

イサキの種苗生産と仔稚魚の形態形成に関する基礎的研究—I 水槽内自然産卵

木村清志*・有瀧真人**

三重大学水産学部

Studies on Rearing and Development of Larval and Juvenile Threeline Grunt (Pisces : Haemulidae) — I Natural Spawning in Tanks

Seishi KIMURA* and Masato ARITAKI**

Faculty of Fisheries, Mie University

The present report deals with the natural spawning in tanks of the threeline grunt, *Parapristipoma trilineatum* (Pisces: Perciformes: Haemulidae). The experiments were carried out at the Fisheries Research Laboratory, Mie University in 1983 (Group A) and 1984 (Groups B and C).

The majority of Group A and minorities of Groups B and C were caught by hand line a few days before the experiments. The other parental fish were reared in a net cage for one year or more. The fish of Groups A and B were injected in the epaxial musculature with gonadotropin (HCG) in order to induce their spawning. The results obtained are summarized as follows:

- 1) Spawning were observed twenty times or more for each group during the period from early June to mid-July.
- 2) It was possible to collect the fertilized eggs from non-reared fish.
- 3) Females spawned ca. 500 eggs per 1 g body weight during the spawning season.
- 4) Egg diameter ranged from 0.76 to 0.87 mm (av. 0.815 and s.d. 0.021) and became smaller at the end of the spawning season. Diameter of oil globule ranged from 0.16 to 0.21 mm (av. 0.190 and s.d. 0.008) and correlated significantly with egg diameter.

* 附属水産実験所 (Fisheries Research Laboratory, Mie University, Wagu Shima, Mie 517-07)

** 現, 日本栽培漁業協会上浦事業場

5) Hatching rate usually ranged from 50 to 100 %. There were no significant relations of hatching rate to water temperature, egg diameter, nor number of eggs spawned. Relationships between hatching rate and ratio of floating eggs and standard deviation of egg diameter were significant only in Group A.

6) Effectiveness of injection of gonadotropin was not observed for reared fish.

7) Hatching rate decreased with increment of areal density of eggs within more than 20 eggs/cm². The rate was independent of voluminal density.

Key words: *Parapristipoma trilineatum*, spawning, fish larvae production

イサキ *Parapristipoma trilineatum* は本州中部から九州沿岸、朝鮮半島南部、台湾、および中国大陸東シナ海、南シナ海沿岸に分布する魚類で、本邦の黒潮沿岸域や九州西部では魚価も高く、一本釣や定置網などの対象魚として非常に重要である(木村 未発表)。このようなことから、本種の人工種苗生産の試みはかなり以前から行われてきている。安田ほか(1962)や阿南(1966)は人工授精によって孵化仔魚を得、初期餌料として貝類の卵を与えたが、いずれも後期仔魚の早い段階でへい死し、彼らの実験は失敗に終わっている。原田ほか(1974)は初期餌料にシオミズツボウムシを使用し、初めて本種の人工授精による種苗生産に成功した。その後、本種も採卵方法がマガイやイシガイと同様、水槽内自然産卵となり(福所 1979, 1981)、北島ほか(1982)や岡・奥村(1982)は蓄養親魚を用い、この方法によって種苗生産に成功している。

本研究はイサキの産卵や仔稚魚の発育および人工種苗生産に関する基礎的な知見を得ることを目的として、1983年および1984年に三重大学水産学部附属水産実験所において行った。ここでは産卵や産出された卵に関する諸問題、特に産卵行動や産卵数、卵径、孵化率および性腺刺激ホルモンの影響などについて検討した結果を報告する。

実 験 方 法

産卵親魚 1983年は同年6月3日および6日に三重県志摩町沖で一本釣によって漁獲された51個体と、前年より海面小割生簀で飼育されていた20個体の計71個体(雌50個体、雄21個体)を用いた(A群)。1984年は同年6月4日に前年と同様の海域で釣獲された24個体と、前年からの蓄養魚63個体の計87個体をホルモン処理群(B群)41個体(雌23個体、雄18個体)と無処理群(C群)46個体(雌19個体、雄27個体)に分けて使用した。親魚の尾叉長組成はFig. 1のとおりである。

ホルモン処理 胎盤性性腺刺激ホルモン(帝国臓器製薬製ゴナトロピン)をA群は300 IU/個体、B群は500~1000 IU/個体を背部筋肉中に注射した。なお、注射前に200 ppm エチレングリコールモノフェニールエーテルで麻酔し(SEHDEV et al. 1963, 隆島ほか 1982)、注射後は擦れによる病害を防ぐために薬浴(台糖ファイザー製テラマイシン0.05%10分間)を行った。

