

碩士學位論文

濟州道 南部 沿岸 쥐치류의
生殖週期에 關한 研究

濟州大學校 大學院

海 洋 學 科

李 承 鍾

1999年 12月

濟州道 南部 沿岸 쥐치류의
生殖週期에 關한 研究

指導教授 高 有 峰

李 承 鍾

이 論文을 理學碩士 學位論文으로 提出함

1999年 12月

李 承 鍾의 理學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 李 榮 敦 (印)

委 員 高 有 峰 (印)

委 員 李 竣 佰 (印)

濟州大學校 大學院

1999年 12月

**A study on the Reproductive Cycle of
Family Monacanthidae in the southern
coast of Cheju Island**

Seung-Jong Lee

(Supervised by Professor You Bong, Go)

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE**

**DEPARTMENT OF OCEANOGRAPHY
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY**

Dec. 1999

목 차

List of Figures	i
List of Tables	iii
Summary	iv
I. 서 론	1
II. 재료 및 방법	3
1. 실험어	3
2. 조직학적 검사	3
3. Steroid 호르몬에 대한 RIA(radioimmunoassay)검사	4
1) steroid 호르몬 추출과정	4
2) RIA 검사과정	4
4. 채집지역의 수온과 광주기 조사.....	5
III. 결 과.....	7
1. 채집지역의 수온과 광주기 변화.....	7

2. 어체와 생식소의 외부형태.....	9
3. 쥐치·말쥐치 암수컷의 월별 개체수 현황	11
4. GSI의 월변화	13
5. 쥐치·말쥐치 암수컷의 생식세포 형성과정	15
6. 생식년주기	21
7. 쥐치·말쥐치 암컷에 있어서 난모세포 구성의 월변화	26
8. 말쥐치의 산란주기	30
1) 산란주기에 따른 주간 GSI 변화 및 난소의 조직학적 발달과정	30
2) 산란주기에 따른 혈중 성 steroid 호르몬의 주간변화	34
3) 산란주기에 있어 난모세포 구성의 주간변화	36
IV. 고 찰	38
V. 요 약	44
VI. 참고 문헌	45
감사의 글	51

List of Figures

Fig.1. The map of sampling area in the southern coast of Cheju Island.	6
Fig.2. Monthly changes of water temperature and day length(hr) in sampling area.	8
Fig.3. External morphology of <i>Stephanolepis cirrhifer</i> and <i>Thamnaconus modestus</i>	10
Fig.4. External morphology of ovary and testis in <i>Stephanolepis cirrhifer</i> and <i>Thamnaconus modestus</i>	10
Fig.5. Monthly changes of gonadosomatic index(GSI) in <i>Stephanolepis cirrhifer</i>	14
Fig.6. Monthly changes of gonadosomatic index(GSI) in <i>Thamnaconus modestus</i>	14
Fig.7. Developmental stages of ovary in <i>Stephanolepis cirrhifer</i>	17
Fig.8. Developmental stages of testis in <i>Stephanolepis cirrhifer</i>	18
Fig.9. Developmental stages of ovary in <i>Thamnaconus modestus</i>	19
Fig.10. Developmental stages of testis in <i>Thamnaconus modestus</i>	20

Fig.11. Monthly changes in frequency of the gonad developmental stage in <i>Stephanolepis cirrhifer</i>	24
Fig.12. Monthly changes in frequency of the gonad developmental stage in <i>Thamnaconus modestus</i>	25
Fig.13. Weekly changes of gonadosomatic index(GSI) and maturity stage in female <i>Thamnaconus modestus</i> during the spawning period.	32
Fig.14. Histological sections of ovary of <i>Thamnaconus modestus</i> during the spawning period.....	33
Fig.15. Weekly changes of plasma estradiol-17 β (E ₂) and testosterone(T) levels in female <i>Thamnaconus modestus</i> during the spawning period.	35

List of Tables

Table 1. Standard length and body weight of experimental fish used for this study	12
Table 2. Monthly changes of number and percentage size of oocyte in each developmental stage of ovary in <i>Stephanolepis cirrhifer</i>	28
Table 3. Monthly changes of number and percentage size of oocyte in each development stage of ovary in <i>Thamnaconus modestus</i>	29
Table 4. Weekly changes of number and percentage size of oocyte in each development stage of ovary in female <i>Thamnaconus modestus</i> during the spawning period	37

