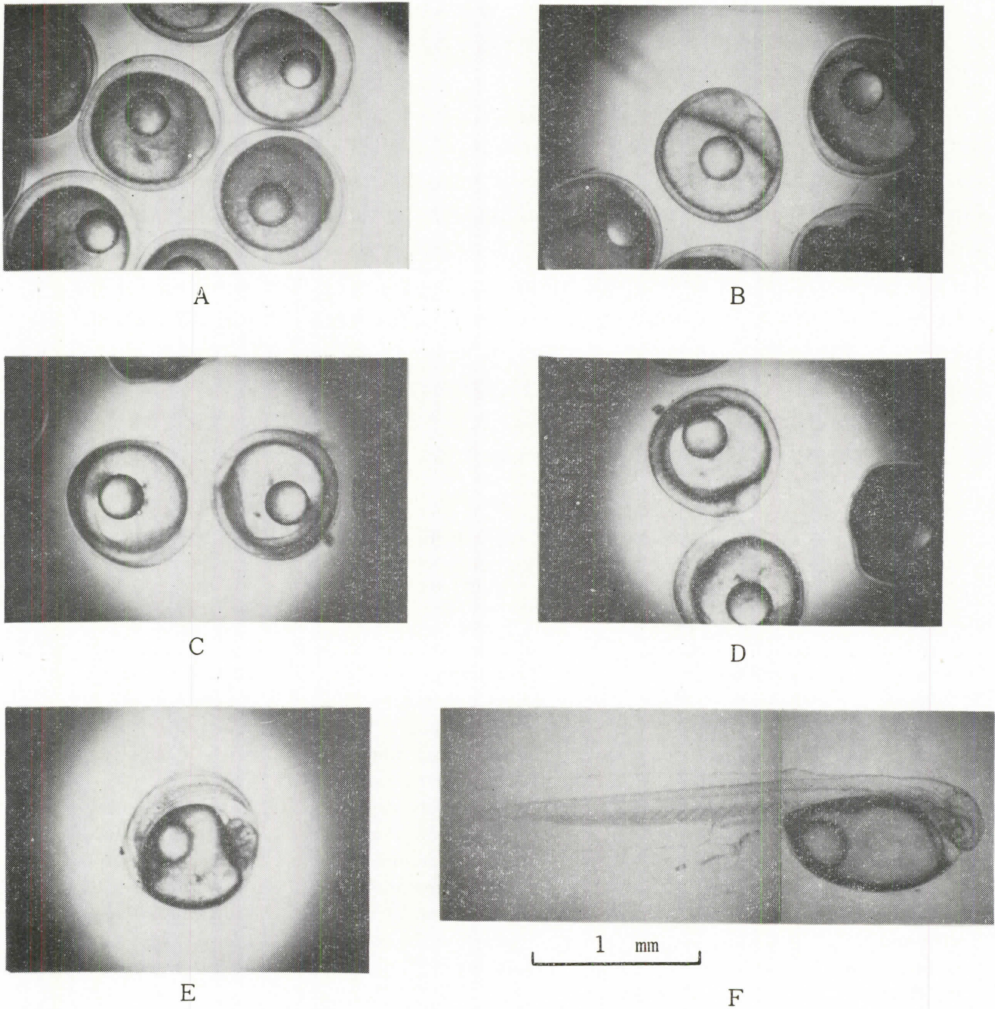


Fig. 1. Showing the developmental stages of the bluegill eggs.

- A: Blastodisc formation    B: 2-cell stage    C: Embryo appearance  
 D: 8-9 myotome stage    E: Embryo just before the hatching  
 F: Hatched larva

ているのが認められる。26 時間 50 分には 27~28 筋節に進み、尾は卵黄の 3/4 程度を取り巻き、27 時間 35 分には卵黄を一周する (Fig. 1. E)。37 時間 10 分で最初の孵化が見られ、43 時間 20 分までにはすべてのものが孵化した。

一方、28.5°C では 26 時間 50 分に最初の孵化が起こり、29 時間 10 分頃までにはすべてのものが孵化し平均 28 時間、18.5°C では 75 時間 30 分頃より 85 時間までにはすべての孵化が終って平均 79 時間 15 分を要した。なお 18.5°C では 8 細胞期頃より分割の不規則なものが現われこの頃より胞胚期にかけて異常な形態を示すものがかなり認められた。これらは囊胚期には判別できなくなったが、結局孵化仔魚には尾部の歪形のもの、短いもの、卵黄囊の異常に大きいもの等が多く見られ、奇形率 46.3% を示した。これに対し 28.5°C、24.5°C のものでは奇形仔魚はほとんど認められなかった。また、別に産

