

## 五島周辺海域におけるキビナゴ雌の性成熟

水田 浩二, 中田 実, 一丸 俊雄, 征矢野 清\*<sup>1</sup>

Gonadal Maturation of the Female Blue Sprat, *Spratelloides gracilis*, in the Waters adjacent to the Goto Islands

Koji Mizuta, Minoru Nakata, Toshio Ichimaru and Kiyoshi Soyano

In 1995, and from 1997 to 1999, monthly changes in the gonadosomatic index (GSI) of female Blue Sprat, *Spratelloides gracilis*, captured by gillnets and set nets in the waters adjacent to the Goto Islands, Nagasaki Prefecture, were investigated. Oocyte diameter distribution and ovarian histology were examined in the specimens captured from April to December 1999. In eggs developing in the ovaries, the oocyte diameter exhibited a multiple-peak distribution, suggesting that group-synchronous oocyte development occurs. GSI values changed seasonally, and were highest from June to October, when histological observation found maturing oocytes in the ovaries. More than 65% of individuals exhibiting a GSI of 8 or more were mature; during our four years of investigation, there was a high frequency of these individuals in August and early October. These results suggest that the spawning season lasts from June to October, with the peak activity occurring in August and early October.

長崎県において、キビナゴ *Spratelloides gracilis* は、食用をはじめ、一本釣り・延縄漁業の餌として広く利用される重要種で、刺網や定置網等で漁獲されており、漁獲量の約6割は五島周辺海域で獲られている。本県の過去20年間の漁獲量を見ると800~2,100 t\*<sup>2</sup>の間で推移し、1985年には最高値の2,100 tを、また翌々年の1987年には800 tと低い値を示すなど年変動が大きい。主要漁場である五島周辺海域では、本種資源の持続的利用のため、1995年から、漁業者の経験的観察や甌列島周辺海域<sup>1)</sup>や土佐湾周辺海域<sup>2)</sup>などの報告を参考に、6~7月の2ヶ月間を販売禁止期間(但し、釣餌用の採捕は行われている)としている。しかし、当海域における本種の産卵

時期を詳細に検討した報告はなく、また本種の生殖腺の組織学的観察に基づく成熟過程に関する知見もない。そこで、本研究では雌の生殖腺指数や卵母細胞の成熟過程等を調べ、当海域における本種の成熟と産卵に関して有用な知見を得たので報告する。

### 材料と方法

材料は1995年および1997~1999年に五島周辺海域(Fig. 1)で、主に刺網および定置網で漁獲されたキビナゴを使用した(Table 1)。標本は、4~10月には毎月1~4回、11~3月には概ね2ヶ月に1回、50~100尾のキビナゴを漁獲物から無作為に抽出した。

\*<sup>1</sup> 長崎大学水産学部附属海洋資源教育研究センター

\*<sup>2</sup> 農林水産統計年報

標本数は1995年が1,019個体, 1997年が800個体, 1998年が1,050個体, 1999年が3,350個体である。測定は尾叉長, 体重, 生殖腺重量について行い, 雌雄を生殖腺の形および卵粒の有無によって判別した。さらに, 1999年4~12月には毎月の雌標本の中から20~42個体, 合計247個体を無作為に抽出し, 10%中性ホルマリンで固定した。固定標本は, 卵巣の中央部を切り取り, 卵母細胞の径の測定および組織学的観察に用いた。卵母細胞の径は, 長径と短径を測定し, その平均を卵径とした。卵径は標本1個体当たり100粒を万能投影機下30倍で測定した。また, 組織標本は常法に従い脱水・透徹を行った後, パラフィンに包埋し, ミクロトームで5 $\mu$ mの切片を作製した。これにヘマトキシリン・エオシンによる二重染色を施し, 光学顕微鏡下で観察した。

卵母細胞の成熟過程は高野<sup>3)</sup>を参考に7つの段階に分け, これを基に卵巣の成熟度を区分した。なお, 卵黄胞が出現する時期の標本は脱パラフィン後, 0.5%過ヨウ素酸水溶液に10分間浸漬し, 蒸留水で洗浄して, シッフ液および亜硫酸水素ナトリウム液で発色させて観察した(PAS法)。

