
碩士學位 論文

돌돔, *Oplegnathus fasciatus*의
성분화와 生殖巢發達

濟州大學校 大學院



水產生物學科
제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

金 柄 鎬

1998年 6月

돌돔, *Oplegnathus fasciatus*의

性分化와 生殖巢發達

指導教授 李 榮 敦

金 柄 鎬

이 論文을 理學碩士 學位論文으로 提出함

1998年 6月



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

金柄鎬의 理學碩士 論文을 認准함

審査委員長 이 정 재 (인)

委 員 송 춘 복 (인)

委 員 이 영 돈 (인)

濟州大學校 大學院

1998年 6月

Sex Differentiation and Gonad Development of
the Parrot Fish, *Oplegnathus fasciatus*

Byong-Ho Kim

(Supervised by Professor Young Don, Lee)

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE



DEPARTMENT OF MARINE BIOLOGY
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

1998. 6

目 次

Summary	i
I. 緒 論	1
II. 材料 및 方法	3
III. 結 果	4
1. 生殖細胞의 起源과 原始生殖巢 形成	4
2. 生殖巢의 分化	7
가. 卵巢의 分化	7
나. 精巢의 分化	7
3. 生殖巢 發達	12
가. 卵巢의 發達	12
나. 精巢의 發達	15
4. Ovo-testis에서 配偶者 形成	15
5. Ovo-testis내 卵母細胞, 精母細胞 그리고 體細胞의 發達	20
6. 成長에 따른 性比 造成	22
IV. 考 察	24
V. 要 約	28
VI. 參 考 文 獻	29
감사의 글	32

Summary

This research was conducted to understand sex differentiation and gonad development of the parrot fish, *Oplegnathus fasciatus*, by using histological methods. The various stages of fish from newly hatched larvae to the adult were examined with regard to the appearance of primordial germ cell, formation of primitive gonads, female and male sex differentiation, and process of gametogenesis. As a result, the primordial germ cell was elliptical and its cell size was 14 μm and 8 μm in the major and minor axis, respectively. They were located between gut and mesonephric duct of the eight day-old larval fish, and their standard length (SL) was 3.0 ± 0.06 mm. At 35th day after hatching, the germ cells of the larvae (SL, 13.34 ± 1.061 mm) migrated to the rear abdominal cavity, which was encompassed by fibrous mesenchyme, and then the initiation of genital ridge formation was occurred at the newly settled place by somatic cell outgrowth. The formation of ovarian cavity was observed in the 60 day-old fish larvae (SL, 5.48 ± 0.374 cm), and it grew from front to rear side of the gonad during the early ovarian differentiation. After invagination occurred in the medullary layer, ovarian lamella was built up in the 125-day old larvae (SL, 9.84 ± 0.510 cm). On the other hand, testis differentiation was initiated relatively later than ovary. Gonad of the 70-day old larvae (SL, 7.20 ± 0.582 cm) was enlarged due to the increase in the number of the somatic cells, and then testicular lobules were developed inside the gonad. Multiplication of spermatogonia took place in the 155-day old larvae. Interestingly, the gonad with ovarian cavity had a transient stage of having ovo-testis before maturation. However, spermatocytes in ovo-testis were diminished when ovarian development was proceeded to maturation. Such a phenomenon was observed in the fish collected from different rearing conditions such as indoor concrete tank, net cage, and set net. This type of sex differentiation in the gonad is first reported here and named, "Incomplete differentiation of gonochorism."

I. 緒 論

硬骨魚類의 性分化에 따른 組織形態學적 研究는 淡水魚를 中心으로 發達하였고, 海産魚에 있어서는 주로 天然水域에서 採集한 仔稚魚와 未成魚를 材料로 調査하여왔다. 그러나, 최근 種苗生産에 따른 仔稚魚의 飼育技術이 確立되면서는 海産養殖對象種을 中心으로 生殖巢의 性分化에 관하여 자세한 研究가 이뤄지고 있다.

어류의 性分化에 관한 研究는 Robertson (1953)이 연어, *Oncorhynchus keta*를 대상으로 研究한 이래 Yamamoto (1969)는 종래의 單편적 研究들을 모아 魚類의 性分化 양상을 雌雄異體型과 雌雄同體型으로 大別하고 雌雄同體型은 雌性先熟型, 雄性先熟型, 同時成熟型으로 區分하였으며, 雌雄異體型은 分化型과 未分化型으로 區分하였다. 分化型은 性分化 이전에 암·수형태를 거치지 않고 바로 암·수로 分化되는 것으로서 *Oncorhynchus keta* (Robertson, 1953), *Anguilla japonica* (Satoh et al., 1962), *Oryzias latipes* (Tuzuki et al., 1966; Yosikawa and Oguri, 1979), *Brevoortia patronus* (Combs, 1969), *Salmo gairdneri* (Takashima et al., 1980), *Casterosteus aculeatus* (Shimizu and Takahashi, 1980), *Salvelinus leucomaenis* (Nakamura, 1982), *Paralichthys olivaceus* (李 와 李, 1990), *Misgurnus mizolepis* (Kim et al., 1990), *Limanda yokohamae* (Suzuki et al., 1992), *Takifugu rubripes* (Matsuura, 1994), *Odontesthes bonariensis* (Strussmann et al., 1996a), *Ictalurus punctatus* (Patino et al., 1996), *Odontesthes argentinensis*와 *Patagonina hatcheri* (Strussmann et al., 1996b) 등에서 볼 수 있고, 未分化型은 性分化 이전에 전체가 암컷형태를 보이다가 암·수로 分化하는 것으로서, *Brachydanio rerio* (Takahashi, 1977), *Cyprinus carpio* (Davies and Takashima, 1980), *Barbus tetraodon tetraodon* (Takahashi and Shimizu, 1983), *Tilapia zilli* (Yoshikawa and Oguri, 1978), *Pagrus major* (金, 1989), *Anguilla anguilla* (Colombo and Grandi, 1996) 등이 있다.

國內에서의 性分化에 관한 研究는 *Pagrus major* (金, 1989)를 시작으로, *Misgurnus mizolepis* (Kim et al., 1990), *Paralichthys olivaceus* (李 와 李, 1990), *Acanthopagrus schlegeli* (이 등, 1994), 그리고 2배체와 3배체 미꾸라지, *Misgurnus mizolepis*의 性分化 比較 (金, 1995), *Sebastes schlegeli* (李 등, 1996), *Ditrima temmincki* (李 와 李, 1996) 등이 보고되고 있다.

이 研究는 현재 海産養殖魚種으로서 기호도와 시장성이 높은 돌돔, *Oplegnathus fasciatus*을 대상으로 孵化 後부터 成魚時期까지 性分化過程과 初期 生殖巢의 形成 및 發達段階를 組織學的으로 調査·糾明함으로써 性制御技術을 養 殖産業에 應用하기 위한 基礎資料를 提供하고자 遂行하였다.

II. 材料 및 方法

이 研究는 國立水産振興院 南濟州培養場의 室內陸上水槽에서 1995年 6月 21日에 孵化시켜 孵化 後 355日까지 飼育된 것으로서 孵化 後 100日 이전까지는 1~5日 간격으로, 100日부터 355日까지는 15~20日 간격으로 無作爲 採集된 돌돔과, 1996년에 種苗生産되어 20個月된 돌돔 21마리, 陸上水槽에서 種苗生産되어 北濟州郡 애월항에 위치한 가두리로 옮겨져 사육된 10個月과 20個月 養成된 돌돔을 각각 17, 18마리, 그리고 정치망을 이용하여 採集된 11마리의 自然産 돌돔을 대상으로 하였다.

採集된 材料는 全長과 體重을 測定 後 Bouin's 溶液에 固定하였고, 仔·稚魚 生殖巢는 發達이 미약하여 生殖巢만을 절취하기 어렵기 때문에 魚體 全體를 固定하였고 生殖巢를 육안으로 觀察할 수 있는 단계까지 發達한 개체에서는 生殖巢만을 절취하여 固定하였다. 觀察하기 위한 組織의 paraffin 包埋를 위해, 組織內 파리핀 誘導過程을 자동조직과라핀유도기 (Richert-Jung, Histokinette 2000)를 使用하였고, 組織包埋는 Tissue Embedding Center (Richert-Jung, 8040)를 利用하였다. 仔·稚魚에서 내부기관 組織의 形態와 生殖細胞 및 原始生殖巢의 精確한 위치를 觀察하기 위하여 마이크로톰 (Reichert-Jung, 820)을 利用하여 魚體의 橫斷面과 縱斷面을 竝行하여 5~7 μm 두께의 파라핀 連續切片을 만들었다. 組織標本은 Hansen's hematoxylin 과 eosin으로 比較染色 하였다. 性比는 χ^2 -test 로 유의차를 조사하였다.