産卵水槽と集卵装置 産卵水槽には2×5×1m陸上コンクリート製水槽(ストート屋根付、有効水量8トン)を使用した。交換水量は1983年約55 l/min, 1984年約110 l/minである。オーバーフロー方式の排水口にゴース布製集卵ネット(25×25×25cm)を17時から翌朝9時まで設置した。卵の取上げは主として20時から23時までの間に行った。

産卵行動 産卵行動の観察は1983年6月23日19時より目視によって行い、30分毎に集卵ネット中の卵を回収した。

卵径・油球径の計測と産卵数、孵化率の推定 卵径と油球径の計測は産卵日毎に浮上卵20粒について万能投影器で50倍に拡大して行った。産卵数は卵の一部(約200mg)について秤量、計数し、重量法によって推定した。孵化率は浮上卵30粒をウォーターバス中の100ml試験管内で孵化させ、孵化率を計算した。また収容密度の実験はウォーターバス中に設置した試験管(内径約26mm, 水量50ml), ビーカー(内径約75mm, 水量50ml, 200ml), および沈澱管(内径約14mm, 水量5ml)中で孵化させて、孵化率を求めた。

結 果

産卵経過 1983年の産卵は6月8日から始まり、7月4日までの期間に21回認められた(Fig. 2)。なお、この期間の水温は21.4~25.4℃であった。この親魚は7月12日に全個体が病死し、開腹して生殖腺組織を観察した結果、産卵は完全には終了していないようであった。

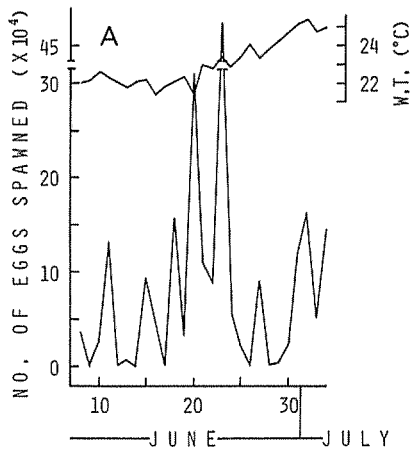


Fig. 2. Daily changes in water temperature and number of eggs spawned by fish of Group A.

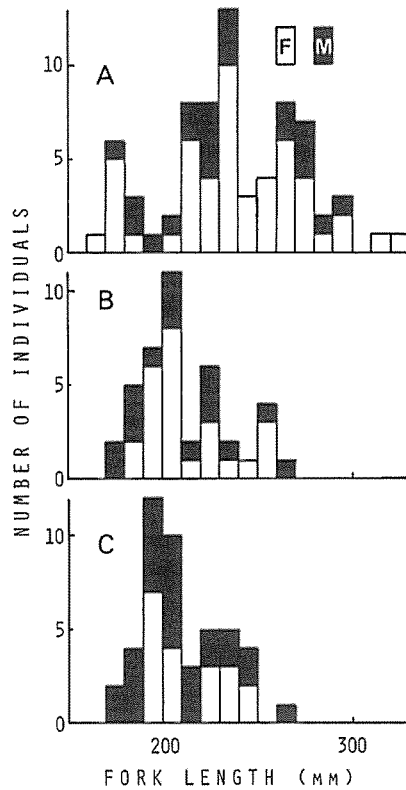


Fig. 1. Size compositions of parental fish for Groups A, B, and C. Experiments were carried out for Group A in 1983, and for Groups B and C in 1984. Gonadotropin (HCG) were injected for the fish of Groups A (300 IU/individ.) and B (500-1000 IU/individ.). F, female; M, male.

1984年の産卵はB群では6月4日から7月15日の間に23回、C群では6月5日から7月15日の間に24回認められた(Fig. 3)。この期間の水温は20.5~27.5℃であった。B, C両群の産卵日はよく一致し、一方だけ産卵したのは27日中7日であった。

産卵行動と産卵時間 イサキは通常、水槽の中層を群泳している。最初の追尾行動は20時29分に観察された。初期の追尾距離は短く、短時間内にもとの群に戻る(Fig. 4A)。最初の追尾から5分程度経過すると、追尾距離が長くなり、1尾の雌を数尾の雄が追尾するようになる(Fig. 4B)。追尾と群への復帰を繰り返しているが、遊