生殖腺指数 (Gonad somatic index, 以下 GSI

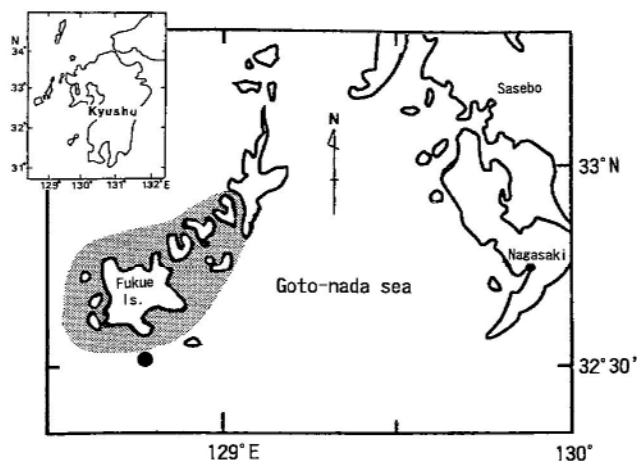


Fig. 1. Map of showing the research area of the Goto Islands. The dotted area shows fishing ground sampled specimens of female blue sprat. Closed circle (●) indicates the station measured water temperature.

と略記する) は次式により求めた。

$$GSI = (\text{生殖腺重量g} / \text{体重g}) \times 100$$

標本を採取した海域の水温は, 長崎県総合水産試験場が実施している沿岸定線観測定点の0m層 (Fig. 1) を使用した。

Table 1. Number and mean of fork length of female blue sprat, *Spratelloides gracilis*, in sampling years.

Year	Number	Fork length (mm)±SD
1995	686	94±9.5
1997	665	89±6.4
1998	790	90±5.8
1999	1,671	94±6.4

## 結 果

**GSIの周年変化** GSIおよび水温の変化を Fig. 2 に示す。GSIは, いずれの年も水温が概ね20℃を越える6月には高くなり, 9月あるいは10月まで高い値を示した。その後, 水温が25℃以下となった11月には低い値を示した。また, 6~10月の間のGSIには, しばしば増減が認められ, その変動傾向は年によって異なっていた。

**GSIと卵径頻度分布** 1999年4~12月の標本について, GSIの値別に卵径頻度分布を Fig. 3 に示す。GSIの値に関わらず卵巣内には卵径200 $\mu$ m以下の卵群が常に認められた。GSIが0.5では卵径200 $\mu$ m以下の卵群のみであったが (Fig. 3-A), GSIが1以上では201 $\mu$ m以上の卵群が出現し (Fig. 3-B), GSIの増加に伴って, 大型の卵群が出現するようになった。GSIが8以上では, 卵径701 $\mu$ m以上の卵母細胞が認められ (Fig. 3-G~J), 特にGSIが15では, 卵径601~900 $\mu$ mの最も大型の卵群が出現し, 201~400 $\mu$ mの卵群と, 200 $\mu$ m以下の3つの卵群が認められ, 多峰型を示した (Fig. 3-J)。なお, 9~10月の標本にはGSIが3~5を示す一部の個体に

