

# 노래미, *Agrammus agrammus*의 性成熟에 따른 肝細胞의 活性變化

鄭 義 泳 · 金 炯 培 · 李 澤 烈

釜山水產大學 資源生物學科

(1985년 11월 5일 수리)

## Changes of the Activity of the Liver Cells Accompanied with the Reproductive Cycle of Greenling, *Agrammus agrammus*(Temminck et Schlegel)

Ee-Yung CHUNG, Hyung-Bae KIM and Taek-Yuil LEE

Department of Marine Biology, National Fisheries University of Pusan

Nam-gu, Pusan 608, Korea

(Received November 5, 1985)

The activity of the liver cells of greenling, *Agrammus agrammus* were histologically investigated under photo-and electron microscopy, and studied by comparing seasonal changes of hepatosomatic index (HSI).

The materials were monthly collected at the costal area of Tongbaeksom, Pusan, Korea, from September 1983 to August 1984.

The annual variations of HSI of male were not distinct, but those of HSI in female began to increase in autumn, and reached the maximum in winter when the ovary was getting mature.

During the period of yolk accumulation in the oocytes, the female liver and its hepatic cells were seen to large and nuclei and nucleoli were hypertrophic also. At this time the amounts of glycogen and lipid in the cells gradually decreased, while basophilic substance (RNA) increased. And well-developed granular endoplasmic reticula binding ribosomes were supposed to play the leading role in protein synthesis and deposition for vitellogenin in the cytoplasm.

Just prior to spawning, glycogen and lipid droplets were decreased, but basophilic substances(RNA) were found in a high concentration especially at the peripheral region of the liver cells of females. In the liver cells of males, were hardly altered by gonadal maturation, basophilic substances gradually increased, glycogen particles and lipid droplets were still observed in large quantities.

After spawning, basophilic substances decreased in the liver cells of female and male.

### 緒 論

魚類의 肝은 一般 脊椎動物의 肝에서 이미 잘 알려진 바와 같이, 에스트로겐호르몬의 刺激에 의해서 卵黃形成에 必要한 卵黃形成前驅物質인 Vitellogenin을 合成한 후 이 物質을 血液 속에 分泌하여 卵巢卵에서 卵黃蛋白質을 形成케 하는 重要한 役割을 하고 있는 것으로 報告되어 있다(會田, 1974; Stanchfield and Yager, 1980).

이들 魚類의 肝은 性成熟 및 섭이율에 따라 肝細胞內에 脂肪, 글리코겐, 核酸物質 등의 量이 季節의 으로 變化하고 있음이 알려져 있다(Oliverew and Leloup, 1959; Pickford, 1953; Ito et al., 1932).

이들이 生殖時期에 이르던, 成魚 암컷의 肝熟度指數(Hepatosomatic Index: HSI)는 수컷보다, 그리고 未熟魚보다 더 크게 增加되는 것으로 報告되어 있다(雨宮·田村, 1948; 野口·尾藤, 1953; Ishii and Yamamoto, 1970). 또한 產卵期에는 雌雄間의 性的

차이에 따른 肝細胞內的 物質의 蓄積 및 分泌는 組織學的으로 현저한 차이를 나타내고 있는데 이들은 주로 光學顯微鏡 수준에 의해 調查 報告되어 있고, 電子顯微鏡에 의한 性成熟에 따른 肝細胞內的 微細構造的 變化를 다른 研究 調查는 몇 명의 研究者들 (Yamamoto, 1964; Kitada and Takagi, 1965; Berlin and Dean, 1967; Ishii and Yamamoto, 1970; Aida et al., 1973)에 의해 報告되어 있을뿐, 性成熟에 따른 肝細胞들의 雌雄間的 차이에 대해서는 아직도 不明確한 점이 여전히 남아 있다.

本 研究는 沿岸定着性 魚類인 노래미, *Agrammus agrammus* 를 對象으로 肝熟度指數(HSI)의 年間變化와 肝細胞內的 物質蓄積 및 分泌活性이 生殖巢의 發達과 어떠한 關係를 가지는 지를 調查하여 이들 生殖周期 成立機構의 解明을 위한 기초자료를 얻고자 하였다.

### 材料 및 方法

本 研究에 使用된 材料는 1983年 9月부터 1984年 8月까지 釜山海雲臺 동백섬 朝間帶에서 낚시로 每月 20~50個體씩 채집된 總 311個體의 노래미이다.

採集된 材料는 즉시 實驗室로 옮겨 全長과 體長은 0.1 cm, 體重은 0.1 g 까지 計測한 後, 해부하여 魚體로부터 떼어낸 肝의 重量을 0.01 g 까지 測定하였다.

肝熟度指數(hepatosomatic index)는 肝重量/體重×100의 式에 의하여 계산하였다.

