

日周的採取資料によるシロギスの産卵様式の推定

浅野博利*・久保喜計*

Spawning Form Estimated by Means of Daily Collected Samples
in the Japanese Whiting

Hirotoshi ASANO* and Yoshikazu KUBO*

Synopsis

The purpose of this study was to describe the results of estimation of the spawning form of the Japanese whiting by means of daily collected samples. Results were compared with the knowledges obtained by other methods concerning with the spawning form.

The results obtained from angled fish were summarized as follows. The sex ratio was somewhat biased to female through the time intervals to 13:00, and then becoming slightly biased to male after the time. GSI varied in the range from 1.0 to 7.0, corresponding to the respective mean value of GSI and body length in fish angled within each time interval. Ovarian eggs were in 3 to 4 continuous size groups, of which the largest eggs group, larger than 0.50 mm after the time of 11:00, developed to be separated from the second largest eggs group with the lapse of time. From the egg size distribution, most of individuals seemed to be daily spawners. The number of largest eggs, being fitted to batch fecundity, was estimated in a large variation from 600 to 51,000. The total number of ovarian eggs was also estimated from 316,000 to 1,290,000, including countable small eggs more than 0.05 mm in diameter.

The results obtained from present investigation were effective and seemed to be comparable with those of other various methods.

I 緒 言

魚類の産卵期や抱卵数は、地域や魚体の大きさ・年齢などによる変動を伴うが、多くの種類について広く調査が行われている。しかし、特に多回産卵魚における個体毎の1産卵期当りの産卵回数、1回毎の産卵数、年間総産卵数など、産卵様式の詳細は一部の魚種しか明らかにされていない。これは、従来の主として産卵期調査が月別漁獲法を用いた制約によるものと考えられる。多回産卵魚では生殖巣が日周期的リズムをもつと考えられるので、これに対応した資料採取を行うことにより、産卵様式に関する数量的知見の増加が期待される。

本報告では、産卵様式に関連して多方面から研究

が行われ、またその詳細がすでによく調査されているシロギス *Sillago japonica* について、日周的採取資料から得られた知見とその的確性を検討した。

II 材料および方法

材料には釣船による漁獲魚(釣魚)に補足して、小型底曳網による月別漁獲魚(底曳網魚)を用いた。

釣魚は1988年9月1日8時から15時にわたり、大阪府岬町沖合において流し釣によって得られたもので、個体毎に釣獲の時刻を記録した。また、底曳網魚は1987年5月26日から9月10日の期間に、大阪府泉佐野漁港に水揚げされた大阪湾域操業の小型底曳網漁獲物から、同一業者を通じて購入した。同港所

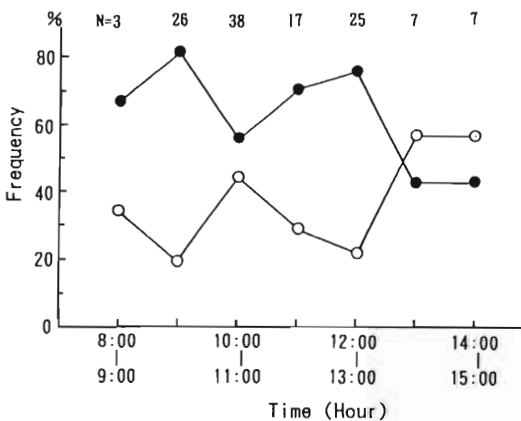
属漁船の出入港時刻から、その底曳網魚の漁獲時間帯はおおよそ7時から14時までと考えられる。

材料は生鮮状態で体長、体重および生殖巣重量を測定した。生殖巣は10%ホルマリンで固定した後、卵径および卵数の計測に供した。卵巣の部位による卵径組成には著しい差異が認められなかったため、卵団を卵巣の左葉中央部から採取し、一定の稀釈倍率の水中でよくほぐし、そこからピペットで1mlを1mm目の計数板上に取り出し、万能投影機を用いて1mm立方30区画について3ヶ所の全卵の長径を測定した。また、抱卵数および卵径群別卵数は卵径階級幅を0.05mm間隔(底曳網魚では0.1mm間隔)にとり、0.05mm以上の卵数を重量法によって推定した。なお、卵巣の発達状況は生殖腺体指数(Gonadosomatic index, GSI)で示した。

釣魚は総数123尾で、うち雌魚81尾(体長107~183mm)、雄魚42尾(107~180mm)であった。なお、雌魚11尾(113~129mm)は卵巣の発達が著しく低く、当年の産卵個体から除外して取り扱った。底曳網魚は総数317尾で、うち雌魚131尾(99~181mm)、雄魚186尾(118~187mm)であった。

III 結 果

性比 Fig. 1は釣魚について時刻別に雌雄の出現頻度を、またFig. 2は底曳網魚について月別に雌雄の出現頻度を示している。釣魚では資料数の著しく少ない時間帯もあるが、全般的には13時までは雌が



多く、それ以後は雄がやや多くなる傾向がみられる。底曳網魚の月別変化では、産卵期の初期(5月~6月初旬)と終期(9月)では雌の出現頻度がわずかに高いが、産卵盛期(6月下旬~8月)には雄の出現が高い傾向を示している。