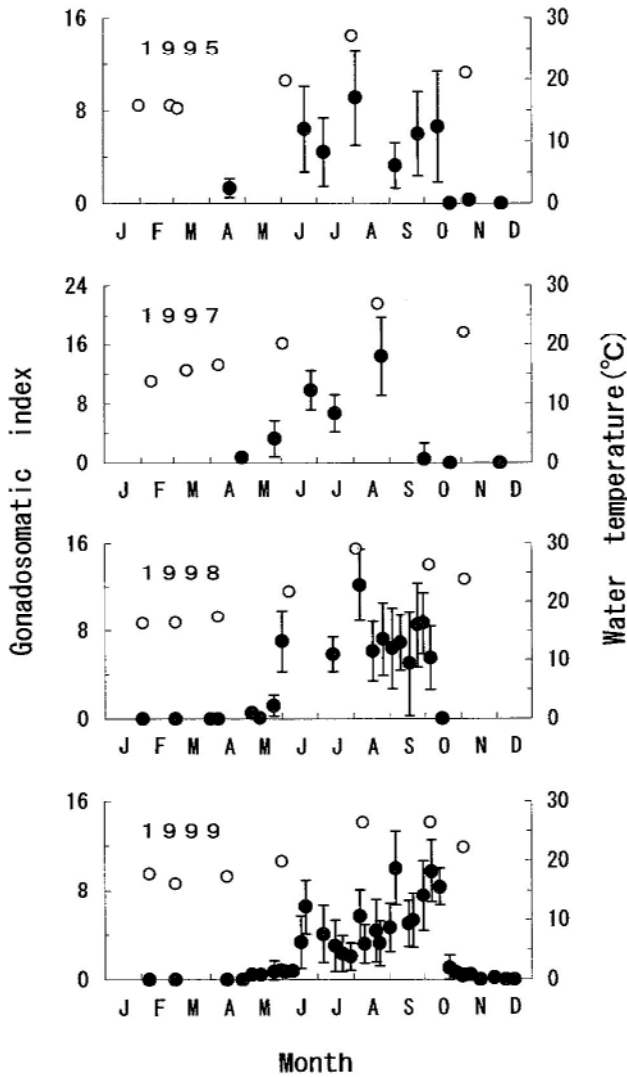


Fig. 2. Monthly changes in gonadosomatic index (GSI) of female blue sprat in 1995 and from 1997 to 1999. Closed circles and bars represent mean and standard deviation. Open circles represent water temperature.

は、卵径 $651\sim 900\mu\text{m}$ の卵母細胞が僅かに認められた (Fig. 3-K)。

**卵母細胞の成熟過程** 卵母細胞の成熟過程と組織学的特徴を整理し、Fig. 4に示す。本種の卵巣中には、高野<sup>3)</sup>が示した周辺仁期、卵黄胞期、第1～3次の卵黄球期、核移動期、成熟前期および成熟後期の卵母細胞が確認された。なお、ここでの卵径は組織切片上で測定した値を示す。

