

碩士學位論文

붉바리, *Epinephelus akaara* (TEMMINCK et SCHLEGEL)의 生殖巢發達과  
17 $\alpha$ -Methyltestosterone 處理에 의한 雄性化

濟州大學校 大學院

水産生物學科



1993年 12月

붉바리, *Epinephelus akaara* (TEMMINCK et SCHLEGEL)의 生殖巢發達과  
17 $\alpha$ -Methyltestosterone 處理에 의한 雄性化

指導教授 盧 暹

黃 星 日

이 論文을 理學 碩士學位 論文으로 提出함.

1993年 12月 日

黃星日의 理學 碩士學位 論文을 認准함.

審查委員長

李 忠 圭

委 員

李 榮 敦

委 員

盧 暹

濟州大學校 大學院

1993年 12月

Gonadal Development and Sex Reversal  
by  $17\alpha$ -Methyltestosterone Treatment  
of *Epinephelus akaara* (TEMMINCK and SCHLEGEL)

**Sung-il Hwang**

(Supervised by Professor Sum Rho)

 제주대학교 중앙도서관  
A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE  
OF MASTER OF SCIENCE

DEPARTMENT OF MARINE BIOLOGY  
GRADUATE SCHOOL  
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

1993. 12.

# 目 次

Abstract .....	1
I. 緒 論 .....	3
II. 材 料  및  方 法 .....	5
1. 豫備飼育試驗	
2. 性轉換誘導	
3. 魚體測定과 組織觀察	
III. 結 果 .....	9
1. 生殖巢熟度指數(Gonadosomatic index)의 年間變化	
2. 肝熟度指數(Hepatosomatic index)의 年間變化	
3. 生殖細胞의 發達過程	
4. 生殖週期	
5. 雄性化誘導	
6. 兩性生殖巢의 出現	
7. 肥滿度의 年間變化	
IV. 考 察 .....	18
V. 要 約 .....	22
VI. 參考文獻 .....	24
EXPLANATION OF ABBREVIATIONS .....	28
EXPLANATION OF PLATES .....	28
PLATES .....	31
謝 辭 .....	36

## Abstract

Gonadal development and sex reversal by  $17\alpha$ -methyltestosterone treatment of *Epinephelus akaara*(TEMMINCK et SCHLEGEL) were investigated histologically on the gonadal development, sex change of the gonad and studied by gonadosomatic index(GSI). Samples were collected at the indoor tank of Marine Reserch Institute, Cheju National University, from August, 1992 to August, 1993.

GSI began to increase from March when the water temperature began to increase and the reached maximum value in August. Respectively, it began to decrease from September, the low temperature season. There after, main tained relatively low values until January of next year.

The annual variations of HSI were correlated with those of GSI. HSI began to decrease in autome with the decrease of GSI, and reached the maximum in the spring when the ovary was getting growing stage.

The annual reproductive cycle of this species could be classified into four successive developmental stages: Growing stage(April~June), Mature stage(June~July), Ripe and Spent stage(July~September), Degeneration and Resting stage(October~March).

Male grouper were obtained by accelerating the process of sex reversal of females through oral application of  $17\alpha$ -methyltestosterone at the dosage of 0.5mg/kg fish and 0.2mg/kg fish over a period of about 120-day. The concentration for treated fish increased from the dosage 20mg/kg(BW) at the sexual transitional phase to 60mg/kg fish in group A at the stage of functional maturity of the testis.

In *E. akaara*, individuals with hermaphroditic gonad were observed in 23~33cm in total length. Functional male of this species by  $17\alpha$

-methyltestosterone treatment could be occurred from 31.5cm to 36.5cm in total length.

Condition index, correlated with reproductive cycle and water temperature, was remarkably decreased by spawning.



## I . 結 論

붉바리, *Epinephelus akaara*(TEMMINCK et SCHLEGEL)는 농성어科(Epinephelinae)에 屬하는 全長 50cm 内外에 達하는 大形魚로서 世界적으로 농성어科에는 35屬 370種이 알려져 있다(中國·桑村, 1987). 우리나라에서는 南海岸, 특히 全南 특량만 近海와 濟州道에서 分布하며 日本 中部以南海域, 中國, 대만, 동남아시아 지역에까지 대부분이 열대에서 온대의 淺海에 分布한다(阿部, 1963). 붉바리는 그 맛이 좋아 예로부터 우리나라와 일본에서 고급요리에 사용되어 왔으며 특히 우리나라에서는 輸出對象種으로서 養殖開發이 要求되고 있는 主要魚種이다. 最近 일부지역에서 시도되고 있는 養殖稚魚의 供給은 自然에서 採集한 稚魚에 대부분 依存하고 있다. 그러나, 自然産 稚魚는 量이 적을뿐 아니라 安定的인 供給이 이루어지지 못하기 때문에 養殖開發에 主要 장애요인이 되고 있어 種苗生産 技術開發이 시급한 실정이다.

性轉換에 관한 研究는 Yamamoto(1953)가 송사리의 일종인 *Orizias latipes* 를 대상으로한 性轉換研究를 호시로 하여 各種 魚類를 대상으로 性轉換研究가 이루어지고 있고, 最近에는 연어, *Oncorhynchus keta*, 송어, *Oncorhynchus kisutch*, 넙치, *Paralichthys olivaceus* 등에서 産業的으로 應用이 가능한 단계에 이르고 있다(Clemen and Inslee, 1968 ; Jalabert et al., 1974 ; Yamazaki, 1976 ; Goetz et al., 1979 ; Donaldson and Hunter, 1982 ; 田中, 1988).

Nakamura(1975)는 *Tilapia mossambica* 의 成分化 過程을 토대로 하여 성 호르몬을 이용한 性轉換方法으로, 飼育水에 호르몬제를 混合 投與하는 方法이나 經口 投與하는 方法을 사용한 雄性化 誘導가 報告되고 있다. 붉바리는 다른 농성어屬 어류처럼 雌性先熟의 雌雄同體魚이고(Chan and Yeung, 1983), 全長 30cm 前後에 수컷으로 性轉換이 일어나는 特性을 지니고 있어 수컷의 확보가 種苗生産에 큰 문제로 되고 있다(野上·福永, 1990). 雌性先熟魚에는 농어科, 달고기科, 놀래기類, 농성어類등이 잘 알려져 있으며, 이들 魚類의 完全養殖을 위해서는 몇가지 性轉換技法이 이용되고 있다.

Chen 等(1977)은 붉바리와 같은屬에 속하는 3年生 *E. tauvina* 를, Kuo 等(1988)은 벌우럭, *Epinephelus fario* 2年魚에 methyltestosterone을 經口 投與하여 性轉換 誘導를 報告하고 있다. 그리고, 盧 와 卞(1986)은 능성어類의 種苗生産技術開發을 위해서는 100  $\mu$ m 未滿의 미세한 먹이생물의 開發과 良好한 人工條件下에서 産卵用 親魚의 管理와 수컷의 확보를 지적하였다.

따라서 이 研究는 國內 海産魚 養殖對象種으로 유망한 붉바리의 種苗生産技術開發에 문제가 되고있는 成熟한 수컷의 확보를 위하여 붉바리를 대상으로 生殖巢發達過程과 17  $\alpha$ -methyltestosterone 處理에 의한 雄性化 및 生殖巢內 生殖細胞의 變化過程들을 繁殖生物學的인 側面에서 調査하였다.



## II. 材料 및 方法

이 研究에 使用된 材料는 1992年 7~8月 사이 전남 득량만 근해에서 채 낚기로 漁獲된 全長 19.5~35.2cm(平均 25.7cm), 體重 215~630g(平均 275.85g)되는 붉바리 218尾를 1992年 8月 18日과 9月 5日, 10月 10日, 19日 4회에 걸쳐 전남 여천군 들산읍 소재 가두리 양식장에서 구입하였다. 試驗魚의 운반은 40ℓ 폴리에틸렌 상자(60cm x 30cm x 20cm) 12개에 각각 6kg/40ℓ 씩 되게 분리수용하여 공업용 산소를 주입한 후 밀봉한 다음, 얼음으로 水溫 13℃ 前後를 유지하여 約 4時間만에 제주대학교 해양연구소 종묘생산실로 운 반하였다.

### 1. 豫備飼育試驗

試驗魚는 1992年 8月 18日부터 12月 10日까지 7ton(실사육수량 5ton) 원형 FRP수조 2개에 각각 109尾씩 분리수용하여 차광막을 이중으로 설치하고 바닥에는 검정 THP(직경 300mm x 길이 60cm)로된 shelter 4개씩을 設置해 주 었다. 먹이는 주로 냉동 전갱이肉을 午前 또는 午後에 供給하였고 換水量은 1日 7~8회로 流水 飼育하였으며, 먹이공급후 1時間 以內에 중앙배수구를 통 해 바닥의 찌꺼기를 제거하였다. 水溫과 比重은 午前 10:00에 測定하였고, 全 飼育期間中 水溫과 比重은 각각 16.6~27.2℃, 1.021~1.025 범위(Fig. 1)였다.

### 2. 性轉換誘導

7ton 수조에서 사육중인 雌雄同體性 붉바리의 雄性化誘導를 위하여 1992年 12月 1日부터 成長이 良好한 個體를 선별해 濾過海水가 供給되는 室內의 1ton FRP 원형수조 2개에 각각 25尾씩 수용하였다. 사육수조에는 차광막을 설치한 다음 한달간 펠렛 부상사료로 적응 사육시킨후 93年 1月 1日부터 試驗에 들어갔다.