生殖腺体指数(GSI) GSIの変動を釣魚(Fig. 3)と底曳網魚(Fig. 4)について、それぞれ体長の変化と共に示した。底曳網魚(多くは2才魚)では釣魚(多くは1才魚)に比べてGSIの最高値がかなり高く、その変動幅も広い。しかし、両者のGSI平均値

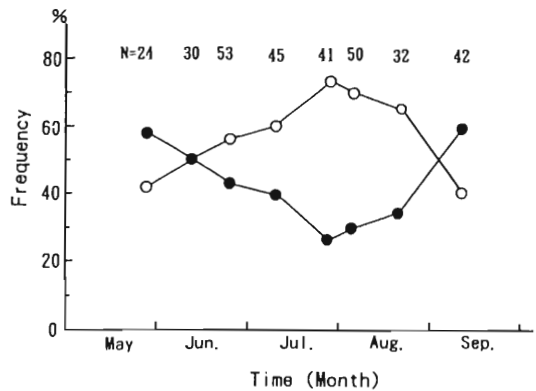


Fig. 2. Monthly changes in occurrence frequency of male (open circles) or female (solid circles) in the Japanese whiting caught by small trawl nets through the spawning season, 1987. N is the same as in Fig. 1.

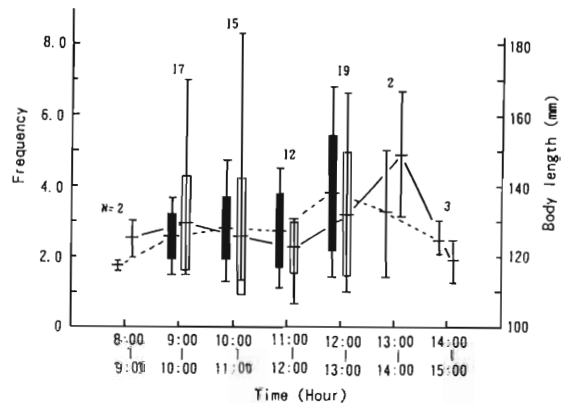


Fig. 3. Daily changes in GSI and body length in the female Japanese whiting angled within each time interval on 1st September, 1988. N is the total number of female fish examined in each sample. Central bar is the mean; square is the standard deviation. Solid square: GSI, open square: body length.

Fig. 1. Daily changes in occurrence frequency of male (open circles) or female (solid circles) in the Japanese whiting angled within each time interval on 1st September, 1988. N is the total number of fish examined in each sample.

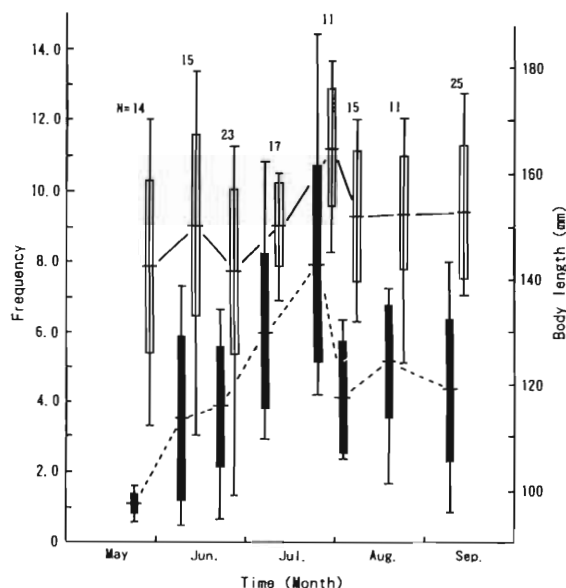


Fig. 4. Monthly changes in GSI and body length in the female Japanese whiting caught by small trawl nets through the spawning season, 1987. N and marks are the same as in Fig. 3.

はそれぞれの体長平均値に対応して推移する傾向がみられる。

卵径組成と産卵間隔 釣魚の代表個体について、GSI (3.0) および魚体の大きさ (BL 140 mm) を目安とし、それぞれ大・小2群に区分して卵径組成の時刻変動を調べた (Figs. 5, 6)。両形質による卵径組成の変化には著しい差異はみられず、いずれも卵径0.1 mm以下の小卵群に続いて2~3峯の卵群が認められる。また、時間の経過に伴ない最大卵径群 (大型卵群) は卵径が次第に大きくなり、これに次ぐ卵径群 (次大型卵群) と分離し、卵群間隔が次第に広がる傾向を示している。次大型卵群とさらにこれに続く卵群との間は、分離する個体も一部にみられるが (Fig. 5B-d, f), 多くは谷が形成される程度で、その谷の位置や深さは個体差が大きく一定していない。

Fig. 7は底曳網魚にみられる卵径組成の変化を、上記の釣魚における時刻変化に準じて4群に大別し、代表個体で示したものである。卵径測定法に違いはあるが、Fig. 7 (B・C・D) にみられる卵径と出現頻度の関係は、釣魚の場合にみられた変化とおおむね一致している。すなわち、Fig. 7Bは時刻8:00~9:00, Fig. 7Cは10:00~12:00, Fig. 7Dは13:00~15:00における状態に類似する。なお、Fig.