孵化日數에 따른 個體의 性分化過程은 生物顯微鏡 (Zeiss, HBO 50)을 利用하여 觀察, 分析하였고, 雌雄同體가 나타나는 生殖巢 切片내에 卵母細胞, 精母細胞, 體細胞의 發達과 分布를 알아보기 위하여 현미경과 CCTV system (Sony, KX-14cp1)을 利用하여. 組織像을 畫像機에 띄운 후 각각의 細胞들이 分布하는 範圍를 transing paper에 묘사한 후 각각의 細胞가 차지하는 分布를 분석하기 위해 전자저울 (Sartorius, BP 3100s)을 利用하여 0.01g까지 측정하였다.

이 研究를 하기 위한 관찰기와 분석기는 濟州大學校 海洋研究所에서 운용 중인 기자재를 1995年 6월부터 1998年 5월까지 利用하였다.

III. 結 果

1. 生殖細胞의 起源과 原始生殖巢 形成

始原生殖細胞(primordial germ cell)의 發生과 原始生殖巢를 構成하는 組織의 初期分化는 孵化 1日째 平均全長 2.20 ± 0.001 mm부터 孵化 後 50日 平均全長 40.02 ± 0.872 mm 稚魚期 사이에서 일어났다. 孵化 1日째 전기 자어는 全長 2.0~2.4 mm 로서 卵黃囊을 갖고, 몸 중앙에는 直線形의 腸管이 形成되어 있었다. 그러나 기관을 구성하는 組織의 形成은 거의 未分化 狀態였고, 始原生殖細胞는 관찰되지 않았다 (Fig. I -1, 2).

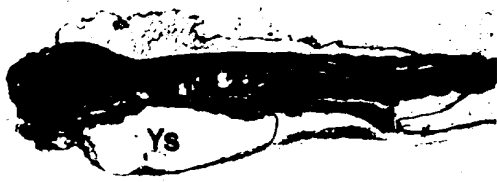
孵化 後 8日된 平均全長 3.0 ± 0.06 mm인 仔魚의 경우 卵黃은 완전히 吸收되고, 始原生殖細胞(primordial germ cell)가 中腎小管과 消化管 사이 등쪽 체벽에 위치하고 있는 것이 식별되었다. 始原生殖細胞의 長經은 $14 \mu\text{m}$, 短經은 $8 \mu\text{m}$ 로서 體細胞에 비해 매우 크고, 커다란 핵안에 단일인이 뚜렷하게 식별되었다(Fig. I -3, 4).

孵化 後 35日된 平均全長 13.34 ± 1.061 mm인 稚魚에서 生殖細胞(germ cell)는 生殖上皮層에 풍부한 纖維性 間充織에 쌓여 後腹膜으로 移動하고, 原始生殖巢가 위치할 곳에 生殖隆起(genital ridge)를 形成하기 시작하였다(Fig. I -5, 6). 이들 生殖細胞의 長經은 $14 \mu\text{m}$, 短經은 $8 \mu\text{m}$ 이고 核內에는 뚜렷한 仁이 식별되었다. 核과 細胞質은 쉽게 구분이 되나 細胞質과 이들을 싸고 있는 纖維質과는 구별이 어려웠다.

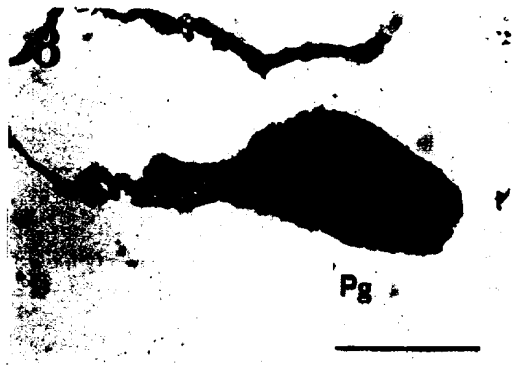
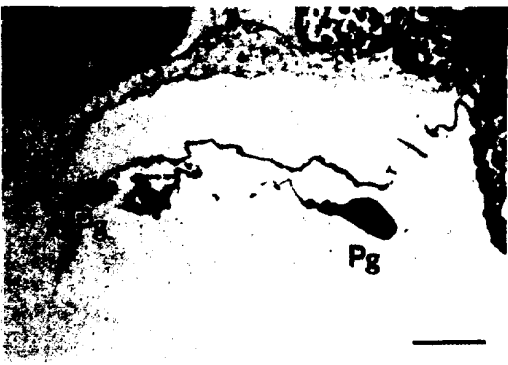
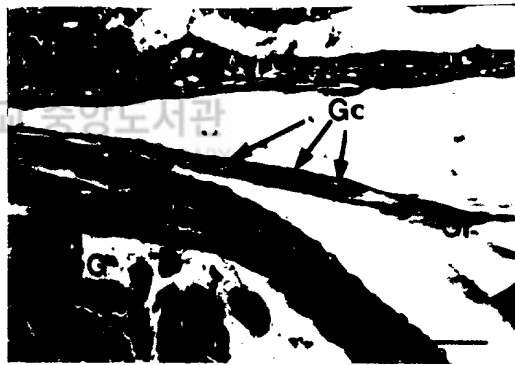
孵化 後 50日된 平均全長 40.2 ± 0.872 mm인 稚魚의 경우 原始生殖巢가 形成되어 있었고, 生殖巢內에는 體細胞들이 數적으로 크게 增加하고 있었다. 이 時期까지의 生殖巢는 形態적으로 雌雄을 判別할 수 없었고, 性的으로 未分化한 狀態였다(Fig. I - 7, 8).

Fig. 1. Indifferentiated gonad of parrot fish, *Oplegnathus fasciatus*. 1, Sagittal section of the one day-old larva having a yolk sac. 2, Enlargement of Fig. 1 showing uncoiled gut duct. 3, Cross section of the 8-day old larva. 4, Enlargement of Fig. 3 showing primordial germ cells (PGCs) located between mesonephric and gut duct. 5, Sagittal section of genital ridge of the 35-day old larva. 6, Enlargement of Fig. 5 showing the initiation of genital ridge formation by somatic cell outgrowth. 7 & 8, Cross section of primitive gonad of the 50-day old fish. G, gut duct; Gc, germ cell; Gr, genital ridge; K, kidney; Md, mesonephric duct; N, notochord; Pg, primitive gonad; PGCs, primordial germ cell; Ys, yolk sac. Bars = 100 μ m.

1



3



2. 生殖巢의 分化

孵化後 50日까지는 形態的으로 精巢와 卵巢를 뚜렷하게 區別할 수 없었으나, 孵化後 60日을 前後하여 原始生殖巢는 卵巢와 精巢로 分化 發達하였으며, 卵巢가 精巢보다 다소 빠르게 初期 分化가 일어났다. 즉 卵巢는 孵化後 60日을 前後하여 先端부가 신장되면서 卵巢腔을 形成하기 始作하여 卵巢의 構造的 體制를 갖추었다. 반면, 精巢組織은 孵化後 70日에 體細胞性 間質細胞의 增殖에 의해 肥厚·發達되다가 孵化後 155日경에 비로소 生殖細胞의 分裂增殖이 일어나고, 이와 時期를 같이하여 輸精小管이 形成되어 生殖巢 分化가 일어났다.

가. 卵巢의 分化

孵化後 60日 (平均全長 5.48 ± 0.374 cm)의 稚魚에서 原始生殖巢의 先端부분이 말단부위로 신장되면서 卵巢腔을 形成하기 시작하였다. 卵巢의 皮質部分은 얇은 皮膜에 의해 싸여있고, 그 基質에는 많은 體細胞性 纖維가 分布한다 (Fig. II-1, 2).