泳速度はしだいに速くなり、ペアを形成している個体が円を描くように遊泳する (Fig. 4 C)。この直後このペアは急浮上し、水面直下で体を反転させ、放卵、放精を行う (Fig. 4 D)。産卵時にはペアを形成していた以外の雄も下層から浮上し、放精するような行動をとる。最初の産卵は追尾開始後13分の20時42分であった。この時間には他の個体も盛んに追尾行動を行い、群はほとんど解消していた。その後、産卵は20時46分、47分、49分 (2回)、55分、21時1分、12分、14分の計9回行われ、21時30分には追尾行動は観察されなくなり、通常群を形成するようになった。

産卵行動の観察と同時にに行った30分毎の集卵数を Fig. 5 に示した。集卵ネットには産卵直後の21時から卵が流入し、21時30分に卵数はピークに達した。その後23時にはほぼ集卵は完了した。他の産卵日も集卵ネットに卵が流入する時間帯はほぼ同様であることから、本実験での産卵時刻は20時から22時であると考えられる。

産卵数 産卵数の経日変化は Figs. 2, 3 に表したように大きく変動するが、増減に一定の傾向はみられない。1983年は6月20~23日にピークがみられ、全体として単峰性を示している。1984年はB, C両群とも6月6, 7日、20~30日、および7月9, 10日にピークがみられ、3峰性を示している。

本実験で得られた総産卵数、総浮上卵数などを Table 1 に表した。雌体重1g当りの産卵数はA群がB, C両群に比較してかなり少ない。これは前述のように、A群の産卵が完全に終了していないためであると思われる。B, C群を比較すると、B群の方が約1.5倍多い。しかし、浮上卵数は両群ともほぼ同様であった。

卵径と油球径 卵径と油球径の幅と平均値を Table 2 に、また日平均値を Figs. 6, 7 にそれぞれ表した。平均卵径、平均油球径はともに産卵の終期になると、小さくなる傾向が認められた。

卵径と油球径との関係は Fig. 8 に示したとおりで、かなり大きな分散があるが全体の相関係数は0.430 となり、有意な正相関が認められる ($P < 0.01$)。両者の関係は次式で表される。

$$\log OD = 0.717 \log ED - 0.657$$

ED, 卵径 (mm) ; OD, 油球径 (mm)

水温と平均卵径との関係を Fig. 9 に表した。水温が26°C以上になると、卵径は小さくなり、全体として有意な負の相関が認められる ($r = -0.494$, $P < 0.01$)。しかし、水温が26°C以下の範囲では水温と卵径との関係に有意な相関は認められなかった ($r = -0.013$, $P > 0.05$)。

水温26°C以下の範囲でのA, B, C各群の卵径の平均値はそれぞれ0.828mm, 0.817mm, 0.802

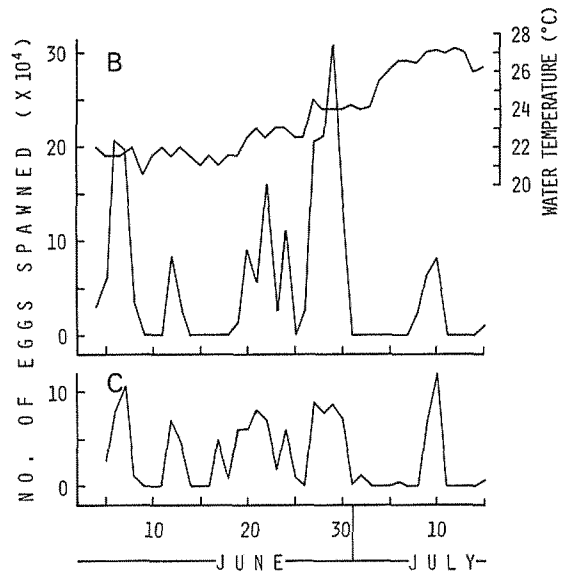


Fig. 3. Daily changes in water temperature and number of eggs spawned by fish of Groups B and C.