7Aは卵径0.20 mm以下の小型卵とその初期発達卵だけからなり、釣魚ではみられなかったものである。これは底曳網魚の操業時間帯から判断して、釣獲開始時刻前の7:00~8:00に漁獲されたものと考えられる。

Fig. 8は釣魚雌全調査個体について、大型卵群中の最大卵径卵に着目し、釣獲時刻毎の体長との関係を示したものである。最大卵径は12:00~14:00に大きくなる傾向がうかがわれるが、全般的には最大卵径の変化と体長の間には強い相関関係はみられない。体長150 mm以上の大型魚の中でも時刻9:00~10:00の3個体や12:00~13:00の2個体のように、最大卵径が相対的に小さいものがあり、また小型魚では14:00~15:00の2個体のように、この時間帯においても最大卵径が0.30~0.35 mmにしか達しないものもみられる。

Fig. 9も最大卵径卵に着目し、個体数頻度の時刻変化を示したものである。釣獲開始時刻から12:00~13:00の時間帯にわたって、卵径モードはほぼ直線的に増大している。その後の経過は資料不足のため不確かであるが、卵径は増大せず、ほぼ安定する傾向がうかがわれる。

大型卵数と総抱卵数 Fig. 10は釣魚の卵径0.50 mm以上の卵をもつ個体について、卵径0.50 mm以

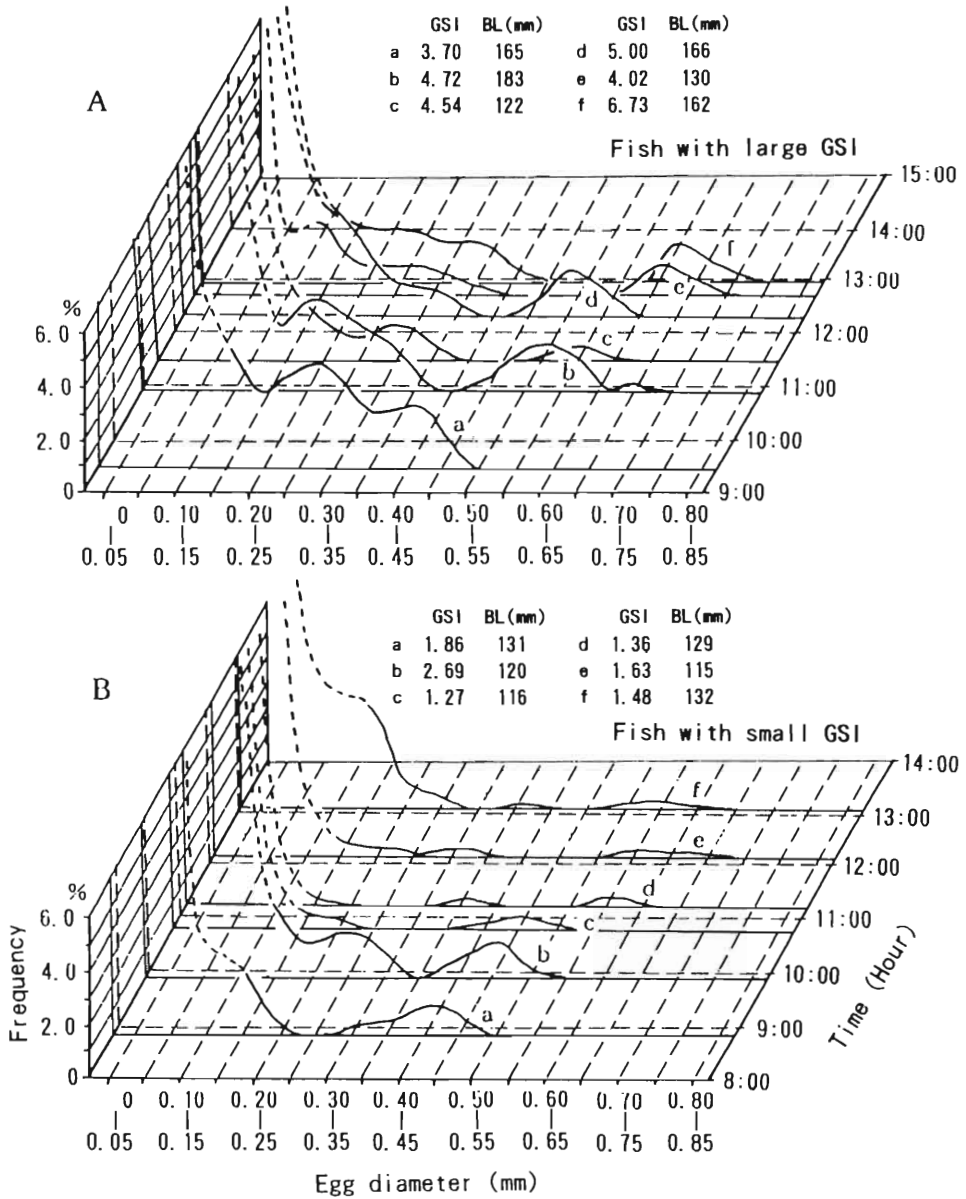


Fig. 5. Daily changes in frequency of ovarian egg diameter in the representative female Japanese whiting angled on 1st September, 1988, dividing into two groups of fish with large GSI (A) and with small GSI (B).