孵化後 70日 (平均全長 7.20 ± 0.582 cm)을 前後하여 始原生殖巢의 先端부위는 말단부위와 接合으로 內腔이 形成되어 完전한 卵巢體制를 갖춘다 (Fig. II-3, 4).

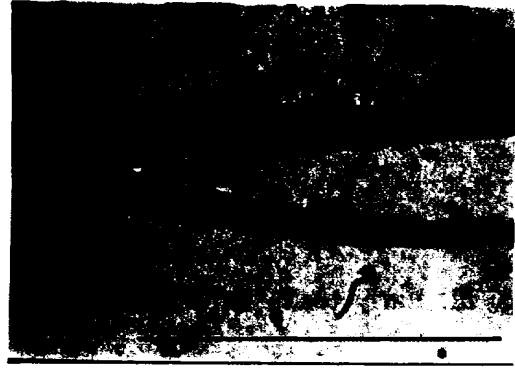
孵化後 125日 (平均全長 9.84 ± 0.510 cm)을 前後하여 生殖巢는 더욱 肥厚되고 皮質部와 髓質部로 뚜렷이 區分된다. 이때 卵巢腔 部分의 髓質部에서는 陷入이 시작되면서 卵巢褶曲의 形態가 發達하기 시작하고, 皮層에는 血管이 매우 發達하며, 結核성 섬유와 平滑근섬유로 卵巢皮膜을 形成하고 있다 (Fig. II-5, 6).

나. 精巢의 分化

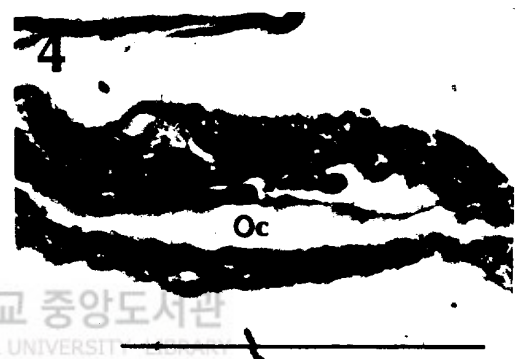
原始生殖巢가 內腔을 形成하여 卵巢의 構造的 特徵을 갖는 것과 달리 精巢는 孵化後 70日 (平均全長 7.20 ± 0.582 cm)前後의 個體에서 初期精巢는 體細胞의 數的增加에 의해 生殖巢가 肥厚 되어지고 輸精小管이 形成되기 시작한다 (Fig. III-1, 2).

Fig. II. Early ovarian differentiation in parrot fish., *Oplegnathus fasciatus*.
1 & 2, Cross section of ovary of the 60-day old larva, showing the formation of ovarian cavity by somatic cell outgrowth in the direction of the front to rear side of gonad. 3 & 4, Cross section of ovary observed in the 70-day old fish showing the complete formation of ovarian cavity. 5 & 6, Cross section of ovary from the 125-day old fish. Bv, blood vessel; Oc, ovarian cavity. Bars = 100 μ m.

1



3



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

5

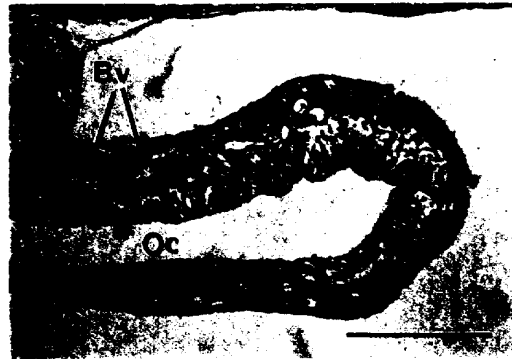
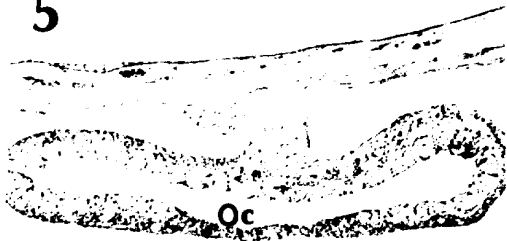


Fig. III. Early testis differentiation in parrot fish., *Oplegnathus fasciatus*. 1 & 2, Cross section of testis from the 70-day old fish, showing underdeveloping testicular lobules. 3 & 4, Cross section of testis from the 155-day old fish, showing the proliferated spermatogonia. 5 & 6, Cross section of testis from the 155-day old fish showing completely developed testicular lobules. Spg, spermatogonia; Tl, testicular lobule. Bars = 100 μ m.





제주대학교
JEJU NATIONAL



孵化後 155日 (平均全長 11.18 ± 0.722 cm) 이전까지 精巢는 生殖細胞의 分裂增殖이 없이 體細胞性 間質細胞들이 數的增加에 의해 生殖巢는 더욱 肥厚·擴張된다. 孵化後 155日경에 精原細胞들이 皮質層에서 間質細胞들에 둘러싸여 分裂增殖을 하고, 輸精小管이 形成된다. 이때 精原細胞의 크기는 $12 \mu\text{m}$ 내외이며 體細胞性 間質細胞의 크기는 $3 \sim 5 \mu\text{m}$ 였다. 이들 體細胞性 間質細胞의 核은 hematoxylin과 eosin에 反應이 약하게 나타나고, 細胞質은 hematoxylin에 강하게 反應하여 核과 細胞質의 區分이 용이하다 (Fig. III-3, 4).

한편, 成長이 빠른 155日된 일부 個體들은 生殖巢內에 小葉들을 形成하기 始作하고, 髓質層과 基部에는 體細胞性 間質細胞들이 종으로 배열하면서 輸精小管을 形成하여 완전한 精巢形態를 갖추게 된다(Fig. III-5, 6).

3. 生殖巢 發達

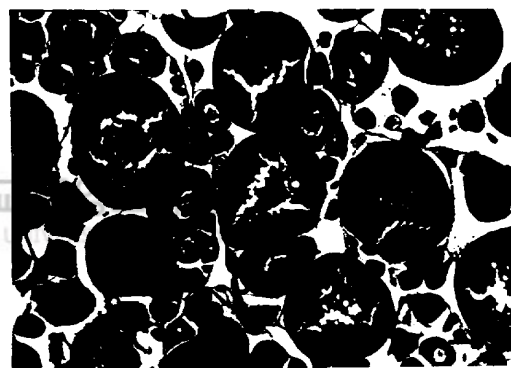
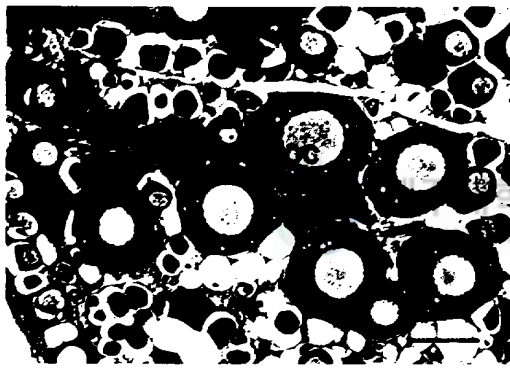
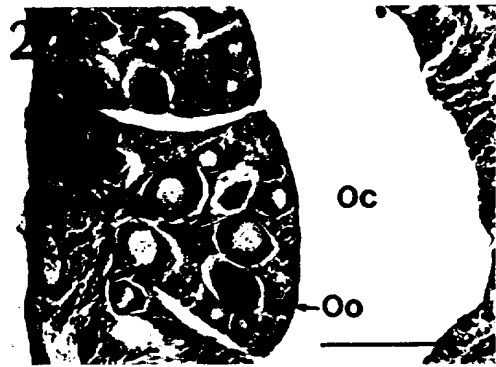
가. 卵巢의 發達

孵化後 10個月된 全長 14.5 cm인 個體에서 生殖巢는 發達하여, 卵巢腔쪽으로 卵巢薄板의 突起가 길어지면서 卵巢小囊 形態를 갖추기 시작한다. 卵原細胞는 2~3개씩 무리를 지어 集團을 形成하고, 그 사이사이에는 體細胞性 間質細胞들에 의해 境界가 이루고, 皮質部에는 血管들이 發達되어 있다 (Fig. IV-1).

孵化後 300日 (平均全長 13.18 ± 0.547 cm)된 돌돔의 生殖巢는 完全한 小葉形態를 갖추고 小囊上皮上에 分裂 增殖하는 $12 \mu\text{m}$ 內외의 卵原細胞와 $30 \mu\text{m}$ 前後의 前期 周邊仁期 卵母細胞들이 나타나고 있다(Fig. IV-2).

