

英虞湾産シロギスの生殖周期

近藤茂則・松浦健一・宮澤功吉・吉岡 基・柏木正章

三重大生物資源学部*

Annual Reproductive Cycle of the Japanese Whiting, *Sillago japonica*, in Ago Bay

Shigenori KONDO, Kenichi MATSUURA, Kokichi MIYAZAWA,

Motoi YOSHIOKA and Masaaki KASHIWAGI

Faculty of Bioresources, Mie University, 1515 Kamihama-cho, Tsu, Mie 514-8507, Japan

Abstract

To determine the annual reproductive cycle of *Sillago japonica* in Ago Bay, the GSI (Gonado-somatic index) investigation and histological observation of gonads were carried out every month from May 1997 to December 1998.

In females, GSIs between June and September (>3) were higher than from October to May (<1). Based on ovarian histology, all fish were immature between November and April. Vitellogenesis started from May, and many matured oocytes noted between June and September (corresponding to increase in GSI). Atretic oocytes appeared from September to October.

In males, GSIs between May and September (>0.5) were higher than between October and April (<0.25). All testes were quiescent in December and January. Spermatogenesis started from February, and continued through March to April. Lobule lumens and main sperm ducts were filled with spermatozoa between May and September (corresponding to increase in GSI). Testes in the spent condition appeared from October to November.

The spawning season may thus be considered to from June to September, and oogenesis and spermatogenesis to be most active between May and September.

Key Words : Japanese whiting • *Sillago japonica* • GSI • gonad • maturation

シロギス *Sillago japonica* Temminck et Schlegel は、北海道南部から九州、朝鮮半島南部、台湾およびフィリピンにかけて広く分布している¹⁾。本種は沿岸の砂泥底域に生息し、底引き網、定置網、釣りなどによって漁獲される重要種であり²⁾、日本では、増養殖対象種として種苗生産に関する研究も行なわれている³⁻⁷⁾。しかし

ながら、その基礎知見となる生殖周期に関しては、千葉県館山湾⁸⁾、三重県英虞湾⁹⁻¹⁰⁾、広島県周辺の瀬戸内海域¹¹⁾、福岡県北九州海域¹²⁾ および同県の筑前海¹³⁾ における産卵期についての知見がある程度で、生殖腺の成熟過程を含む生殖周期について詳細に検討された報告は見当たらない。水産資源の管理や増養殖において、対象種の

生殖周期を明らかにすることは重要と思われるので、本研究では、三重県英虞湾のシロギスを対象として、生殖腺体指数の測定および生殖腺の組織学的観察を約2ヵ年にわたって行なった。その結果、生殖周期に関するいくつかの知見を得たので報告する。

材料および方法

本研究では、1997年4月から1998年12月まで毎月1-2回の割合で、三重県英虞湾から釣獲したシロギスを材料とした(雌117尾、標準体長83-204mm、体重7-102g、雄155尾、標準体長72-203mm、体重4-98g)。採集した個体は、直ちに開腹して10%ホルマリン液で固定し、研究室に持ち帰って標準体長、体重および生殖腺重量を測定し、次式により生殖腺体指数(GSI)を算出した。

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

ホルマリン固定した生殖腺は、常法に従って、厚さ3-5 μ mのパラフィン切片とし、Mayerのヘマトキシリン・エオシン二重染色を施して顕微鏡観察に供した。

結 果

雌

1997年4～5月のGSIは1以下であったが、6月初旬から上昇しはじめ、同下旬には4.3に達した(Fig. 1)。その後、9月下旬までの約3ヶ月間は3以上の値を維持していたが、10月初旬には1以下に急減し、翌年5月まで低い値が続いた。このように、GSIが6～9月は高く、10月以降は低くなる傾向は1998年でも観察された。

