

## スズキ精巢の成熟過程について

林 勇夫

(1970年12月22日受領)

## On the Process of the Testicular Maturation of the Japanese Sea Bass, *Lateolabrax japonicus*

Isao Hayashi

The process of the testicular maturation of the Japanese sea bass, *Lateolabrax japonicus* (Cuvier) has been studied. The testis of this species consists of two parts, the hilus of connective tissue (the mediastinum testis) and the stroma in which many seminiferous tubules are located as in the case of most teleosts. After spawning a seminiferous epithelial cell layer becomes distinct along with the wall of the tubule and develops till appearance of the primary spermatogonia in the tubule. This epithelial cell which is regarded as homologous with the Sertoli's cell seems to have those three important roles: i) the decomposition and the resorption of the remaining sperm cells in various maturation stages in the tubule, ii) the original source of the primary spermatogonia, iii) the nutritional supply to the germ cells. The primary spermatogonia come in sight in the tubule from April to August. After mitoses they change into the secondary spermatogonia in the middle of October. Then they rapidly proceed their maturation processes through the meiotic stages. The spermatozoa appear in the tubule for the first time in the middle of November. Based on the microscopical observation the spawning season of this species is guessed to be those two or three weeks between late December and early January in Wakasa Bay. The seasonal change of gonad index closely reflects the histological maturation process, and is useful for judging the maturity. The male of this species takes two years to mature and the biological minimum size of the male is about 260 mm in standard length.

(Department of Fisheries, Faculty of Agriculture, Kyoto University, Nagahama, Maizuru, Japan)

硬骨魚類の生殖腺の成熟過程については、今世紀の初頭から中期にかけて、Turner (1919) らにより先駆的な業績が挙げられて以来、現在に至るまで多くの研究者により研究されてきた。これまでこの分野の研究は細胞分裂の詳細な描写とか、染色体の挙動、あるいは細胞化学的な諸現象の解明とか細胞内諸器官の形態といったどちらかといえば細胞学的な興味からの研究が多かったようであるが、最近は漁業生物学的あるいは系統分類学的な面からもその意義が認められるようになり、組織学的な諸知見を漁業生物学や系統分類学と関連させて把えていこうとする傾向も出てきている。

他方スズキの資源学的および生態学的な研究はすでに多く報告されており（安田・小池、1950；畠中・関野、1962 a, b, c；桑谷、1962；小坂、1969），本種の生活史はかなり明らかにされているにもかかわらず本種の成熟様

式に関する知見はまだ必ずしも十分でない。その原因の一つとして、これまでの研究が生殖腺の計数的な処理のみに終始しているところに問題点があると思われる。したがってここで本種の成熟様式について種々の角度から見直してみる必要がある。このような観点から著者はこれまでまったく手がつけられていなかった生殖腺の組織観察を中心に研究を進め、一応本種の成熟過程を組織学的に明らかにし、硬骨魚類とくに海産魚の成熟過程に関して二、三の補足的な知見を得ることができた。

スズキの生殖輸管の形態についてはすでに報告した (Hayashi, 1969) が、本報では精巢組織の形態および成熟過程について述べ、組織学的な面から他魚種と比較検討するとともに、本種の雄魚の成熟周期について若干の考察を行なう。

### 材料と方法

本研究に用いた材料は 1964 年 9 月から 1969 年 1 月までの間に舞鶴市字下安久, 京都府漁連にて採集したスズキの雄魚 182 個体で、計数処理にはそれまでに採集した個体も若干用いた。精子細胞の成熟過程をできる限り詳細に追跡するために、採集は原則として毎月 1 度行なったが、産卵期に近い 11 月から 1 月にかけては少なくとも各月 3 度ずつ採集するよう努めた。各月の採集データは Table 1 に示した通りである。

採集した標本は体長(標準体長)、体重および精巢重量を測定し、その後精巢を小片として Bouin 氏液、10% 中性ホルマリンなどにより固定した。固定後常法のパラフィン法に従い、 $7\text{-}10\mu$  の切片を作製し、大部分は Mayer 氏酸へマラウム・エオシン重染を施したが、その他に Heidenhain 氏鉄へマトキシリン・ライトグリーン重染や Mallory 氏三重染色法も適宜併用した。なお一部の組織は組織化学的な検討を行なうため、PAS 染色、Baker 氏酸へマティン法、ズダン黒 B 染色および Schultz のコレステリン反応など若干の組織化学的処法をも施した。