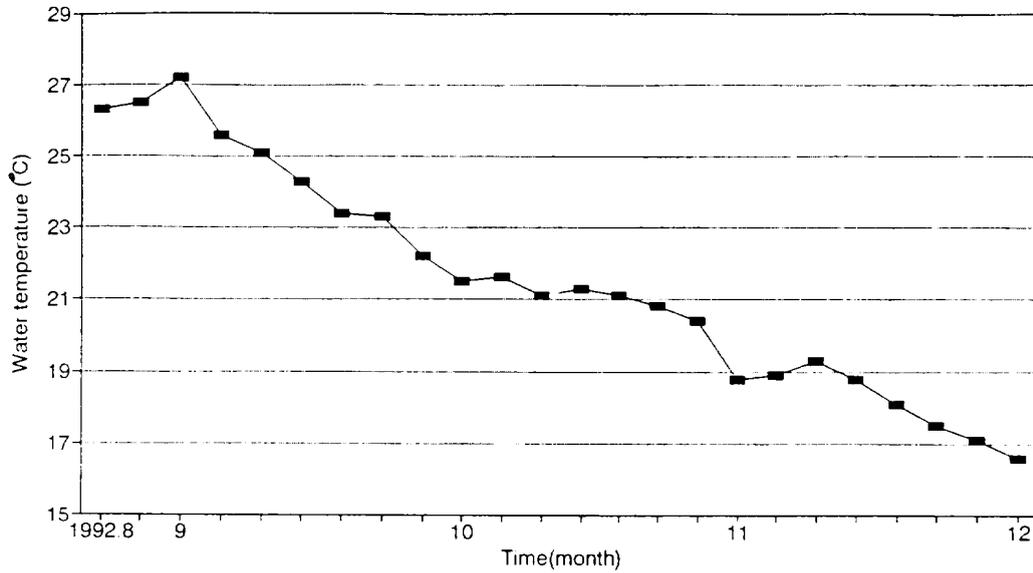


Fig. 1. Variation of water temperature during the preliminary rearing experimental period of red spotted grouper, *Epinephelus akaara* in the rearing tank(Aug. 1992~Dec. 1992).

Table 1. Amount of accumulation observed in the grouper, *Epinephelus akaara*, in January through May, 1993 following 17 $\alpha$ -methyltestosterone feeding

Group	Treatment (mg MT/kg BW)	Jan. (day 30)	Feb. (day 40)	Mar. (day 80)	Ari. (day 108)	May. (day 120)
A	0.5	15	20	40	54	60
B	0.2	6	8	16	21.6	24
C	0	0	0	0	0	0

雄性化誘導를 위한 성호르몬으로는  $17\alpha$ -methyltestosterone(sigma)을 사용하였으며 호르몬의 어체중 1kg당 농도는 A 試驗區는 0.5mg, B 試驗區는 0.2mg, C 試驗區는 2개의 예비사육수조를 그대로 이용하여 나머지 58尾씩을 수용하고 무처리구로 구별하였다(Table 1).

試驗에 使用한 먹이는 直徑 12mm 펠렛 浮上飼料이며 호르몬제의 投與方法은 ethyl alcohol(99.9%)에 용해한 후 농도별로 飼料에 뿌려 환풍시켜 약 1시간 건조시킨 후 냉장보관하여 1日 1~2回씩 120日間 經口投與하였다. 比較區(C)에는 사료에 호르몬제를 첨가하지 않은 동일량의 alcohol을 뿌려서 給餌하여 比較區로 설정하였으며 魚體測定과 각 魚體部位의 觀察을 위하여 각 試驗區別로 시기별 標本採集한 結果는 Table 2와 같다. 試驗期間中 水溫은 A, B 試驗區는 aquatron, C 試驗區는 전기히터(1kw)로( $17\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ) 조절하였다.

### 3. 魚體測定과 組織觀察

組織觀察을 위해 使用된 材料는 1992年 8月부터 1993年 8月까지 每月 6~31尾의 淸바리를 사육수조에서 무작위추출하여 實驗室에서 全長은 0.1cm, 體重은 0.1g까지 計測하고 魚體로 부터 떼어낸 生殖巢의 重量 및 肝重量은 0.01g까지 計測했다. 生殖巢發達의 組織學的 觀察을 위하여 生殖巢와 肝은 計測後 Bouin's 溶液에 24時間 固定한후 水세하여 70% 알콜에 보관하고 상법인 Paraffin에 포매한 후 마이크로톰을 이용해  $4\sim 5\mu\text{m}$  두께로 切片하여 組織標本을 제작한 후 Hansen's haematoxylin과 0.5% eosin으로 비교 염색하였다. 生殖巢組織의 觀察은 주로 左側生殖巢의 중앙부의 橫斷面에서 行했다. 生殖巢熟度指數(gonadosomatic index)는 生殖소중량  $\times 100$ /체중으로, 肝熟度指數(hepatosomatic index)는 간중량  $\times 100$ /체중의 식에 의하여 계산하였다. 肥滿度의 계산은 Fulton's Condition factor인 체중  $\times 1000$ /전장<sup>3</sup>을 사용하였다.

Table 2. Body measurements of cultivated red spotted grouper, *Epinephelus akaara*

Date	Experimental No.	Control		A (MT 0.5mg/kg(BW)/day)		B (MT 0.2mg/kg(BW)/day)		remark
		No. of sampled	Mean	No. of sampled	Mean	No. of sampled	Mean	
		T.L.(SD)(cm)	B.W.(SI)(g)	T.L.(SD)(cm)	B.W.(SD)(g)	T.L.(SD)(cm)	B.W.(SD)(g)	
1992.8	22	25.74±2.07	275.75±74.88					
	9	26.10±1.89	261.44±44.11					
	10	26.14±2.47	307.95±70.41					
	11	26.20±2.14	327.26±54.87					
	12	26.50±1.37	315.22±43.40					
1993.1	8	26.40±2.82	303.49±72.46	27.25±1.47	334.82±81.76	27.12±1.05	327.85±32.19	preliminary rearing
	2	26.81±2.24	316.76±57.64	28.16±2.57	387.52±81.76	27.76±1.33	370.33±62.19	
	3	27.52±2.03	301.18±51.43	28.50±2.41	374.45±98.26	28.23±0.42	365.72±39.83	
	4	27.65±2.14	309.11±71.66	29.34±1.38	426.57±42.96	28.86±0.81	390.85±43.22	
	5	27.93±1.13	334.45±35.24	29.46±1.36	428.38±38.89	29.36±0.81	415.63±35.19	
	6	28.73±2.16	373.68±74.17	30.53±1.08	470.13±50.53	29.66±1.76	530.38±42.96	
	7	29.44±2.67	395.26±57.19	31.23±2.14	527.23±107.12	31.13±0.76	512.74±31.44	
	8	30.13±2.98	455.92±92.05	32.40±2.33	609.86±124.75	31.50±2.25	543.43±87.80	

\* MT: 17 $\alpha$ -methyltestosterone

### Ⅲ. 結 果

#### 1. 生殖巢熟度指數(GSI)의 年中變化

1992年 8月부터 1993年 8월까지 生殖巢熟度指數(GSI)의 조사결과는 Fig. 2와 같다.

호르몬 처리전인 암컷에 있어서 GSI 月別 平均變化는 産卵期인 8월에 2.43으로 연중 최고값을 보였으나 9월에 0.97로 급격히 감소하기 시작하여 10월부터 12월까지 0.50 前後로 낮아졌다. 호르몬 처리에 따른 性轉換試驗이 시작된 12月 이후의 각 試驗區別 GSI의 변화는 17 $\alpha$ -methyltestosterone 을 經口投與하였던 A, B 試驗區는 모두 1월에 최저값인 0.36이었다. 그러나 A 試驗區에서는 3월에 0.72로 다소 상승하였으나 4월부터 다시 차츰 감소하여 8월에 0.31로 最低値를 보였다. B 試驗區에서는 2月 이후 서서히 증가현상을 보이다가 6월의 0.66을 경계로 하여 일부 個體는 0.49로 감소하는 반면 나머지 個體는 8월에 2.04로 증가하는 두가지 type으로 나누어졌다. 한편 호르몬을 처리하지 않은 比較區에서는 2월부터 증가하기 시작하여 6월에 0.87, 8월에 2.42에 달하였다.



#### 2. 肝熟度指數(HSI)의 年中變化

肝熟度指數의 月平均變化를 보면 Fig. 3과 같다. 호르몬처리전인 1992年 8월부터 12월까지의 肝熟度指數는 9월에 최저치인 1.31에서 12월까지 2.41로 서서히 증가하였다. 93年 1月 호르몬처리 이후는 試驗區 A, B에서 2월부터 兩試驗區 모두 빠른 증가추세를 보여 生殖巢活性化가 일어나는 4월에는 각각 3.76, 4.25로 증가하였고 6월까지 3.46, 4.13으로 유지되었으나 이후 産卵期에 접어드는 8월에는 각각 3.32, 3.08로 낮아졌다. 그러나, 比較區(C)에서는 3월부터 점차 증가하여 4월에 3.01로 최고치로된 후 5월부터 2.70으로 감소하기 시작하여 産卵期인 8월에 1.87로 낮은값을 보였다.

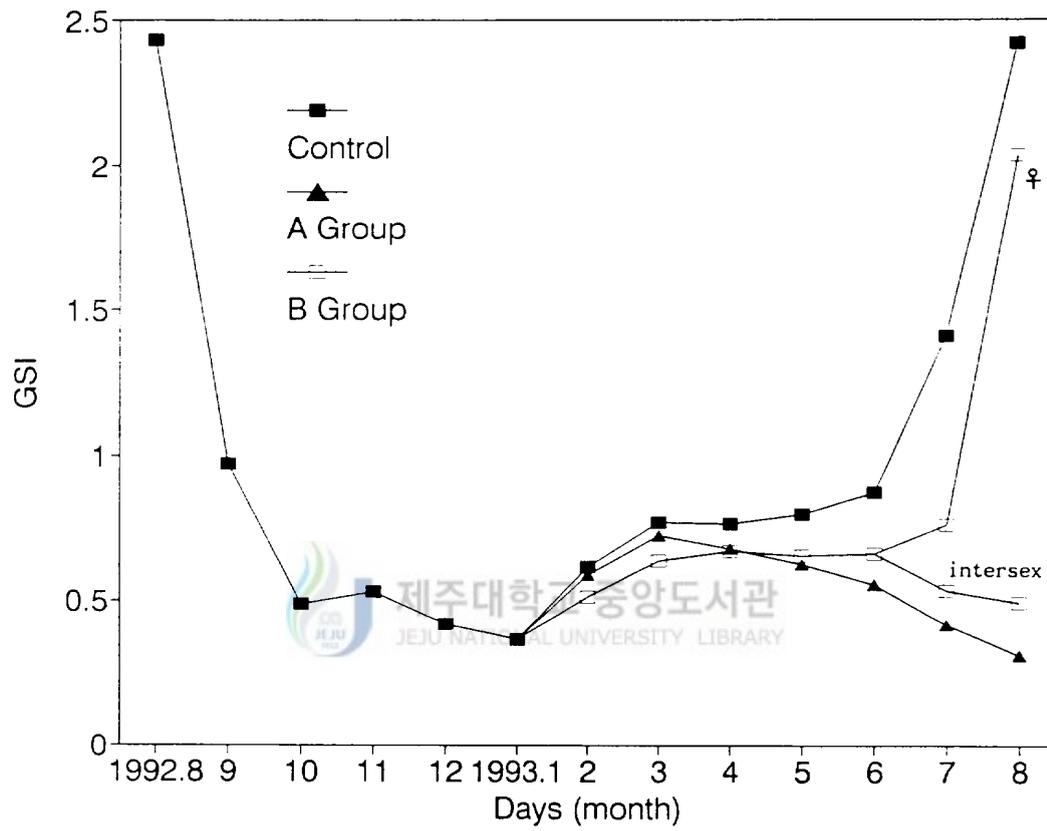


Fig. 2. Changes in gonadosomatic index in cultivated red spotted grouper.