卵後間もない卵を使用して 18.0°C で発生経過を観察した例では、水温を徐々に下げた（1時間で 23°C から 18°C へ）にもかかわらず 18°C になってから約 5 時間で発生がとまり、遂には斃死した。これらのことから 18°C では卵は孵化することが出来ず、18.5°C は卵発生の下限臨界温度に近いと考えられる。またこのことは第 1 報<sup>6)</sup> で述べたように本種の産卵適温が 20~29°C の間であることから 18°C は明らかに卵の孵化適温範囲を外れ、自然界でこの水温が長時間続けば発生は進まず、遂には斃死するものと考えて良いだろう。

MORGAN は 72~74°F (22.2~23.3°C) で人工受精による卵発生を詳細に観察しており、孵化時間は 31 時間 50 分より 62 時間の間であったと記載している。また TOETZ は同じく人工受精卵の発生について、23.5°C で明暗状態における孵化時間の差異について観察し、暗状態では平均 47.75 時間、明状態では平均 41.81 時間で孵化すること、またこの相違は光が卵膜内の胚体の運動を活発化するためであろうと述べている。本実験における孵化時間とこれらとの間に見られる若干の相違は卵を収容する容器、水温、その換水の程度等実験操作上の差異によるものと考えられる。

次に水温の各段階における孵化時間の間の  $Q_{10}$  値を SNYDER の式を用いて求めると 18.5°C と 24.5°C の間は 3.88、また 24.5°C と 28.5°C の間では 2.07 となった。これらは一般に魚卵の発生速度の  $Q_{10}$  値は 2~5 の値を示し、またそれらは低温ほど大きくなる傾向にあることが多数の研究者によって指摘されているの一致する。

なお受精率、孵化率について調べた結果を示すと Table 3 の通りである。自然産卵のものは受精率、

Table 3. Comparison of the rates of fertilization and hatching of the bluegill eggs between the natural spawning and the artificial insemination.

	Date	Water temperature (°C)	Fertilization rate (%)	Hatching rate (%)
Natural spawning	June 10	21.0-23.0	92.8	88.3
	June 27	26.0-28.0	—	96.5
Artificial insemination	July 3	27.5-29.5	—	64.3
		23.5-25.5	33.1	40.9

孵化率ともに 90% 或はそれ以上の高率であるが、人工採卵のものは受精率において約 1/3、孵化率において約 3/5 の低率を示した。TOETZ は卵巣の中心部及び周辺部より採卵し、前者は受精率 73.8%、孵化率 34.7%、後者は受精率 44.9% 孵化率 12.8% であり、また成熟卵のみについて言えば、前者の受精率、孵化率はそれぞれ 93.4%、41.5%、また後者のそれは 89.4%、23.3% を示したと述べている。また SMITHERMAN (1962)<sup>7)</sup> は人工受精において受精率 76%、孵化率 54% の結果を得ているが、このように人工受精における受精率が低いことの原因の 1 つとして TOETZ は精子の活性減退 (CHILDERS によれば精子は水中に放出されて 1 分後には著しく活性が落ちるといふ) をあげている。筆者等の場合の受精率が低かったのは卵の成熟度に関係するか、或は人工受精の操作上の欠点から精子の活性が低かったことによるか不明であるが、それらの点については将来詳しく検討する必要がある。

### 3. 仔魚期の性状

孵化仔魚の全長は約 3.23 mm であり、色素胞の出現もなく肛門も開いていない (Figure 1. F)。卵黄は長径 1.13 mm、短径 0.90 mm、容積 580.7~484.7  $\mu$ l の鶏卵状で、その後端部に径 0.40 mm、容積 12.8~10.2  $\mu$ l のほぼ球形の油球が 1 個存在する。筋節数は 10+7~8=27~28 が認められ、膜鱗の巾は広くない。孵化仔魚は産卵床に横臥したままであるが、時間の経過と共にときどきおたまじゃくし様に泳ぐようになる。

卵内発生の観察を行なったのと同じ 3 段階の水温条件下で引続いて無投餌状態における仔魚の成長及

びこれに伴う形態の変化, 卵黄, 油球の吸収状態等を見た. その結果を一括すると Figure 2 の通りであるが, ここには主として 24.5°C における経過について述べる. 孵化後3時間で肛門が開き, 仔魚の全長は 3.70~3.61 mm, 卵黄の大きさは 497.5~474.7  $\mu$ l 油球は 17.2~10.4  $\mu$ l となっている. 約10時間後には胸鰭の形成が僅かに認められ, 37時間後には眼に黒色素胞が発現し, すでに口も開いている. 全長は 4.79~4.63 mm となり, 卵黄は 152.4~254.8  $\mu$ l, 油球は 9.3~11.7  $\mu$ l に減少している. 孵化後52時間経過すると全長 4.97~5.07 mm に成長し, 各筋肉節下部に1個ずつの黒色素胞が見られ, とどきき水平に泳ぐようになるが, まだ完全に游泳能力をもつに至っていない. 孵化後76時間では全長 5.59~5.73 mm に成長し, 卵黄は 40.8~44.4  $\mu$ l, 油球は 4.8  $\mu$ l に減少しているが, うきぶくろもすでに形成され, その表面には黒色素胞がら見え, 浮上游泳も活発になる. 90時間後には全長 5.78~6.00 mm に成長し活発に泳ぐが, 卵黄は 3.5  $\mu$ l, 油球は 3.3  $\mu$ l に減少している. 孵化後5日経過すると全長 5.85~6.11 mm となり, 卵黄は痕跡状態を呈し, 油球も僅かに 0.9  $\mu$ l が残存している