光學顯微鏡的 組織標本製作은 Bouin 고정액에 24時間 固定하여 常法인 파라핀切片法에 의해 5~8 μm 두께로 連續切片을 만들었으며, Hansen's haematoxylin과 0.5% eosin으로 比較染色하였고, 組織區分을 爲한 Mallory 三重染色, 肝細胞內 物質蓄積 區分을 爲해 PAS 反應을 시켰다.

透過型電子顯微鏡的 組織標本製作은 2.5% glutaraldehyde-2% paraformaldehyde(0.1 M cacodylate buffer, pH 7.5)에 12時間 前固定한 後 10% sucrose (0.1 M cacodylate buffer, pH 7.5)로 약 10分間 充分히 세척하고 2% osmium tetroxide와 0.2 M cacodylate 1:1 용액에서 90分間 後固定시켰다.

固定이 끝난 組織小片은 ethanol에 의해 脫水한 뒤 propylene oxide로 치환하고 Epon-812 混合液에 包埋하여 Sorvall MT-2 ultramicrotome으로 超薄切片을 製作하였다. 超薄切片은 uranyl acetate와 lead

citrate로 電子染色하여 JEM 100 CX-II 電子顯微鏡 (100 KV)으로 觀察하였다.

### 結 果

#### 1. 肝熟度指數(Hepatosomatic index)의 年間變化

生殖巢發達과 直接連關되어 變化를 보이고 있는 肝熟度指數(HSI)의 年中變化를 調查한 結果는 Fig. 1과 같다.

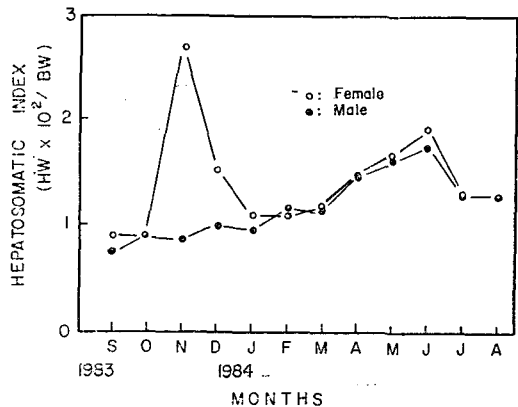


Fig. 1. Monthly changes of the hepatosomatic index in *Agrammus agrammus* from September 1983 to August 1984.

암컷의 HSI는 9~10월에는 平均 1.00 이하의 낮은 값을 나타내었으나, 11월에는 약 3배로 急上昇하여 年中 最大 값인 2.66을 나타냈다. 12월에는 다시 HSI가 급강하하여 平均 1.52로 減少되었으며 1~2월에도 계속 감소되는 傾向을 보였다. 그러나 3월부터는 서서히 增加되어 6월에는 平均 1.92가 되었으나, 그 후 다시 일시적으로 HSI는 약간 減少되었다.

수컷의 HSI 變化는 9월에서 3월 사이에 平均 1.20 이하로 長期間에 걸쳐 年中 낮은 값을 나타냈으나 4월부터 서서히 增加되어 6월에 最大 값인 1.77에 이르고 있다. 이와 같이 암컷의 경우 HSI의 年間變化는 生殖巢熟度指數(GSI)의 年間變化(鄭·李, 1985)와 正比例로 增減 變化가 일어났으나, 수컷의 경우에는 GSI의 年間變化와는 그 相關의 變化가 뚜렷하지 않았다.

#### 2. 生殖周期에 따른 肝細胞의 活性變化

肝細胞는 크기, 영양물질의 合成 및 蓄積, 그리고 染色性 등이 生殖巢 發達段階에 따라 뚜렷한 變化를

나타내고 있다.

### 光學顯微鏡의 所見

#### 1. 암 컷

8~9월에 採集된 成長中인 卵巢를 가진 個體(生殖巢成熟度指數, GSI 0.31)들의 肝細胞의 크기는 12~15  $\mu\text{m}$ 로 한 개의 뚜렷한 核과 1~2개의 仁들이 核속에 보인다. 이때 肝細胞質속에는 영양물질의 合成 및 蓄積이 일어나 PAS反應에 陽性을 보이니, 核酸物質(RNA)의 蓄積은 아직 活潑치 않아 haematoxylin 染色에 弱한 好鹽基性을 나타낸다(Pl. I, Fig. 1).

10월에 成熟段階로 접어들어 GSI 값이 3.86을 나타내는 個體들의 肝細胞의 核은 좀더 비대해지며 仁의 活性도 뚜렷해진다. 이때 細胞質內에는 好鹽基性物質(RNA)의 蓄積이 增大되고 있어 haematoxylin 에 濃染되어 나타나나, PAS反應에는 아주 弱한 陽性反應을 보인다(Pl. I, Fig. 2).