### 観察結果

#### 1) 精巢の形態

スズキの精巢は左右両葉からなり、これら両葉は後端

で癒合してそこから後方に向って 1 本の短い輸精管を派出する。各葉は腹膜に由来する精巢間膜によって体軸に平行に鰓に懸垂する。未成熟期の精巢は紐状で腹腔の後半部に位置し、透明な黄橙色を示すが、成熟に伴い乳白色となり、著しく肥大して前方に伸び、体腔の大部分を占めるようになる。

精巢の断面はおおむね卵形ないし卵円形で (Fig. 1), 外側を多量の筋繊維を含んだ結合組織よりなる白膜 (tunica albuginea) が取巻くが、その最外側は单層の扁平中皮で被われている。また背側中央の欠刻部に結合組織性の精巢縦隔 (mediastinum testis = hilus; 本陣, 1969: 271 頁参照) を有し、この部分を通じて精巢は精巢間膜と連絡する。

精巢縦隔は弹性繊維、膠原繊維に富み、Mallory 氏染色では濃青色に染め分けられる。内部には動脈、静脈や毛細血管などを含み、中央部には裂孔状の断面を示す輸精小管が走る。管の内面は单層の円柱細胞ないし立方細胞によって縁どられている。精巢実質部はこの輸精小管から周辺部に向って放射状に派出する細精管によって構成されている。隣り合う細精管の間には結合組織性の隔壁が介在する。隔壁にもやはり多くの筋繊維が含まれるが、その他に至る所に血球や間質細胞らしき小細胞群の分布が認められる。しかし成熟が進むと細精管が著しく肥大するため、間質の観察が困難となり、したがって間質内の諸細胞の動向は不明瞭となる。

Table 1. Monthly data of specimens of male *L. japonicus*. E, the first decade of a month; M, the middle decade; L, the last decade.

Month	No. of specimens collected	Body length (mm)	Body weight (g)	Gonad weight (g)	Gonad index
Apr.	10	240-458	265.8-1646.2	$\leq 5.5$	$\leq 0.45$
May	15	240-355	253.4- 810.3	$\leq 3.2$	$\leq 0.54$
Jun.	7	320-406	—	—	—
Jul.	4	316-440	542.8-1216.4	1.1 - 2.0	0.16- 0.23
Aug.	10	236-322	253.3- 564.5	$\leq 1.1$	$\leq 0.20$
Sep.	5	314-347	500.0- 638.3	0.24- 0.30	0.05- 0.06
Oct.	13	193-399	131.8- 937.8	0.07- 4.0	0.04- 0.61
E	10	231-350	228.7- 642.1	0.08- 30.7	0.03- 5.23
Nov. M	15	305-361	454.8- 925.7	1.74- 50.5	0.25- 6.12
L	8	332-527	575.2-2397.2	22.2- 169.5	3.38-10.33
E	14	296-409	527.4-1149.7	23.1-138.7	3.90-12.99
Dec. M	10	267-504	327.8-2038.8	6.6-154.7	2.01-13.66
L	4	315-401	540.6-1125.9	35.7-142.5	6.60-12.66
E	21	224-437	228.2- 896.6	$\leq 91.4$	$\leq 11.19$
Jan. M	2	453-496	1276.4-2022.9	—	—
L	1	324	480.2	8.4	1.75
Feb.	21	220-461	188.5-1301.7	$\leq 18.9$	$\leq 2.25$
Mar.	14	323-479	561.5-1627.7	1.6- 6.6	0.12- 0.71

放精直後の精巢組織は著しく損傷を受けた様相を呈し、放精前の組織とは明瞭に区別される。隔壁および精巢壁は著しく萎縮して肥厚し、極端なものでは前者で $30\mu$ 、後者で $50\mu$ 前後の厚さとなる(Fig. 3A)。このような組織では筋繊維の存在が顕著である。この時期にはまた球形の核をもつ小細胞が多数隔壁内に認められるようになる(Fig. 3F)。

細精管の形態は成長とともに大きく変化する。Fig. 1Aに示したように1年未満の若魚では精巢の大部分は間質組織が占め、細精管は部分的に派出しているに過ぎない。また精巢の周辺域にまで達しているものは少なく、分枝や旋回もほとんど認められず一見して未発達な状態であることがわかる。管内にはすでに単層の上皮細胞層が存在する。1年前後の個体では、以前に比べて間質の部分が少なくなり、細精管はほぼ精巢実質部の全域に分布する。しかし細精管の分枝はなお少なく、旋回もそれ程顕著ではない(Fig. 1B)。上皮層は充実してくる。成熟過程に入ると急速に組織は充実し、細精管の分枝および旋回が顕著になり、周辺部では各細精管内は多数の小囊によって分けられ、極めて複雑な様相を呈する(Fig. 1C)。