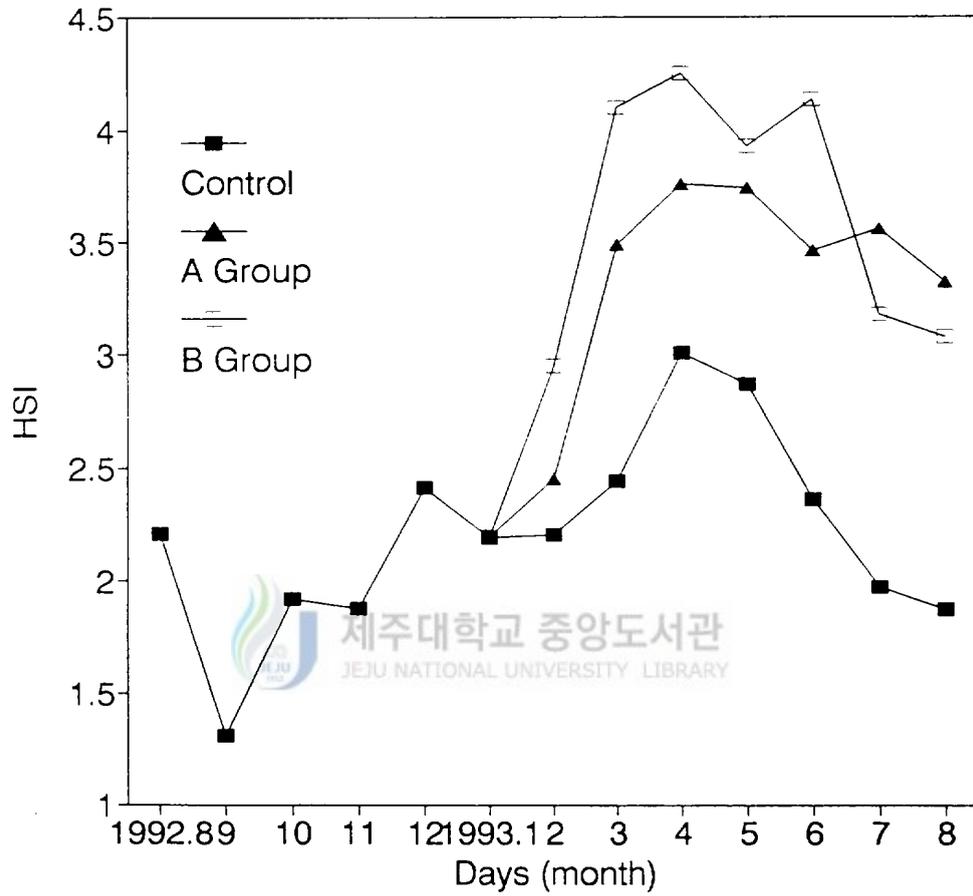


Fig. 3. Changes in hepatosomatic index in cultivated red spotted grouper.

### 3. 生殖細胞의 發達過程

9月에서 10月까지 淸바리의 GSI는 0.97에서 0.49로 낮은 값을 나타내고 있으며, 이 시기의 卵巢組織像은 卵巢內 350 $\mu\text{m}$ 의 完熟卵이 退行 變性되고 어린 卵母細胞도 退化吸收되고 있으며 生殖巢 기질에는 體세포성 간충직 조직들이 발달하고 있다(PLATE I-1, 2). 卵巢內 小囊上皮를 따라 胞囊을 形成하여 分裂增殖하는 5~8 $\mu\text{m}$ 인 卵原細胞와 세포질이 haematoxylin에 好染된 卵徑 20 $\mu\text{m}$  內外의 어린 난모세포 그리고 卵徑 77 $\mu\text{m}$ 인 주변인기 난모세포들이 혼재하여 나타나는 것(PLATE I-3, 4)과 卵巢內 섬유성 간충직 조직이 발달한 生殖上皮上에 分裂增殖하는 卵原細胞와 어린 卵母細胞들이 재배치되고 있는 것이 있다(PLATE I-5, 6). 11월에 GSI가 0.53을 나타내는 卵巢內組織像을 보면, 섬유성 간충직 조직이 발달한 生殖上皮上에는 卵徑 13 $\mu\text{m}$  前後의 卵母細胞로 發達하고 있는 것(PLATE II-1, 3)과 胞囊內에는 2.5 $\mu\text{m}$  前後의 精母細胞로 發達하고 있는 것이 있다(PLATE II-1, 2). 12月에서 3月에 걸친 卵巢組織像은 동절기 休止期狀態로 대부분 卵徑 50~60 $\mu\text{m}$  되는 주변인기 난모세포와 10 $\mu\text{m}$ 의 어린 卵母細胞가 나타나고 있다(PLATE II-4, 5).

4月的 生殖巢內에는 60~80 $\mu\text{m}$ 인 주변인기 난모세포와 30 $\mu\text{m}$  前後의 卵母細胞 그리고, 上皮를 따라 卵原細胞의 分裂增殖像이 나타나고 있다(PLATE III-1, 2).

5월에 접어들면서 卵巢內에는 난세포질 주변에 난황포가 나타나고 한층의 여포세포가 발달한 卵徑 130 $\mu\text{m}$  前後의 卵母細胞들과 生殖上皮上의 胞囊內에 精母細胞群이 혼재하고 있다(PLATE III-3, 4).

8月的 生殖巢內에는 핵막이 거치화되고 난황구의 축적이 충실해지면서 이들 사이에 드문 드문 유구들이 나타나며 방사선대와 여포층의 세포가 발달된 500 $\mu\text{m}$ 의 完熟卵과 100 $\mu\text{m}$  前後의 어린 卵母細胞들이 나타난다(PLATE III-5). 그리고 일부 개체에서는 75 $\mu\text{m}$  前後의 어린 卵母細胞와 精細胞群이 혼재하고 있다(PLATE III-6).

#### 4. 生殖週期

일별로 연중 조사된 生殖巢內 卵子形成過程과 精子形成過程을 組織學的으로 조사한 결과를 종합하여 이들의 生殖週期를 成長期, 成熟期, 完熟 및 産卵期 그리고 退化 및 休止期 등의 연속적인 週기로 나타낼 수 있었다.

##### (1) 成長期(Growing stage)

4월부터 일부 개체들의 卵巢가 活性化되기 시작하여 5월에 난황포기 난모세포로 발달하는 成長期에 접어든다. 그리고 생식소 기질의 간층직내에 精母細胞의 發達이 나타나고 있다. 이들 成長期 個體들은 5월에 가장 많이 나타나며 일부 6월까지 계속되고 있다.

##### (2) 成熟期(Mature stage)

7월에 접어들면 生殖巢의 發達은 급격히 진행되어 대부분의 卵巢에서는 다량의 卵黃을 축적하고 방사선대가 발달한 成熟 卵母細胞들로 채워지게 된다.

##### (3) 完熟 및 産卵期(Ripe and Spent stage)

8월에 접어들면서 卵巢 소낭내에는 500 $\mu$ m 前後의 完熟卵으로 충만되어 完熟期로 접어들고 있는데, 일부 個體에서는 어린 난모세포와 精巢組織이 혼재된 兩性(ovotestis)을 나타내고 있다.

##### (4) 退化 및 休止期(Degenerative and Resting stage)

9월에 접어들면서 卵巢內 미방출된 完熟卵의 退行 變性이 일어나고 주변 인기의 卵母細胞들만이 위축된 卵巢 小囊上皮위에 그대로 잔재한 상태로 이듬해 成長期前 2~3월까지 休止期 상태로 월동하는 것과 生殖上皮에 卵原細胞의 分裂增殖像을 나타내는 것, 그리고 포낭내에 精母細胞群이 혼재하여 兩性(ovotestis)을 나타내는 것이 있다.

## 5. 雄性化 誘導

雄性化 誘導를 위해 1993年 1月 1일부터 5月 10일까지 17 $\alpha$ -methyltestosterone을 각각 어체중 1kg당 0.5mg(A 試驗區)(총공급량 MT 60mg/kg(B.W))과 0.2mg(B 試驗區)(총공급량 MT 24mg/kg(BW))을 처리하였다. 2月の GSI값은 比較區(C 試驗區) 0.613, A 試驗區 0.586 그리고 B 試驗區는 0.513 이었다. 이들 GSI는 3月까지 비슷한 증가경향이였으나 4月の GSI는 比較區에서 0.764로 계속 증가하는 반면 A 試驗區는 0.676, B 試驗區는 0.667로 약간 증가하고 있다. 8月に 접어들어 GSI는 比較區에서 2.45로 최고치를 나타내고 A 試驗區는 0.31인 반면, B 試驗區에 있어서 卵巢가 發達한 個體의 GSI는 2.04였고, 精巢로 發達한 個體의 GSI는 0.49였다(Fig. 2).