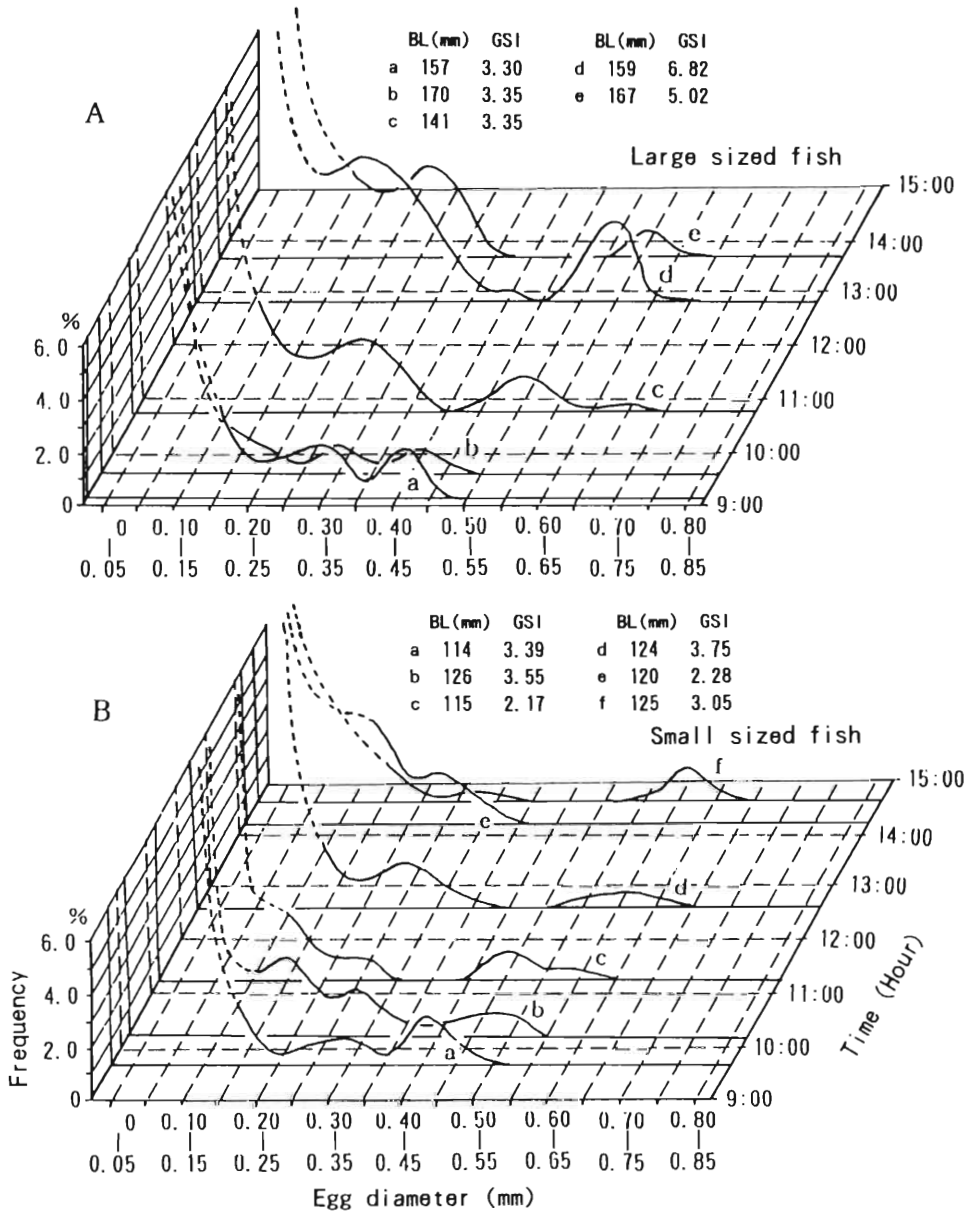


Fig. 6. Daily changes in frequency of ovarian egg diameter in the representative female Japanese whiting angled on 1st September, 1988, dividing into two groups of large sized fish (A) and small sized fish (B).