11월에 完熟段階에 이룬 生殖巢를 가진 個體(GSI 9.07)의 肝細胞에 있어서는 核과 仁의 크기는 變化 없이 그대로 있으나 細胞質속에는 物質의 合成과 蓄積이 最大로 일어나고 있어 細胞는 가장 크게 肥大해진다. 또한 核酸物質(RNA)의 蓄積도 最大로 일어나 haematoxylin 染色에 強하게 濃染된다. 반면, lipid 함량은 오히려 감소되며, PAS反應에도 아주 弱하게 나타낸다(Pl. I, Fig. 3).

一部 放卵한 12월의 個體(GSI 0.28)에서 볼수 있는 肝細胞의 核은 胞大되어 나타나지만 細胞質에는 lipid가 蓄積되어 胞狀構造가 보이기 시작하며, 또한 細胞質內에는 核酸物質(RNA)의 合成 및 蓄積이 極히 減少되어 haematoxylin에 對한 染色性이 약해지며, PAS反應에도 아주 微弱한 陽性을 보인다(Pl. I, Fig. 4).

1月以後 回復期 中에 있는 個體(GSI 0.32)의 肝細胞質속에는 lipid가 多量으로 蓄積되어 肝細胞는 胞狀構造를 나타내고 있으며, 영양물질의 蓄積이 점차로 增加되어 eosin 염색에 好酸性을 나타내며 PAS反應에도 強한陽性을 보이고 있다. 반면, 이 時期에 肝細胞質內에는 核酸物質(RNA)의 合成이 거의 일어나지 않고 있다(Pl. I, Fig. 5).

#### 2. 수 컷

8~9월의 成長 中인 精巢를 가진 수컷의 個體(GSI 0.40)에 있어서는 肝細胞의 核과 仁의 크기는 암컷과 거의 비슷하다. 細胞質內에는 lipid가 蓄積되어

胞狀構造를 보이고 있으며, 영양물질이 多量으로 蓄積되어 PAS反應에 強한 陽性反應을 나타낸다. 반면, 好鹽基性物質(RNA)의 蓄積은 암컷과 같이 거의 일어나지 않고 있어 이 時期에는 雌雄間에 物質蓄積의 活性度는 거의 비슷하게 나타낸다(Pl. I, Fig. 6).

10~11월에는 精子形成이 가장 活潑하여 精巢內에 完熟된 精子를 가득 채워지는데 이때의 個體(GSI 1.06)에서는 核과 仁은 뚜렷하게 나타나며, 肝細胞質속에는 암컷보다는 적으나 好鹽基性物質(核酸 RNA)과 영양물질이 多量으로 蓄積되고 있어 어느 시기보다도 haematoxylin과 PAS反應에 比較的 強하게 陽性反應을 보인다(Pl. I, Fig. 7).

12月 中旬 以後 放精이 完了된 個體(GSI 0.57)에서는 암컷과 같이 肝細胞質內에 蓄積된 好鹽基性物質은 점차로 減少되는 現象을 보이니 암컷의 肝細胞質속에서 보였던 空胞化現象은 아직은 뚜렷하게 나타나지 않고 있다(Pl. I, Fig. 8).

2月 以後 回復期에 접어든 個體(GSI 0.16)에서는 암컷과 같이 肝細胞質內에 蓄積되었던 好鹽基性物質은 감소되어 나타나지 않는 대신, PAS反應에 陽性을 보이며 eosin 염색에도 強한 陽性을 나타내고 있어, 胞狀構造속에 영양물질이 多量 蓄積되고 있다(Pl. I, Fig. 9).

### 電子顯微鏡의 所見

生殖巢 發達段階에 따른 雌雄個體들의 肝細胞 活性는 肝細胞 小器管들의 變化와 物質의 蓄積상태에 따라 다르게 나타나고 있다.

#### 1. 암 컷

初期成長中인 卵巢卵을 가진 암컷 個體들의 肝細胞들의 모양은 多角形이며 球形의 核속에는 仁이 아주 뚜렷하게 나타나고 있다. 그리고 이 때 肝細胞의 細胞質內에는 多量의 脂肪滴과 글리코젠이 蓄積되어 있으며 核周邊에는 많은 미토콘드리아와 粗面小胞體들이 점차로 發達하고 있으나 아직 肝細胞의 活性은 낮다(Pl. II, Fig. 10).

卵黃蓄積이 일어나는 成熟期의 卵巢를 가지는 個體들의 肝細胞의 核은 橢圓形으로 점차로 커지며 그 속에 1~3개의 큰 仁들이 보인다. 또한 核內의 chromatin은 核膜周圍에 分布하며, 一部는 微細顆粒狀으로 核質內에도 散在하고 있다. 그리고 細胞質속의 脂肪滴의 量은 급격히 減少되나 小胞體들과 리보솜의 數가 增加되고 단백질의 合成이 增大되어 活性度가 점차로 높아진다(Pl. II, Fig. 11).