卵巣の組織学的観察においては、様々な成熟ステージ

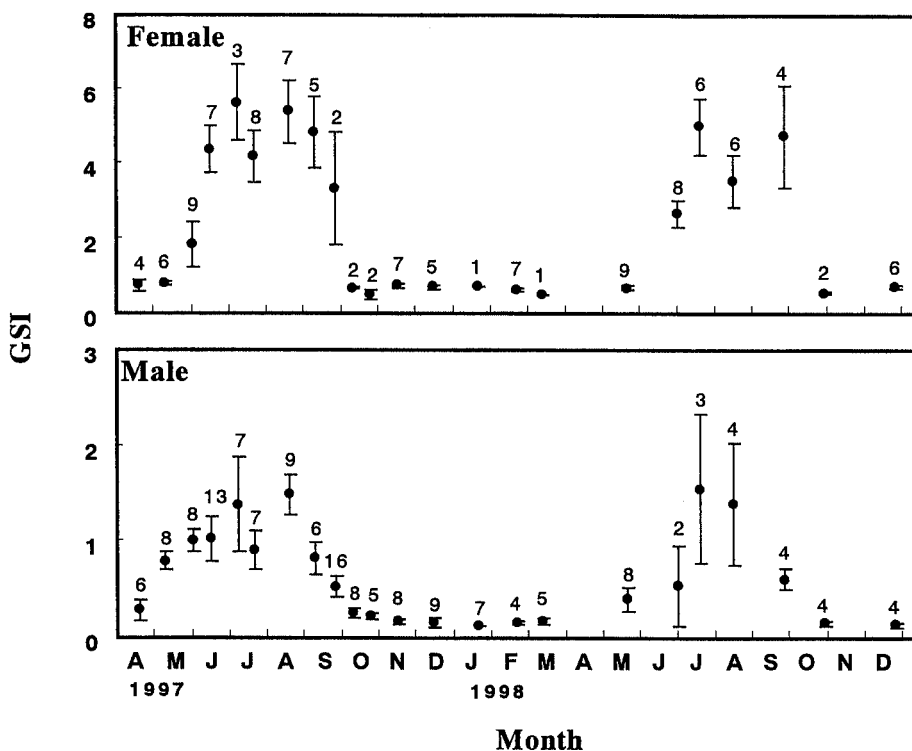


Fig. 1 Seasonal changes of GSI of the ovary (top) and testis (bottom) in *Sillago japonica* from April 1997 to December 1998 in Ago Bay. Closed circles and vertical bars show mean and SE, respectively. Each number at the top of vertical bars indicate the sample size.

の卵母細胞が認められたが、ここでは卵母細胞が成熟を開始する周辺仁期以降のものを対象とし、Matsuyama *et al.*¹⁰⁾ がマダイ *Pagrus major* において区分したステージを参考に、周辺仁前期、周辺仁後期、卵黄胞期、第1～第3次卵黄球期、核移動期、成熟期および退行期の9ステージに分けた (Fig. 2)。さらに、ステージ別卵巣の組成から判断される卵巣の成熟過程を簡潔に表わすために、これら9ステージを次の4段階にグルーピングした。すなわち、①未熟期 (IM: Immature phase): 周辺仁前期 (Fig. 2-A)、周辺仁後期 (Fig. 2-A) もしくは卵黄胞期 (Fig. 2-C) までの卵母細胞で構成される、②卵黄蓄積期 (VT: Vitellogenic phase): 周辺仁期および卵黄胞期に混じり、卵黄蓄積中の第1～第3次卵黄球期 (Fig. 2-D～F) の卵母細胞が観察される、③成熟期 (MA: Maturation phase): 核移動期 (Fig. 2-G)、もしくは成熟期 (Fig. 2-H) が出現し、すべてのステージの卵母細胞が観察される。なお、核移動期や成熟期の卵母細胞が観察されなくても、排卵後濾胞 (Fig. 2-I) が存在している場合は、その卵巣を成熟期とした。④退行期 (AT: Atresia phase): 卵巣組織中に退行期 (Fig. 2-J) の卵母細胞が観察される。このようにしてまとめた成熟過程の月別変化を Fig. 3 に示した。その結果、GSI が低い1～4月の卵巣はすべて未熟期であったが、5月には33%の個体が卵黄蓄積期になっていた。しかし、このときのGSIはまだ1以下と低かった。GSI が3以上を示した6～9月は54%以上の個体が成熟期で、とくに7月と8月は成熟期の個体が95%に達していた。なお、9月は64%の個体が成熟期であったが、その他の個体の36%は退行期の卵巣であった。その後、GSI が急低下した10月は17%の個体が退行期で、その他はすべて未熟期であった。11～12月は1～4月と同様にすべて未熟期であった。