이들 處理區의 生殖巢 組織像의 發達過程을 보면 A 試驗區의 2月 生殖巢內에는 50~90 $\mu$ m인 주변인기 난모세포와 25 $\mu$ m인 어린 卵母細胞들이 산재하고 생식소 기질의 胞囊內에 精母細胞群들이 나타나고 있다(PLATE IV-1, 2). 그리고 B 試驗區에서는 40 $\mu$ m 전후의 卵母細胞들이 退行하고 기질內에는 精母細胞群과 精細胞群 그리고 수정관內에 精子들이 무리를 형성하고 있다(PLATE IV-3, 4).

3月に 접어들면서 A 試驗區의 生殖巢內에는 30~50 $\mu$ m인 卵母細胞들과 45~75 $\mu$ m인 주변인기 난모세포들이 산재하고 기질의 胞囊內에 精原細胞들이 分裂增殖하고 精母細胞群, 精細胞群과 수정관內에 精子들이 무리를 형성하고 있다(PLATE V-1, 2). 반면, B 試驗區의 生殖巢內에는 주변인기 난모세포들이 산재하고 기질內에 精原細胞, 精母細胞 그리고 變態된 精子들이 나타나고 있다(PLATE V-3, 4). 完熟 및 産卵期에 접어드는 7, 8月に A 試驗區의 모든 개체의 生殖巢內에는 退行中인 소수의 어린 卵母細胞와 수정관內에 精子들이 무리를 지어 나타나고 있다(PLATE V-6). 반면에 B 試驗區는 방사선대가 발달하고 세포질에 난황구와 유구가 나타나는 卵徑 500 $\mu$ m 前後의 完熟卵과 기질內 精子들이 혼재된 개체(PLATE V-5)와 生殖巢內에 退行中인 어린 卵母細胞들이 산재하고 수정관內에 精子들이 무리를 지어 나타나는 것(PLATE V-6)과 유사한 組織像을 보이는 個體가 있다.

## 6. 兩性生殖巢의 出現

불바리의 性轉換 여부를 파악하기 위해 生殖巢 組織觀察을 행하여 兩性 生殖巢의 出現을 調査 하였다. 兩性生殖巢를 갖는 개체는 産卵期後 위축된 生殖巢에서 주로 나타나고 있다.

比較區에서 암컷의 出現은 조사한 전 개체중 最小個體인 全長 19cm에서 부터 29cm 범위였으나 주로 22~26cm에서 出現하였다. 中性個體의 出現範圍는 23~33cm였고 주로 26~33cm에서 많이 分布하였다. 全長 23~29cm에서 암컷과 中性個體가 중복되어 分布하고 있다(Fig. 4). 試驗區 A, B에 있어서 암컷은 25~29cm, 中性은 24~33cm에 出現하였고, 기능적 수컷은 31.5~36.5cm에서 나타났다(Fig. 5).

## 7. 肥滿度の 年中變化

性成熟에 따른 불바리의 體重의 變化를 알기위해 月平均肥滿度를 조사한 결과는 Fig. 6과 같다. 産卵이 종료되는 9월에 14.72 정도로 낮은 값을 나타내다가 그후 회복을 거쳐 섭이가 활발한 10월부터 17.34 전후의 높은 값을 유지하여 11월에 18.21로 연중 최고 값을 보이다가 3월에 14.45로 최저 값을 나타냈다. 반면 호르몬處理區에서는 16~17 전후의 값을 유지했다. 따라서 肥滿度の 變化는 生殖活動뿐만아니라 水溫과도 밀접한 관계를 보이고 있다.

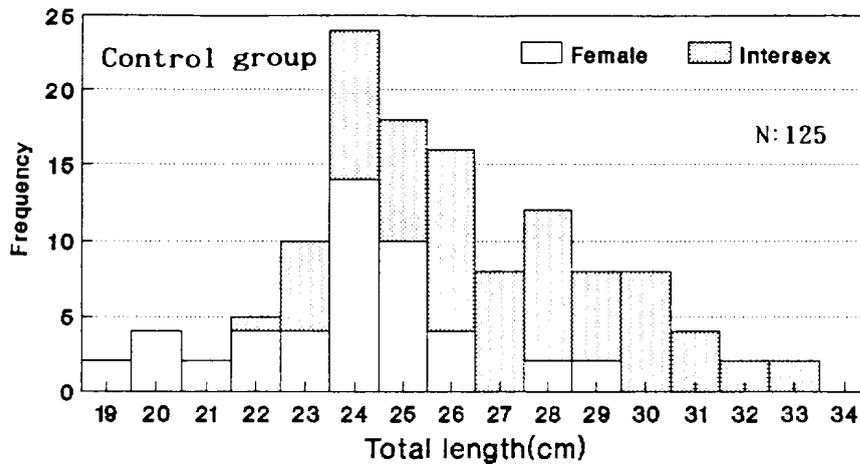


Fig. 4. Relation between sex composition and total length of red spotted grouper reared in captivity.

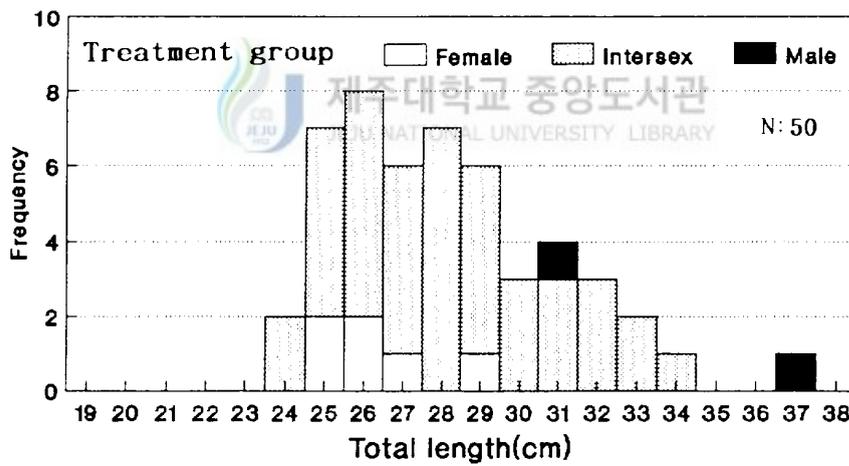


Fig. 5. Relation between sex composition and total length of red spotted grouper treated in captivity.

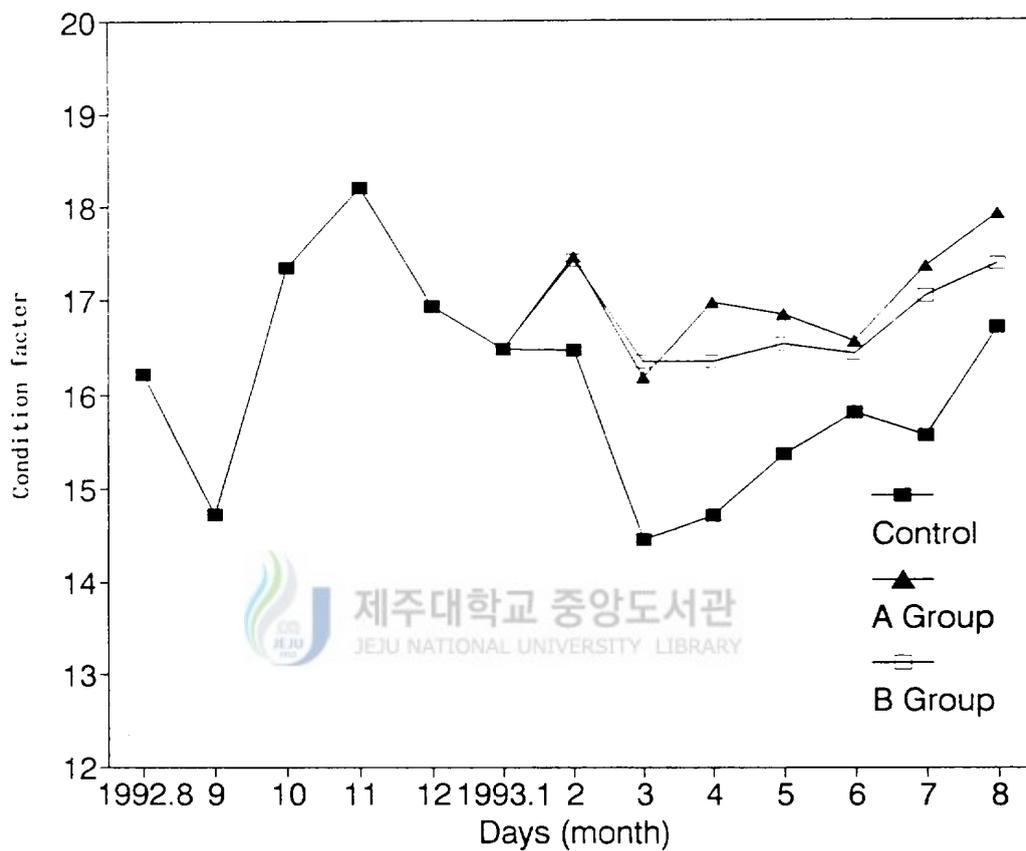


Fig. 6. Changes in condition factor in cultivated red spotted grouper.

#### IV. 考 察

대부분의 魚類는 각기 정해진 時期에 成熟, 産卵하며 産卵期를 중심으로 生殖年週期를 나타내고 있는데(羽生, 1984, 1985 ; 李 · 羽生, 1984), 生殖活性을 제어하는 요인으로서는 內的要因과 함께 環境要因으로 빛과 수온이 깊 이 관여하고 있다고 報告되고 있다(de Vlaming, 1972a, 1972b). 鱒바리의 GSI 값의 변화를 飼育水溫 및 日長과 관련시켜 보면 日照時間이 길어지고 水溫이 높아지기 시작하는 3월에 접어들면서 상승하기 시작하여 高水溫期인 8월에 최고치에 달하고 있어 長日化와 水溫上昇이 生殖巢發達을 유도하고 高水溫이 性成熟을 촉진시키는 것으로 사료된다.