さらに成熟が進むと細精管内には成熟途上にある種々の段階の精子細胞が認められるようになり、増加した生殖細胞によって細精管は著しく肥大し、以前に見られたような細精管の旋回状態はもはや観察されず、また分枝した管の末端部は互いに癒合してかなり単純な形態を示すようになる(Fig. 1D)。

## 2) 精子形成過程

精巢内に見られる最も大きい生殖細胞は成長期末期の第1次精原細胞で、細胞の長径 $10-18\mu$ 、核径 $6-10\mu$ である(Fig. 2C)。この時期には細精管の各所で精原細胞の分裂像が認められる(Fig. 2D)。後期の第1次精原細胞は細精管壁に沿って一列に規則正しく並ぶ(Fig. 2B)。細胞質層は明瞭で、核膜、形質膜とも容易に識別され、また核内には仁および染色質の存在が明らかである。細精管壁に沿って並ぶ各精原細胞の周囲を扁平な小細胞が不規則に取巻く(Fig. 2C)。

第2次精原細胞は第1次精原細胞に比べるとかなり小さくなり、核径 $3-6\mu$ 前後を示す。形質膜、核膜および細胞質層とも極めて不明瞭である(Fig. 2E)。染色質の色素親和性は増す。細胞は普通数個ないし数十個が集ま