雄

1997年4月のGSIは平均0.26であったが、5月中旬には0.75に上昇した (Fig. 1)。その後、9月上旬までの3ヶ月余はそれ以上の高い値を維持していたが、9月下旬より低下しはじめ、10月初旬には0.24となり、翌年3月までこのような低い値が続いた。このように、GSI が5月～9月は高く、10月以降は低くなる傾向は1998年でも観察された。精巣の組織学的観察では、包

囊内に存在する精原細胞、精母細胞、精細胞ならびに精小嚢内腔と主輸精管内に存在する精子など、様々な成熟ステージの生殖細胞が認められた。これら生殖細胞のうち、とくに顕著な季節的消長が観察された精母細胞と精細胞包囊および精子を対象とし、Grier¹⁰⁾ の分類を参考に、精巣の成熟過程を次の5段階に区分した。すなわち、①成熟初期 (EM: Early maturation phase): 精母細胞包囊および精細胞包囊は観察されるが、精子はほとんど観察されない (Fig. 4A)、②成熟中期 (MM: Mid maturation phase): 精母細胞包囊から精子までの生殖細胞が観察されるが、精子量は少ない (Fig. 4B)、③機能的成熟期 (FM: Functional maturation phase): 精母細胞包囊、精細胞包囊および精子が観察され、とくに精小嚢内腔と主輸精管内に多量の精子が充填している (Fig. 4C)、④後繁殖期 (PS: Post-Spawn stage): 精母細胞包囊や精細胞包囊はほとんど観察されず、精子量も少ない (Fig. 4D)、⑤休止期 (QS: Quiescent phase): 精巣組織の大部分は結合組織で覆われ、精母細胞包囊、精細胞包囊および精子はほとんど観察されない (Fig. 4E)。このようにしてまとめた成熟過程の月別変化を Fig. 3 に示した。その結果、GSI が低い1月の精巣はすべて休止期であった。2月は、GSI にほとんど変化がみられなかったが、組織学的には50%の個体が成熟初期であった。したがって、この頃に減数分裂による精子形成が開始されたと考えられる。3月と4月も、GSI にほとんど変化がみられなかったが、それぞれ20%および50%の個体が成熟中期になっていた。GSI が高かった5～9月は50%以上の個体が機能的成熟期にあり、とくに8月は90%以上であった。なお、9月は、機能的成熟期の個体の他に後繁殖期の個体が35%出現し、それが10月には90%以上になっていた。11月と12月はそれぞれ63%および100%の個体が休止期であった。

考 察

英虞湾産シロギスの産卵期について、柏木ら⁹⁾ および Kashiwagi *et al.*¹⁰⁾ は、親魚の水槽飼育によって、産卵が6月下旬～10月初旬に行なわれたことを確認している。本研究においても、GSI は雌が6～9月、雄が5～9月に他の季節より高い値を示し、同時に、多くの個体の卵巣と精巣にそれぞれ成熟した卵母細胞と精子が多

数観察されたことから、産卵期は少なくとも6~9月と推定された。別の地方のシロギスの産卵期に関する研究では、館山湾で6~10月⁸⁾、瀬戸内海域¹¹⁾と北九州海域¹²⁾で6~8月、筑前海域¹³⁾で6~9月という報告があり、本研究結果とはほぼ一致する。