鱒바리는 生殖巢熟度指數와 肝熟度指數는 逆 상관관계로 변화하는데 이와 같은 현상은 그물코쥐치, *Rudarius ercodes*(李 · 羽生, 1984), 뱀장어, *Anguilla japonica*(Sugimoto et al., 1976), 자리돔, *Chromis notatus*(李, 1987)등에서 보고되고 있다. 반면, 고등어, *Scomber japonicus*(Noguch and Bito, 1953), 노래미, *Agrammus agrammus*(鄭, 1985)등에서는 GSI와 HSI가 正 상관관계를 가지고 있는데, 이것은 肝에서 生殖巢發達에 관여하는 물질 특히 난황전구물질의 合成과 貯藏時期 및 肝으로 부터 卵巢에 供給되는 時期가 어 종에 따라 차이가 있는데서 正 상관 또는 逆 상관 關係를 가지고 변화하는 것으로 간주된다.

어류의 性은 대부분 雌雄異體이지만 雌雄同體인 것도 적지 않다. 雌雄同體는 일반적으로 雌性先熟, 雄性先熟, 同時雌雄同體로 구분할 수 있다(Atz, 1964 ; Yamamoto, 1969). 雌性先熟에는 1차 수컷의 有無에 따라 단웅성과 복웅성으로 구분되는데, 암, 수중 암컷의 일부가 수컷으로 性轉換하는 복웅성의 雌性先熟魚에는 비늘돔科, 홍갈치科(中園, 1991), 늘래기類 중에서 용치 늘래기, *Halicoeres poecilopterus*(中園, 1979 ; 李 等, 1991), 황늘래기, *Pseudolabrus japonicus*(李 等, 1992)등이 보고되고 있다.

농성어科 어류의 生殖巢發達과 性轉換樣式에 따라, 1) *Serranus* 型,

2) *Rypticus-Anthias* 型, 3) *Epinephelus* 型의 3개 型으로 분류하였으며, 능성어類에 포함되는 *Epinephelus* 型에 있어서, 雌雄의 生殖巢 組織은 결합 조직등으로 명확히 분리되지 않고, 精巢組織은 未熟 및 암컷시기의 生殖巢內에 胞囊을 形成하여 산재하고 있다(Smith, 1965). 능성어屬의 *Epinephelus tauvina* (Tan and Tan, 1974 ; Hakima, 1987) 및 별우럭 *Epinephelus fario* (Yeh et al., 1986, kuo et al., 1988)은 雌性先熟魚로 보고되고 있으며, 이 試驗에 사용한 붉바리의 경우 生殖巢發達과 性轉換樣式에서 雌性先熟魚에 속하는 것으로 추정된다.

雌雄同體現象에 있어서 性成熟과 性轉換은 種에 따라 크기와 연령별로 다양하게 나타난다. Tan 등(1974)은 능성어屬의 *E. tauvina*의 경우 體重 2.5kg인 3年魚에 있어 體長 40~50cm 사이에서 암컷으로 性成熟하고 수컷으로 性轉換은 7年生에서 일어났고, *E. mario*는 體重 11kg인 9年生에서 雄性으로 性轉換이 일어났으며(Moe, 1969), *E. salmonoides*(=*E. amblycephalus*) (Tang et al., 1979)는 體重 6kg(體長 60~70cm)인 5年生에서 일어났다. Kuo 등(1988)은 붉바리와 같은屬의 별우럭, *E. fario* (體長 46.9cm, 體重 1.69kg)에 어체중당 17  $\alpha$ -methyltestosterone을 0.5mg과 1.0mg 농도로 145日間 經口投與하여 精巢로 成熟을 유도하였다. 이 試驗에서 全長 27.25 $\pm$ 1.47cm, 體重 334.82 $\pm$ 81.76g 되는 붉바리에 MT 0.5mg을 120일간 經口投與하였던 A 試驗區와 유사한 경향을 보이고 있었다.

이 研究에 사용한 붉바리의 生殖巢發達은 成長期(4~6월), 成熟期(6~7월), 完熟 및 産卵期(7~9월) 그리고 退化 및 休止期(10~3월)로 연속적인 週期를 나타낸다. 休止期 卵巢內에는 섬유성 간층직의 上皮上에 分裂增殖하는 卵原細胞群을 갖는 個體(A type)와 卵巢小囊 주변을 따라 胞囊 구조를 형성하여 分裂增殖하는 卵原細胞群을 갖는 個體(B type) 그리고 A, B type이 卵巢內에 혼재하는 個體들도 있다. A type의 卵原細胞群은 주로 卵母細胞로 발달하고 B type의 卵原細胞群은 精母細胞로 發達하고 있다.

8月 完熟期에 500  $\mu$ m 前後의 完熟卵을 가진 개체와 70  $\mu$ m 内外의 주변인기 난모세포와 胞囊內 精母細胞, 精細胞들이 혼재하는 個體들이 있어 後者は 적어도 다음해에 기능적 수컷으로 性轉換되는 것으로 사료된다.

MT 처리 40日後 0.5mg/kg(BW)處理區(A 試驗區)의 개체는 生殖巢內에 25  $\mu\text{m}$ 의 어린 난모세포들이 산재하고, 精母細胞들과 精細胞들이 기질의 胞囊內에 나타난다. 그리고 0.2mg/kg(BW)處理區(B 試驗區)의 個體는 生殖巢內에 주로 20  $\mu\text{m}$  前後의 어린 난모세포들이 卵巢 小囊의 가장자리에 分布하고 기질 내에는 精細胞群과 변퇴된 精子들이 무리를 지어 나타나고 있어, A 處理區보다 MT 농도가 낮음에도 精子形成 活性이 일어난 것은 개체차에 따른 生殖巢內 原生殖細胞(gonial cell)가 雄性化 방향으로 일찍 誘導된 것인지는 앞으로 더 研究해야 할 課題로 생각된다.

MT 처리 80일이 경과된 A 處理區의 個體는 生殖巢內에 30~50  $\mu\text{m}$ 의 卵母細胞들이 산재하나 기질내에는 分裂增殖中인 精原細胞, 精母細胞, 精細胞들이 나타나며, 수정관내에도 精子들이 무리를 지어 나타나고 있다. 반면, B 處理區의 個體는 生殖巢內에 50~70  $\mu\text{m}$ 인 주변인기 난모세포와 精原細胞, 精母細胞, 精細胞, 精子들이 산재하고 있으나 수정관내에 精子무리는 없었다. MT 처리가 끝나고 90일이 경과된 8월에 A 處理區의 個體는 生殖巢內에 어린 난모세포들이 드문 드문 분포하고 기질의 대부분은 精子들이 무리를 형성하고 수정관내에도 精子들이 집괴를 형성하고 있다. 이러한 양상은 自然産에 있어서 수컷으로 性轉換前의 成熟個體에서도 生殖巢 組織像은 小囊 上皮에 드문 드문 어린 卵母細胞가 산재하고 기질내에는 精子들이 무리를 지어 나타난다는 Chan 과 Yeung(1983)의 報告와 잘 일치하고 있다.

반면, B 處理區에는 기질내에 精子들이 무리를 形成하는 個體와 生殖巢內에 500  $\mu\text{m}$ 의 完熟卵과 어린 난모세포들이 대부분 차지하고 있고 기질내에 소수의 精子들이 산재하는 개체가 혼합되어 나타나기 때문에, 전반적인 결과를 볼때 MT 0.5mg/kg(BW)농도가 기능적 雄性化誘導에 적합한 것으로 생각된다.

붉바리 天然魚의 調査에서 全長 20cm 전후의 수컷의 존재가 報告(武智等, 1986 ; 武智, 1987)되고, 人工産은 全長 18cm에서 수컷의 존재가 報告되어(田中等, 1990) 있지만, 自然産 붉바리의 兩性個體는 體長 30~32cm 사이에서 주로 出現한다고 報告하였으며(野上 · 福永, 1990), 농성어屬 魚類에서 性轉換은 일반적으로 繁殖期 이외의 生殖巢의 活動이 불활발한 時期에 일어

나는 것으로 報告되고 있다(Smith, 1965). 이 研究에서는 全長 23~33cm 범위에서 兩性個體가 출현하여 野上 와 福永(1990)의 보고 보다 出現全長의 범위가 다소 넓게 나타났다. 또한, 8月の 兩性으로 나타나는 개체들의 生殖巢內에 방사선대와 여포세포가 발달된 500 $\mu$ m 내외의 完熟卵의 출현과 동시에 발달된 精細胞群이 혼재된것으로 보아 이러한 兩性個體들은 8月の 主産卵期를 경과한 후에 수컷으로 性轉換이 일어날 것으로 생각된다.

魚體의 크기와 연령에 따른 붉바리의 性轉換은 飼育密度, 營養狀態, 水溫 등의 환경조건에서 생긴 개체간의 간섭과 성장속도의 차이등 많은 要因의 影響을 받는 것으로 생각되므로 금후 이러한 면에서 연구검토가 더 이루어져야 할 것 같다.

## V. 要 約

제주대학교 해양연구소의 수족사육실에서 飼育中인 붉바리, *Epinephelus akaara*(Temminck et Schlegel)의 雄性化 誘導를 위하여 먹이속에 17 $\alpha$ -methyltestosterone을 단위체중당 0.5ppm(A 試驗區), 0.2ppm(B 試驗區) 농도로 處理한 試驗區와 比較區(C 試驗區)에서의 生殖巢發達과 性轉換誘導를 비교 調査하였다.

1. 生殖巢熟度指數(GSI)는 日長이 길어지며 水溫이 上昇하는 3월부터 증가하기 시작하여 8월에 2.42로 최대치를 나타내며 9월에 하강하기 시작하여 10월부터 이듬해 4월의 成長期까지 0.5~0.6을 유지하였다. 호르몬處理區의 GSI는 2월부터 6월까지 0.6 정도를 보이다 8월에 A 試驗區는 0.31로 감소하고, B 試驗區에 있어서 精子形成個體는 0.49, 卵巢發達個體는 2.04였다.
2. 肝熟度指數(HSI)는 生殖巢活性化가 일어나는 4~5월에 3.01로 높은 값을 보인후 産卵期인 7~8월에 1.8~1.9로 낮았다. 호르몬處理區는 3월부터 6월까지 3.5~4.5로 높게 나타났다가 産卵期에 3.1~3.3으로 감소하였다.
3. 生殖週期는 成長期(4~6월), 成熟期(6~7월), 完熟 및 産卵期(7~9월), 退化 및 休止期(10~3월) 등의 연속적인 週期를 나타냈다.
4. 性轉換 誘導는 17 $\alpha$ -methyltestosterone을 처리한 120일째에 A 試驗區에서 精子形成이 활발한 기능적 수컷으로 전환되었고, B 試驗區에서는 成熟한 卵자를 갖는 個體와 수컷으로 전환된 個體가 혼재하였다.
5. 전 조사개체중 兩性個體는 全長 23cm~33cm, 암컷은 全長 19cm~29cm, 17 $\alpha$ -methyltestosterone 處理區에서 기능적 수컷은 A 試驗區에서 31.5cm~36.5cm에서 나타났다.