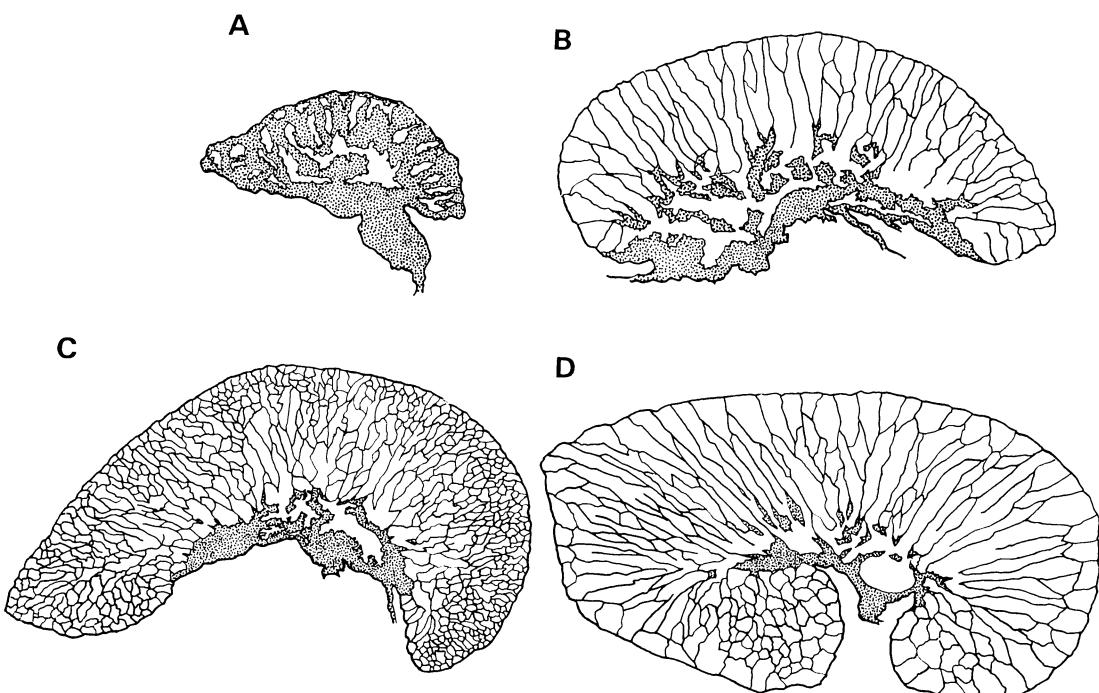
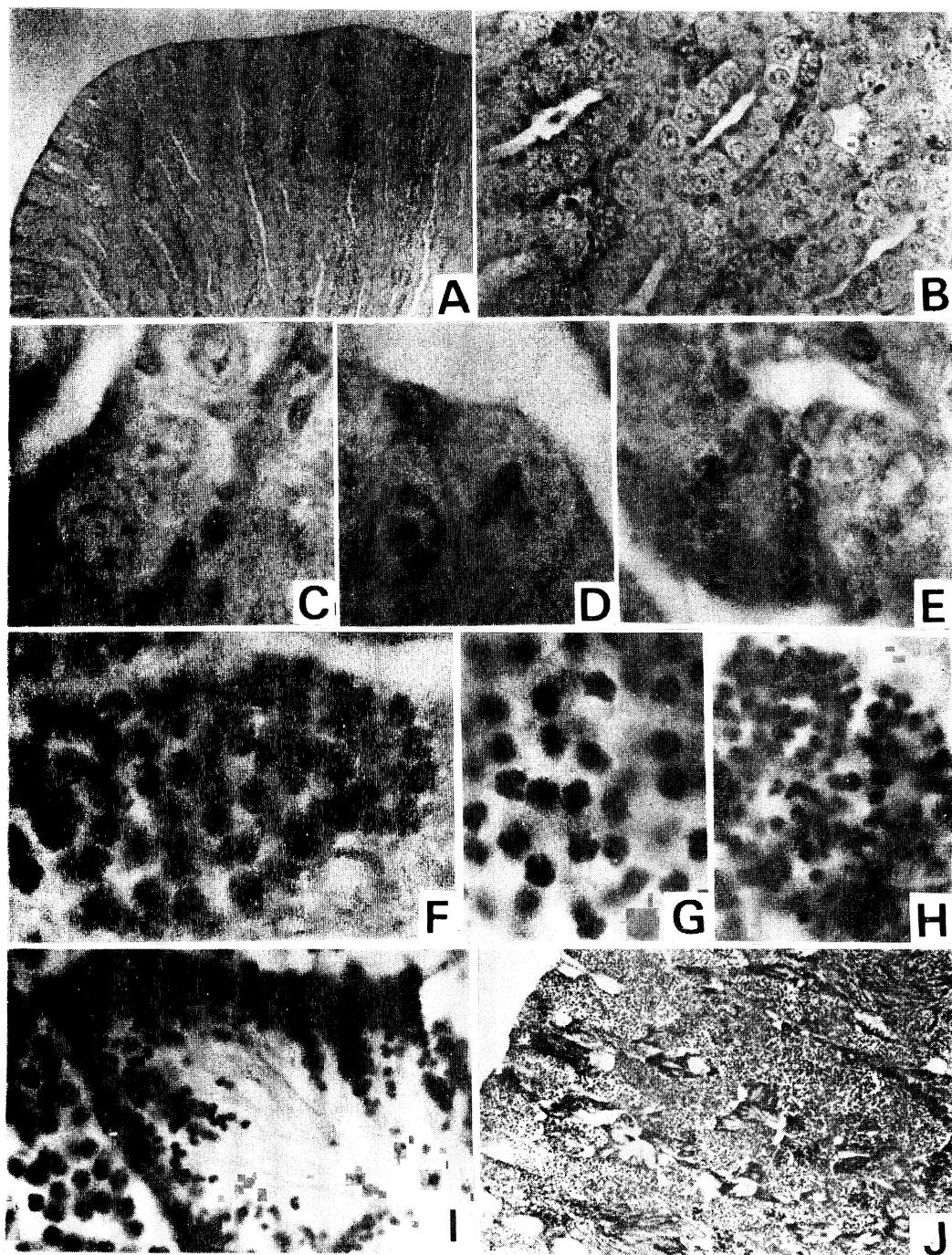


Fig. 1. Cross-section of testis showing seminiferous tubules in various stages in maturation (schematic). A, B: Immature condition.  $\times 25$ . C: Maturing condition.  $\times 10$ . D: Fully mature condition.  $\times 5$ .



って小囊を形成しているが、その形状からみて精原細胞の分裂は多核分裂であろうと推定される。

第1次精母細胞は第2次精原細胞とほぼ同じくらいの核径を示すが、核内に見られる染色質が糸状で、いわゆる染色体を形成しており、この点で明瞭に識別される (Fig. 2 F). 小囊内に存在する細胞の数も著しく多くなり、小囊自体かなり大きくなる。還元分裂の経過については明らかではないが、染色体がかなり太くなつたいわゆる合糸期ないしは厚糸期に相当すると思われる状態を示す細胞は認められる (Fig. 2G).