考 察

卵黃蓄積이 完了되는 時期에 암컷들의 肝細胞에는 큰 核과 수많은 잘 발달된 粗面小胞體들과 리보솜, 그리고 環상의 크리스테를 가지는 미토콘드리아들이 多數 散在되어 나타나고 있어, 이 時期에는 蛋白質合成이 가장 活潑하게 일어나며 肝細胞들의 活性化도 最高에 이른다(Pl. II, Fig. 12).

또한 核周邊의 細胞質속에 큰 Golgi complex가 잘 發達되어 分泌作用이 활발하게 나타나고 있는데 特別히 Golgi vacuole들 속에는 電子密度가 높은 脂蛋白質로 추정되는 物質들이 蓄積되어 나타난다(Pl. II, Fig. 13).

放卵後 性的으로 未熟한 時期에 암컷들의 肝細胞核은 약간 작아지며, 細胞質속에는 未發達된 多數의 粗面小胞體들과 미토콘드리아 및 리소조솜들이 나타난다. 그리고 글리코겐물질이 多量 蓄積되며 大小의 脂肪滴들이 다스 蓄積된다(Pl. II, Fig. 14).

2. 수컷

初期成長中인 精巢를 가진 수컷 個體들의 肝細胞들의 모양은 암컷과 같이 球形의 核속에 仁이 매우 뚜렷하게 나타나며 多量의 脂肪滴과 글리코겐이 蓄積되어 있다. 核周邊에는 여러 개의 미토콘드리아들과 小胞體들이 發達하기 시작하나 肝細胞들의 活性化는 아직은 낮다(Pl. II, Fig. 15).

精子形成이 活潑히 일어나는 成熟期에 肝細胞들의 核속에는 뚜렷한 仁이 보이며 세포질내에는 粗面小胞體들이 좀더 發達되어 나타나지만, 脂肪滴들과 글리코겐의 量은 암컷과 달리 별로 減少되지 않는다. 그러나 암컷과 같이 이 時期에는 蛋白質合成이 增大되어 活性化가 점차로 증가된다(Pl. II, Fig. 16).

完熟한 精巢를 가진 個體들의 肝細胞들의 크기는 最大에 이른다. 이들 細胞의 細胞質속에는 特別히 粗面小胞體가 細胞質의 大部分을 차지하고 있으며, 여러 개의 미토콘드리아와 글리코겐 입자들과 脂肪滴들이 나타나고 있다. 따라서 물질의 합성 축적은 활발하게 나타나 活性化가 어느 時期보다도 높게 관찰된다(Pl. II, Fig. 17).

放精한 精巢를 가진 수컷들의 肝細胞는 암컷과 같이 肝細胞의 크기도 줄어 들며 細胞質內에는 未發達된 多數의 粗面小胞體 및 미토콘드리아들과 少數의 lysosome들이 보이며 多量의 glycogen particle들과 脂肪滴이 좀더 많이 蓄積되나 細胞의 活性化는 아주 낮아진다(Pl. II, Fig. 18).

生殖巢 特別히 卵巢成熟에 따라 肝熱度指數가 密接하게 相關關係를 가지고 變化하고 있는데 노래미는 卵巢發達과 함께 肝熱度指數는 正相關關係로 增加하고 있다. 이와 같은 現象은 고등어, *Scomber japonicus* (野口·尾藤, 1953), 연어류, *Oncorhynchus nerka* F. Kenelyi (Imura and Saito, 1939) 등에서도 同一하게 報告되고 있는데 이와 반대로 그물코쥐치, *Rudarius ercodes* (Lee and Hanyu, 1984), 은어 (Ishida, 1979), 뱀장어, *Anguilla japonica* (Sugimoto et al., 1976) 등에서는 GSI 發達과는 逆相關關係를 나타내며, 特別히 卵巢發達에 따라 肝熱度指數는 현저히 감소하고 있다.

이것은 肝에서 生殖巢發達에 關여하는 物質 特別히 卵黃前驅物質을 合成하는 것은 一般적으로 인정되고 있으나 이들 物質의 合成 및 貯藏時期과 肝으로부터 卵巢에 供給되는 時期가 魚種에 따라 差異가 있는데서 正相關 또는 逆相關關係를 가지고 變化하는 것으로 생각된다.

은어 (Aida et al., 1973)와 점망둑 (Kaneko et al., 1984)에서 卵巢가 成熟해짐에 따라 肝細胞에는 好鹽基性인 核酸物質(RNA)의 蓄積과 蛋白質合成이 活性化된 狀態를 나타내고 있으며 放卵期에는 이들 物質이 減少되는 現象이 나타나고 있다고 報告되어 있는데 이와 같은 現象은 노래미에서도 同一한 現象이 나타나고 있다.