1) 周辺仁期 (Fig. 4-A) : 卵径は $19\sim 130\mu\text{m}$ で、細胞質はヘマトキシリンに濃染し、核周辺には仁

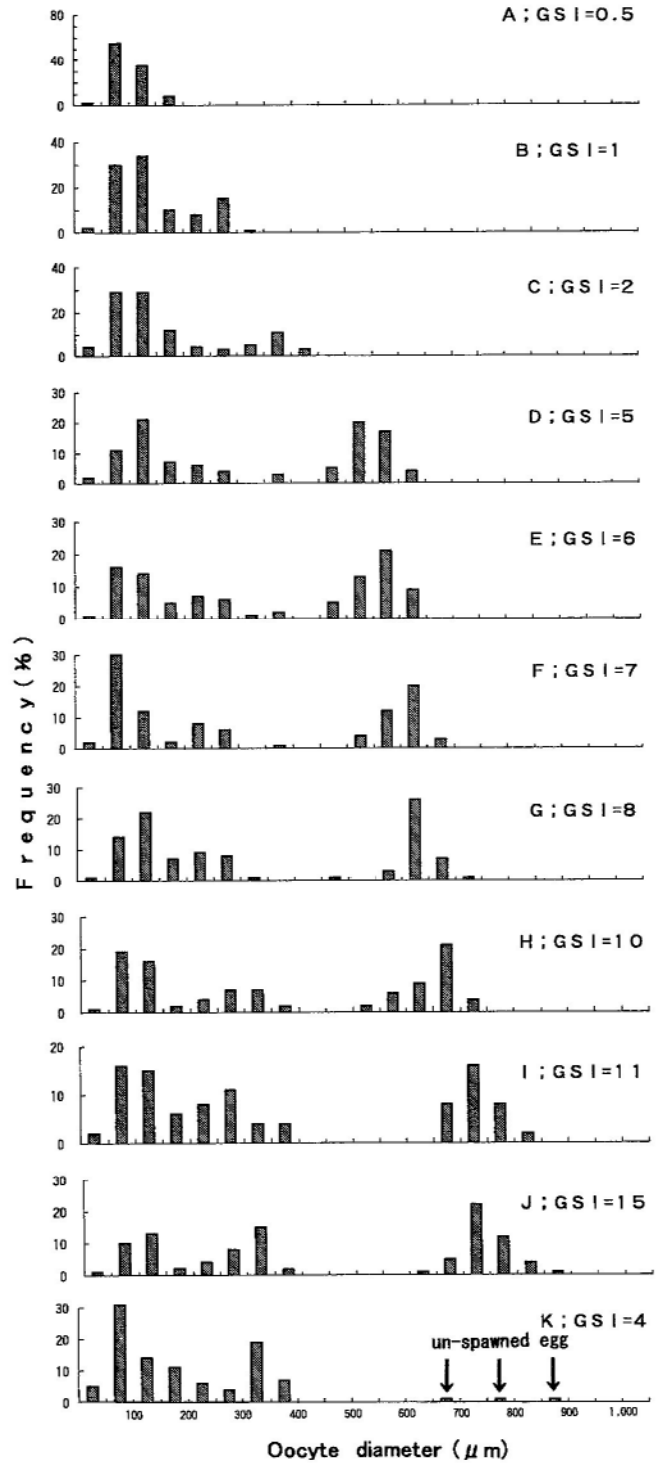


Fig. 3. Changes of oocyte diameter distribution in each value of gonadosomatic index (GSI) of female blue sprat in 1999.

が観察された。

2) 卵黄胞期 (Fig. 4-B) : 卵径は約 $150\mu\text{m}$ になり、細胞質周辺には空胞状に見える卵黄胞が観察された。なお、卵黄胞はPAS法を使用し、赤紫色に