第2次精母細胞はかなり小さくなり、染色体は再び核内に一様に分布するようになる。精細胞はさらに小型で、染色性も変化し、エオシンに対する親和性が弱くなつてくる (Fig. 2 H). 完熟精子は精細胞とあまり核径は変わらないが、尾部に 20-30 μ の長い鞭毛を有する。形成間もない精子は花束状に尾を束ねたような状態で、おおむね頭部を管壁に向けて存在する (Fig. 2 I). やがてこれらの精子は細精管腔に出て、管内はもとより輸精管内まで精子で充満するようになる。未成熟期に見られた精原細胞はなお精巢のところどころで細精管壁の基底膜に接して認められるが、以前に比べてその数は著しく少なくなっている。

放精を終えた個体の精巢は外見的には著しい体積の減少と、組織学的には多量の精子の消失と弛緩に伴う白膜、隔壁の肥厚などで特徴づけられる (Fig. 3 A). また組織像を注意深く観察すると、残存精子の鞭毛等がすでに部分的に崩壊途上の様相を示しており、残存精子の吸収は放精終了と同時に始まる事を示唆している。放精後細精管壁にそれまで存在が明らかでなかった単層の精上皮細胞層が認められるようになる (Fig. 3B). これらの細胞は橢円形の核を有し、細胞質、形質膜とも不明瞭

で、精子細胞とは異なった像を示す。これらの細胞層の発達と同時に、細精管内の残存精子および成熟途上にあった種々の段階の精子細胞が消失することや、細胞層が残存精子群を取巻いている像がしばしば認められることから、これらの上皮細胞群が残存精子細胞の吸収に関与していることはほぼ間違いない (Fig. 3 C, D). 管内の残存精子細胞が消失した後も上皮細胞層は管壁に存在するが、この時期に上皮細胞層と管壁の間に多数の空胞が認められる (Fig. 3 E). この空胞はズダン黒 B による脂肪検出試験、Baker 氏の酸ヘマティン法による磷脂質検出試験および Schultz 法によるコレステリン検出試験でいずれも陰性で、また PAS 法でもさしたる反応は認められなかつた。したがつてこの空胞の性状については不明であるが、その存在位置および出現時期からみて残存精子細胞の消失と関連があるものと思われる。やがて上皮細胞層の隨所に球形の核を有するひとときわ大型の細胞が認められるようになるが、細胞の形態から考えて次世代の精原細胞か、またはその前駆体であるものと思われる (Fig. 3 H). これらの細胞は次第に数を増していくとともに、それ自身成長してついには前述したように細精管壁を取り巻くようになる。