孵化後 20個月 지난 全長 19.0 cm인 個體의 生殖巢에서 $50 \mu\text{m}$ 前後의 後期 周邊仁期 卵母細胞와 $200 \mu\text{m}$ 前後의 油球期 卵母細胞가 혼재하여 發達하고 있다(Fig. IV-3).

全長 27.5 cm되는 個體의 生殖巢에서 $50 \mu\text{m}$ 前後의 後期 周邊仁期 卵母細胞와 $180 \mu\text{m}$ 前後의 油球期 卵母細胞가 일부 發達하고, 대부분 $350 \mu\text{m}$ 前後의 卵黃胞期 卵母細胞가 發達하고 있다(Fig. IV-4)..



나. 精巢의 發達

孵化後 20개월 지난 全長 17.3 cm된 生殖巢內에는 포상의 小葉들이 發達하여 수많은 精巢小葉을 이루고 있으며, 生殖巢 中心部에는 輸精管이 形成되어 있다. 이들 生殖巢의 小葉上皮上에는 활발하게 分裂增殖中인 精原細胞를 비롯하여, 精母細胞, 精細胞들이 무리를 이루어 發達하고 있다(Fig. V-1, 2).

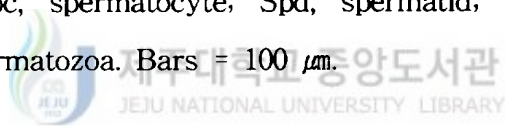
또한, 孵化後 20개월 지난 全長 21.8 cm인 個體에서는 精巢小葉에 精細胞와 이미 變態를 마친 精子들을 볼 수 있다(Fig. V-3, 4).

4. Ovo-testis에서 配偶者 形成

內腔이 形成된 生殖巢內에는 卵母細胞의 發達과 同時에 精母細胞의 發達이 일어나고 있다. 孵化後 140日된 個體들에서 內腔을 가진 生殖巢內에 薄板形成이 시작될 무렵에 精母細胞들의 무리가 出現하고 있으며(Fig. VI-1), 이후 生殖巢 薄板에 周邊仁期 卵母細胞의 發達과 同時에 精母細胞로 이루어진 무리들이 차지하고 있다(Fig. VI-2). 生殖巢內에 內腔이 形成되고 卵母細胞와 精母細胞가 혼재되는 ovo-testis는 가두리에서 飼育中인 것을 採集하여 調査한 結果(Fig. VI-3, 4)와 정치망에서 飼育中인 것을 채집한 自然産을 調査한 結果에도 유사하게 나타나고 있으며(Fig. VI-5, 6), 調査한 개체중 한 개체의 生殖巢에서는 卵母細胞가 차지하는 부분과 精母細胞가 분포하는 부분이 구분되어 發達하고 있었다(Fig. VI-7). 이후 이러한 ovo-testis를 갖는 生殖巢內에 精母細胞들은 卵母細胞가 發達함에 따라 退化되고 있다(Fig. VI-8).

돌돔을 室內陸上水槽飼育 (全長 15.7~21.8 cm), 가두리 飼育 (全長 13.6~20.5 cm) 그리고 정치망 (全長 15.0~21.9 cm)에서 採集하여 性的 形態를 組織學的으로 調査한 結果를 Table 1에 나타내었다. 실내육상수조에서 飼育한 경우 21마리 중 20마리가 ovo-testis였고, 가두리 사육과 정치망에서 채집한 것은 ovo-testis와 수컷의 비는 각각 약 2.2:1과 2.7:1 이었다.

Fig. V. Development of testis in parrot fish, *Oplegnathus fasciatus*. 1 & 2, Cross section of testis of the 20-month fish, showing a number of testicular lobules filled with spermatogonia and spermatocytes. 3 & 4, Cross section of testis of the 20-month fish showing testis lobules filled with spermatozoa. Sd, sperm duct; Spc, spermatocyte; Spd, spermatid; Spg, spermatogonia; Spz, spermatozoa. Bars = 100 μ m.



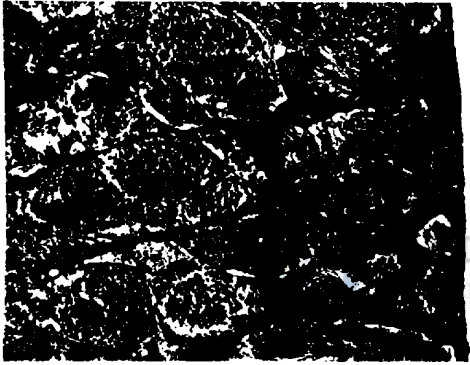
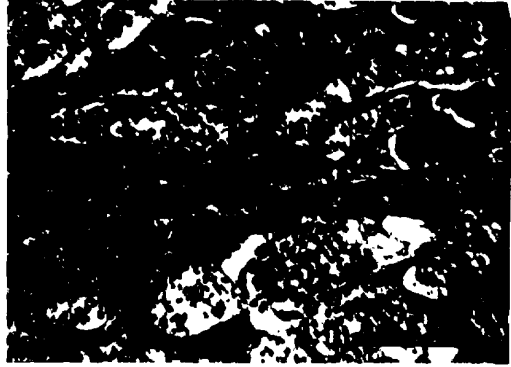


Fig. VI. Gonad with ovarian cavity having a transient stage of ovo-testis in parrot fish, *Oplegnathus fasciatus*. 1, Ovarian cavity of the 140-day old fish. 2, Cross section of ovarian lamella of the 225-day old fish sampled from a concrete tank, which was filled with perinucleolus and spermatocyte. 3 & 4, Cross section of gonad of the 10-month old fish sampled from a net cage and their lamella was filled with perinucleolus and spermatocyte. 5 & 6, Cross section of ovo-testis of the fish (TL., 15.0 cm) sampled from a set net and their lamella was filled with perinucleolus and spermatocyte. 7, Gonad of the 20-month old fish showing separation between ovary and testis part. 8, Ovarian lamella of the 20-month old fish, which was filled with perinucleolus, oil droplet oocyte, and spermatocyte. Oc, ovarian cavity; Odoc, oil droplet oocyte; Ov, ovary; Poc, perinucleolus oocyte; Spc, spermatocyte; Ts, testis. Bars - 100 μ m.