SUMMARY

Reproductive cycle of the file fish, *Stephanolepis cirrhifer* (Temminck et Schlegel) and *Thamnaconus modestus* (Gunther) were histologically investigated. Samples were collected monthly in the coastal area of Chung-mun, south of Cheju Island from July 1997 to June 1999. In male and female of *S. cirrhifer*, GSI (gonadosomatic index) values reached to the maximum in June, in male and female of *T. modestus* GSI values reached to the maximum in June and May, respectively. Reproductive cycle can be divided into the following successive stages: in female of *S. cirrhifer* and *T. modestus*, growing stage (February to May; March to April), mature stage (May to June; April to May), spawning stage (June to August; May to June), degenerative and resting stage (September to December; July to February), and in male of *S. cirrhifer* and *T. modestus*, growing stage (February to April; January to March), mature stage (May to June; April to May), spent stage (June to August; June to July), degenerative and resting stage (September to January; August to December), respectively.

To clarify spawning cycle of female in *T. modestus*, the weekly changes of GSI, detail development stages in the ovary and the weekly changes of sex steroid hormones (E_2 and T) levels in plasma during the spawning period were examined. Throughout histologically observation of ovary in spawning period, *T. modestus* belongs to an multiple spawner, changes of plasma E_2 and T levels were similar to the changes of GSI and ovary maturity.

I. 서론

쥐치, *Stephanolepis cirrhifer*와 말쥐치, *Thamnaconus modestus*는 복어목(Order Tetraodontiformes), 쥐치과(Family Monacanthidae)에 속하는 어종들로서 우리나라의 동·서·남해, 일본남부 연안, 동중국해등 광범위하게 분포하는 어종이다(정, 1977). 이러한 쥐치류는 제주도에서 방언으로 '괘주리'라고도 부르고 있는데 그 중에서 말쥐치는 예전부터 우리가 흔히 '쥐포'라고 불리우는 수산 가공물의 원료가 되는 어종이기도 하다.

쥐치류의 생식생태학적 연구로서는, 말쥐치에 관해서 말쥐치의 산란과 성장에 관한 연구(Ikehara, 1976), 말쥐치의 난발달과 자어 전기단계(Kitajima *et al.*, 1964), 말쥐치의 부화 및 사육(山本·宇都宮正, 1966), 말쥐치의 섭이율과 성장율과의 관계(Suzuki, 1976)등과 같은 연구가 있으며, 쥐치에 관해서는 쥐치 자치어의 사육과 형태변화(Tsukashima and Kitajima, 1981), 쥐치의 실험적인 종묘생산(Tsukashima *et al.*, 1983)등과 같은 연구가 국외에서 이루어져 왔다.

현재 국내에 서식하는 쥐치류에 대한 연구보고로서는 분류학적인 연구로서 한국산 파랑쥐치아목 어류의 분류에 관한 연구(김·이, 1991)가 있으며 생식생태학적인 연구로는 말쥐치에 관해서 최·박(1982)의 한국 남해산 말쥐치의 성숙과 산란에 관한 연구, 박(1985)의 말쥐치에 대한 자원생물학적 연구가 있을 뿐으로 특히 국내에 서식하는 쥐치에 대한 생식생태학적 연구는 거의 전무한 실정이다.

최근에는 어류의 생식주기 및 산란주기를 좀 더 정확히 파악하기 위해 조직화적인 방법과 더불어 생식 내분비학적인 연구의 하나인 혈중 성 steroid 호르몬의 변동에 관해서도 함께 연구되고 있다. 어류는 생식소의 발달에 따라 혈중에 분포하는 여러 가지 성 steroid 호르몬 농도의 변동도 달라지는데 이를 측정하는데 있어서 특히 방사면역측정법(RIA, radioimmunoassay)이 많이 사용되어 왔다(Young *et al.*, 1983; Kobayashi

et al., 1985, 1986, 1987; Santos *et al.*, 1986; Zairin *et al.*, 1992; Estay *et al.*, 1998).

방사면역측정법은 방사선 물질의 취급에 대한 위험성이 있기는 하지만 소량의 시료로도 호르몬의 농도 측정이 가능하고 그 변동양상을 자세하게 조사할 수 있다는 장점이 있다(Kim *et al.*, 1996). 최근 국내에서도 조피블락(Kang *et al.*, 1998; Baik, 1994), 쥐노래미(Lee, 1999), 동자개(Kim *et al.*, 1996), 동사리(Lee, 1998)등 해산어와 담수어를 대상으로 방사면역측정법을 이용하여 혈중 성 steroid 호르몬의 변동과 생식주기와의 관계가 연구되어 왔다. 하지만 국내에 서식하는 쥐치류에 대한 난성숙에 따른 내분비 호르몬기구에 관해서는 아직도 불분명한 실정이다.