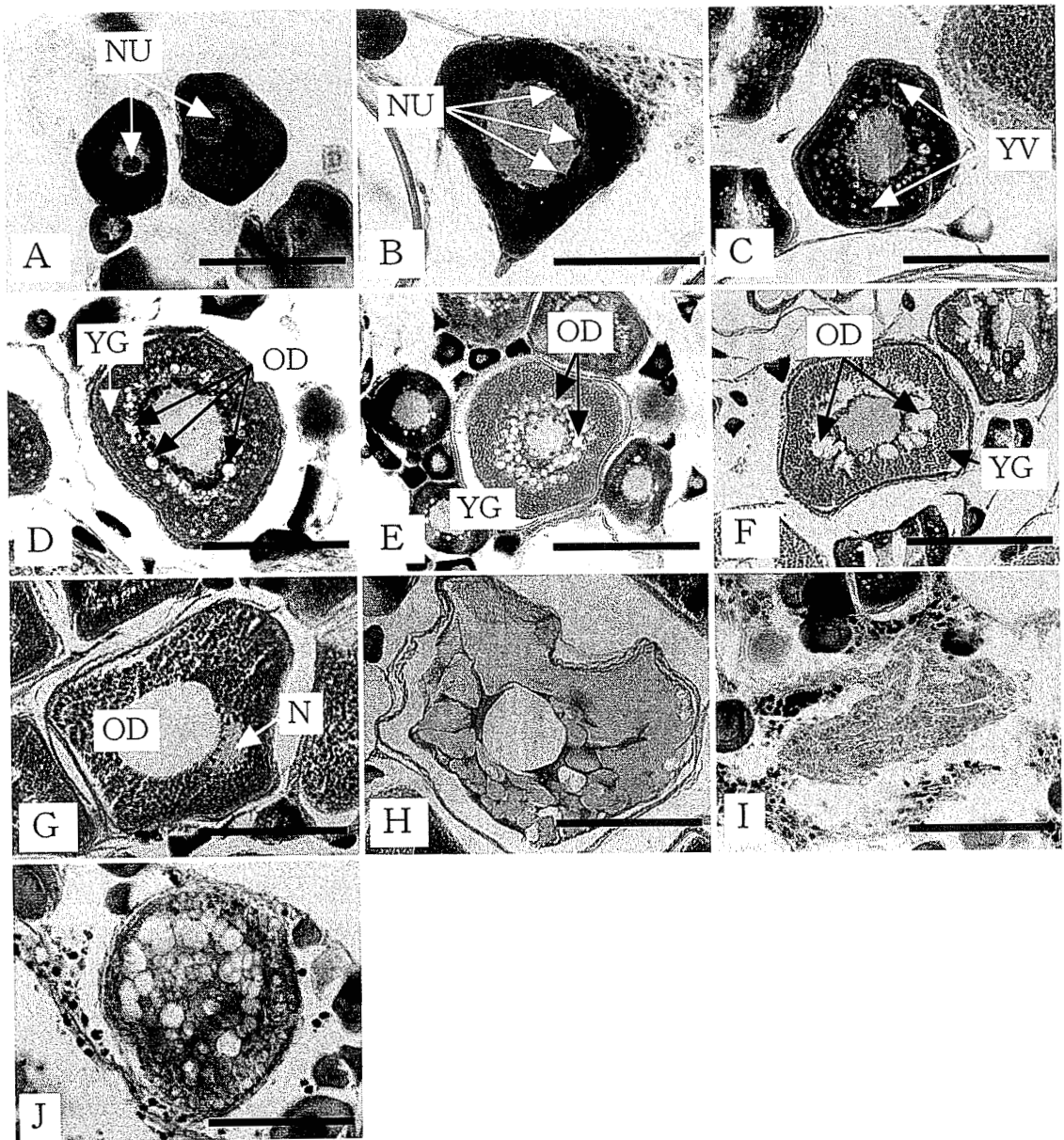
雌の生殖周期に関して、4月にすべて未熟期であった卵巣は、5月に卵黄蓄積を開始すると、6月には、GSIの急上昇とともに、ほとんどのものが成熟期に達した。一般に、硬骨魚類の卵母細胞では、卵黄蓄積期から成熟期までの期間は短く、長いものでも数ヶ月を超えないといわれている¹⁰⁾。このなかで、産卵開始前の1ヶ月足らずの間にGSIが急上昇する種類としては、マダイ¹⁷⁾、マイワシ*Sardinops melanosticta*¹⁸⁻¹⁹⁾、カタクチイワシ*Engraulis japonicus*²⁰⁾、タイリクバラタナゴ*Rhodeus ocellatus ocellatus*²¹⁾が知られており、それ以上の時間をかけて比較的緩やかに上昇する種類としては、キンギョ*Carassius auratus*²²⁾、ヤマメ*Oncorhynchus masou masou*²³⁾、アカヒレタビラ*Acheilognathus tabira*²⁴⁾が知られている。したがって、シロギスは前者のタイプに属すると考えられる。なお、産卵期終了から翌年4月までは卵形成は行なわれていなかった。以上のことから本