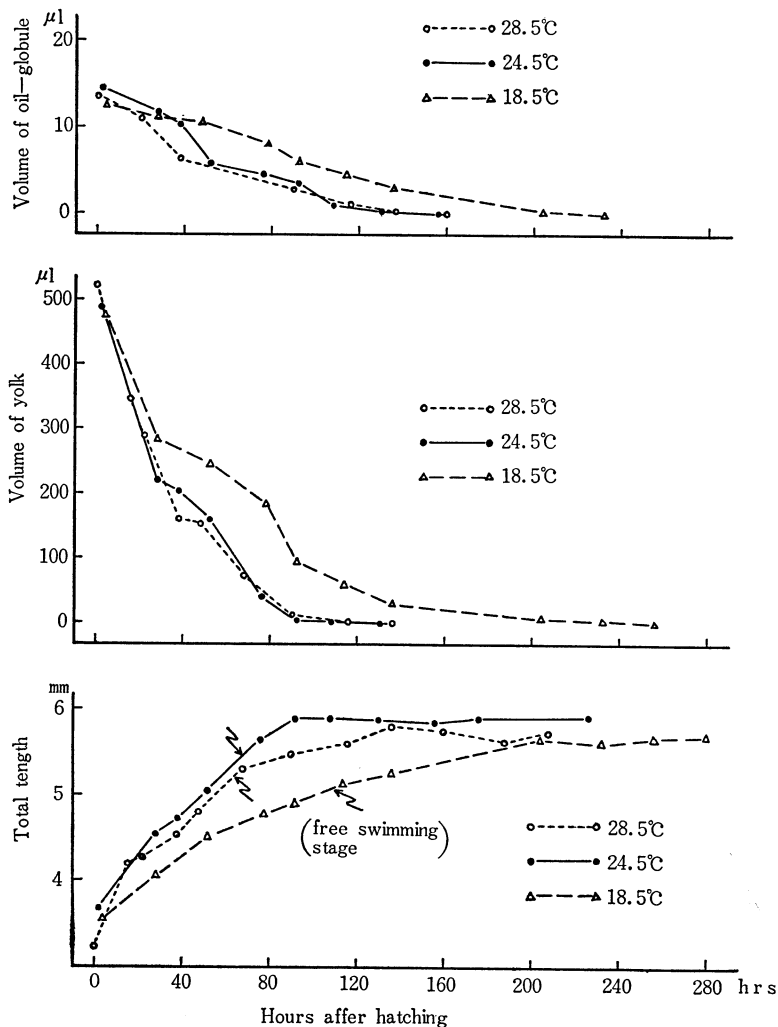


Fig. 2. Showing the growth of the larva, consumption of the yolk and oil-globule in each grade of temperature.



に過ぎず、無投餌のままであるとこの頃より仔魚の成長は殆ど見られなくなる。7日目には油球も痕跡状態となる一方、仔魚の游泳力の低下が目立ち水底に静止するものが多くなる。8日目には油球も完全に消失し、仔魚の大部分は水底に横臥するようになり、それらの内にはすでに数尾の斃死個体も認められた。そして、孵化後10日までにすべての個体が斃死した。なお 28.5°C では孵化後64時間（全長 5.20~5.38 mm）で浮上游泳が始まり5日目（全長 5.40~5.90 mm）より少しずつ死亡個体が観察されたが、9日目（全長 5.61~5.85 mm）には残りの全個体も斃死した。一方、18.5°C では孵化後138時間（全長 5.19~5.47 mm）で孵上游泳が見られ、9日目（全長 5.41~5.89 mm）より次第に斃死個体が見られて12日目（全長 5.43~5.97 mm）までに残りの個体も斃死した。

Table 4 に見られるように孵化時における卵黄の容積は発生初期のそのの 98.5% (28.5°C) から 89.6% (18.5°C) に減少しており、多くて 10% の消費が見られた。このことについて TOETZ は未受精卵の卵黄容積は 603  $\mu$ l あるが孵化時には 438  $\mu$ l となり、約 28% の消費があると記載している。一方、大油球は発生初期は 11.3  $\mu$ l であるが、孵化時にはその 15.7% (28.5°C), 24.4% (24.5°C), 9.6% (18.5°C) もそれぞれ増大している。このことは卵内発生中にはその吸収は全くなく、初めに存在していた小油球が孵化時まで合一するためと思われる。

Table 4. Variation of the size of the yolk and oil-globule in the eggs and larvae due to the temperature grades.