mm となり、これらの平均値間の差は有意であった ($F = 158.35$, $P < 0.01$)。

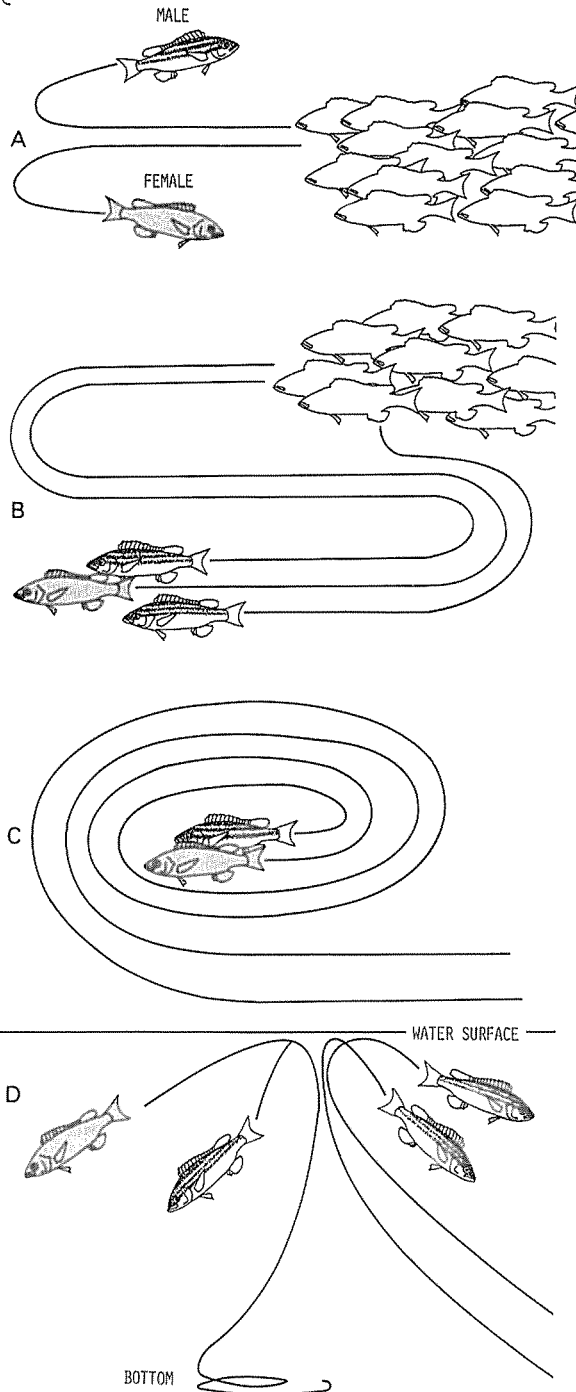


Fig. 4. Diagrammatic views of the courtship and spawning behavior of threeline grunt in the spawning tank. Parental fish usually aggregate in a small school near the bottom. At 20:29, a male starts his courtship behavior towards a selected female (A). This mutual courtship is interrupted in a moment, and both fish return to the school. About five minutes after first courtship behavior occurred, two or more males pursue after one female (B). The paired fish swim more rapidly in a spiral near the bottom (C), then they ascend quickly and spawn beneath the surface of water at 20:42 (D). Other males in a school also ascend more rapidly and join spawning of the couple.



Fig. 5. Change of number of eggs flowing into egg-collecting net.

Table 1. Total number of eggs spawned and number of floating ones for three experimental groups. Figures in parentheses show number of eggs per 1 g body weight

Group	Total number of eggs	Number of floating eggs
A	221.6×10^4 (200)
B	218.2×10^4 (654)	78.3×10^4 (235)
C	128.1×10^4 (449)	76.2×10^4 (267)

Table 2. Egg diameter and diameter of oil globule for three experimental groups. Figures in parentheses indicate mean values

Group	Egg diameter (mm)	Diameter of oil globule (mm)
A	0.80–0.87 (0.828)	0.16–0.21 (0.193)
B	0.76–0.87 (0.818)	0.18–0.21 (0.191)
C	0.76–0.85 (0.802)	0.16–0.20 (0.187)

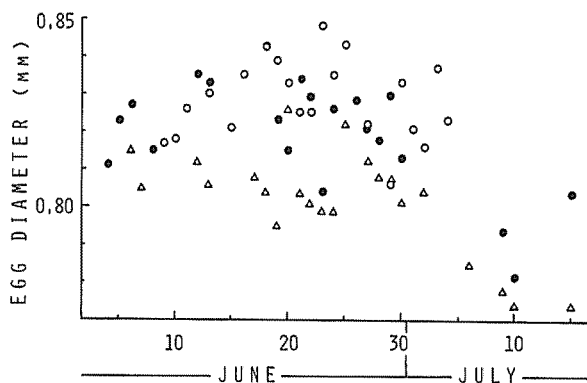


Fig. 6. Daily change of mean diameter of egg. Open circles, Group A; solid circles, Group B; triangles, Group C.

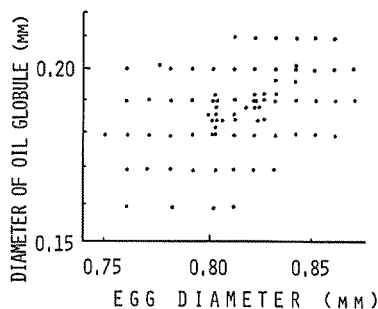


Fig. 8. Relationship between diameters of egg and oil globule.