6. 生殖週期에 따른 年間肥滿度變化는 산란후 9월에 14.78과 저수온기인 3월에 14.45이고 섭이가 활발한 11월에 18.21로 年中 최고값을 나타내고 있어 産卵과 水溫에 따른 섭이와 밀접한 관계가 있었다.

## VI. 參 考 文 獻

- Atz, J. W., 1964. Intersexuality in fishes. In: C. N. Armstrong androgenesis induced with gamma irradiation in Vertebrates including Man. *Academic Press, New York*, pp.145~232.
- Chan, S. T. H. and Yeung, W. S. B., 1983. Sex control and sex reversal in fish under natural conditions. In: W. S. Hoar, D. J. Randall and E.M. Donaldson(Editor), *Fish Physiology*, Vol. 10, Part B. *Academic Press, New York, NY*, pp.171~222.
- Chen, F-Y., Chao, T-M., and Lim R., 1977. Artificial spawning and larval rearing of the Grouper, *Epinephelus tauvina* in singapore. *singapore. J. Pri. Ind.* 5:1~21.
- Clemens, H. P. and Inslee, T., 1968. The production of unisexual broods by *Tilapia mossambica* sex-reversed with methyltestosterone. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 97:18~21.
- de Vlaming, V. L., 1972a. Environmental control of teleost reproductive cycles: a brief review, *J. Fish. Biol.* 4, 131~140.
- de Vlaming, V. L., 1972b. The effects of temperature and photoperiod on reproductive cycling in the estuarine gobiid fish, *Gillichthys mirabilis*. *Fish. Bull.* 70(4), 1137~1152.
- Donaldson, E. M. and Hunter, G. A. 1982. Sex control in fish with particular reference to salmonids. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 39:99~110.
- Goetz, F. W., Donaldson, E. M., Hunter, G. A. and Dye, H. M., 1979. Effects of estradiol-17 $\beta$  and 17 $\alpha$ -methyltestosterone on gonadal differentiation in the coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. *Aquaculture*, 17:267~278.
- 阿部宗明. 1963. 原色魚類檢索圖鑑. 北陸館. 358.

- Hakima A-R, 1987. Aspects of the reproductive biology of the grouper, *Epinephelus tauvina* (Foskal), in Kuwaiti waters. *J. Fish. Biol.* 30: 213~222.
- 羽生 功. 1984. 魚の生殖リズムと環境要因 I. 水産の研究. 3(6), 90~93.
- 羽生 功. 1985. 魚の生殖リズムと環境要因 II. 水産の研究. 4(1), 50~54.
- Jalabert, B., Moreau, J., Planquette, P. and Billard, R., 1974. Determinisme du sex chez *Tilapia macrochir* et *Tilapia nilotica* : action de la methyltestosterone dans l'alimentation des alevins sur la differenciation sexuelle: obtention de males inverses fonctionnels et production des sexes dans la descendance. *Ann. Biol. Anim Biochim. Biophys.*, 14:729-739.
- 鄭義泳. 1985. 노래미, *Agrammus agrammus*의 生殖週期에 關한 研究. 釜山水大 大學院 博士學位論文. 41~47.
- Kuo, C. M., Y. Y. Ting and S. L. Yeh 1988. Induced sex reversal and spawning of blue spotted grouper, *Epinephelus fario*. *Aquaculture*, 74:113~126.
- 李澤烈 · 羽生 功, 1984. 그물코 쥐치, *Rudarius ercodes*의 生殖週期. 韓水誌, 17(5), 432~435.
- 李榮敦. 1987. 자리돔, *Chromis notatus*의 性成熟에 關한 研究. 釜山水大 大學院 碩士學位論文.
- 李榮敦 · 安哲民 · 李定宰 · 李澤烈. 1992. 황놀래기, *Pseudolabrus japonicus* (HOULTYN)의 生殖週期와 性轉換. 濟州大學校 海洋研究所 研究報告. 第 16 卷.
- 李榮敦 · 盧洪吉 · 李澤烈. 1991. 용치놀래기, *Halicoeres poecilopterus* (Temminck et Schlegel) 生殖生態. 濟州大學校 海洋研究所 研究報告. 15:93~102.
- Moe, M. A. J., 1969. Biology of the red grouper, *Epinephelus mario* (Valenciennes), from the eastern Gulf of Mexico. *Florida Dept. Res. Prof. Pap.*, 2207:1~20.

- Nakamura, M. 1975. Dosage-dependent changes in the effect of oral administration of methyltestosterone on gonadal sex differentiation in *Tilapia mossambica*. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 24(1), 1~13.
- Noguchi, E. and M. Bito. 1953. On the seasonal variations of the liver weight and oil content of the mackerel. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 19(4), 525~529.
- 盧運 · 卞忠圭. 1986. 濟州道産 魚類(농성어亞科)의 種苗生産에 關한 基礎的 研究 및 넙치 種苗生産에 關한 研究. 濟州大學校 海洋科學大 養植研究室 第 3號.
- Smith, C. L. 1965. The patterns of sexuality and the classification of serranid fishes. *Amer. Mus. Nov.*, 2207: 1~20.
- Sugimoto, Y., Y. Takeuchi, k. Yamauchi and 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.
- 武智昭彦 · 内村祐之 · 小泉喜嗣. 1986. II. キジハタ種苗生産. 愛媛水試事報., 昭和60年度. 88~92.
- 武智昭彦. 1987. II. キジハタ種苗生産. 愛媛水試事報., 昭和60年度. 57~59.
- 田中秀樹. 1988. ヒラメの生殖腺の成分化に及ぼすエストラジオール-17 $\beta$ の影響. 養殖年報., 13號. 17~23.
- 田中秀樹 · 廣瀬慶二 · 野上欣也 · 服部圭太 · 石橋矩久 . 1990. キジハタの性成熟と性轉換. 養殖年報., No 17:1~15
- Tan, S. M. and k. S. Tan. 1974. Biology of the tropical grouper, *Epinephelus tauvina*(Foskal). I. A preliminary study on hermaphroditism in *E. tauvina*. *Singapore J. Pri. Ind.* 2(2):123~133.
- Tang, H. C., Twu, J. Y. and Su, W. C., 1979. Preliminary report on artificial propagation of black spotted grouper, *Epinephelus*

- amblycephalus* Bleeker. *Bull. Taiwan Fish. Res. Inst.*, 31:511~517.
- 中國明信. 1979. 日本産ヘラ科魚類 5種の性轉換と産卵行動に関する研究. 九大農實水産報., 4, 1~64.
- 中國明信. 1991. 機能的雌雄同體現象. 魚類生理學. 板澤靖男・羽生 功 編. 恒星社厚生閣. pp.327~361.
- 中國明信・桑村哲生. 1987. 魚類の性轉換. 東海大學出版會. pp.20~25.
- 官木廉夫. 1989. 栽培漁業と新養成技術. 水産の研究 8巻 4號: 36~40.
- 野上欣也・福永恭平. 1990. 栽培漁業と新養成技術. 水産の研究 9巻 6號: 103~109.
- Yamamoto, T., 1953. Artificially induced sex-reversal in genotypic males of the medaka (*Oryzias latipes*). *J. Exp. Zool.*, 123: 571-594.
- Yamamoto, T., 1969. Sex differentiation. In: W. S. Hoar and D. J. Randal (eds) *Fish Physiology*. 3. pp.117-175. *Academic press, New York*.
- Yamazaki, F., 1976. Application of hormones in fish culture. *J. Fish. Res. Board Can.*, 33: 948-958.
- Yeh, S. L., W. S. Luo and Y. Y. Ting., 1986. Studies on the sexual conversion of grouper with hormone treatment. *Bull. Taiwan. Fish. Res. Inst.*, 41:241~258.



## EXPLANATION OF ABBREVIATIONS

Bv : Blood vessel	Ct : Connective tissue
Fc : Follicle cell	N : Nucleolus
O : Oocyte	Oc : Ovarian cavity
Od : Oil droplet	Oo : Oogonia
Sg : Spermatogonia	Sp : Spermatocyte
St : Spermatid	Sz : Spermatozoa
Vd : Vas deferens	Yg : Yolk granule
Yn : Yolk nucleus	Yv : Yolk vesicle
Zr : Zona radiata	

## EXPLANATION OF PLATES

### PLATE I



- Fig. 1,2. Transverse section of the degenerating oocytes. The ovary is consist of degenerated oocyte and perinucleolus stage ones. x100,
- Fig. 3,4. Transeverse section of the resting and ovary recovery stage. The ovary is mainly filled with early growing oocytes and oogonia. x100, x400
- Fig. 5,6. Transeverse section of the resting and ovary recovery stage. The ovary is mainly filled with early growing oocytes and oogonia. x100, x400

PLATE II

Fig. 1,2. Transverse section of the ovotestis with the presence of few spermatocyte. x100, x400

Fig. 1,3. Transverse section of the ovotestis with the presence of few oogonia. x100, x400

Fig. 4,5. Ovary of the resting stage. The ovary is mainly filled with early growing oocytes. x100, x400

PLATE III

Fig. 1,2. Gonad of the early growing stage. primary oocytes and oogonia appear. x100 x400

Fig. 3,4. Section of the growing stage. Note well yolk vesicle stage oocyte and spermatogonia. x100 x400

Fig. 5. Section of the mature oocytes. Note well developed zona raiata and follicular cells. x100

Fig. 6. Transverse section of ovotestis. oocytes and spermatocyte are remand. x200

PLATE IV

Fig. 1,2. The ovotestis at various phases of spermatogenesis and early growing oocyte. x100, x400