種の卵形成は産卵期の約1ヶ月前の5月から産卵期が終了する9月までの期間において集中的に行なわれ、それ以外の期間はほとんど卵形成は行われないことが明らかになった。

雄の生殖周期に関して、1月にすべて休止期であった精巣は、2月に精子形成を開始すると、3~4月には少量の精子が観察される成熟中期になり、5月には機能的成熟期に達した。ただし、4月以前のGSIにはほとんど変化が認められず、この間の精子形成は緩慢であった。これに対して、5月から6月にかけては、GSIの急上昇を伴って大量の精子が生産されていた。一般に、硬骨魚類では、産卵期終了直後には精子形成活動がまったく認められない短い休止期があり、それから間もなく次の生殖のための精子形成活動を始めるといわれている²⁵⁾。このなかで、産卵開始の1ヶ月前にGSIが急上昇する種類としてはマダイ²⁶⁾とタイリクバラタナゴ²¹⁾が知られており、それ以上の時間をかけて比較的緩やかに上昇する種類としてはマイワシ¹⁹⁾、アカヒレタビラ²⁴⁾が知られている。したがって、シロギスは前者のタイプに属すると考えられる。なお、雌が未だ成熟段階に達していない5月でも大量の精子が形成され精小嚢内腔や主輸精管

Fig. 2 Maturation stages of oocytes in *Sillago japonica*

- A. Early peri-nucleolus stage, Bar=5 μ m : The diameter of oocytes ranges from 18 to 67 μ m. Some large nucleoli exist in the nucleus. NU ; nucleolus
- B. Late peri-nucleolus stage, Bar=5 μ m : The diameter of oocytes ranges from 48 to 100 μ m. Small nucleoli exist around the inner margin of the nuclear membrane. NU ; nucleolus
- C. Yolk vesicle stage, Bar=10 μ m : The diameter of oocytes ranges from 106 to 153 μ m. Yolk vesicles appear at the cytoplasm. YV ; yolk vesicles
- D. Primary yolk stage, Bar=10 μ m : The diameter of oocytes ranges from 147 to 240 μ m. Yolk globules appear. Many small oil droplets exist around the germinal vesicle. OD ; oil droplet, YG ; yolk globule
- E. Secondary yolk stage, Bar=20 μ m : The diameter of oocytes ranges from 235 to 329 μ m. Oocytes are filled with yolk globules. Oocyte diameter increases due to yolk accumulation. OD ; oil droplet, YG ; yolk globule
- F. Tertiary yolk stage, Bar=20 μ m : The diameter of oocytes ranges from 329 to 376 μ m. Some large oil droplets are formed and exist around the germinal vesicle. OD ; oil droplet, YG ; yolk globule
- G. Migratory nucleus stage, Bar=20 μ m : The diameter of oocytes ranges from 341 to 412 μ m. The nucleus moves towards the animal pole. Single large oil droplet exists at the center of oocyte. OD ; oil droplet, N ; nucleus
- H. Maturation stage, Bar=20 μ m : The diameter of oocytes ranges from 470 to 588 μ m. Oocyte diameter increases dramatically due to hydration.
- I. Postovulatory follicles, Bar=10 μ m.
- J. Atretic oocyte, Bar=5 μ m.