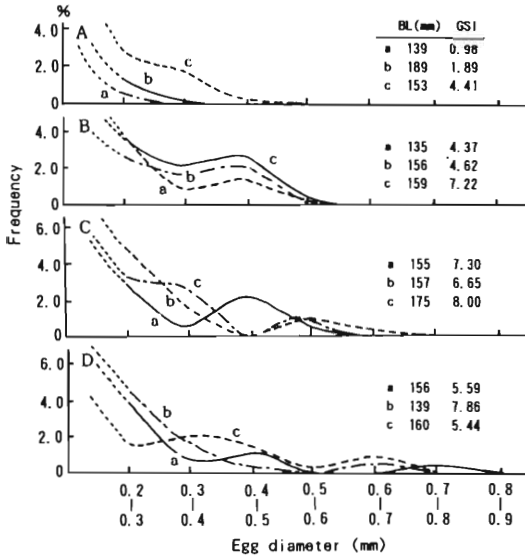


Fig. 7. Frequency of ovarian egg diameter in the representative female Japanese whiting caught by small trawl nets through the spawning season, 1987, grouping into four classes on the basis of different mode of ovarian egg diameter. —: fish caught in June, - - - -: in July, - · - ·: in September.

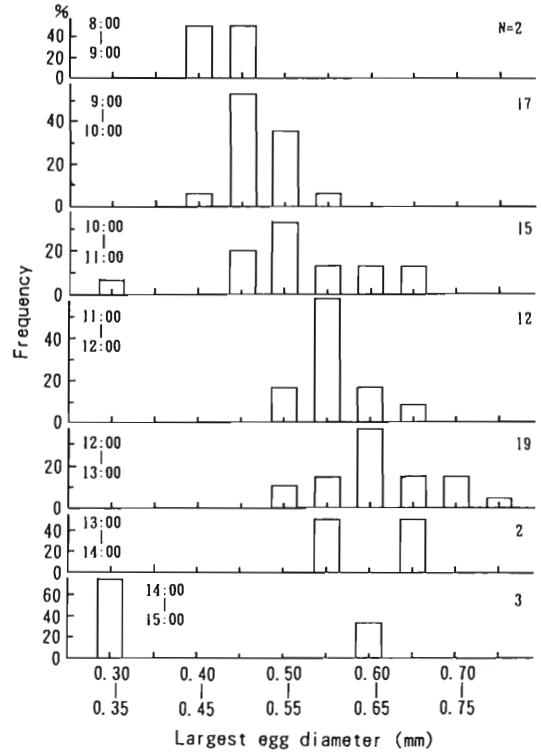


Fig. 9. Frequency distribution of the largest diameter of ovarian eggs in the most advanced mode of the female Japanese whiting angled within each time interval, on 1st September, 1988. N is the same as in Fig. 3.

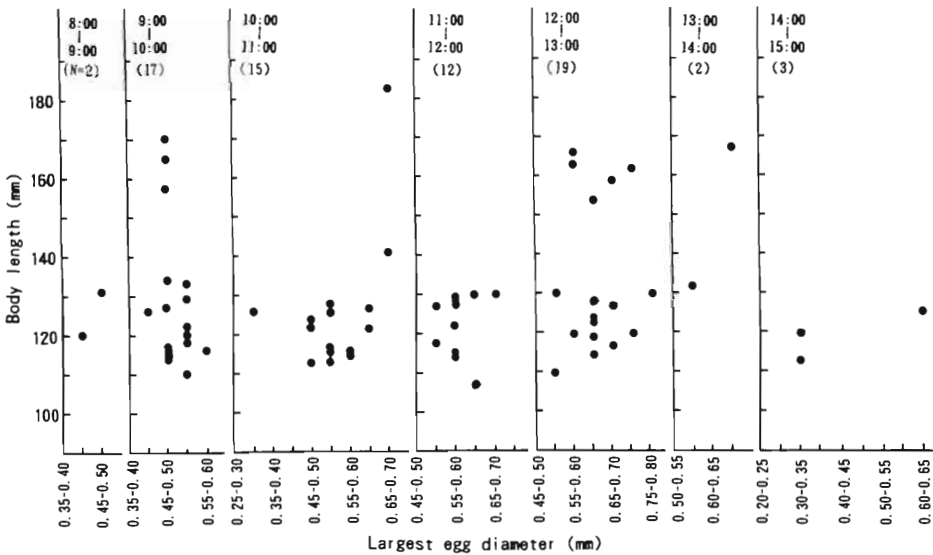


Fig. 8. Relation between the body length and the largest diameter of ovarian eggs in the female Japanese whiting angled within each time interval, on 1st September, 1988. N is the same as in Fig. 3.