Fig. 3,4. The ovotestis at various phases. Figures of active spermatogenesis are generally seen. x100, x400

PLATE V

Fig. 1,2. The gonad consists of male germinal cells at various phases of spermatogenesis. x100 x400

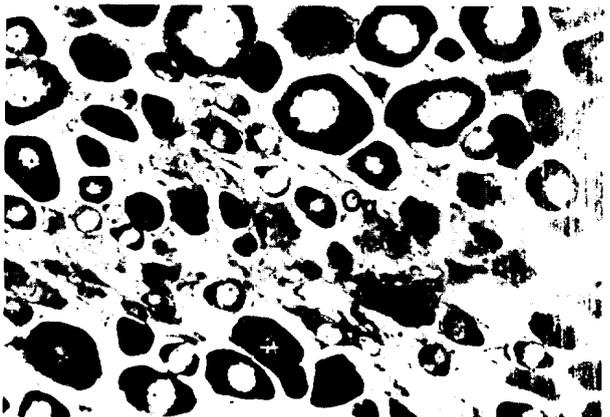
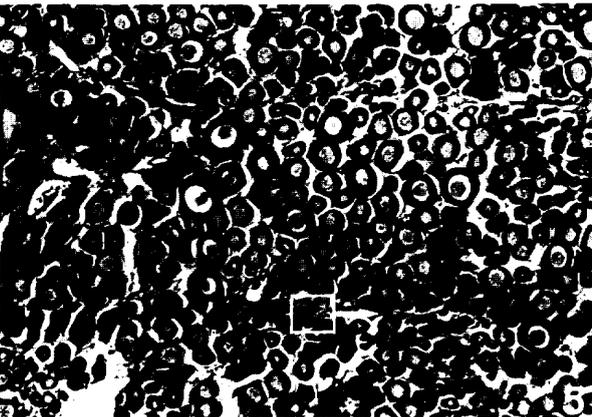
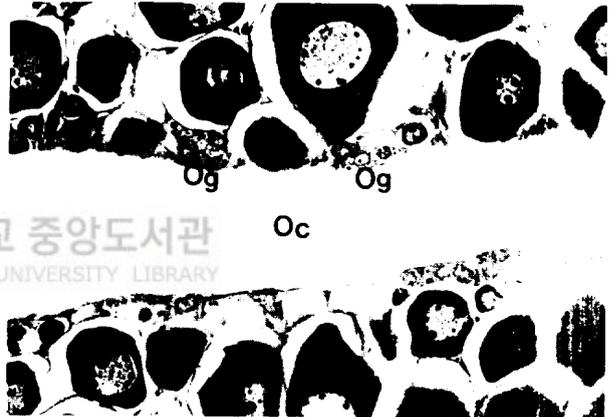
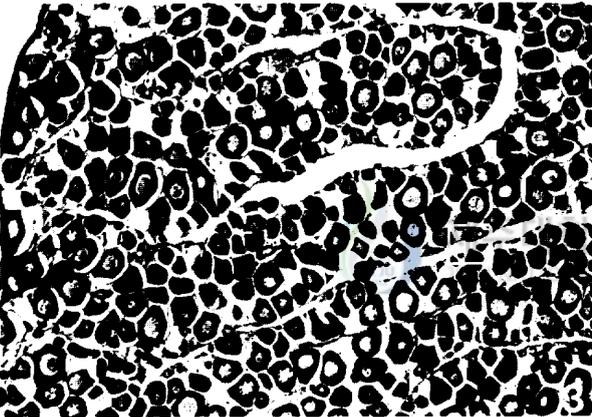
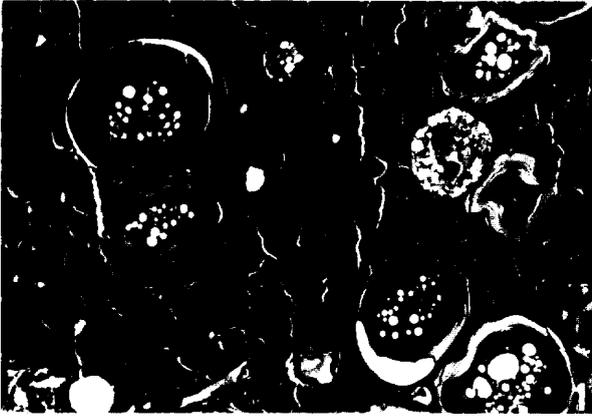
Fig. 3,4. The gonad consists of male germinal cells at various phases of spermatogenesis. x100, x400

Fig. 5. The male and female germinal cells are spermatogenesis and section of mature oocytes. x100

Fig. 6. Gonad of the mature stage. Figures of active spermatogenesis are generally seen. x400



PLATE I



교 중앙도서관  
UNIVERSITY LIBRARY

PLATE II

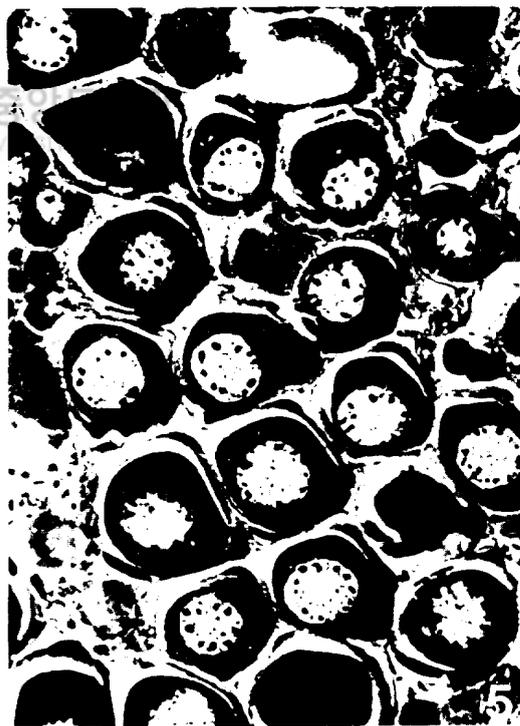
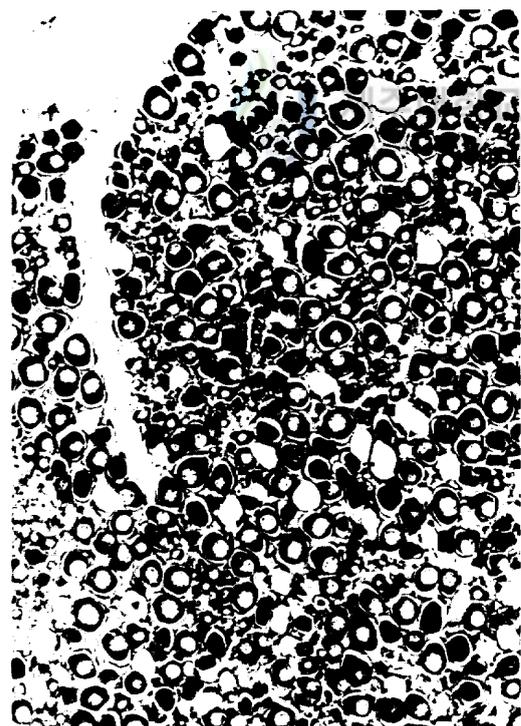
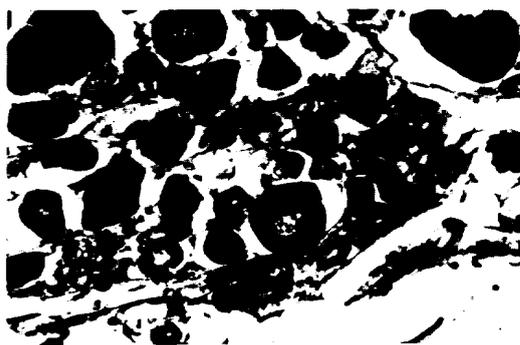
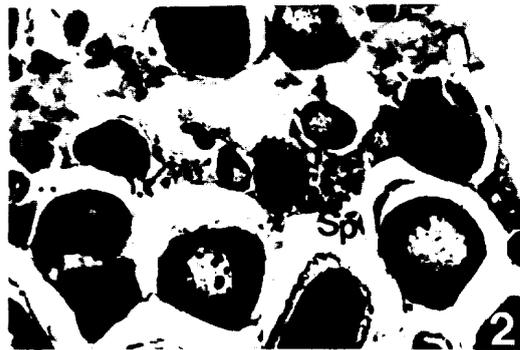
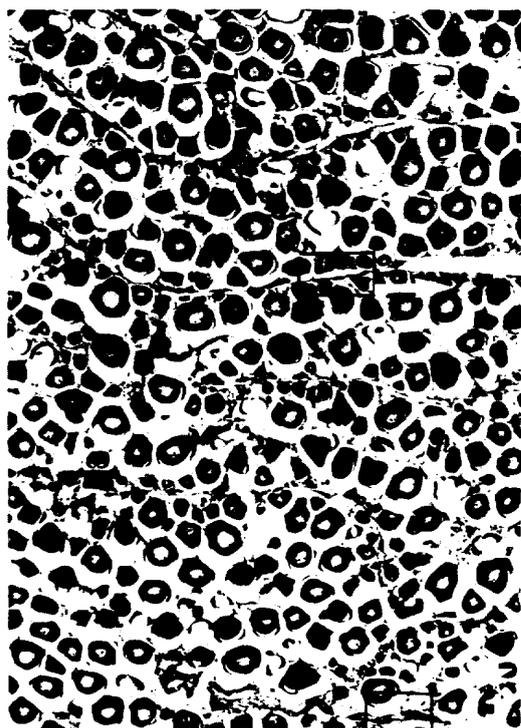