Water temperature (°C)	Yolk ( $\mu$ l)			
	Early stage of development	Hatching		Beginning of free swimming
28.5	532.7	525.1	(98.5%)	77.8 (14.6%)
24.5	532.7	486.1	(91.1%)	42.6 (8.0%)
18.5	532.7	477.2	(89.6%)	34.7 (6.5%)

Water temperature (°C)	Oil-globule ( $\mu$ l)			
	Early stage of development	Hatching		Beginning of free swimming
28.5	11.5	13.3	(115.7%)	6.4 (55.9%)
24.5	11.5	14.3	(124.4%)	4.8 (41.7%)
18.5	11.5	12.6	(109.6%)	3.5 (30.4%)

浮上游泳はいずれの水温段階においても全長約 5.3 mm 前後に始まり、この時の卵黄は卵の初期発生時の約 10% 前後、油球は約 60~30% のものが残存しているにすぎず、これらは更にその後の成長や代謝に使用されてやがて消失するので、この時期すなわち浮上游泳から卵黄、油球の消失時までの 3~4 日間における餌料生物の存否が以後の生残に大きく影響するものと考えられる。

孵化仔魚の時間経過に伴う諸形質の出現消失等について、MORGAN は 23.5°C での観察で全長 3.51 mm のとき胸鰭が出現し、4.54 mm で眼に色素の沈着が見られこの頃から仔魚の運動が活発化し、4.75 mm で卵黄が消失すると記載している。また TOETZ は同じく 23.5°C の観察で全長 4.27~5.54 mm で眼に色素が沈着、4.64~4.82 mm で口が開き、4.93~5.74 mm で浮上游泳し、4.99~5.81 mm で卵黄が消失、5.40~5.53 mm で油球が消失すると述べている。これらと筆者等の観察結果を比較すると胸鰭の形成、眼色素の発現及び浮上游泳の時期はほぼ一致しているが、卵黄、油球の消失についてはそれぞれ若干の差が見られる。これは恐らく環境条件の相違、例えば水温、光、飼育容器の大小等により生じたものと考えられる。なお WELNER (1967)<sup>11)</sup> は bluegill fry の湖における移動について観察し、卵黄消失後の後期仔魚は産卵床をはなれて沿岸帯の水生植物の群落に移動すると述べている。

#### 4. 初期餌料と仔魚の成長

孵化後2日目の仔魚を用い初期餌料として cladocera (*Moina sp.*), copepoda (*Cyclops sp.*), rotifer (*Brachionus sp.*) を投与しながら室温に放置して (水温 28.0~30.0°C) 9日間飼育した結果を Figure 3 に示した。この場合 rotifer は十分な量を与えることが困難であったが、他の2種は常に残量があるように給餌した。

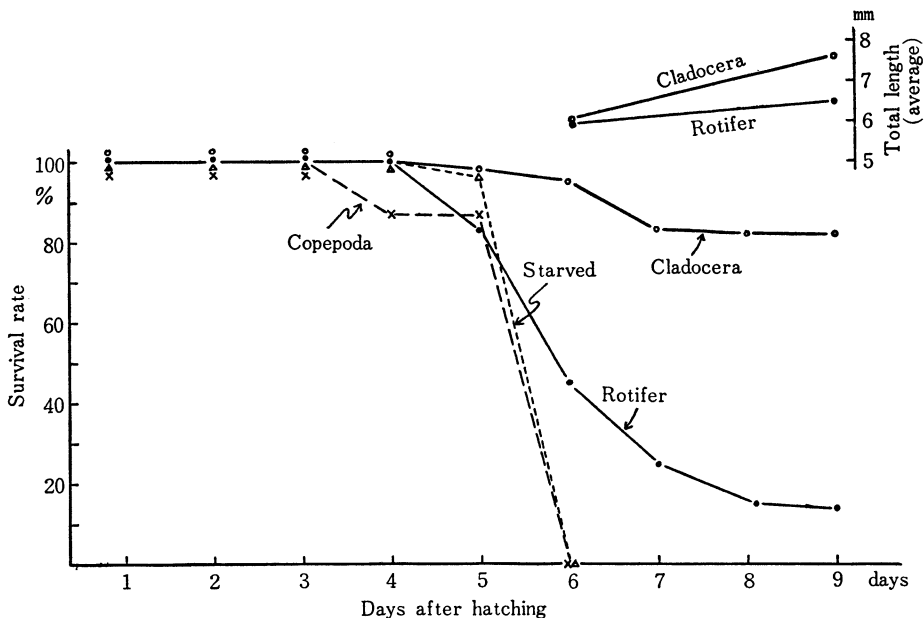


Fig. 3. Showing the survival of the larva fed with several kinds of food.