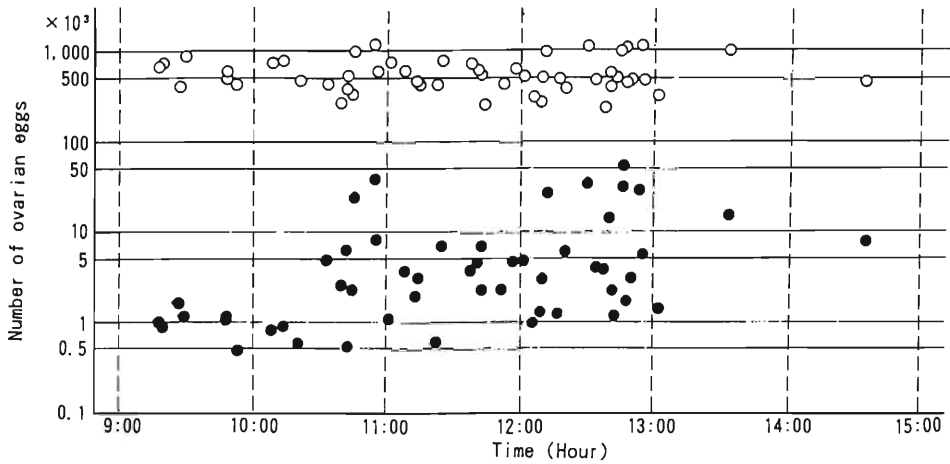


Fig. 10. Individual variation of the number of ovarian eggs in the female Japanese whiting angled within each time interval, on 1st September, 1988, especially to show 52 specimens with the eggs larger than 0.50 mm in diameter. Solid circles: Number of eggs larger than 0.50 mm in diameter. Open circles: Number of countable eggs including less than 0.50 mm in diameter. The opposed open and solid circles usually show the respective number of eggs counted in the same specimen.

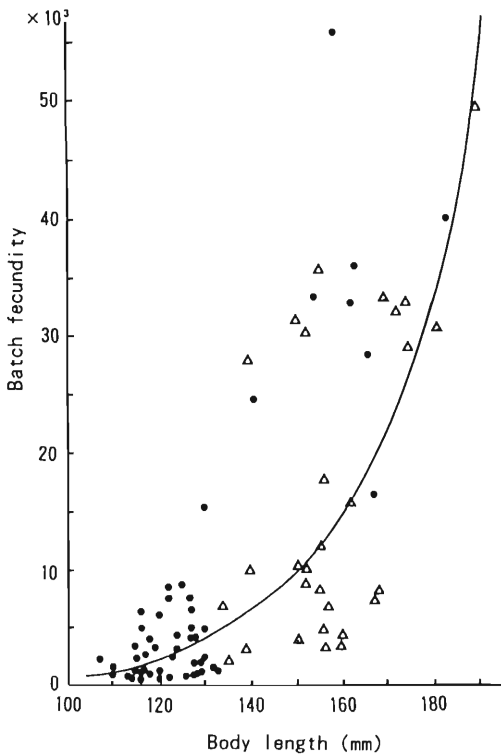


Fig. 11. Relation between the batch fecundity and body length in the female Japanese whiting, especially to show the specimen with large eggs more than 0.5 mm in diameter. Solid circles: 52 specimens angled on 1st September, 1988. Open triangles: representative 28 specimens caught by small trawl nets on 7th and 27th July, 1987.

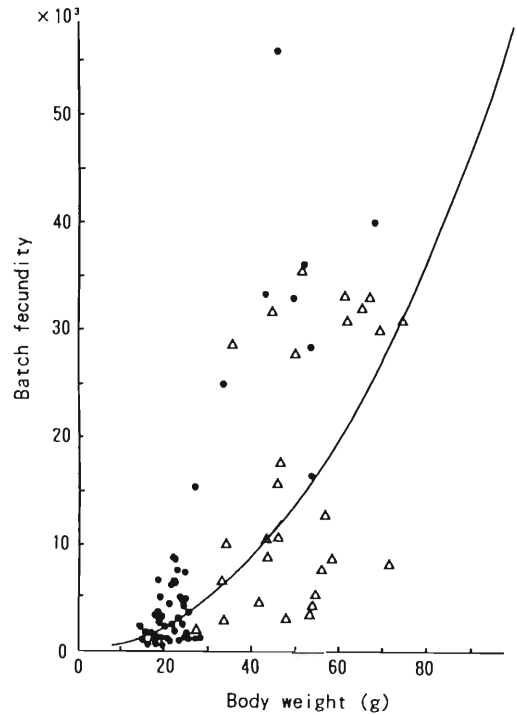


Fig. 12. Relation between the batch fecundity and body weight in the female Japanese whiting used in the same specimens as in Fig. 11.

上の大型卵数(●)と卵径0.05 mm以上を含む計数可能な総抱卵数(○)に区分して示したものである。卵径0.50 mm以上の大型卵数は10時30分頃から増加している。その数は11時以後、最低600粒(体長114 mm, GSI 1.11), 最高55,700粒(159 mm, 6.82)であった。また、底曳網魚の代表個体では、最低1,900粒(135 mm, 4.37), 最高35,700粒(155 mm, 8.74)であった。

なお、底曳網魚の一部を含む資料について、体長および体重と大型卵数との相関図を、それぞれ Fig. 11 と Fig. 12 に示した。また、それぞれの回帰式を求めると、

大型卵数 (y) と体長 (L) との関係では、

$$y = 2.3205 \times 10^{-11} \times L^{6.7237} \quad (r = 0.7566)$$

大型卵数 (y) と体重 (W) との関係では、

$$y = 5.2148 \times W^{2.0187} \quad (r = 0.7543)$$

で示される。

また、総抱卵数は個体変異が大きい。釣魚では最低251,000粒(時刻12:38, 体長127 mm, GSI 1.72), 最高1,290,000粒(10:54, 189 mm, 4.72)と推定された。なお、底曳網魚の代表個体では、産卵盛期の7月期の最低で1,063,000粒(体長135 mm, GSI 4.37), 最高で2,858,000粒(181 mm, 9.37)であり、終期に近い9月期では最低で1,257,000粒(140 mm, 6.66), 最高で2,844,000粒(175 mm, 8.00)と推定された。