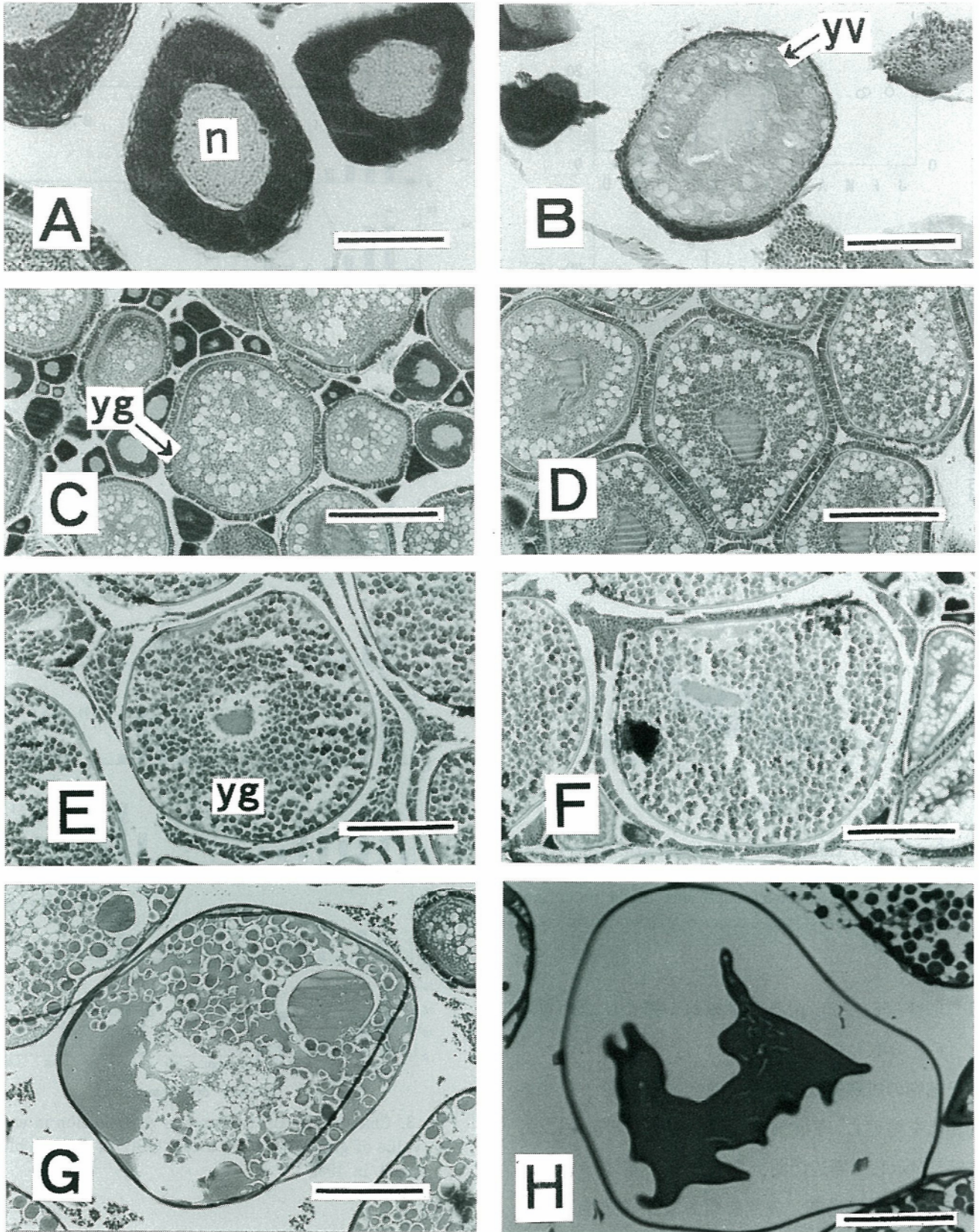


Fig. 4. Photomicrographs of histological sections of ovary and oocytes from female blue sprat in different maturity stages. (A), perinucleolus stage. Bar=50 $\mu$ m. (B), yolk vesicle stage. PAS preparation. Bar=100 $\mu$ m. (C), primary yolk stage. Bar=200 $\mu$ m. (D), secondary yolk stage. Bar=200 $\mu$ m. (E), tertiary yolk stage. (F), migratory nucleus stage. Bar=200 $\mu$ m. (G), prematuration stage. Bar=200 $\mu$ m. (H), maturation stage. Bar=200 $\mu$ m. n, nucleus ; yv, yolk vesicle ; yg, yolk globules.

染まったことで油球と区別された。

- 3) 第1次卵黄球期 (Fig. 4-C)：卵径は約250 $\mu\text{m}$ になり、大きさと数を増した卵黄胞の間に卵黄球が出現した。
- 4) 第2次卵黄球期 (Fig. 4-D)：卵母細胞は卵黄球の活発な蓄積によって、約400 $\mu\text{m}$ に急成長し、細胞質の周辺部分に2～3層をなして並ぶ卵黄胞が観察された。
- 5) 第3次卵黄球期 (Fig. 4-E)：卵径が約500 $\mu\text{m}$ に達した卵母細胞では、卵黄蓄積が終了し、細胞質内は融合によって大型化した卵黄球で満たされたが、細胞質の中心には依然核が観察された。
- 6) 核移動期 (Fig. 4-F)：卵径が約550 $\mu\text{m}$ になると、核が動物極の卵門域へと向かう移動が観察された。
- 7) 成熟前期 (Fig. 4-G)：卵径が約600 $\mu\text{m}$ になると、核の消失 (germinal vesicle break down; GVB D) が終了し、卵黄球の融合が観察された。
- 8) 成熟後期 (Fig. 4-H)：最も大型化した卵径約700 $\mu\text{m}$ 以上の卵母細胞では、吸水が起こり、細胞質内は透明化した。

**卵巣の成熟度の月別変化** キビナゴの卵巣には成熟過程の異なる卵母細胞が混在していた。卵巣の成熟度の判断は上述の卵母細胞の成熟過程を基に、卵巣内で最も発達した卵母細胞を指標にして区分した。なお、核移動期の卵母細胞が観察された個体数は少なかったため、成熟前期および成熟後期と合わせて成熟段階とした。卵巣の成熟度を区分し、その月別出現頻度を整理して Fig. 5 に示す。

4月には、周辺仁期の個体が65%、卵黄胞期の個体が35%を占め、卵黄形成は認められなかった。また卵巣は細い糸状を呈しており、卵粒は肉眼で識別が困難であった。

5月には、卵黄球の蓄積が認められた第1次卵黄球期の個体が43%を占め、肉眼で卵粒を識別できる個体が出現した。

6～8月には、第2次卵黄球期の個体が57～65%と最も高い割合を占め、6、7月には9%以下、8月には10%の割合で成熟段階の個体が出現した。

9月には、成熟段階の個体が75%を占め、4～12月の間で最も出現割合が高かった。また、排卵後濾胞 (Fig. 6) が確認された。

10月には、成熟段階の個体が48%、第1～第3次の卵黄球期の個体が34%を占めた。また、卵黄形成が行われていない周辺仁期の個体が11%、卵黄胞期の個体が7%を占めた。