無投餌のものは実験開始後6日目にはすべて死亡したが、copepoda 投与区では無投餌区より早く3日目頃より死亡個体が見られ始め6日目には同様にすべてが斃死した。これは餌動物の斃死により水質の悪化をもたらしたためではないかと思われる。rotifer 投与区においても5日目頃より斃死個体が見られたが、9日目でもなお生存個体が多く見られた。cladocera 投与区では7日目に少数の死亡があったが、9日目においても80%以上の歩留を示し、その成長 (全長平均 7.6 mm) も rotifer 区 (平均 6.5 mm) に比べて良好であった。以上の結果から cladocera 類は仔魚の初期餌料として適したものと見て良いであろう。

TOETZ は仔魚の口の大きさと餌料生物の大きさとの関係について詳細に観察しており、多くの ciliata や copepoda の nauplius は仔魚の口裂及び口巾より小さいので摂取可能であるが、brine shrimp の nauplius 及び cladocera の成虫の摂取は不可能であると述べている。今回投与した cladocera の場合も幼虫のみが利用されたものと思われるが、仔魚の体長に応じてどの程度の大きさまでの幼生が捕食されるかなどの点について更に検討される必要があるであろう。

#### 5. 後期仔魚から稚魚への移動期

仔魚より稚魚への移行に伴う鰭の棘及び軟条の定数の出現、横縞の形成等を仔魚の全長との関係において示すと Table 5 のようである。すなわち鰭の棘、軟条の定数 (D.F. X, 10~12; A.F. III, 10~12) は全長約 13 mm で形成され、全長 14~15 mm になると鱗の出現と共に縞の形成が尾柄部より始まってくる。縞の形成は鱗の裸出部周縁に黒色素胞が多数出現することにより菱形を呈してくることによって認められ、これが体軸に直角に3, 4列並んで横縞が形成されるようになる。MORGAN によれば3~4



Table 5. Appearance of the definite numbers of the spine, ray in each fin, the scale and the striped pattern in the growing larvae.

Total length (mm)	Anal fin	Dorsal fin	Scale	Striped pattern
9	, 3	—	—	—
10	I, 10	—	—	—
11	III, 10	IV, 11	—	—
12	III, 11	IX, 12	—	—
13	III, 12	X, 12	—	—
14	III, 12	X, 12	+	+
15	III, 12	X, 12	+ +	+ +
16	III, 12	X, 12	+ + +	+ + +
17	III, 12	X, 12	+ + +	+ + +

(—: not formed, +: begining to appear, ++: appearing and +++: fixed)

週間で 14.5 mm に成長し、この頃棘も軟条も定数となっており鱗も生じているが、まだ縞の存在は認められないという。縞の形成時期と鱗の棘、軟条の定数の出現時期とは多少ずれがあるようで、筆者等の観察結果もこれと一致しているものと言えよう。

6. 0年魚の成長

本種の成長については MORGAN, SMITH (1940)<sup>8)</sup> 等多くの研究者が鱗の年令査定に基づく測定結果を報告しており、また本邦では丸山等 (1960)<sup>9)</sup> の報告がある。しかし稚魚期の成長についての詳細な研究はなく、特に1尾の雌魚が産卵し、それから孵化した仔魚群—いわゆる1腹の仔魚—の成長の変異や雌雄による成長度の差等に関する報告は全く見当らない。本種を実験動物として使用する際には成るべく多数の稚魚が均一性の強い集団単位として得られることが望ましく、筆者等はそのような見地より1腹の仔魚群の初年度における成長、特に「トビ」の現象の有無についても実験観察を行なった。

供試魚には 1968 年 6 月 16 日および 18 日に産卵された 1 腹の仔魚を用いた。6 月 16 日産卵のものはそのまま産卵池で飼育し 10 月 13 日に第 1 回目の測定を行ない、その後はコンクリート水槽 (3.2×1.35×0.4 m) に移し、翌年の 5 月 8 日に第 2 回、更に 6 月 16 日 (産卵後 1 年) に第 3 回目の測定を行なった。仔魚の浮上から第 1 回の測定を行なうまでには主として *Moina sp.* 等の動物プランクトンを、またコンクリート水槽に放養してからはそれらのほかに主にニジマス用ベレットを随時与えて飼育した。6 月 18 日産卵のものについては同様に産卵池で飼育し同年 9 月 8 日に測定を行なった。

まず上記の 2 組の仔魚個体群について行なった全長の測定結果を表示すると Table 6 のようである。6 月 18 日産卵のものは約 3 カ月で平均 3.0 cm に成長しているが、2 回目測定の翌年 5 月には平均 4.7

Table 6. Growth of the bluegill individuals.