IV 考 察

本研究の結果を既往の研究結果と比較して、おもに釣魚から得られた知見の的確性を検討した。

性比について、角田¹⁾は産卵期には雌が多くて全漁獲尾数の80~90%を占めることを、また伊藤・内田²⁾は5~8月の調査で雌の性比が0.43~0.58(期間平均0.51)であったことを報告している。今回の底曳網魚の場合は角田とは逆の結果を示し、釣魚の場合とも幾分異なった傾向がみられる。このように性比は産卵期においても地域、時刻、漁獲方法などによって、かなり変動することが推測される。

GSIは卵巣成熟の程度を反映し、また底曳網魚の結果では魚体の大きさともある程度関連して、産卵期の推移に伴って変化する。GSIは時期的には産卵盛期に向って最も高くなり、また大型魚ほど高い傾向を示すが(Fig. 4)、産卵終期には大型魚でも相対的に低くなる。釣魚におけるGSIの周期的変化は、全般的には各時間帯の平均体長の変動と対応した変化がみられた。

釣魚と底曳網魚では、後者の漁獲時間帯が幾分早朝から始まっているが、両者の時間帯はほぼ対応していると考えられる。したがって、釣魚のGSI変動値は底曳網魚の8~9月期のそれと対比されることになる。両者の体長差はかなり大きい。この時期のGSI変動域はおおよそ1.0~7.0の範囲にありほぼ一致している。この値は産卵盛期の7月下旬(4.0~14.0)に比べるとかなり低い。

卵径組成は多峯型で個体変動が大きい(Figs. 5, 6), 11時以後最大卵径モード0.5 mm以上に達する大型卵群が次大型卵群から分離してくる。この卵群が当日産卵されるものと考えられる。大多数の調査個体では、大型卵群に続く次大型卵群が認められ、また次大型卵群とそれに続く卵群との間には卵群区分の特徴となる一定した深い谷の形成はみられない。このことから、それぞれの卵径モード群が1回毎の産卵群となり、卵群が連続して現われる場合には連日産卵が行われるものと推測される。松浦³⁾が多峯・連続産卵型と規定し、連日産卵を行うことが知られているマダイ *Pagrus major* においても、卵径組成は卵群が連続して現われ、深い谷の形成はみられない。これに対して、岸田・会田⁴⁾はサワラ *Scomberomorus niphonius* について、飛び離れた大型卵の山は吸水卵で、これが1回の産卵数に相当すると考えている。そうして、次大型卵に当る卵群とそれに続く卵群との間には深い谷が形成され、この谷の位置より大きい次大型卵(未吸水卵)の数は1回の産卵数(吸水卵)より明らかに大きい場合が多く、このような個体では何日かに分けて卵黄蓄積の進んだ卵から順次成熟して産卵される可能性があると考えられる。すなわち、サワラでは一度に形成された次大型卵(未吸水卵)を数日間に分けて産卵し、それを産み終えると1日程度産卵が途切れ、その間に次の次大型卵が形成されると推測されている⁴⁾。また、Nakai⁵⁾はマイワシ *Sardinops melanostictus* について調査し、卵径組成にみられる3つの卵群(0.3 mm以下:第I群, 0.3~0.6 mm:第II群, 0.6 mm以上:第III群)のうち、第II群と第III群が1産卵期に1~4回に分けて産卵されると考えた。このように、産卵数の推定に当っては次大型卵群の形成状況について十分留意する必要がある。なお、生化学的研究によると、卵巣の発達過程における卵黄蓄積には、ステロイドホルモンの関与が海産魚でも知られてきている⁶⁻⁸⁾。

本種の卵は浮性卵で、受精卵では囲卵腔が狭い。卵の大きさについて多くの研究報告があるが、卵径

範囲は熟卵で0.61~0.78 mm^{1,9,10}、また受精後の浮上卵で0.61~0.79 mm¹¹⁻¹³などである。今回調査の釣魚は通常の産卵時刻(20:00~23:00)^{14,15}より数時間以前の状態に当るが、最大卵径は0.75~0.80 mmに達するものもあった。卵巣の組織学的観察を行っていないが、卵巣中には大型卵(吸水卵)が未熟な卵巣卵の間に混在していて、排卵されていない状態のものとして判断される。大型卵群の卵径モードは時刻12:00~13:00で0.60~0.65 mmであり(Fig. 9)、これが産卵時刻に達するまでに排卵され、卵径モードも幾分増大して産卵されるものと推定される。なお、産出卵の大きさは産卵魚の年齢や水温、塩分濃度などによって影響されることが明らかにされている^{15,16}。また、産卵時刻も産卵期の時期によって変動し^{15,17}、それには光周期や水温の変化が影響することが知られている¹⁸。