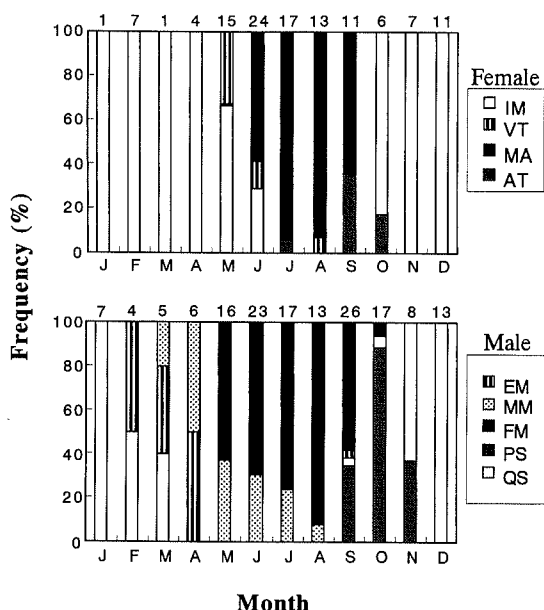


Fig. 3 Seasonal changes in the proportional composition of the various maturation phases of the ovaries and the testes of *Sillago japonica* collected from April 1997 to December 1998 in Ago Bay. Each number at the top of bars indicate the sample size. IM; immature phase, VT; vitellogenic phase, MA; maturation phase, AT; atresia phase, EM; early maturation phase, MM; mid maturation phase, FM; functional maturation phase, PS; post-spawn phase, QS; quiescent phase

に充満している個体が多数見られた。このように、雌の成熟に先立って、雄が成熟する現象はメダカ *Oryzias latipes*²⁶⁾でも知られている。他方、産卵期終了後は生殖細胞包囊はほとんど観察されなかったが、精小嚢内腔と主輸精管内には若干の精子の残留が認められた。このような精子の残留は、ニジマス *Oncorhynchus mykiss*²⁷⁾、スズキ *Lateolabrax japonicus*²⁸⁾ および キツネメバル *Sebastes vulpes*²⁹⁾でも知られており、この精子はセルトリ細胞やマクロファージの食細胞作用によって消失すると言われている^{27, 30-31)}。本種の場合も、10~1月における精子形成は観察されなかったもので、残留精子はこの期間に消失したものと思われる。以上のことから、本種の精子形成は2月から開始されること、そ

の後は輸精管系中に精子を比較的穏やかに蓄積し続けること、精子の大量生産を伴う本格的な精子形成は産卵期の約1ヶ月前の5月から産卵期が終了する9月まで集中的に行なわれること、その後の10~1月は配偶子形成が行われない不活性状態になることが明らかになった。

要 約

三重県英虞湾に産するシロギスの生殖周期を明らかにするため、1997年4月から1998年12月までの期間に毎月採集した生殖腺のGSI測定と組織学的観察を行い以下の点を明らかにした。

1. 雌のGSIは6~9月が高く、10~5月が低かった。
卵巣の組織学的観察では、11~4月の卵巣はすべて未熟であった。5月に卵黄蓄積の開始が認められ、6~9月には多くの個体において成熟卵が認められた。退行卵は9~10月にかけて出現した。
2. 雄のGSIは5~9月が高く、10~4月が低かった。
12~1月の精巣はすべて休止期であった。2月に精子形成の開始が認められ、3~4月には少量であるが精子も観察された。ただしこの間のGSIにはほとんど変化が見られなかった。5~9月には多くの個体において精小嚢内腔と主輸精管内に精子が充満していた。後繁殖期の精巣は9月から出現し、10月に多くの個体において観察された。
3. 以上の結果から英虞湾産シロギスの生殖周期は、成熟の開始時期などにおいて雌と雄とでは異なっていたが、大量の成熟卵と精子が生産される本格的な配偶子形成は、雌雄ともに5~9月に集中的に行われていることが明らかになった。したがって、産卵期は6~9月と推定された。

謝 辞

試料の採集等に御協力いただいた三重大学生物資源学部附属水産実験所木村清志助教授および学生諸氏に感謝の意を表す。また本研究を遂行するにあたり多大なる御支援を頂いた三重大学生物資源学部魚類増殖学研究室学生諸氏に深謝する。