노래미의 肝細胞의 크기는 은어 (Aida et al., 1973)에서 報告된 바와 같이, 未成熟한 암·수 個體들과 成熟中인 수컷에서는 글리코겐 및 脂肪滴과 같은 영양물질의 蓄積量에 의해 主로 영향을 받는 것으로 생각되나 成熟中인 암컷의 경우에는 粗面小胞體 및 골지체와 같은 蛋白質合成에 關與하는 小器管들의 發達에 의해 영향을 받는 것으로 생각된다.

무지개송어 (Takashima et al., 1971)의 肝의 脂肪 함량은 卵黃形成과 關聯하여 점차로 감소되고 있으며, 成熟中인 은어 암컷 (Aida et al., 1973)과 금붕어 암컷 (Ishii and Yamamoto, 1970)에서는 글리코겐의 量이 수컷보다 더 크게 감소되었다고 하였다.

이와 같은 現象은 노래미의 경우에도 同一한 現象이 나타나고 있는데, 卵巢形成이 일어나는 時期에는 脂質과 글리코겐 물질들이 卵黃前驅物質로 肝에서 生成되어 血流을 통해 卵母細胞로 移動되고 있기 때문에 점차로 감소되는 것으로 생각되나, 수컷의

경우에는 이들 物質의 소모가 암컷과 달리 크지 않으므로 암컷에 비해 수컷은 큰 변화가 없는 것으로 생각된다.

고등어(野口·尾藤, 1953)에서는 卵黃形成期에 肝細胞內에 脂肪이 감소되고 있는데도 불구하고 간중량은 오히려 급격히 增加되고 있다고 하였다. 이와 같은 現象은 노래미에서도 同一하게 나타나고 있는데 이것은 肝의 지방대사가 간실질의 신진대사에 前驅하기 때문에 脂肪이 減少되는 대신 肝實質이 저장되어 肝重量은 급격히 增加되는 것이라고 생각된다.

### 要 約

1983年 9월부터 1984年 8월까지 釜山市 海雲臺 등 백섬의 潮間帶에서 採集된 노래미, *Agrammus agrammus*를 對象으로 生殖巢의 發達과 肝의 活性變化關係를 파악하기 위해 肝熱度指數(HSI)의 年間變化를 調査하였고 아울러 生殖周期에 따른 肝細胞의 活性變化를 光學 및 電子顯微鏡的 方法에 의해 調査하였다.

肝熱度指數(HSI)의 年間變化는 수컷의 경우 뚜렷하지 않으나 암컷의 경우는 秋季에 增加하기 시작하여 卵巢가 成熟하는 冬季에 最大에 이른다.

암컷에 있어서 卵母細胞들이 卵黃物質을 蓄積하는 時期에는 肝細胞들의 크기는 점차로 커지며 核과 仁도 역시 커진다. 이때에 글리코겐과 脂肪滴들의 量은 점차로 減少되나 好鹽基性的 核酸物質(RNA)은 增加된다. 또한 肝細胞質內에는 粗面小胞體들이 발달 증가하는데 이들은 蛋白質合成과 vitellogenin 蓄積에 關係하고 核近處에 나타나는 골지체는 lipoprotein 合成에 重要な 役割을 하는 것으로 간주된다.

放卵 直前의 암컷의 肝細胞質內에는 글리코겐과 脂肪滴들이 급격히 減少되나 好鹽基性物質(RNA)은 細胞質의 주변구역에서 特別 高濃度로 나타나고 있다. 그러나 放卵 以後에는 이와 반대의 現象이 관찰된다.

수컷의 경우는 性的으로 成熟해 감에 따라 肝細胞質內에 好鹽基性物質이 점차로 增加하며, 암컷과 달리 글리코겐과 脂肪滴의 量도 多量으로 觀察된다. 반면, 放精期 以後에는 肝細胞質內의 好鹽基性物質은 減少된다.

### Explanation of abbreviations

- Bs: Eoophilic substance
- Cv: Central vein

- ER: Endoplasmic reticulum
- Go: Golgi vacuole
- Gp: Glycogen particle
- Hc: Hepatic cell
- Ld: Lipid droplet
- N: Nucleus
- No: Nucleolus

### 文 獻

Aida, K., P. V. Ngan and T. Hibiya. 1973. Physiological studies on gonadal maturation of Fishes--I. Sexual difference in compensation of plasma protein of ayu in relation to gonadal maturation. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 38(11), 1091—1106.

\_\_\_\_\_, K. Hirose, M. Yokote and T. Hibiya. 1973. Physiological studies on gonadal maturation of fishes--II. Histological changes in the liver cells of ayu following gonadal maturation and estrogen administration. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 39(11), 1107—1115.