Fig. 9において、最大卵径0.30~0.35 mm以下のものが、10:00~11:00に1個体と14:00~15:00に2個体(うち1個体はFig. 6B-eに当る)みられる。これらの3個体は他の大型卵をもつ個体から離れており、当日産卵が行われなかったものと推定される。全調査個体(70個体)に対するその割合は約4%に過ぎない。

1回当たりの産卵数について、飼育観察により1日最高産卵数を平本¹⁷は8尾(全長181~218 mm)で80,000粒、またKUMAI and NAKAMURA¹⁹は2尾で81,700粒と推定している。今回の調査結果は個体変異が大きいが、大型卵数を1回当たりの産卵数とすると、推定された最高値はほぼ妥当な値であると考えられる。

また、1産卵期中の総産卵数についても、飼育観察の結果から、平本¹⁷は前記8尾の産卵数を6月18日から8月22日まで(66日)の期間に1,582,450粒と推定した。同様に、KUMAI and NAKAMURA¹⁹も前記2尾の産卵数を7月3日から10月7日まで(96日)の期間に2,037,000粒と推定し、さらに別の大型魚では1尾で1,800,000粒と推定している。今回調査魚の総抱卵数は、これらの値よりはるかに多いものもあり、1産卵期の総産卵数に相当するかどうかは疑問である。この点については、今後、特に産卵終結魚の卵巣の組織学的精査が望まれる。マダイでは、最後の産卵を終えた個体では卵黄胞期以上に発達した卵母細胞が、すべて崩壊吸収過程に入ることが知られている²⁰。

著者らはオイカワ *Zacco platypus* について、24時間採取資料(2時間間隔)の卵径組成の変化から、

この種類では昼間だけでなく夜間にも多回産卵が行われていることを推定し、さらにその後の調査によって夜間産卵を確認している(未発表)。多くの魚種について、完全な日周の資料を得ることは困難であるが、HUNTER et al.²⁰はカツオ *Katsuwonus pelamis* について、別漁法、近接海域、近傍漁獲月日などからなる資料を日周的に構成して、南太平洋域における産卵頻度の研究に用いている。

今回の釣魚の調査時間は全日周の1/3に過ぎないが、上記のように多くの妥当な知見が得られている。多くの魚種では産卵期がすでに明らかにされているので、日周的時間帯の長い適切な構成資料を用いて、可能な限り産卵期の前期、盛期および終期にわたって調査すれば、産卵様式に関する確かな知見が型的にも数量的にも増大するものと思われる。

謝 辞

本研究を進めるに当り、資料の取りまとめに多大の協力を得た当時の近畿大学農学部水産学科の専攻学生嘉藤治氏と青山裕一氏に対し、また標本採取に際して協力を得た専攻学生諸氏に対し、ここに記して心から感謝の意を表する。

引用文献

- 1) 角田俊平：広島大学水産学部紀要，9，15~20 (1970)
- 2) 伊藤正博・内田秀和：西海区ブロック魚類研究会報，(7)，39~44 (1990)
- 3) 松浦修平：九大農芸学誌，26，203~215 (1972)
- 4) 岸田 達・会田勝美：日水誌，55，2065~2074 (1987)
- 5) Z. NAKAI: *Japan. J. Ichthyol.*, 9, 1~115 (1962)
- 6) M. MATSUYAMA, S. ADACHI, Y. NAGAHAMA and S. MATSUURA: *Aquaculture*, 73, 357~372 (1988)
- 7) M. MATSUYAMA, S. ADACHI, Y. NAGAHAMA, K. MARUYAMA and S. MATSUURA: *Fish Physiol. Biochem.*, 8, 329~338 (1990)
- 8) M. MATSUYAMA, S. ADACHI, Y. NAGAHAMA, C. KITAJIMA and S. MATSUURA: *Mar. Biol.*, 108, 21~29 (1991)
- 9) 上野雅正・藤田矢郎：魚類学雑誌，3，118~120 (1954)
- 10) 落合 明：田中 克：新版魚類学(下)，655~657，恒星社厚生閣 (1986)

- 11) 水戸 敏：魚類学雑誌, 11, 39~64 (1963)
- 12) 熊井英水・中村元二：近畿大学農学部紀要, (10), 39~43 (1977)
- 13) 柏木正章・中村総之・岡田芳和・山田直博：水産増殖, 33, 134~138 (1985)
- 14) M. KASHIWAGI, N. YAMADA, Y. OKADA, and F. NAKAMURA: *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 50, 2135 (1984)
- 15) M. KASHIWAGI, H. SAKAKI, T. TAKAHASHI, and T. IWAI: *Nippon Suisan Gakkaishi*, 53, 2105~2110 (1987)
- 16) C.S. LEE: *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 4, 361~363 (1981)
- 17) 平本義春：水産増殖, 24, 14~20 (1976)
- 18) 古川 清・会田勝美・吉岡 基・佐藤英雄・羽生 功：*Nippon Suisan Gakkaishi*, 57, 2193~2201 (1991)
- 19) H. KUMAI and M. NAKAMURA: *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 44, 1055 (1978)
- 20) J.R. HUNTER, B.J. MACEWICZ and J.R. SIBERT: *Fish. Bull.*, 84, 895~903 (1986)