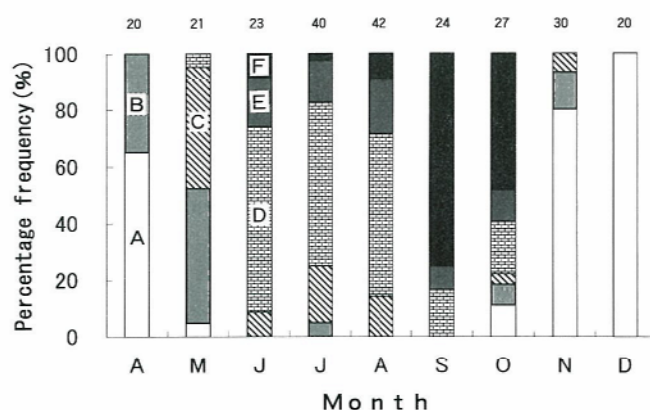


Fig. 5. Monthly changes in the proportional frequency of ovarian maturity stages in female blue sprat collected during April to December in 1999. (A), perinucleolus stage. (B), yolk vesicle stage. (C), primary yolk stage. (D), secondary yolk stage. (E), tertiary yolk stage. (F), maturation phase. Number above each bar shows the number of fishes examined.



Fig. 6. Photomicrograph of histological section with postovulatory follicle in September 1999. Bar=200  $\mu\text{m}$ .

## 考 察

11月には周辺仁期の個体が80%、卵黄胞期の個体が13%を占め、更に12月には周辺仁期の個体が100%を占めるようになり、卵巣は再び細い糸状を呈した。

**G S I, 卵巣の成熟度および卵径の対応関係** G S I と卵巣の成熟度の関係を整理して Fig. 7 に示す。この両者の関係に卵径頻度分布の卵群を対応させて以下に示す。G S I が1未満の卵巣では周辺仁期の個体が62%、卵黄胞期の個体が24%を占め、卵径は200 $\mu$ m以下であった。G S I が1では第1次卵黄球期の個体が64%、第2次卵黄球期の個体が32%を占め、卵径は201~350 $\mu$ mであった。G S I が2~5では、第2次卵黄球期の個体が81%を占め、卵径は351~650 $\mu$ mになり、G S I が6~7では第3次卵黄球期の個体が47%、成熟期の個体が26%を占め、卵径は501~700 $\mu$ mであった。G S I が8~10では成熟期の個体が65%を占め、卵径は501~750 $\mu$ mとなり、G S I が11~16では成熟期の個体が100%を占め、卵径は601~900 $\mu$ mに達した。

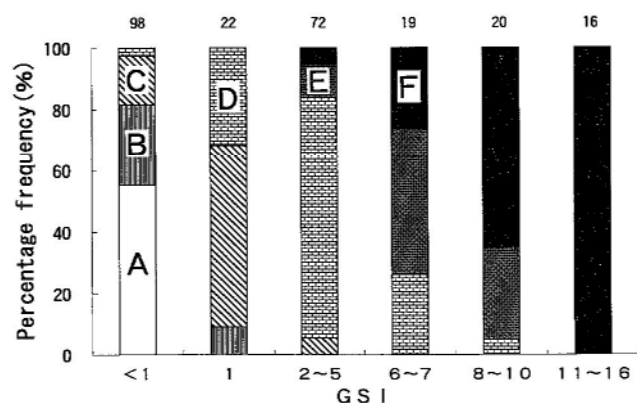


Fig. 7. Relationships between gonadosomatic index (GSI) and ovarian maturity stages in female blue sprat collected during April to December in 1999. (A), perinucleolus stage. (B), yolk vesicle stage. (C), primary yolk stage. (D), secondary yolk stage. (E), tertiary yolk stage. (F), maturation phase. Number above each bar shows the number of fish examined.