Group	Measurement			Total length (cm)	
	Date		Number of individuals	Mean	Range
I	Sept. 8, '68		301	3.0	1.9-5.1
	Oct. 3, '68		358	3.5	1.9-6.1
II	May 8, '69		296	4.7	2.0-7.9
	June 16, '69		224	5.2	3.0-8.3

Group I and II originated respectively from the spawnings on 18 and 16 of June in 1968.

cm で、この間約7カ月で平均 1.7 cm の成長にとどまり冬期間における成長が遅いことを示している。産卵後満1年経過の6月には平均 5.3 cm (3.0~8.3 cm) に成長している。

MORGAN は1年で約 4 cm に成長すると述べているが、丸山等は夏期孵化したものを同氏所属の研究室内の流水池で越冬させた後、一碧湖へ放流した4月13日の測定では最小 2.9 cm より最大は 6.8

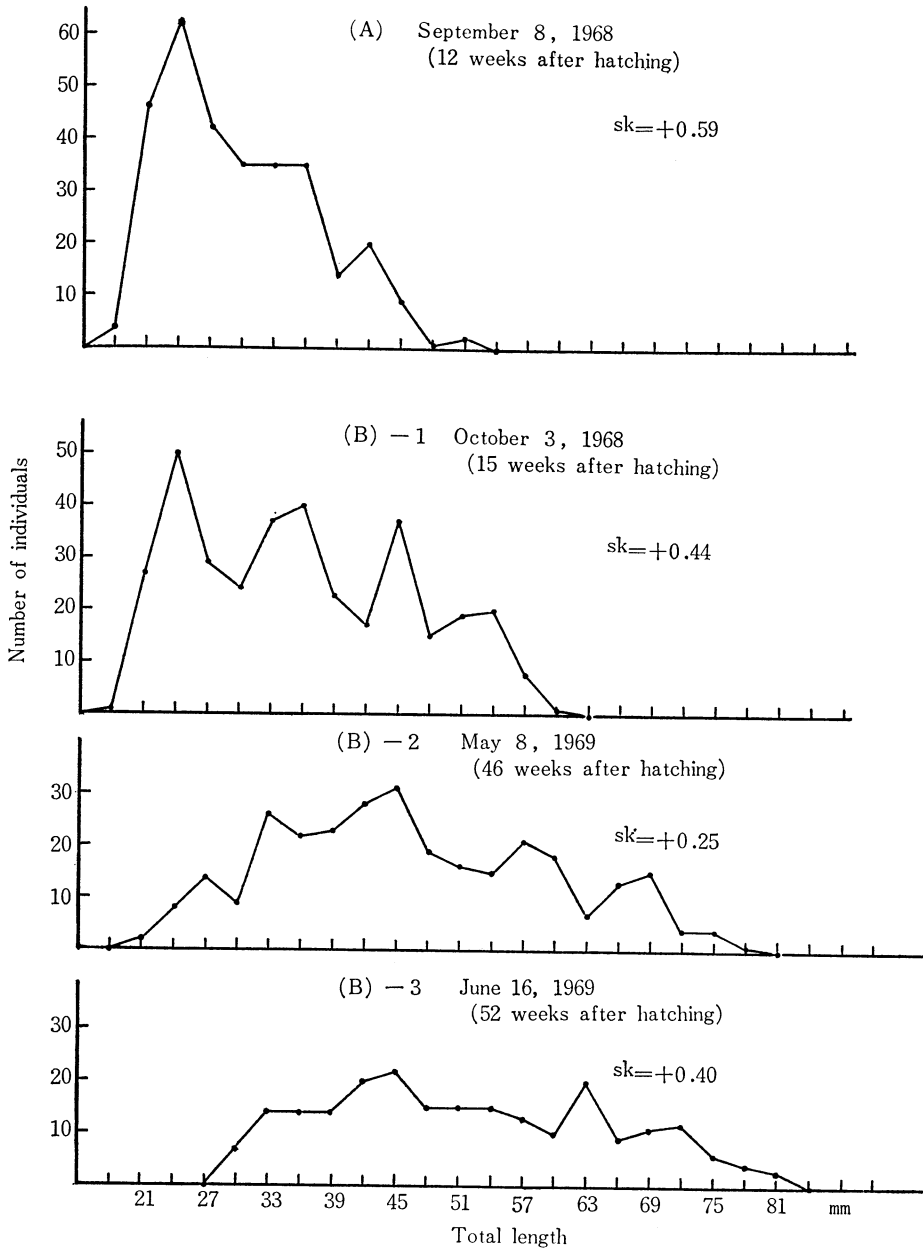


Fig. 4. Showing the variation of the total length distribution of the bluegill fingerlings to the time of measurement.

cm であったという。更に丸山等は一碧湖における漁獲調査の結果から6月には全長 11.1 cm から 12.6 cm に成長しており、このような早い成長の原因として同湖には餌料となるエビが非常に豊富であったことが考えられると述べている。以上のことから本種の0年魚の成長度は棲息地、棲息密度及び餌料の量等によってかなりの変異を示し、筆者等の測定値と他の報告との相違もこれらによって生じたものと考えられる。