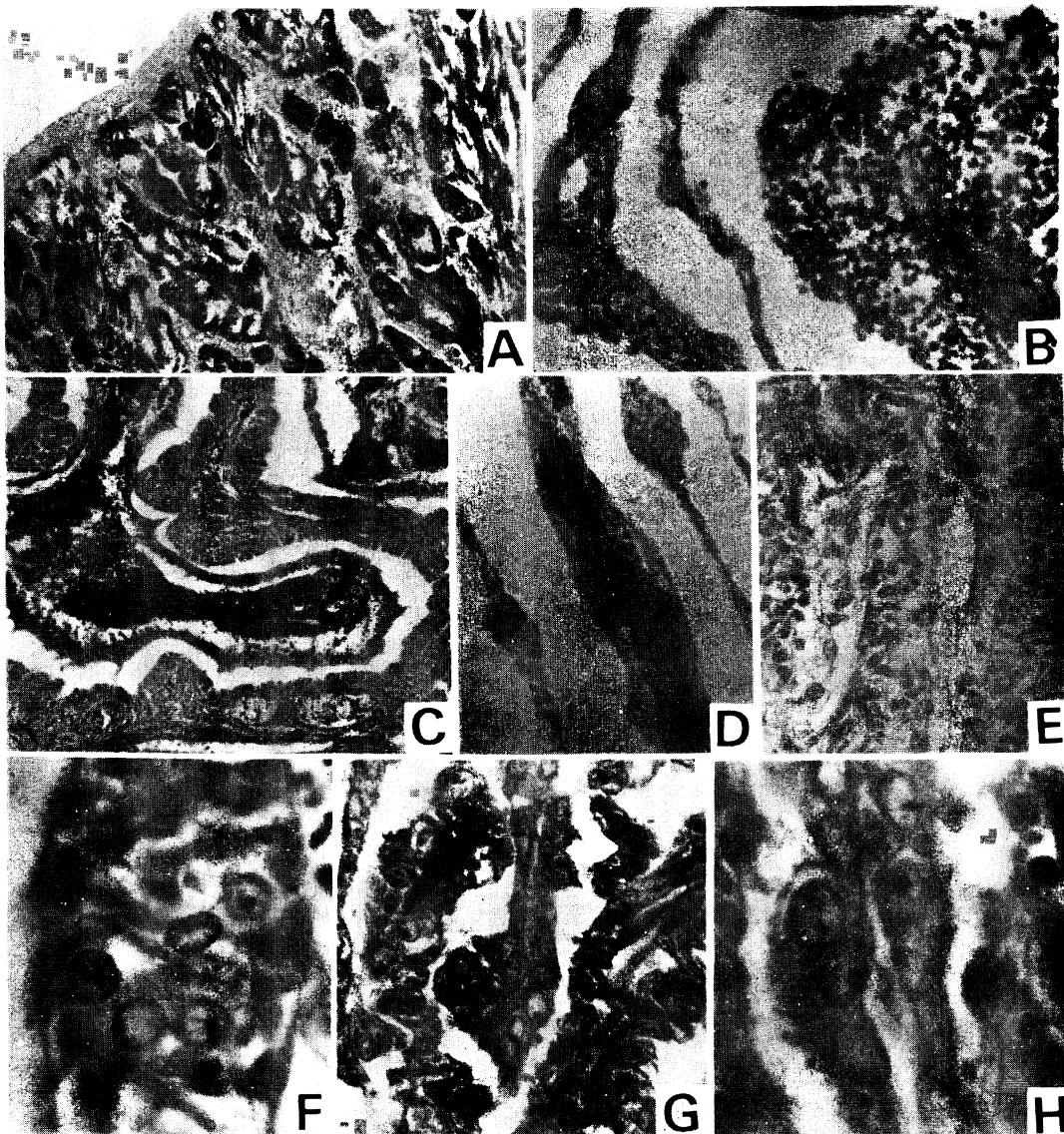
### 3) 精巢の季節的消長と成熟度との関係

つぎにこれを季節的に追つて精巢の外見的な変化と成熟度との関係について検討してみた。

Fig. 4 は生殖腺指数 (精巢重量の体重に対する百分比) の季節変化を示したものである。この図から明らかなように、生殖線指数は産卵期前後のごく短期間に急激な値の変化を示す。放精が行なわれる 1 月上旬から中旬にかけて値が急降して 2% 前後となり、以後値は漸減していくが、これは放精後残存精子の崩壊、吸収および精巢組織の回復過程の進行と一致する。精巢の細精管内に第 1

Fig. 2. Photomicrographs of testis of *Lateolabrax japonicus*.

- A: Cross-section of testis collected on Oct. 2, 1964. Only the first spermatogonia are found in seminiferous tubule. ×100.
- B: Enlarged view of Fig. 2 A showing several seminiferous tubules filled with the primary spermatogonia. Many blood cells are located in the septum. ×600.
- C: Primary spermatogonia in resting stage. Another small cells are also found around each spermatogonium. ×1500.
- D: Primary spermatogonium showing mitotic phase. ×2000.
- E: Secondary spermatogonia forming a cyst. ×2000.
- F: Primary spermatocytes. ×1700.
- G: Spermatocytes in meiotic division. ×1500.
- H: Spermatids. ×1700.
- I: Spermatozoa newly made. ×1300.
- J: Cross-section of testis collected on Dec. 3, 1964. Various stages of sperm cells are discernible. ×100.

Fig. 3. Photomicrographs of testis of *Lateolabrax japonicus* (continued).

- A: Cross-section of testis just after spawning collected on Feb. 10, 1965. Tunica albuginea and septa are markedly thickened. Many sperm cells in various stages are still contained.  $\times 150$ .
- B: Enlarged view of another spent testis collected on Feb. 10, 1965 showing thickened septum and a seminiferous epithelial layer.  $\times 800$ .
- C: Cross-section of spent testis collected on Mar. 30, 1965 especially showing seminiferous cells enclosing remaining sperm cells.  $\times 400$ .
- D: Enlarged view of spent testis collected on Feb. 23, 1965. The remaining sperm cells are packed with the seminiferous epithelial cells.  $\times 400$ .
- E: Vacuoles found along with the basal part of seminiferous tubule of spent testis collected on Mar. 18, 1969.  $\times 500$ .
- F: Small cells found in thickened septum of spent testis collected on Feb. 10, 1965.  $\times 1000$ .
- G: The seminiferous epithelial cells found in the recovering testis collected on Apr. 15, 1965.  $\times 600$ .
- H: Enlarged view of Fig. 3 G, showing spermatogonium-like cell in the epithelial cell layer.  $\times 1500$ .