1999年の標本によるG S Iと卵巣の組織学的観察から、G S Iが8~10では65%の割合で、成熟段階の個体が確認された。このことから、G S Iが8以上を示す個体の出現時期には、成熟した個体が高い割合で出現すると推測された。そこで、G S Iの調査を行った4カ年の結果で検討すると、8以上の個体は概ね6~10月に出現し、1995, 1997, 1998年は8月、1999年には9~10月上旬に出現個体が多く、当海域における産卵期は6~10月、盛期は8~10月上旬にあると考えられた。これまで、本種の産卵期は甌列島周辺海域では初夏<sup>1)</sup>、土佐湾周辺海域では5~8月<sup>2)</sup>と報告されているが、本研究によると当海域の産卵期は6~10月と長く、産卵盛期は他海域とは異なる特徴を持つことが分かった。

本種の卵巣には成熟過程が異なる卵母細胞が混在しており、卵群同期発生型<sup>3)</sup>に属すると考えられた。本種は多回産卵を行わないと考えられている<sup>2)</sup>。本研究の結果では、産卵期が長いことや、G S Iが15を示す個体 (Fig. 3-J) では成熟過程の551~900 $\mu$ mの卵群の他に、201~400 $\mu$ mの発達段階にある卵群が認められたことから、多回産卵の可能性が考えられた。しかし、第1次あるいは第2次卵黄球期と推察される201~400 $\mu$ mの卵群がその後発達するかは不明であり、多回産卵に関しては検討課題としたい。

魚類の成熟・産卵に及ぼす主な環境要因としては、水温が挙げられる<sup>4)</sup>。水温データは毎月得られていないが、G S Iの周年変化および卵巣の成熟度とを対応させ、概略を以下に示す。水温18 $^{\circ}$ CではG S Iは極めて低い値を示し、卵黄形成は行われていない。水温が20 $^{\circ}$ Cを越える6月からG S Iは急増し、卵黄形成が盛んになり、成熟個体が出現する。その後、水温が25 $^{\circ}$ C以下になる11月にはG S Iは急激に減少し、卵黄形成も終了するものと考えられた。このこ

とは、本種の成熟と産卵には、表面水温が22～23℃の臨海水温に達することが重要な刺激要因になる<sup>2)</sup>とする報告と概ね一致した。また、G S Iの経月変化には年ごとに違いがみられるが、この詳細な原因に関しては今後の検討課題としたい。

大部分のニシン科魚類の浮遊性卵とは異なり、本種は沈性の附着卵を有する<sup>5)</sup>。甌島周辺海域では、産卵場が水深13mの砂質帯で視認されている<sup>6)</sup>が、当海域では、産卵場は確認されていない。本研究では放卵後と考えられる個体 (Fig. 3-K) や排卵後濾胞を有する個体を確認したことから、本種の産卵場が当海域にも分布する可能性が示唆された。

当海域では、1995年からキビナゴ資源の持続的利用のため、経験的に主産卵期と思われる6～7月の2ヶ月を販売禁止期間と定めているが、今後は8～10月上旬の産卵盛期を含む保護が望ましい。

## 文 献

- 1) 小沢貴和, 角輝秀, 増田育司, 松浦修平: 甌列島産キビナゴの個体群構造. 日水誌, 55 (6), 985-988 (1989).
- 2) 松村春樹, 山重政則: 土佐湾周辺域におけるキビナゴの生態について. 南西外海の資源・海洋研究, 3, 9-17 (1987).
- 3) 高野和則: 魚類の成熟, 発生, 成長とその制御, 卵巣の構造と配偶子形成. 水産繁殖学 (降島史雄, 羽生功編), 緑書房, 東京, 1996, pp.3-27.
- 4) 川本信: 魚類生理, 恒星社厚生閣, 東京, 1977, pp.245-286.
- 5) 福田英夫: キビナゴ (*Spratelloides japonicus* HOUTTUYN) の生活史について. 日水誌, 2, (5), 229-240 (1934).
- 6) 肥後伸夫, 寺田和彦: 甌島周辺海域におけるキビナゴ漁業に関する研究 - I. 鹿大水紀要, 34(1), 97-109 (1985).