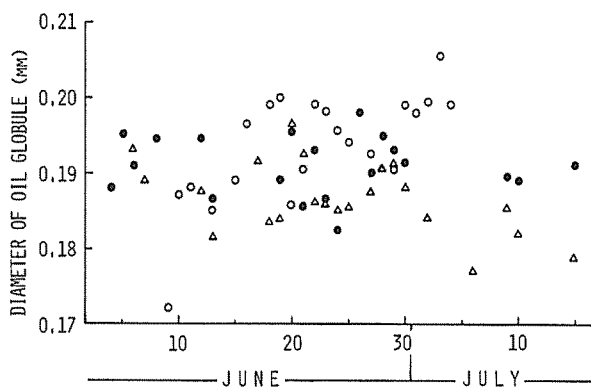


Fig. 7. Daily change of mean diameter of oil globule. Open circles, Group A; solid circles, Group B; triangles, Group C.

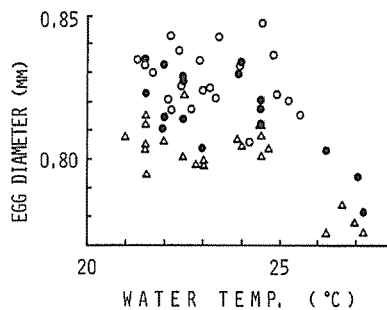


Fig. 9. Change of egg diameter with water temperature. Open circles, Group A; solid circles Group B; triangles, Group C.

浮上卵率と孵化率 浮上卵率の経日変化はFig. 10に表したように、大きな変動を示している。6月15～20日の間に一度低下し、2峰性がみられる。浮上卵率と水温、卵径、産卵数との相関係数はそれぞれB群では0.509, 0.099, -0.040, C群では0.203, 0.131, 0.015となり、いずれも1%レベルで有意性は認められなかった。

総浮上卵率(総浮上卵数/総産卵数)はB群35.9%, C群59.5%となり、C群の方が明らかに高かった($\chi^2=18.16$, $P<0.01$)。

孵化率は産卵初期に若干小さな値になるが、通常50～100%の間で変動している(Fig. 11)。孵化率と水温、卵径、産卵数との相関係数はそれぞれA群 0.366, -0.137, 0.051, B群 0.004, 0.092, 0.040, C群0.015, 0.002, 0.015となりいずれも相関の有意性は認められなかった(P

> 0.05)。浮上卵率との関係は Fig. 12 に示したとおりで、相関係数は B 群では 0.172 となり有意性は認められないが ($P > 0.05$)、C 群では 0.712 で相関の有意性が認められた ($P < 0.01$)。孵化率と卵径の標準偏差との関係を Fig. 13 に表した。全体として相関の有意性は認められなかった ($r = -0.172$, $P > 0.05$)。しかし、B、C 両群については相関係数がそれぞれ -0.496 , -0.478 となり、5% レベルで相関の有意性が認められた。

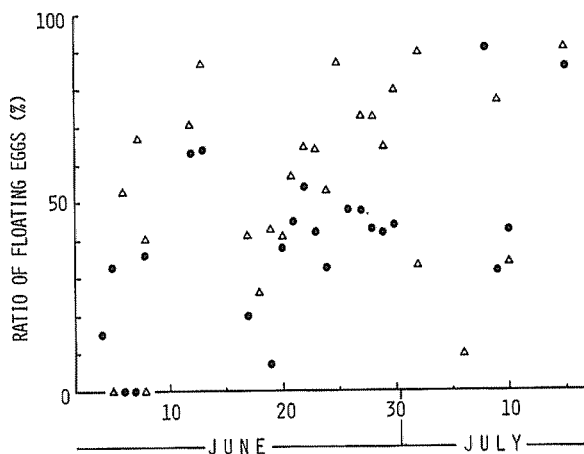


Fig. 10. Daily change of ratio of floating eggs. Circles, Group B; triangles, Group C.

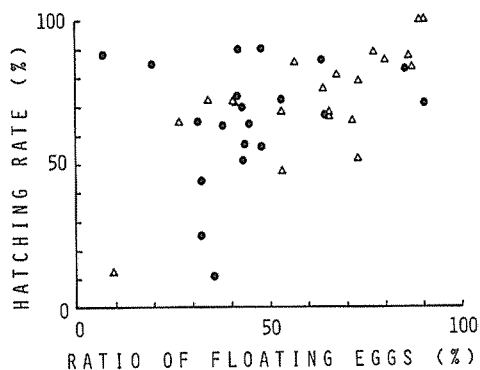


Fig. 12. Relationship between ratio of floating eggs and hatching rate. Circles, Group B; triangles, Group C.