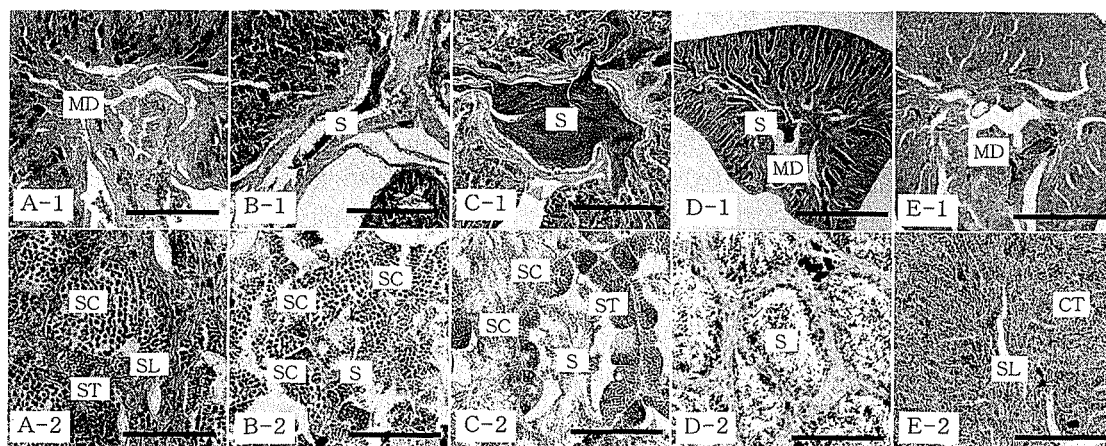


Fig. 4 Main sperm duct and seminal lobule of male *Sillago japonica*

A-1. Main sperm duct in early maturation stage, Bar=20 μ m. A-2. Seminal lobule in early maturation stage, Bar=5 μ m.

B-1. Main sperm duct in mid maturation stage, Bar=20 μ m. B-2. Seminal lobule in mid maturation stage, Bar=5 μ m.

C-1. Main sperm duct in functional maturation stage, Bar=50 μ m. C-2. Seminal lobule in functional maturation stage, Bar=10 μ m.

D-1. Main sperm duct in post-spawn stage, Bar=50 μ m. D-2. Seminal lobule in post-spawn stage, Bar=5 μ m.

E-1. Main sperm duct in Quiescent stage, Bar=20 μ m. E-2. Seminal lobule in Quiescent stage, Bar=10 μ m.

SC ; spermatocyte, ST ; spermatid, S ; sperm, SL ; seminal lobule, MD ; main sperm duct, CT ; connective tissue

文 献

- 林 公義. キス科, 日本産魚類検索 全種の同定 (中坊徹次編), 東海大学出版会, 東京, p684 (1993).
- 落合 明・田中 克. シロギス, 魚類学 (下), 恒星社厚生閣, 東京, p655-657 (1986).
- 平本義春. キスの種苗生産に関する研究-I. 水産増殖, 24 : 14-20 (1977).
- 古賀文洋・渡部一民・大隈 迪. キス種苗生産技術開発基礎研究. 昭和 51 年度福岡水試研業報, 159-168 (1978).
- 古賀文洋・渡部一民・大隈 迪. キス種苗生産技術開発基礎研究. 昭和 52 年度福岡水試研業報, 91-98 (1979).
- 古賀文洋・渡部一民. キス種苗生産技術開発基礎研究. 昭和 53 年度福岡水試研業報, 159-168 (1980).
- 升間主計・慶徳尚壽. シロギスの種苗生産について. 栽培漁業技術開発研究, 10 : 121-126 (1981).
- SULISTIONO, S. WATANABE and M. YOKOTA. Reproduction of the Japanese whiting, *Sillago japonica*, in Tateyama Bay. Suisanzoshoku, 47 : 209-214 (1999).
- 柏木正章・中村総之・岡田芳和・山田直博. シロギス卵径の産卵期間中の周期的変化. 水産増殖, 33 : 134-138 (1985).
- KASHIWAGI, M., H. SAKAI, T. TAKAHASHI and T. IWAI. Relationship between egg size and hatching rate in Japanese whiting *Sillago japonica*. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 53 : 2105-2110 (1987).
- 角田俊平. 底流網によるキスの生態とその資源に関する研究. 広島大学水畜産学部紀要, 9 : 1-55 (1965).
- 三尾真一. キスの年令と成長. 日水研報, 14 : 1-18 (1965).
- 伊藤正博・内田秀和. 筑前海におけるシロギスの年齢と成長. 西海区ブロック魚類研究会報, 7 : 39-44 (1990).
- MATSUYAMA, M., S. ADACHI, Y. NAGAHAMA, and S. MATSUURA. Diurnal rhythm of oocyte development and plasma steroid hormone levels in the female red sea bream, *Pagrus major*, during