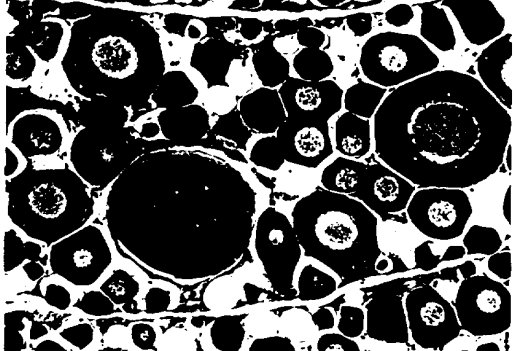
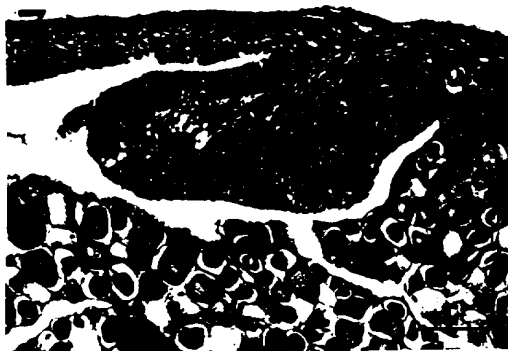
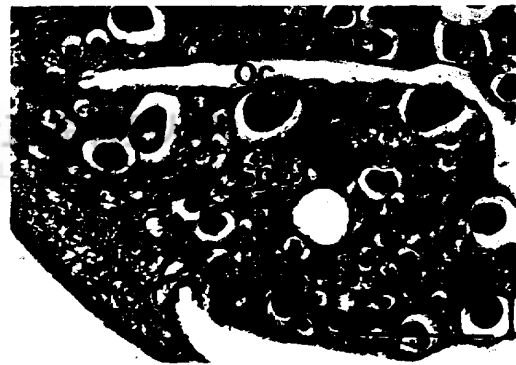
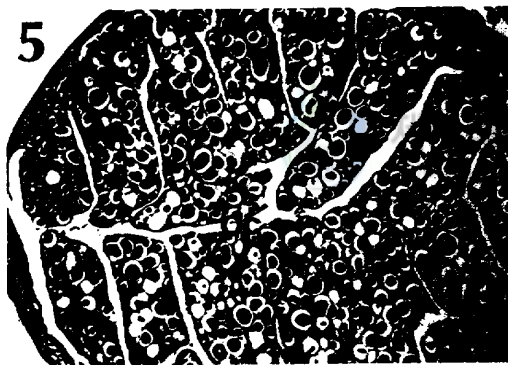
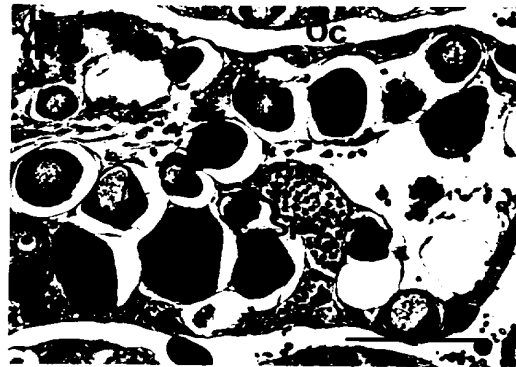
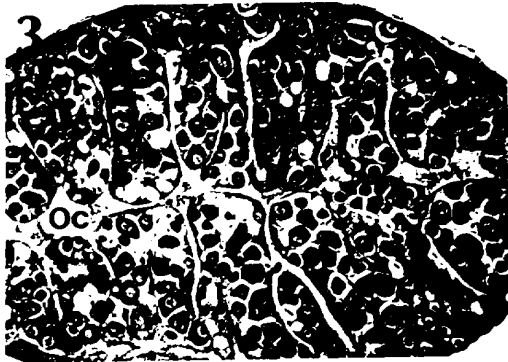
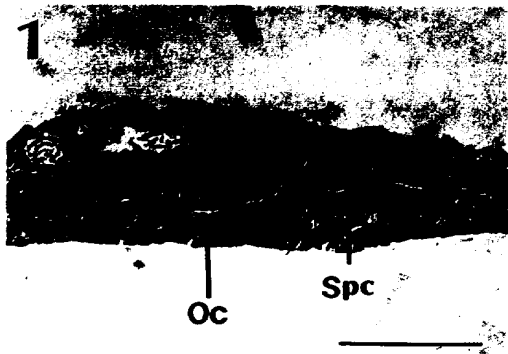


Table 1. Sex ratios observed from the different rearing conditions in total length range of 13.6~21.9 cm

Sex	Concrete tank	Net cage	Set net
Male	1	11	3
Ovo-testis	20	24	8
Total	21	35	11

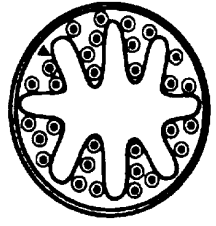
5. Ovo-testis내 卵母細胞, 精母細胞 그리고 體細胞의 發達

돌돔의 成長에 따라 ovo-testis에서 卵母細胞, 精母細胞, 體細胞의 發達을 알아 보기 위하여 組織切片內 각각의 細胞가 차지하는 分布範圍를 百分率로 계산하여 Table 2에 나타냈다.

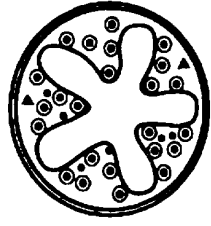
6個月된 돌돔의 경우 卵母細胞와 精母細胞가 차지하는 分布範圍는 각각 38.5%와 40.6%로 거의 유사하였다. 1년된 돌돔의 경우 卵母細胞가 차지하는 分布範圍는 73.9%이고, 精母細胞가 차지하는 分布範圍는 13%로서 精母細胞의 分布가 크게 減少하고 있다. 이후 2년된 돌돔의 경우 ovo-testis內에 精母細胞의 分布는 8.2%로 減少하였다. 3년어가 되면서 精母細胞의 出現은 나타나지 않고 있다. 體細胞는 6개월된 個體에서 ovo-testis內에 20.9%를 차지하다가 成長함에 따라 減少하고 있다.

Table 2. Percentage occupancy with oocyte, spermatocyte and somatic cell in cross section of ovo-testis

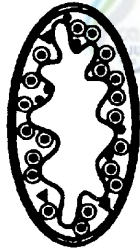
Age	Oocyte (%)	Spermatocyte (%)	Somatic cell (%)
6 months	38.5±9.722	40.6±14.473	20.9±9.171
1 years	73.9±3.252	13.0±6.730	13.1±7.516
2 years	87.6±2.666	8.2±3.271	4.7±1.078
3 years	98.5±1.410	-	3.0±1.410



3 years



2 years



1 years



6 months

●, oocyte; ●, spermatocyte; ▲, somatic cell

Fig. VII. Schematic figure of ovo-testis in the parrot fish according to its age

Fig. VII에는 ovo-testis內에서 卵母細胞, 精母細胞와 體細胞의 出現을 時期別로 圖式化하였다.

6個月된 돌돔에 있어서, ovo-testis內에 卵母細胞와 精母細胞가 同時에 出現하고 있으며, 이들의 分布範圍는 유사하다. 孵化 1年 後 生殖巢內에는 小囊內에 역시 卵母細胞와 精母細胞가 出現하고 있으며, 精母細胞가 차지하는 分布範圍는 卵母細胞보다 적다. 이후 2年魚에서는 精母細胞가 차지하는 分布範圍가 더욱 減少되고, 3年魚에서는 生殖巢內에 卵母細胞들로 대부분 構成되어 있으며 精母細胞의 出現은 찾아볼 수 없다.

6. 成長에 따른 性比 造成

돌돔의 個體 成長에 따라 組織學的 觀察에 의해 調査된 性比造成과 生殖巢 分化過程의 組織學的 特徵을 孵化 後 부터 孵化 後 600日까지 Table 3에 나타내었다.

組織學的인 觀察에 의해 卵巢와 精巢로 區分 가능한 生殖巢 總 168個體중 卵巢는 123個體 精巢는 45個體로 卵巢가 많았고, 性比는 약 3:1로 나타났다 ($P>0.05$).

Table 3. Histological characteristics of the gonadal differentiation in the parrot fish according to its age and body size.

Age (days)	Total length	Sex			Histological characteristics
		U	F	M	
1~8	0.21±0.001 ~ 0.30±0.06	1			Primordial germ cells located between the mesonephric duct and the gut duct ; large nucleus, mononucleolus
17~35	0.549±0.232 ~ 13.34±1.061	5			A migrating germ cells were enveloped by the somatic cell and mesenchymal epithelium.
40~50	25.34±0.543 ~ 40.2±8.72	5			Formation of genital ridge and proliferation of somatic cells are present
60	54.8±3.74	2			Ovarian cavity have made in the undifferentiated gonad
70~95	72.0±5.82 ~ 87.0±6.32	8	5		· Ovarian type consist of the ovarian cavity and a few of gonial cells · Testis type contain large number of somatic cells and a few of gonial cells
110~140	91.3±5.44 ~ 100.9±8.76	15	6		· Ovarian type ; ovarian lamellae were filled with perinucleolus oocyte and spermatocyte · Testis type contain a large number of somatic cells
155~200	111.8±7.22 ~ 120.5±12.61	22	9		· Ovarian type ; ovarian lamellae were filled with perinucleolus oocyte and spermatocyte · Testis type consist of testicular lobules and a few of spermatogonia
225~285	127.5±2.35 ~ 135.3±5.47	15	6		· Ovarian type; ovarian lamellae were filled with oogonia and perinucleolus oocyte, and spermatocyte · Testis type; testicular lobules were occupied by spermatogonia and somatic cells
300~355	137.8±5.12 ~ 149.3±8.91	29	12		· Ovarian type; ovarian lamellae were filled with oogonia and perinucleolus oocyte · Testis type ; testicular lobules were occupied by spermatogonia and spermatocyte
600	186.5±21.8	32	7		· Ovarian type; ovarian lamellae were filled with oogonia, perinucleolus oocyte and yolk vesicle oocyte · Testis type ; testicular lobules were filled spermatocyte, spermatid and spermatozoa
Total		11	123	45	

U, undifferentiated; F, formation of ovarian cavity and ovo-testis ; M, testis.