次にトビの現象の有無を見るためにその同じ2組の1腹の仔魚群について各測定時における全長瀬度分布曲線をかき、中村・笠原 (1956)<sup>5)</sup> にならって歪度 (skewness)  $Sk = \frac{1}{\sigma^3} \cdot \frac{1}{N} \sum f_i (x_i - \bar{x})^3$  を計算して見ると Figure 4 に示されるような値となる。すなわち、いずれの場合もトビの現象は見られないと考えて良い。中村 (1955)<sup>4)</sup> はコイとフナを比較し、トビはコイに出易くフナには出難いことを観察し食性上の相違、すなわちフナの利用出来る餌料はコイのそれに比べてより普遍的に存在することが大いに関係していると記載している。本種についても同様なことが考えられるが更に詳細に観察する必要がある。

次に本種の雌雄はその大きさを異にすることが知られているので0年魚の雌雄についてその体長を比較した結果について述べる。材料は1968年6月より8月にかけて7組の雌雄が産卵した卵より孵化し成長したものをまとめて飼育中、1969年7月25日に鼻上げによってその一部が死亡したので、その41尾の個体を用いた。全長、体重を測定し、解剖して生殖巣を調べ雌雄による成長度の差を検討した結果は Figure 5 の通りである。最小 3.5 cm より最大 11.1 cm までの個体内、雌雄の判定困難な5尾

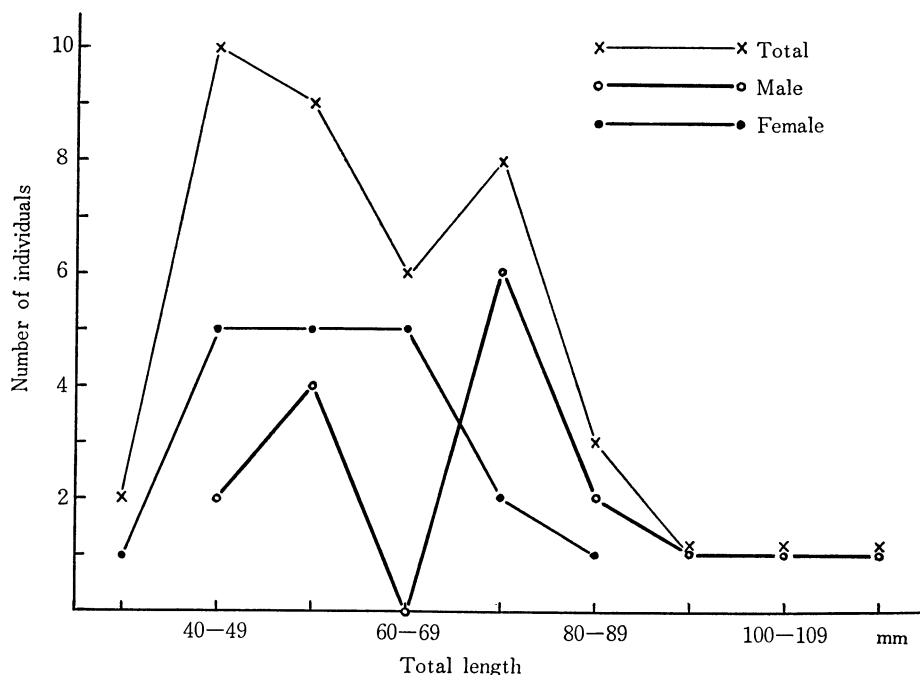


Fig. 5. The total length frequency in both sexes of the 11 months old bluegills.

を除くと雄は17尾、雌は19尾で雌雄ほぼ同数であったが、その大きさについては雄は平均 7.2 cm, 8.74 gr, 雌は平均 5.8 cm, 4.24 gr と雄の方が明らかに大きかった。なお雌雄の判別不可能なものは全長 4.2 cm 以下のものであった。

MORGAN は雌は雄より小さいとのべており、筆者等の結果と相反するが、SCHMITTOU (1961)<sup>9)</sup> はバ

スと混養している池及び天然湖沼より本種を採集し、その雌雄比を観察した結果、全体として雄1に対して雌2.2であるが、体長が大となるにつれてこの比は小さくなっており、この原因として雄は成長が早く雌より大きく成長するためであろうと述べている。

なお先に述べたように本種はトビの出難い魚種に属すると考えられるが、各個体間の成長にはかなりの変異が見られ、成長に伴って全長の変異の巾が広がることが見られるのは雌雄において成長速度が異なることも関係しているかも知れない。

## 要 結

Bluegill sunfish を実験動物として用いるための研究の一部として周年採卵を目的とした研究を行っているが、その基礎資料として産卵習性に引続いて卵内発生、仔魚の成長及び0年魚の成長等について実験観察を行なった。