會田勝美. 1974. 魚類의 成熟과 產卵Ⅳ成熟과 物質代謝. 日本水產學會編, 恒星社厚生閣. pp. 88—100.

Berlin, J.D. and J.M. Dean. 1967. Temperature-induced alterations in hepatocyte structure of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). J. Exp. Zool. 164, 117—132.

雨宮育作·田村保. 1948. 魚類肝重量의 雌雄差에 就て. 水產學報. 10, 10—13.

鄭義泳·李澤烈. 1985. 노래미, *Agrammus agrammus* (Temminck et Schlegel)의 生殖周期에 關한 研究. 釜山水大研報. 25(1), 26—42.

Imura, K. and T. Saito. 1969. Seasonal variations in the metabolic activities of tissue constituents of some fishes--I. Changes in nucleic acid contents of some tissues of kokanee salmon, *Oncorhynchus nerka* f. Kenelyi. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ. 20, 202—210. (in Japanese)

Ishida, R. 1979. Changes of hepatosomatic index of the ayu, *Plecoglossus altivelis*, during a spawning season. Bull. Tokai Reg. Res. Lab. 100, 169—171.

Ishii, K. and K. Yamamoto. 1970. Sexual difference

- nces of the liver cells the goldfish, *Carassius auratus* L. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ. 21, 161—167.
- Ito, T., A. Watanabe and Y. Takahashi. 1962. Histologische und cytologische untersuchungen der leber bei fisch und cyclostoma, nebst bemerkungen über die fettspeicherung-zellen. Arch. histol. Jap. 22, 429—463. (in Japanese)
- Kaneko, T., I. Hanyu and K. Hirose. 1984. Annual reproductive cycle of a tidepool-living goby *Chasmichthys dolichognathus*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 50(9), 1535—1540. (in Japanese)
- Kitada, J. and S. Takagi. 1965. Electron microscopic study on the liver cell of guppy, *Lebistes reticulatus*. Bull. Univ. Osaka Pref. Ser. B. 18, 1—9.
- Lee, T.Y. and I. Hanyu. 1984. Reproductive cycle of small filefish, *Rudarius ercodes*. Bull. Korean Fish. Soc. 17(5), 423—435. (in Korean)
- 野口榮三郎・尾藤方通. 1953. サバ肝臓の重量及脂肪量の季節的變化. 日水誌. 19, 525—529.
- Olivereau, M. and J. Leloup. 1950. Variations du rapport hepatosomatique chez la roussette (*Scyllium canicula* L.) au cours de développement et de la reproduction. Vie et Milieu 1, 377—420.
- Pickford, G.E. 1953. A study of the hypophysectomized male killifish, *Fundulus heteroclitus* (Linn.). Bull. Bingham Oceanogr. Coll. 14, 5—41.
- Sugimoto, Y., Y. Takeuchi, K. Yamauchi and H. Takahashi. 1976. Induced maturation of female Japanese eels (*Anguilla japonica*) by administration of salmon pituitaries, with notes on changes of oil droplets in eggs of matured eels. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ. 27, 107—120.
- Stanchfield, J.E. and J.D. Yager. 1980. Primary induction of vitellogenin synthesis in monolayer cultures of amphibian hepatocytes. J. Cell Biol. 84, 468—175.
- Takashima, F., T. Hibiya and T. Watanabe. 1971. Endocrinological studies on lipid metabolism in rainbow trout-I. Differences in lipid content of plasma, liver and visceral adipose tissue between sexually immature and mature females. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 37(4), 307—311.
- Yamamoto, T. 1964. Some observations on the fine structure of the liver cells in the starved goldfish (*Carassius auratus*), with special reference to the morphology of fat mobilization during starvation to the liver. Arch. histol. Jap. 24, 335—345.