IV. 고찰

性分化 및 初期生殖巢 形成過程동안 始原生殖細胞의 區別은 一般的으로 細胞의 크기, 細胞質과 核의 比率 그리고 染色性에 基礎하고 있다(Satoh, 1974). 이 研究에서 들돔은 孵化 8日째 中腎小管과 消化管 사이에서 體細胞에 비해 매우 크고, 커다란 핵안에 단일인을 포함하고 있는 長經 14 μm , 短經 8 μm 인 始原生殖細胞가 識別되었다.

生殖巢 分化過程에서 性分化가 완전히 일어나기전 卵巢와 精巢로 分化되는 原始生殖巢의 識別은 魚種에 따라 構造의인 形態차이나 分化에 關여하는 體細胞性 間質細胞들의 變化로 추적하고 있다. 이들 중 初期生殖巢의 形態에 의한 雌·雄의 區別이 가능한 魚種으로는 卵巢가 精巢보다 복막의 부착 부위가 넓은 잉어과의 초어, *Ctenopharyngodon idella* (Jensen and Shelton, 1983)와 精巢는 2葉으로 分化되고, 卵巢는 融合되는 yellow perch, *perch flavescens* (Malison et al., 1986), 그리고 4가지 유형의 體細胞性 間質細胞의 分布에 의해 早期區別이 가능한 넙치, *P. olivaceus*(李 와 李, 1990)와 原始生殖巢의 선단부위와 말단부위에서 突出이 일어나고, 突出이 없는 原始生殖巢보다 크기가 큰 生殖巢가 卵巢로 分化하는 catfish, *I. punctatus*가 있다(Patino et al., 1996). 이 研究에서는 완전한 性分化가 일어나기 전 生殖巢를 구성하는 卵巢腔의 形成 有無에 따라서 卵巢와 精巢로 區分할 수 있었다. 즉 初期 生殖巢의 선단부위의 신장에 의해 卵巢腔이 形成된 生殖巢는 卵巢型 生殖巢로 分化, 發達하였고, 卵巢腔 形成없이 纖維性 間充織이 發達하고, 體細胞性 間質細胞들에 의해 肥厚되며, 基質體細胞들이 輸精小管을 形成하는 生殖巢는 精巢로 分化, 發達하였다.

硬骨魚類의 卵巢腔 形成樣式은 卵巢의 中央에 卵巢腔이 形成되는 entovarian sac 形態와 卵巢의 가장자리에 卵巢腔이 形成되는 parovarian sac 形態로 나누고 있다. 큰 가시고기, *C. aculeatus* (Shimizu and Takahashi, 1980), 틸라피아류인 *T. zilli* (Yoshikawa and Oguri, 1978), 잉어과 어류인 *B. tetrazoa tetrazoa* (Takahashi and Shimizu, 1983) 조피볼락, *S. schelegeli* (李 等, 1996)등의 卵巢에는 parovarian sac의 형태가 나타나고 있다. 그리고 청어과에 속하는 *Brevoortia patronus* (Combs, 1969), 홍송어, *S. leucomaenis* (Nakamura, 1982),

무지개 송어, *S. gairdneri* (Takashima et al., 1980), 넙치, *P. olivaceus* (李 와 李, 1990) 등은 entovarian sac 형태를 가진다. 이 연구결과 돌돔은 卵巢의 가장자리에 卵巢腔이 形成되는 parovarian sac 형태를 나타낸다.

Yamamoto (1969)는 魚類의 性을 生殖巢 分化, 發達樣相에 따라 雌雄同體型과 雌雄異體型으로 大別하고, 雌雄同體型은 同時性 雌雄同體型과 世代交繁殖型으로 나누고, 다시 世代交繁殖型 雌雄同體는 雌性先熟型과 雄性先熟型으로 區分하였다. 同時性 雌雄同體型 魚種은 암·수가 同時에 發達하는형으로서 송사리목에 속하는 *Rivulus marmoratus*는 卵巢, 精巢가 同時에 成熟하여 自家受精하는 것이 Harrington (1971)에 의해 確認되었다. 雌性先熟型雌雄同體는 처음에 卵巢로 成熟하여 기능을 한 후 精巢로 性轉換을 거쳐 수컷으로 기능하는것이고, 雄性先熟型 雌雄同體는 精巢로 成熟하여 기능을 한 후 卵巢로 性轉換을 거쳐 암컷의 기능을 하는 것이다. 이러한 雌雄同體의 기능적 生殖巢는 현재 8目 34科에 350~400種에 이르는 것으로 보고되고 있다(中園·桑村, 1987). 雌雄異體型은 分化型和 未分化型으로 區分하였는데, 分化型은 生殖巢 分化段階에서 雌性段階를 거치지 않고 直接 精巢나 卵巢로 分化되는 것이고, 未分化型은 雌性段階를 거쳐 精巢나 卵巢로 分化되는 것으로 정의하고 있다. 分化型인 자주복, *Takifugu rubripes*인 경우 孵化 後 45~50日 사이에 卵巢로, 75日경에는 精巢로 直接 分化한다고 보고하였으며 (Matsuura, 1994), 未分化型인 zebrafish, *B. rerio*는 10~12日경에 전체가 암컷 형태를 보이다가 23-25日경에 약 50%가 間性個體를 보이면서 수컷으로 分化한다(Takahashi, 1977). 이 研究에서 돌돔은 孵化 後 60日경에 卵巢腔 形成이 시작되어지면서 卵巢로 分化하는 生殖巢가 관찰되고, 70日 경에는 輸精小管이 形成되어지면서 精巢로 分化하는 生殖巢가 觀察되었다. 이후, 精巢內에는 一般的인 硬骨魚類와 유사하게 精子形成過程이 일어나고 있으나, 卵巢로 分化한 生殖巢에서는 140日경에 卵巢腔이 形成된 生殖巢 小囊內에 卵母細胞의 發達과 함께 精母細胞가 出現하는 ovo-testis 生殖巢를 갖는다. 이러한 ovo-testis 生殖巢는 2年魚까지 出現하고, 실내사육, 가두리 사육, 정치망에서 채집하여 조사한 결과 모두 유사하게 나타났으며, 이때 精母細胞는 精細胞나 精子로 發達하지는 않는다. 이후 生殖巢內에 卵母細胞의 成熟이 일어나면서 精母細胞의 出現은 觀察할 수 없었다. 이와같은 돌돔의 性分化 時期와 類型을 Fig. VIII에 圖式化 하였다.

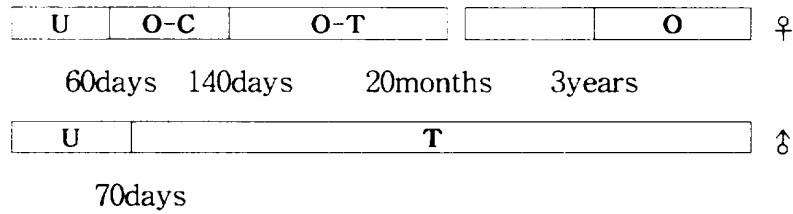


Fig. VIII. Diagram of the sex differentiation of parrot fish, *Oplegnathus fasciatus*

U, undifferentiation stage; O-C, formation of ovarian cavity;
O-T, ovo-testis; O, ovary; T, testis.

Fig. IX에는 Yamamoto(1969)에 의해 定意된 魚類의 性分化 過程과 들돔의 生殖巢 分化 過程을 組織學的으로 研究한 結果를 圖式化 하였다. Yamamoto(1969)는 性分化 類型中 雌雄異體에서 未分化型和 分化型으로 區分하였으나, 들돔의 경우는 초기에 암·수로 완전히 分離되나 암컷의 경우 孵化 後 140日부터 20個月까지 ovo-testis를 가지다가 3년어가 되면서 機能的 암컷으로 分化되므로 “不完全 分化型”으로 구분하였다. 그러므로 여기서는 Yamamoto(1969)가 提示한 雌雄異體部分을 一部 變形하여 “未分化型”, “不完全分化型”, “完全分化型”으로 區分하였다..