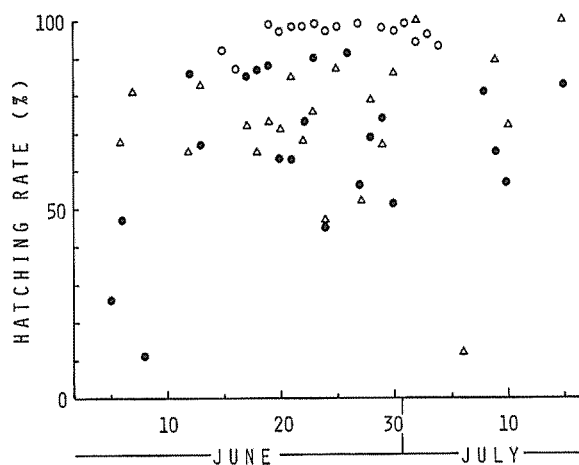


Fig. 11. Daily change of hatching rate. Open circles, Group A; solid circles, Group B; triangles, Group C.

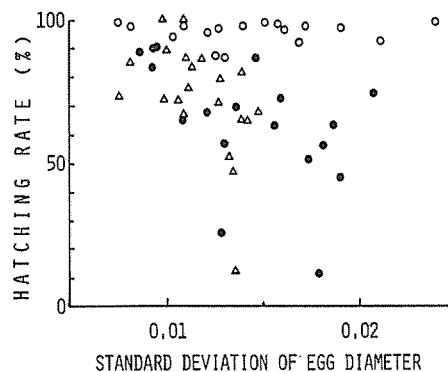


Fig. 13. Relationship between standard deviation of egg diameter and hatching rate. Open circles, Group A; solid circles, Group B; triangles, Group C.

総孵化率（総孵化仔魚数／総浮上卵数）はA群95.7%，B群65.8%，C群72.6%であった。A群はB，C両群に対し高い孵化率を示し（ $\chi^2=141.8$ ， $P<0.01$ ），またB，C群ではC群の方が孵化率は高かった（ $\chi^2=6.72$ ， $P<0.01$ ）。

孵化率と卵収容密度との関係 孵化率と孵化容器の水面面積に対する卵密度（面積密度）および水量に対する卵密度（体積密度）との関係を Figs. 14, 15 に表した。孵化率は面積密度が20粒/cm²以下あるいは、体積密度が3粒/cm³以下の範囲では密度に関係なく、ほぼ90%以上を示している。しかし、これ以上の密度になると、孵化率は密度の増加にともなって減少する傾向が認められた。

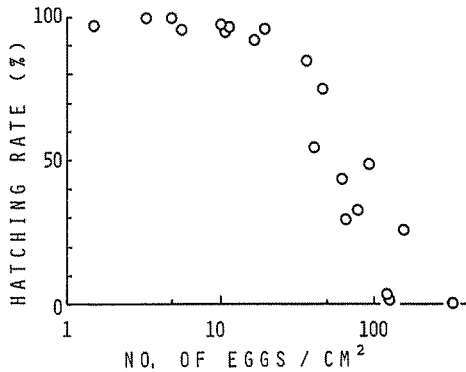


Fig. 14. Change of hatching rate with areal density of egg.

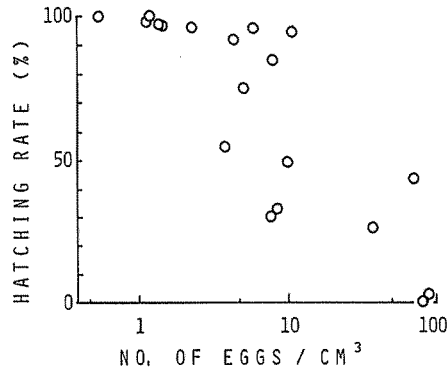


Fig. 15. Change of hatching rate with voluminal density of egg.

面積密度20粒/cm²以上、体積密度3粒/cm³以上の範囲について、孵化率とこれらとの関係を重回帰式で表すと次のようになる。

$$Hr = -80.11 \log Da - 4.10 \log Dv + 196.12 \quad (R^2 = 0.718)$$

Da , 面積密度 (粒/cm²) ; Dv , 体積密度 (粒/cm³) ; Hr , 孵化率 (%)