Plate I

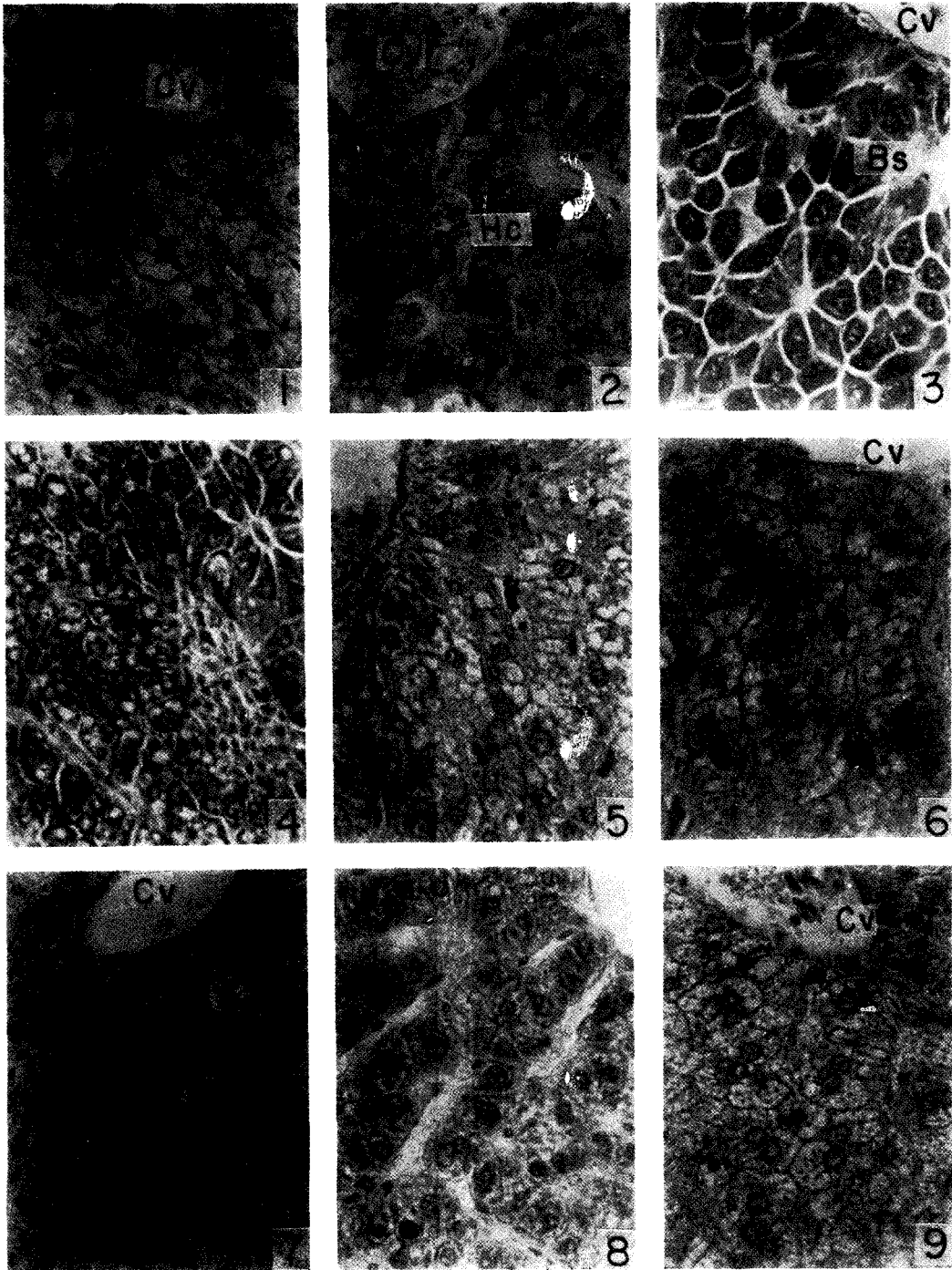
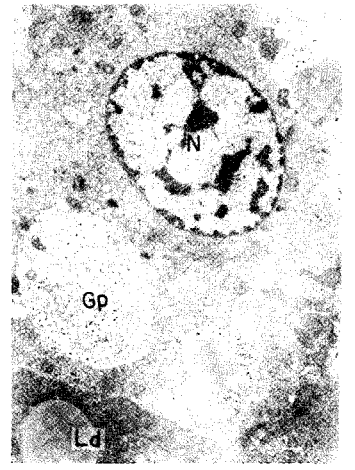
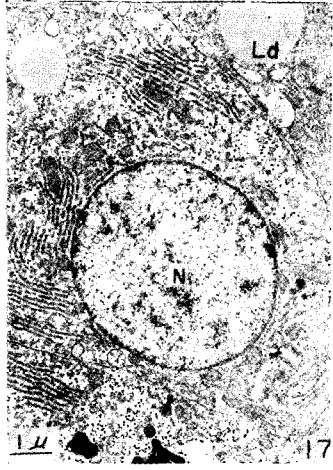
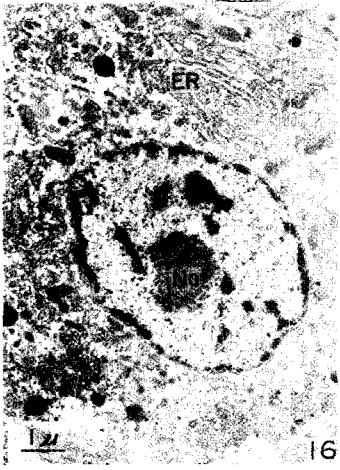
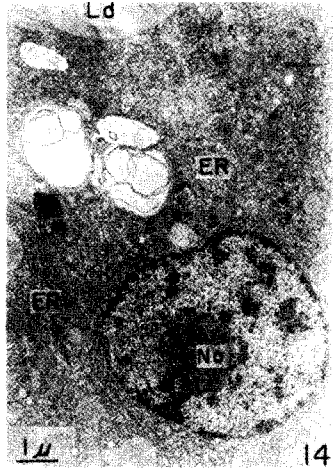
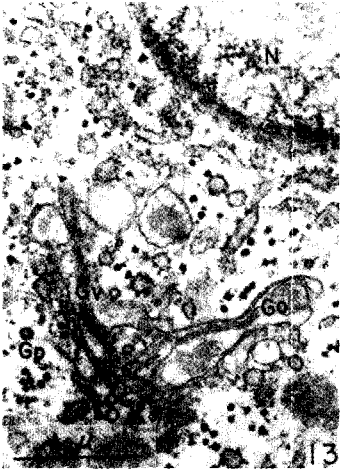
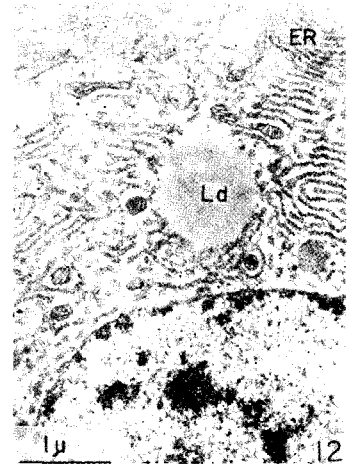
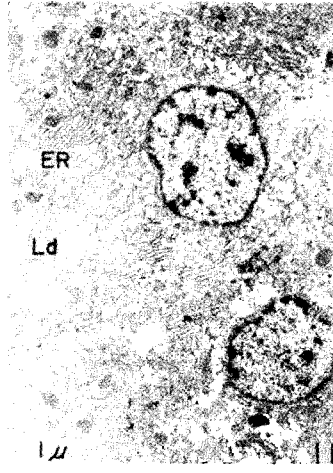