硬骨魚類의 性 決定 要因은 異形性染色體의 有無나 交配를 통하여 雄性異形配偶者(male heterogamety)와 雌性異形配偶者(female heterogamety)로 區分하는 遺傳的 性決定(genetic sex determination)과 受精 이후 性的未分化時期에 環境要因에 의하여 性이 決定되는 環境的 性決定(environmental sex determination)이 알려지고 있다(Bull, 1989; Conover and Fleisher, 1986). 유럽산 뱀장어의 경우 高溫飼育時 수컷이 많이 出現하고, 底密度 飼育時 암컷이 많이 出現한다고 알려져 있지만(D'Ancona, 1957, Degani & Kushnirov, 1992), 아직 魚類養殖을 포함한 다양한 環境에서의 性결정기작이나, stress와 性 決定과의 關係에 대하여는 밝혀진 바 없다. 조피볼락, *S. schlegeli*의 경우 出産 後 12개월된 個體들의 性比는 약 1:1로 보고되어 있으며(李 등, 1996), 망상어, *D. temmincki*의 경우 體內仔魚의 性比는 약 1.65:1로 나타나고 있다(李 등, 1996). 이 실험의 경우 卵巢와 精巢의 性은 암컷이 많이 出現하여, 性比는 약 3:1로 나타나고 있다. 이러한 性 決定要因에 대한 문제해결을 위해 앞으로 계속적인 연구가 進行되어야 할 것으로 생각된다.

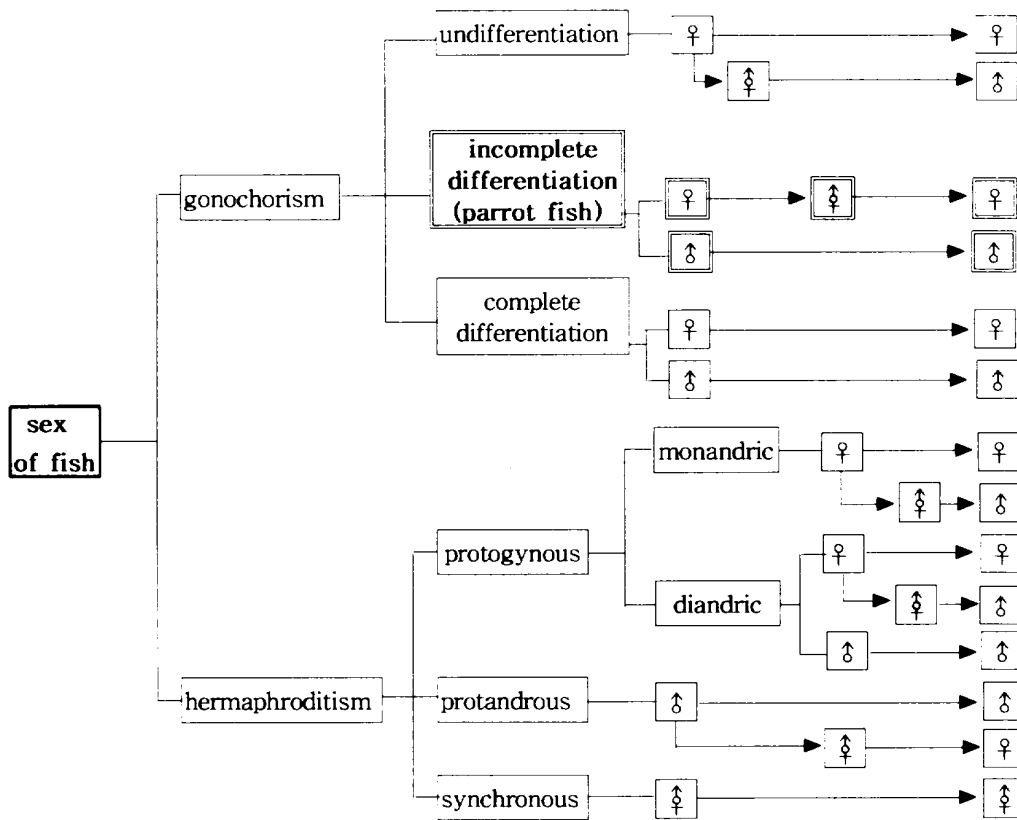


Fig. IX. Diagram. for the process of sex differentiation in teleost

V. 요약

돌돔을 對象으로 孵化直後 부터 成熟段階까지 始原生殖細胞의 出現과 原始生殖巢의 形成, 雌雄 性分化和 配偶者 形成過程을 組織學的으로 調査하여, 이들의 性分化 過程과 生殖巢 發達過程을 研究하였다.

1. 始原生殖細胞는 孵化 後 8日 (平均全長 3.0 ± 0.06 mm)된 仔魚에서 腸管과 中腎小管 사이에서 觀察되며 크기는 長經 $14 \mu\text{m}$, 短經 $8 \mu\text{m}$ 였다.
2. 孵化 後 35日 (平均全長 13.34 ± 1.061 mm)된 仔魚에서 生殖細胞 (germ cell)는 生殖上皮膚에 纖維性 間充織에 쌓여 後腹膜으로 移動하고 腹腔內에 生殖隆起(genital ridge)를 形成하기 始作한다.
3. 卵巢의 初期分化는 孵化 後 60日 (平均全長 5.48 ± 0.374 cm)된 稚魚에서 原始生殖巢의 先端부분이 말단부위로 신장되면서 卵巢腔形成이 始作되고, 孵化 後 125日 (平均全長 9.84 ± 0.510 cm)된 個體에서 生殖巢 髓質部의 陷入이 始作되면서 卵巢小囊 形成이 始作된다.
4. 精巢의 初期 分化는 卵巢에 비해 늦게 일어나고 있다. 孵化 後 70日된 稚魚 (平均全長 7.20 ± 0.582 cm)에서 體細胞의 數的 增加에 의해 生殖巢가 肥厚 되며 輸精小管이 形成되고 있으며, 孵化 後 155日 (平均全長 11.18 ± 0.722 cm)경에 精原細胞의 分裂增殖이 觀察되고 있다.
5. 內腔이 形成된 生殖巢에서는 孵化 後 140日 (平均全長 10.90 ± 0.876 cm)부터 卵母細胞의 發達과 同時에 精母細胞가 出現하는 Ovo-testis 生殖巢를 갖는다. 이러한 生殖巢는 室內飼育, 가두리와 정치망에서 採集하여 調査한 結果 類似하게 나타나고 있으며, 卵母細胞가 成熟함에 따라 精母細胞가 減少하고 있다. 이와같은 돌돔의 性分化 樣相을 “不完全 分化型”으로 하였다.

VI. 參考文獻

- Bull, J. J., 1989. Evolution and variety of sex determining mechanisms in amniote vertebrates. *In Evolutionary mechanisms in sex determination*, ed. by Stephen S. Wachel. *CRC press.*, p. 57-56.
- Colombo, G., and G. Grandi, 1996. Histological study of the development and sex differentiation of the gonad in the European eel. *J. Fish Bio.*, 48: 493-512.
- Combs, R. M., 1969. Embryogenesis, histology and organology of the ovary of *Brevoortia patronus*. *Gulf Res. Report.*, 2(4): 333-436.
- Conover, O. O. and M. H. Fleisher, 1986. Temperature-sensitive period of sex determination in the Atlantic silverside, *Menidia menidia*. *Can. J. Aquat. Sci.*, 43: 514-520.
- D'Ancona, U., 1957. Nuove ricerche sulla determinazione sessuale dell'anguilla. H Le influenze ambientali sul differenziamento della gonade. *Archivio di Oceanografia e Limnologia*, 11: 69-111.
- Davies, P. R. and F. Takashima, 1980. Sex differentiation in common carp, *Cyprinus carpio*. *J. Tokyo Univ. Fish.*, 66(2): 191-199.
- Degani, G. and D. Kushnirov, 1992. Effect of 17β -estradiol and grouping on sex determination of European eel. *Progressive Fish-Culturist*, 54: 88-91.
- Harrington, R. W. Jr., 1975. Sex determination and differentiation among uniparental homozygotes of the hermaphroditic fish *Rivulus marmoratus* (Cyprinodontidae:Atheriniformes). Pages 249-262 in R. Reinboth, ed. *Intersexuality in the animal kingdom*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Jensen, G. L. and W. L. Shelton, 1983. Gonadal differentiation in relation to sex control of grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Pisces: Cyprinidae). *Copeia*, 749-755.
- Kim, D. S., K. Y. Lee, and T.-Y. Lee, 1990. Gonadal sex differentiation in *Misgurnus mizolepis*. *Korean J. Ichthyol.*, 2: 95-105.
- Malison, J. A., C. D. Best, T. B. Kayes, and C. H. Amundson, 1986. Sex