우리나라의 해산 어종별 연간 어획량중 말쥐치의 어획량을 살펴보면, 1990년(230,252톤)까지 꾸준히 연간 높은 어획량을 보여왔으나 그 이후부터 점차적으로 어획량이 계속 감소하는 추세이며(국립수산진흥원, 1994), 쥐치의 경우는 아직까지 어획량에 대한 통계자료조차 없는 실정이다. 현재 우리나라에서 양식되고 있는 해산종은 조피블락, 넙치, 참돔, 농어등 몇몇종에 한정되어 있어 해산 어류자원이 고갈되고 있다고 하는 것을 고려해 볼때 양식대상종의 범위를 확대시키기 위한 기초적인 연구를 수행하는 일이 급선무일 것이다.

이 연구에서는 제주도 남부 연안에 서식하는 쥐치·말쥐치를 대상으로 2년간에 걸쳐 생식소 중량지수와 배우자형성과정에 따른 생식주기를 번식생물학적 측면에서 조사했다. 또한 말쥐치인 경우는 현재까지 우리의 식생활에 큰 비중을 차지하고 있어 양식대상종으로서의 가능성을 고려해 볼만하다. 따라서 말쥐치의 산란기간 동안 생식소의 발달상과 이와 더불어 내분비 활성변화로서 산란주기에 밀접하게 관련을 갖는 혈중 성 steroid 호르몬의 변동을 방사면역측정법으로 조사하고 생식소 성숙에 영향을 미치는 호르몬들의 역할을 연구하므로서 향후 양식가능한 해산 유용어류의 범위를 확대하고 중요생산기술을 개발하는데 기초적인 자료로 삼고자 했다.

II. 재료 및 방법

1. 실험어.

본 연구에 이용된 쥐치(*Stephanolepis cirrhifer*)와 말쥐치(*Thamnaconus modestus*)는 1997년 7월부터 1999년 6월까지 2년간 제주도 남부 중문 하예동 연안(Fig.1)에서 매월 삼중자망을 이용하여 채집하였다. 또한 말쥐치의 산란기간 중 산란주횟수와 이에 따른 혈중 성 steroid 호르몬 변동을 알아보기 위해 1999년 4월 14일부터 6월 22일까지 제주시 수협 공동어시장에서 일주일 간격으로 말쥐치를 구입하여 실험에 사용하였다. 채집된 실험어는 실험실로 옮긴 후 전장을 0.1cm, 체중은 0.01g까지 계측하였고, 어체를 해부하여 생식소를 절취하였다. 수협어시장에서 구입한 말쥐치인 경우 이들의 미부동맥에서 1회용 주사기를 사용하여 혈액을 채혈하였다. 채혈된 혈액은 원심분리기로 3,000rpm, 4℃에서 20분간 원심분리한 후 혈청을 분리하였으며 채집된 혈청은 호르몬 추출에 사용할때까지 -70℃에서 보관하였다.

2. 조직학적 검사

생식주기에 따른 쥐치와 말쥐치 생식소의 조직학적 발달상을 관찰하고 생식소의 성숙상태를 나타내는 생식소중량지수(gonadosomatic index: GSI)의 변화를 알아보기 위해 어체에서 생식소를 절취하여 0.01g까지 계측한 후 Bouin 용액에 고정하였다. 생식소의 조직학적 검사에 앞서 계측한 생식소의 무게를 이용하여 “생식소중량(GW)×100/체중(BW)”의 식으로 GSI를 구하였다.

생식소의 조직학적 검사를 위해 Bouin 용액에 고정시킨 생식소는 수세 후 파라핀 절편법에 의해 5~6 μ m 두께로 조직절편을 제작하여 Hansen's haematoxylin과 0.5% eosin 이중염색으로 조직표본을 만들고 현미경하에서 관찰하였다.

3. Steroid 호르몬에 대한 RIA(radioimmunoassay)검사

말쥐치 암컷을 대상으로 산란기간동안 생식소발달에 중요하게 영향을 미치는 내분비계통인 혈중 성 steroid 호르몬의 혈중분포 농도를 알아보기 위해 주요 성 steroid 호르몬인 estradiol-17 β (E₂)와 testosterone(T)농도의 변동을 RIA검사를 통해 조사하였다.