PLATE III

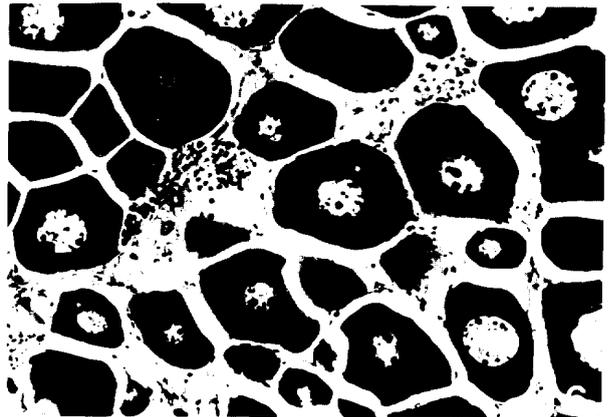
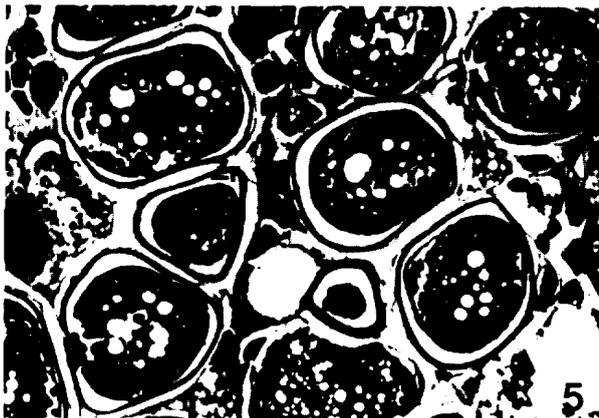
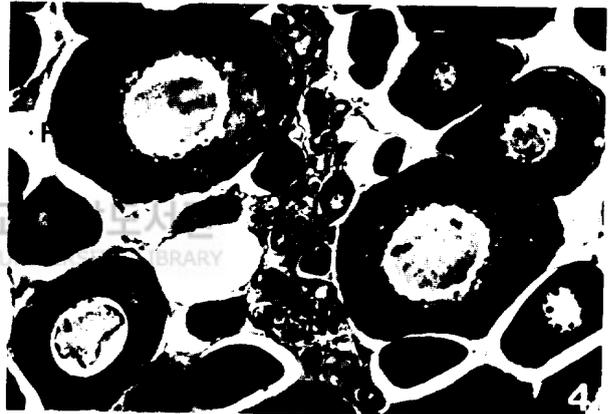
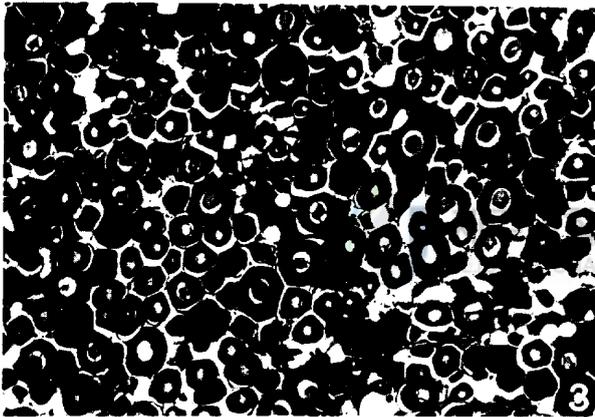
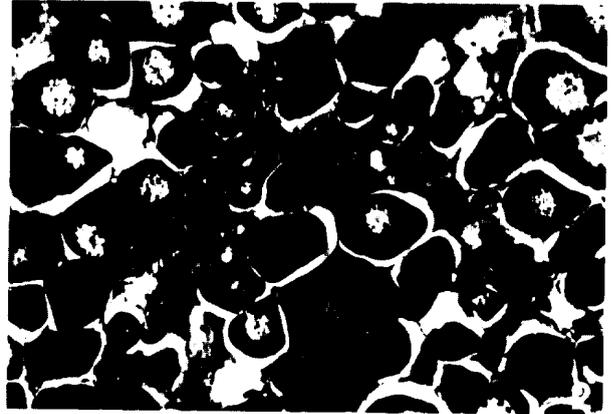
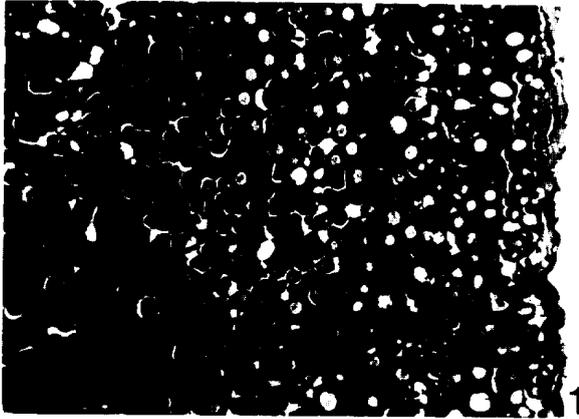
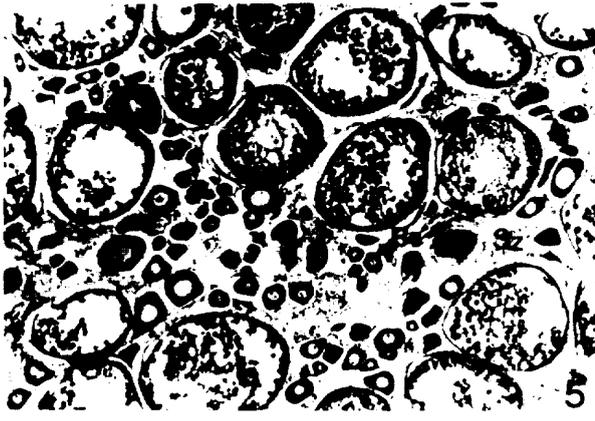
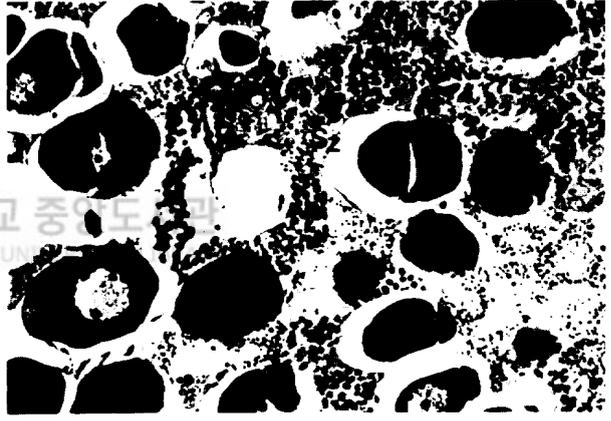
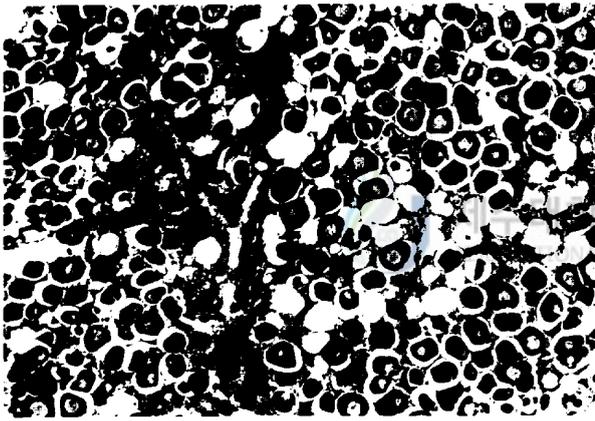
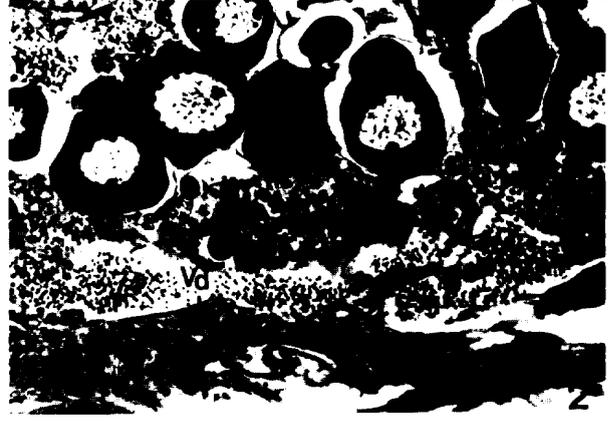
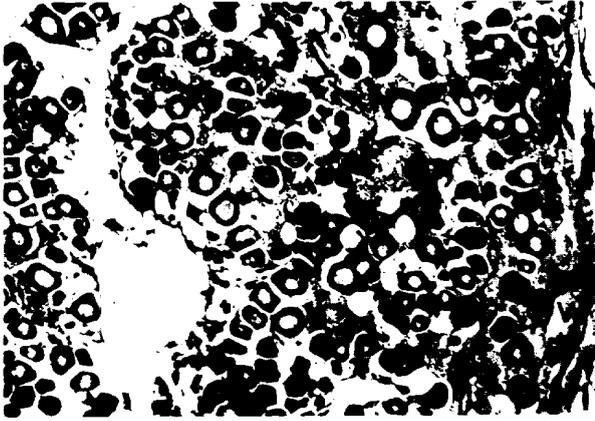


PLATE IV



4

PLATE V



## 사 사

부족함이 많았던 저를 늘 일깨워 주시고 학문의 길로 들어설 수 있도록 아낌없는 채찍과 지도를 하여 주신 노 섬 교수님께 감사의 말씀을 올립니다.

바쁘신 중에도 잊지않고 논문을 다듬어 주신 변충규 교수님과 미흡한 저의 논문을 열과 성으로 정성스럽게 다듬어 주신 이영돈 교수님께 감사를 드립니다. 또한 항상 관심을 가지고 조언과 지도 편달을 주신 백문하 교수님, 이정재 교수님, 정상철 교수님, 이기완 교수님께 깊은 감사를 드립니다.

그리고, 마음속 깊이 저를 아끼고 돌봐 주신 노홍길 학장님께 감사드립니다. 실험을 행함에 있어 재료구입을 도와주시고 밤을 지새우며 토론을 해주신 해양연구소 고환봉 조교선생님, 변수철선배와 임직원들 그리고 부산수대 산업개발연구소 정창화씨께 감사를 드립니다.

본 논문의 자료정리에 힘써준 어류양식연구실의 대학원생 현충훈과 김중수, 양준봉, 강희철, 김미리, 현지훈, 고영수, 강행선 후배들과 주위에서 많은 충고와 도움을 주신분들에게도 고마움을 표합니다.

끝으로 학업에 전념할 수 있도록 사랑과 정성으로 돌봐주신 부모님께 이제 겨우 시작에 불과한 이 작은 결실을 바칩니다.