- spawning season. *Aquaculture*, **73** : 357-372 (1988).
- 15) GRIER, H.J. Cellular organization of the testis and spermatogenesis in fishes. *Amer. Zool.*, **21** : 345-357 (1981).
 - 16) 高野和則. 卵巣の構造と配偶子形成. 水族繁殖学 (隆島史夫・羽生功編), 緑書房, 東京, p3-34 (1989).
 - 17) 大池一臣・足立伸次・長濱義孝. マダイ雌の性成熟に伴う血中ステロイドホルモン量の変化. *日水誌*, **54** : 585-591 (1988).
 - 18) MATSUYAMA, M., S. ADACHI, Y. NAGAHAMA, C. KITAJIMA, and S. MATSUURA. Annual reproductive cycle of the captive female Japanese sardine *Sardinops melanostictus* relationship to ovarian development and serum levels of gonadal steroid hormones. *Mar. Biol.*, **108** : 21-29 (1991).
 - 19) 松原孝博. マイワシ. 海産魚の成熟・産卵リズム (廣瀬慶二編), 恒星社厚生閣, 東京, p113-124 (1991).
 - 20) 鶴田義成. カタクチイワシ. 海産魚の成熟・産卵リズム (廣瀬慶二編), 恒星社厚生閣, 東京, p101-112 (1991).
 - 21) 朝比奈潔・岩下いくお・羽生功・日比谷京. タイリクバラタナゴの生殖年周期, *日水誌*, **46** : 299-305 (1980).
 - 22) YAMAZAKI, F. Endocrinological studies on the reproduction of the female goldfish, *Carassius auratus* L., with special reference to the pituitary gland. *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, **13** : 1-64 (1965).
 - 23) 隆島史夫. 生殖. 水族育成論 - 増養殖の基礎と応用 -, 成山堂書店, 東京, p17 (1997).
 - 24) 清水昭男・羽生功. 春産卵魚アカヒレタビラの生殖周期. *日水誌*, **47** : 333-339 (1981).
 - 25) 高橋裕哉. 精巣の構造と配偶子形成. 水族繁殖学 (隆島史夫・羽生功編), 緑書房, 東京, p35-64 (1989).
 - 26) 大池一臣・足立伸次・長濱義孝. マダイ雄の性成熟に伴う血中ステロイドホルモン量の変化. *日水誌*, **54** : 593-597 (1988).
 - 27) BILLARD, R. and F. TAKASHIMA. Resorption of spermatozoa in the sperm duct of rainbowtrout during the post-spawning period. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **49** : 387-392 (1983).
 - 28) HAYASHI, I. Some observations on the reproductive duct of the Japanese sea bass, *Lateolabrax japonicus* (Cuvier and Valenciennes). *Jap. J. Ichthyol.*, **16** : 68-73 (1969).
 - 29) 佐々木 達・五十嵐孝夫. キツネメバル (*Sebastes vulpes* Steindachner et Doderlein) の精巣における季節変化と精子形成. *北大水産彙報*, **25** : 100-106 (1974).
 - 30) R. BILLARD, R. A quantitative analysis of spermatogenesis in the trout, *Salmo trutta fario*. *Cell Tissue Res.*, **230** : 495-502 (1983).
 - 31) Van den HURK, R., R. PEUTE, and J.A.J. VERMEIJ. Morphological and enzyme cytochemical aspects of the testis and vas deferens of the rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Cell Tissue Res.*, **186** : 309-325 (1978).