1) steroid 호르몬 추출과정

steroid 호르몬 추출과정은 혈청시료 250 μ l에 1.5ml의 ethylether를 첨가하여 5분간 강하게 진탕하고 실온에서 10분간 방치하여 수층과 ether층을 분리한 후, -70 $^{\circ}$ C의 냉동기에서 5분간 수층을 결빙시키고 그 상층액을 시험관에 옮겨 이를 2회 반복한 후 시험관의 ether는 원심 농축기를 이용하여 완전히 증발시켰다. 각각의 추출물에 0.1% gel-PBS buffer(pH 7.5)를 넣어 강하게 교반하여 steroid를 녹였다. 이때 얻은 시료는 RIA에 의하여 정량할 때까지 -20 $^{\circ}$ C에 보관하였다.

2) RIA검사과정

혈액내 성 steroid 호르몬에 대한 RIA과정은 말쥐치의 암컷에 대해 estradiol-17 β (E₂)와 testosterone(T)의 농도변화를 조사하였다. 우선 -20 $^{\circ}$ C에 보관중인 시료와 steroid 호르몬의 농도를 0.007ng/ml에서 3.84ng/ml까지 10단계로 만든 standard를 얼음위에서 녹인 후, 시료와 standard 각각 200 μ l에 ³H으로 방사표지된 steroid 호르몬을 각각 100 μ l씩 넣은 다음 희석항체를 200 μ l씩 넣고 강하게 교반시켜 4 $^{\circ}$ C에서 12시간이상 반응시켰다.

여기서 E₂에 대한 항체는 일본 동경대에서 제작한 항체를 사용하였고, T에 대한 항체는 Sigma chemical Co. Ltd.에서 구입하여 사용하였다. 항원·항체반응이 끝난 후 dextran coated charcoal(DCC)을 250 μ l씩 첨가하여 강하게 진탕하고 4℃에서 20분간 방치시킨 후 4℃, 3,000rpm에서 15분간 원심 분리하여 상등액을 취하였다. 각각의 상등액을 RIA counting용 시험관에 옮긴 후 scintillation cocktail을 3ml씩 넣어 혼합하고 12시간 동안 방치하여 숙성시켰다. 이 후 scintillation counter(Wallac Co., Model 1409)에 의해 1분씩 counting하였다.

4. 채집지역의 수온과 광주기 조사

채집지역의 환경변화를 알기 위해 채집기간 동안 매달 수온을 CTD로 측정하였고, 채집지역의 월평균 광주기는 제주기상대의 기상관측자료에 의해 구하였다.

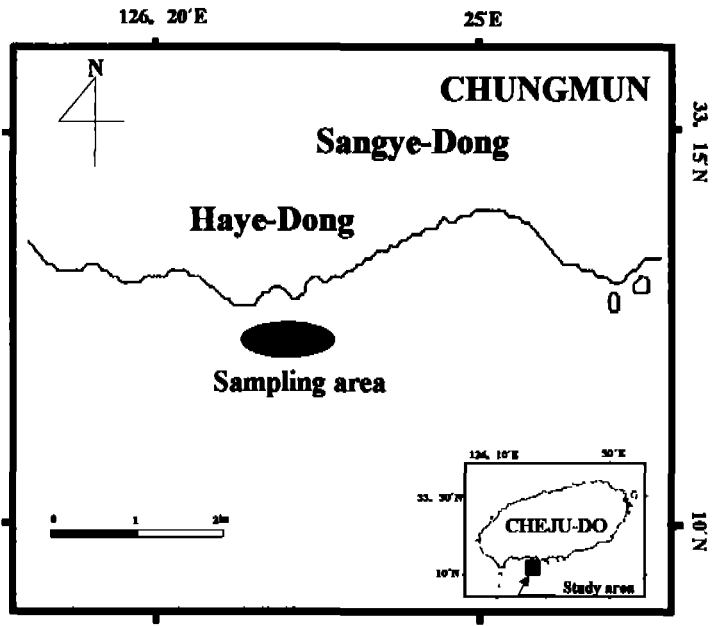


Fig. 1. The map of sampling area in the southern coast of Cheju Island.