この重回帰式の Dv の回帰係数は0と有意差がなく ($t = -0.28$, $P > 0.05$) , したがって、孵化率は面積密度とのみ相関が認められる。この両者の関係は次式で表される。

$$Hr = -85.28 \log Da + 201.1 \quad (r = -0.846)$$

考 察

採卵親魚 前述のように、水槽内自然産卵法によるイサキの種苗生産は、従来1年以上蓄養した親魚が用いられている。本実験を行った三重県熊野灘沿岸では、主漁期と産卵期が一致しているため、産卵期に大量の天然親魚を入手することが可能で、1983年の産卵実験に用いた親魚の70%はこのような実験直前に釣獲されたイサキである。したがって、本種は漁獲直後の親魚を水槽内に放養し、産卵させることも可能で、このような親魚を用いて種苗生産を行えば、親魚蓄養に要する経費と労力を大幅に軽減できると考えられる。しかし、天然親魚のみを放養した場合は水槽や餌に対する馴致が遅く、この間にへい死する個体も多いため、よく馴致した蓄養魚を少量混養した方がよいと思われる。

産卵時期 北島ほか (1982) によると、本種の産卵時刻は19時～20時30分で、ピークは19時30

分～20時であると報告している。また、小割生簀内に放養した魚群の生殖腺成熟過程に関する研究結果では、完熟卵の割合は19時に最大になり、その後完熟卵の大部分は20時までに放出されている（木村 未発表）。これらの結果には1時間程度の相違がみられるが、イシダイのように天候や月齢によって産卵時刻が若干変化する（福所 1979）ことを考慮すれば、イサキの産卵時刻は20時をピークとして、前後1時間程度と考えられる。

産卵数 木村・鈴木（1981）は卵巣重量と卵巣卵数から推定産卵数を次式で表した。

$$E_s = 5.17 L^{5.10} \times 10^{-8}$$

E_s , 推定産卵数； L , 尾叉長（mm）

この式にしたがって、各群の雌親魚の尾叉長から総産卵数を計算すると、A群 431万粒、B群85万粒、C群80万粒となる。前述のようにA群は産卵が完了していないと考えられるため、卵巣重量から産卵数を推定すると 279万粒となり、実際の産卵数と近似した値となる。B、C両群の実際の産卵数はそれぞれ上式から推定した値の2.6倍、1.6倍となる。また、北島ほか（1982）は尾叉長30 cm前後の親魚の産卵数を60～120万粒と報告し、上式の推定値より3～6倍程度多く、岡・奥村（1982）の報告でも産卵数は上式の推定値より数倍多くなる。これらの報告では正確な雌親魚の個体数や体長が明らかにされていないが、いずれにしても木村・鈴木（1981）の産卵数は過小評価であり、再検討の必要性が認められる。

卵径と油球径 本種の卵径と油球径について、神谷（1922）はそれぞれ0.82～0.84 mm, 0.19 mm, 北島ほか（1982）は0.85±0.017 mm, 0.21±0.004 mmと報告している。本研究結果はこれらよりも範囲が広く、また平均値は若干小さい傾向が認められる。このため1 g中の卵数も北島ほか（1982）の報告よりも多く、約2400粒であった。

水温の上昇にともなう卵径の減少はカタクチイワシなどでも認められている（今井・田中 1985）。イサキの場合、水温が20～26℃の範囲では卵径に変化が認められないことや、水温下降期には産卵しないこともあって、この卵径の減少が水温に影響されているのか、あるいは水温には関係なく、産卵の終期に特有の現象であるのか明らかでない。

卵質 福所（1979）にしたがって、孵化率を卵質の判定基準とした。A、B、C各群のすべてについて、孵化率と有意な相関が認められる卵形質は見出せなかった。C群については卵径の標準偏差および浮上卵率と孵化率との関係に有意性がみられ、イシダイ（福所 1979）と同様に、これらが卵質評価形質となる可能性は大きい。しかし、現状では卵の形態的特徴や、産卵時の浮上卵率からの確に孵化率を推定することはかなり困難であると思われる。

ホルモン剤の影響 成熟や排卵を人為的に促進するために、多くの魚類についてさまざまなホルモン剤が使用されている。本研究で使用した哺乳類起源の胎盤性性腺刺激ホルモンは魚類の排卵には効果があるが、卵の成熟にはあまり効果がないとされている（YAMAZAKI 1965）。

本実験のB群（ホルモン処理群）とC群（無処理群）とを比較すると次のようになる。(1)産卵日数や期間には差が認められない。(2)雌体重当りの産卵数は明らかにB群の方が多い。(3)浮上卵率はB群の方が悪く、その結果、浮上卵数には差が認められない。(4)孵化率はC群の方が高い。以上の結果から、B群はホルモン剤の影響で排卵が促進され、産卵数が多くなったと考えられる。しかし、卵の成熟過程に異常があるためか、浮上卵率や孵化率は悪く、結果的にはホルモン剤の有効性は認められなかった。