(1) 卵は直径 1.23 mm 前後の粘着卵で、卵黄には1個の大油球(約 0.38 mm)と多数の小油球がある。

(2) 卵径は個体により、また同一個体でも産卵の度に変異があるが、親魚の年令、大きさ、産卵回数、産卵数等との間には一定の関係は見出されなかった。

(3) 水温  $24.5 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$  での孵化期間は平均 40 時間(37~43 時間)、 $28.5 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$  では 28 時間(27~29 時間)、 $18.5 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$  では 79 時間(75~85 時間)であった。 $18.5^{\circ}\text{C}$  のものは 46% もの奇形率を示した。なお上記の3段階の水温での卵内発生の経過は Table 2 に示した。

(4) 人工採卵によって得た卵の受精率、孵化率は自然産卵のものに比べてかなり低かった。

(5) 孵化仔魚は全長 3.23 mm で  $1.13 \times 0.9$  mm 位の卵黄を残し、体のどの部分にも色素胞の出現は見られない。

(6) ミジンコ類は最も適した初期餌料で、それによる成長はコペポダ、輪虫によるものより速かであった。全長 13 mm 位で鰭の棘、軟条の定数が現われ、14~15 mm で鱗が出来、縞も認められる。

(7) 稚魚の全長瀬度分布曲線の検討によってトビの現象は認められないことが判った。

(8) 満1年で体長約 5.3 cm (3.0~8.3 cm) に成長するが、雄は雌に比べて大きい。

## 文 献

- 1) 赤崎正人・松岡正治・新崎 勉：水増，**18**，(4)，191~200 (1970)。
- 2) MORGAN, C.D.: *Jour. Sci. Lab. Denison Univ.*, **42**, 21~59 (1951)。
- 3) 丸山為蔵・横手方・古田能久：一碧湖におけるブルーギル (bluegill sunfish=*Lepomis macrochirus*) の放流効果と環境改善 (中間報告) 淡水区研究所報告，1~15 (1960)。
- 4) 中村中六：日水誌，**21**，(2)，77~81 (1955)。
- 5) 中村中六・笠原正五郎：日水誌，**21**，(2)，73~76 (1955)。
- 6) 中村中六・笠原正五郎・矢田敏晃：本誌，**8**，(1)，1~11 (1969)。
- 7) SMITHERMAN, R.O. and HESTER, F.E.: *Trans. Amer. Fish. Soc.*, **91**，(4)，333~341 (1962)。
- 8) SMITH, E.V. and SWINGLE, H.S.: *Trans. Amer. Fish. Soc.*, **70**，335~338 (1940)。
- 9) SCHMITTOU, H.R.: *Trans. Amer. Fish. Soc.*, **96**，(4)，420~421 (1961)。
- 10) TOETZ, D.V.: *Invest. Indiana Lake and Streams*, **7**，(4)，115~146 (1966)。
- 11) WERNER, R.C.: *Trans. Amer. Fish. Soc.*, **96**，(4)，416~420 (1967)。
- 12) 山本時男：魚類の発生産理，第1版，193 pp，養賢堂 (1943)。

## SUMMARY

As part of research-work on the usefulness of the bluegill sunfish, *Lepomis macrochirus* Rafinesque, as an experimental standard animal in fisheries research, we have tried to find out a way of obtaining its fingerlings throughout the year-curriculum. In sequence to the previous study on the breeding habits, some examinations have been conducted mainly on the developmental stages and the growth from the egg till one year after the hatching, using spawned eggs by full three or four year old fish in rearing tanks. The results so far obtained are as follows:

- (1) The egg is adhesive and spherical in shape, measuring about 1.23 mm in diameter, with one large oil-globule (ca. 0.38 mm) and many minute ones.
- (2) The egg diameter varies in the individuals and also in the batches of the same fish. However, no certain relation was found between the egg diameter and the age, the size and the number of times of spawning of the mother fish nor with the number of eggs spawned.
- (3) The incubation period was about 40 hours (37–43 hours) at a temperature of 24.5°C, 28 hours (27–29 hours) at 28.5°C and 79 hours (75–85 hours) at 18.5°C, respectively. However, abnormal larvae appeared in a fairly high percentage (ca. 46%) at a temperature of 18.5°C, which is considered nearly out of the optimum spawning temperature.
- (4) A percentage of fertilization and hatching of the eggs taken by the artificial insemination was fairly lower than those of the natural spawning.
- (5) The newly hatched larva is about 3.23 mm in total length, with a yolk of  $1.13 \times 0.9$  mm in size and no pigment in any part of the body.
- (6) Cladocera (*Morina* sp.) seems to be most adequate food in the early stages of the bluegill larva, those fed with them showed faster growth than those fed by rotifers or copepods.
- (7) The definite number of the spine and ray of each fin appeared at a total length of 13 mm, after that the lateral striped pattern appeared on the body side with the complete formation of the scale at a size of 14–15 mm in total length.
- (8) From the examination of the size-frequency of the reared fingerlings, it was recognized that the phenomenon of “shoot individual” does not occur.
- (9) The first year’s growth of the bluegills is about 5.3 cm (3.0–8.3 cm). The average rate of growth of the female is below that of the male.