- differentiation and use of hormones to control sex in yellow perch, *Perca falvenscens*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 43: 26-35.
- Matsuura, S., T. Naito, and M. Shincho, 1994. Gonadal sex differentiation in tiger puffer, *Takifugu rubripes*. *Jap. J. Ichthyol.*, 42(2): 619-625.
- Nakamura, M., 1982. Gonadal sex differentiation in whitespotted char, *Salvelinus leucomaenis*. *Jap. J. Ichthyol.*, 28(4): 431-436.
- Patino, R., K. B. Davis, J. E. Shhoore, C. Uguz, C. A. Strussmann, and N. C. Parker, 1996. Sex differentiation of channel carfish: normal development and effects of temperature. *J. Exp. Zoology.*, 276: 209-218.
- Robertson, J. G., 1953. Sex differentiation in the pacific salmon, *Oncorhynchus keta*. *Can. J. Zool.*, 31: 73-79.
- Satoh, H., N. Nakamura, and T. Hibiya, 1962. Studies on the sexual maturation of the eel. 1. on the sex differentiation and maturation process of the gonads. *Bull. Jap. Sci. Fish.*, 28: 579-584.
- Satoh, N., 1974. An ultrastructure study of sex differentiation in the teleost, *Oryzias latipes*. *J. Embryol. Exp. Morph.*, 32: 195-215.
- Shimizu, M. and H. Takahashi, 1980. Process of sex differentiation of the gonad and gonoduct of the three-spined stickleback, *Gasterosteus aculeatus* L. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 31(1): 137-148.
- Strussmann, C. A., J. C. C. Cota, G. Phonlor, H. Higuchi, and F. Takashima, 1996 b. Temperature effects on sex differentiation of two South American atherinids, *Odontesthes argentinensis* and *Patagonina hatcheri*. *Env. Bio. Fish.*, 47: 143-154.
- Strussmann, C. A., F. Takashima, and K. Toda, 1996 a. Sex differentiation and hormonal feminization in pejerrey *Odontesthes bonariensis*. *J. Aqua.*, 139: 31-45.
- Suzuki, N., M. Tamura, and I. Ohguchi, 1992. Gonadal Sex differentiation of hatchery-reared flounder, *Limanda yokohamae*. *Jap. J. Ichthyol.*, 40(2): 189-199.
- Takahashi, H. and M. Shimizu, 1983. Juvenile intersexuality in a cyprinid fish, the Sumatra barb. *Barbus tetrazoa tetrazoa*. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido*

- Univ., 34(2): 69-78.
- Takahashi, H., 1977. Juvenile hermaphroditism in the zebrafish, *Brachydanio rerio*. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 28: 57-65.
- Takashima, F., R. Patino, and M. Nomura, 1980. Histological studies on the sex differentiation in rainbow trout. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 46: 1317~1322.
- Tuzuki, E., N. Egami, and Y. Hyodo, 1966. Multiplication and sex differentiation of germ cell during development in the medaka, *Orizias latipes*. *Jap. J. Ichthyol.*, 176-182.
- Yamamoto, T., 1969. Sex differentiation. In : W. S. Hoar and D. J. Randall (eds.). *Fish Physiology*, Vol. 3. *Academic Press, New York*, 117-175 pp.
- Yoshikawa, H. and M. Oguri, 1978. Sex differentiation in a cichlid, *Tilapia zilli*. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 44: 313-318
- Yoshikawa, H. and M. Oguri, 1979. Gonadal Sex differentiation in the medaka, *Oryzias latipes*. With special regard to the gradient of the differentiation of testis. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 45: 1115-1121.
- 金鳳石, 1995. 2배체와 3배체 미꾸라지(*Misgurnus mizolepis*)의 性分化和 生殖巢發達에 관한 비교 研究. 부산수산대학교 박사학위논문, 108 pp.
- 金炯培, 1988. 참돔, *Pagrus major*의 性分化和 生殖巢發達. 부산수산대학 박사학위논문, 84 pp.
- 李榮敦 · 李澤烈, 1990. 넙치, *Paralichthys olivaceus*(Temminck et Schlegel)의 性分化和 生殖巢 發達. 제주대 해양연보, 14: 61-86.
- 이영돈 · 강법세 · 이정재, 1994. 감성돔, *Acanthopagrus schlegeli* (Bleeker)의 性分化. 한국어류학회지, 6(2): 237-247.
- 李榮敦 · 盧暹 · 張榮振 · 白惠子 · 安哲民, 1996. 조피볼락(*Sebastes schlegeli*)의 性分化. 한국수산학회지, 29(1): 44-50.
- 李正植 · 李榮敦, 1996. 태생 경골어류, 망상어(*Ditrema temmincki*)의 初期生殖巢形成 및 性分化. 한국수산학회지, 29(1): 35-43.
- 中園明信 · 桑村哲生, 1987. 魚類의 性轉換. 東海大學出版會, 47p.

Fig. IV. Development of ovary in parrot fish, *Oplegnathus fasciatus*. 1, Cross section of ovarian lamella of the 10-month old fish showing oogonia, somatic cells, and blood vessel in cortex. 2, Cross section of ovarian lamella of the 300-day old fish, which was filled with oogonia and perinucleolus oocyte. 3, Cross section of ovarian lamella of the 20-month old fish, which was filled with perinucleolus oocyte and oil droplet oocyte. 4, Cross section of ovarian lamella of the 3-year old fish, which was filled with oil droplet oocyte and yolk granule oocyte. Bv, blood vessel; Oc, ovarian cavity; Odoc, oil droplet oocyte; Ol, ovarian lamella; Oo, oogonia; Poc, perinucleolus oocyte; Yoc, yolk granule oocyte. Bars = 100 μ m.

감사의 글

학문의 걸음마 단계인 저를 학문하는 사람으로서의 올바른 자세를 갖도록 늘 곁에서 교정해 주시고, 논문의 시작부터 완성까지 세심한 관심을 갖고 지도해 주신 이영돈 선생님께 진정으로 고마움을 느끼며 깊은 감사를 드립니다.

부족한 논문을 정성스럽게 다듬어 주신 이정재 선생님과 송춘복 선생님께 감사를 드리며, 항상 관심을 가지시고 조언을 해 주신 정상철 선생님, 이기완 선생님, 노섭 선생님, 최광식 선생님, 이제희 선생님께도 깊은 감사를 드립니다.

이 실험이 이루어지도록 샘플 채집에 도움을 주신 국립수산진흥원 제주수산연구소 제주분소장이신 강용진 소장님과 남제주배양장 이정의 소장님, 그리고 황형규 연구사님께 감사를 드립니다. 아울러 샘플채집을 같이 해 주신 서종표 형님께도 감사를 드립니다.

실험과 자료정리를 하는데 많은 도움을 준 실험실 가족들(나오수, 오성립, 박용주, 박성보, 김봉원, 이치훈, 문순주, 최정권, 이철안, 김홍윤, 문경훈, 김기필, 김진완, 박창범, 한성민)과 졸업생 실원들(송영보, 임봉수, 진숙자) 그리고 해양학과 윤충환 대학원생에게 감사를 드립니다. 또한, 늘 옆에서 격려해준 대학원 선후배님들과, 실험기간동안 연구소의 기기와 시설을 이용하는데 도움을 주신 제주대학교 해양연구소 직원 여러분께 감사 드립니다.

오늘의 이 시간이 있도록 늘 사랑으로서 뒷바라지 해 주시고, 보살피 주신 사랑하는 부모님과 늘 성원을 아끼지 않았던 형님가족과 누님가족 그리고 남동생에게 고마움을 전합니다. 끝으로 지난 시간 어려운 여건속에서도 말없이 내조해 준 사랑하는 아내 경희와 3개월 후면 빛을 보게 될 2세에게 고마움과 미안함을 함께 전하고, 늘 친아들처럼 생각해 주시는 장인어른과 장모님께도 감사를 드립니다.