これらのことから、イサキについては、少なくとも蓄養親魚を使用する限り、ホルモン剤は不必要であると考えられる。

卵収容密度 卵を収容する場合の密度についてはあまり報告がなく、従来経験的に行われてきている。本研究結果から、本種のように浮性卵の場合は体積密度ではなく、面積密度がその孵化率に大きく影響を及ぼしていることが明らかになった。この結果、直径60cm,あるいは50cm四方の卵管理ネットであれば5万粒の卵を収容することが可能である。

要 約

1983年と1984年に三重大学水産学部附属水産実験所において、イサキの水槽内自然産卵に関する実験を行い、次のような結果を得た。

1. 産卵は6月上旬から7月中旬までの期間に20数回行われた。また、本種の場合は、漁獲直後の親魚から採卵することが可能であった。
2. 産卵行動の観察などから、本種の産卵時刻を19時から21時であると推定した。
3. 雌体重1g当りの産卵数は約500粒であった。
4. 卵径は0.76~0.87mm(平均0.815,標準偏差0.021)で、産卵終期の高水温期には小さくなる傾向がみられた。油球径は0.16~0.21mm(平均0.190,標準偏差0.008)で、卵径と正相関が認められた。
5. 孵化率は通常50~100%であった。孵化率と水温、卵径、産卵数との関係に有意性は認められなかった。孵化率と浮上卵率および卵径の標準偏差との関係では有意な相関が認められる場合もあった。
6. 胎盤性性腺刺激ホルモンは、蓄養親魚を用いる限り、有効性は認められなかった。
7. 孵化率は卵収容容器の表面積に対する密度と逆相関するが、20粒/cm²以下の範囲では、密度の影響を受けなかった。

終りに、本研究を行うにあたり、種々御指導をいただき、さらに論文の御校閲をたまわった三重大学水産学部教授鈴木 清博士と京都大学農学部教授岩井 保博士、ならびに種苗生産全般にわたり御指導、御助言をいただいた水産庁養殖研究所福所邦彦博士に深甚の謝意を表す。また、種々有益な御助言をいただいた三重大学水産学部森 浩一郎博士および長崎県水産試験場北島力博士と京都大学附属水産実験所青海忠久氏、親魚の採集や現場での実験に絶大な御協力をいただいた三重県志摩町和具の大山良司氏、三重大学水産学部大学院生津本欣吾氏、同卒論学生岩附宏幸氏、伊藤豊治氏、岡沢考治氏、佐藤 淳氏に厚く御礼申上げる。

文 献

- 阿南尤雄, 1966. イサキの人工ふ化・飼育試験. 昭38大分水試事報: 66-69.
- 福所邦彦, 1979. イシダイの種苗生産に関する基礎的研究. 長崎水試論文集, 6: 1-173.
- , 1981. 海産魚の種苗生産の現状と育種の展望. 水産育種, 6: 1-10.
- 原田輝雄・村田 修・宮内 盛・横山達雄・米島久司・小田誠二, 1974. イサキの人工種苗生産. 昭49日本水産学会秋季大会講演要旨: 25.
- 今井千文・田中昌一, 1985. カタクチイワシの卵サイズ, 産卵数および初期減耗に対する水温の影響. 昭60日本水産学会春季大会講演要旨: 261.
- 神谷尚志, 1922. 館山湾における浮性魚卵並に其稚仔. 第2報. 水講試報, 18(3): 1-22.
- 木村清志・鈴木 清, 1981. 熊野灘におけるイサキの成熟と産卵. 日水誌, 47(1): 9-16.

- 北島 力・塚島康生・小倉敏義・北田哲夫・小川敏行, 1982, イサキの水槽内自然産卵と仔稚魚の大量飼育, 長崎水試研報, (8): 115-122.
- 岡 雅一・奥村重信, 1982, イサキの種苗生産, 栽培技研, 11(1): 29-34.
- SEHDEV, H. S., J. R. MCBRIDE and U. H. M. FAGERLUND, 1963, 2-phenoxyethanol as a general anaesthetic for sockeye salmon. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 20(6): 1435-1440.
- 隆島忠夫・河西晴之・浅川 治・山田善章, 1982, 魚類麻酔剤としての2-phenoxyethanol. 水産増殖, 39(1): 48-51.
- 安田治三郎・小笠原義光・岡本 亮・梅津武司, 1962, 海産魚の種苗生産に関する研究1. イサキの人工授精と成長. 同誌, 10(1): 1-10.
- YAMAZAKI, F., 1965. Endocrinological studies on the reproduction of the female goldfish, *Carassius auratus* L., with special reference to the function of the pituitary gland. *Mem. Fac. Fish Hokkaido Univ.*, 13: 1-64.