Plate II





## Explanation of plate

### Plate I

- Fig. 1. Liver cells of female at the early growing stage show loose arranged hepatic cells.  
Note prominent nuclei and a lot of lipid in the vacuolized cytoplasm.
- Fig. 2. Liver cells of female at the maturing stage showing hypertrophic nuclei and an increase of basophilic substance.
- Fig. 3. Liver cells of female at the mature stage, immediately prior to spawning.  
Nuclei and nucleoli are hypertrophic and basophilic substance remarkably increased.
- Fig. 4. Liver cells of female immediately after spawning.  
Nuclei and Nucleoli are still hypertrophic, but basophilic substances is decreased.
- Fig. 5. Liver cells of female at the recovery stage.  
Note a great quantity of lipid in the vacuolized cytoplasm.
- Fig. 6. Liver cells of male at the early growing stage show loose arranged hepatic cells.
- Fig. 7. Liver cells of male at the maturing stage showing hypertrophic nuclei and increase of basophilic substance.
- Fig. 8. Liver cells of male at the mature stage.  
Nuclei and nucleoli are hypertrophic and basophilic substance increased a little.
- Fig. 9. Liver cells of male at the spent stage.  
Basophilic substance is decreased and a great quantity of lipid is seen in the vacuolized cytoplasm.

### Plate II

- Fig. 10. Electron micrograph of liver cells in a female at the early growing stage.  
Various cytoplasmic organelles are seen concentrated in the perinuclear region, while glycogen granules occupy in the cytoplasm. x4,000
- Fig. 11. Electron micrograph of liver cells in a female at maturing stage showing extensive development of the granular endoplasmic reticula and a poor deposit of glycogen particles. x8,000
- Fig. 12. Electron micrograph of liver cells in a female at the mature stage.  
The granular endoplasmic reticula show prominent development of the stacks of flattened cisternae. x8,000
- Fig. 13. Electron micrograph of liver cells in a female at the mature stage showing a well developed Golgi complex which is containing electron dense substance. x16,000
- Fig. 14. Electron micrograph of liver cells in a female at the spent stage.  
The poor developed granular endoplasmic reticula and a few of lysosome are seen concentrated in the perinuclear region. x5,300
- Fig. 15. Electron micrograph of liver cells in a male at the early growing stage showing the poor developed granular endoplasmic reticula and mitochondria.  
Note a lot of lipid droplets and glycogen particles. x5,800
- Fig. 16. Electron micrograph of liver cells in a male at the maturing stage. Note extensive development of the granular endoplasmic reticulum. x5,300
- Fig. 17. Electron micrograph of liver cells in a male at the mature stage.  
Note extensive development of the granular endoplasmic reticulum, mitochondria, and a lot of lipid droplets. x5,300
- Fig. 18. Electron micrograph of liver cell in a male at the spent stage showing the poor developed endoplasmic reticula and mitochondria.  
Note a lot of lipid droplets, and glycogen particles. x4,000