Ⅲ. 결 과

1. 채집지역내 수온과 광주기 변화

채집지역의 수온과 광주기를 Fig.2에 나타냈다. 1997년 7월부터 1999년 6월까지의 조사기간중 수온변화는 1997년 7월에 27.1℃로 가장 높게 나타났으며 1998년 2월에 14.5℃로 가장 낮았다. 2년간의 수온변동경향은 거의 비슷하였는데 우선 1~3월에 년중 최저수온(14.5~16.1℃)을 보이다가 4월로 접어들면서 상승하기 시작하여 7~9월까지 연중 높은 수온(24~27.1℃)을 유지하였다. 10월부터 수온이 하강하기 시작하여 12월까지 계속 수온은 하강하였다.

광주기의 월변화를 살펴보면 수온의 월변화와 거의 비슷한 양상을 보였는데 2월부터 일장이 길어지면서 6월에 14.3L로 일장이 가장 길었으며 7월부터 서서히 짧아지기 시작하여 12월에 9.9L로 년중 가장 짧은 일장을 보였다.

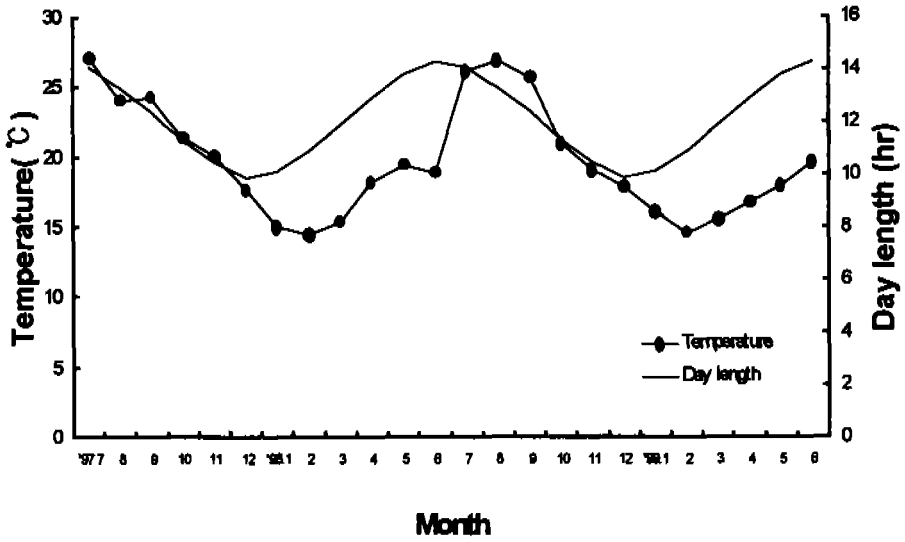


Fig.2. Monthly changes of water temperature and day length(hr) in sampling area.

2. 어체와 생식소의 외부형태

쥐치와 말쥐치의 외부형태는 Fig.3과 같다. 쥐치의 외부형태를 보면(Fig.3, A·B), 체형은 타원형에 가깝고 체색은 회갈색 바탕에 암갈색 반점들이 존재하고 있다. 쥐치의 수컷인 경우는 제2 등지느러미의 두 번째 연조가 실처럼 길게 연장되어 있어 외관상으로 암수구분이 가능하다. 말쥐치인 경우(Fig.3, C·D), 체형은 긴 타원형을 하며 연한 청회색의 체색을 갖으며 등지느러미와 뒷지느러미는 청록색, 가슴지느러미와 배지느러미는 암청색을 띤다. 말쥐치는 외관상으로 암수구분이 힘들지만 암컷이 수컷보다 체고가 높으며 암컷의 머리 외곽부분이 약간 오목하게 들어가 있거나 직선형인 반면 수컷의 머리 외곽부분은 약간 볼록하게 튀어 나와 있어 외부형태적으로 암수구분이 가능하기도 하다.

쥐치와 말쥐치 암수의 생식소 외부형태는 Fig. 4와 같다. 두 종 모두 난소의 외부형태는 한쌍의 낭상으로 생식소의 중간부에서 합일되어 기부에서 하나의 수란관이 약간 돌출된 형태를 하고 있으며 복강의 후방에 서로 밀착되어 등쪽의 체벽으로부터 난소간막에 의해 체강에 매달려 있는 형태를 하고 있다. 정소의 경우 역시 등쪽 체벽에 정소간막에 의해 부착되어 있으며 수정관을 사이에 두고 그 끝에 한 쌍의 정소가 달려 있는 구조를 이루고 있는데 대체적으로 쥐치의 정소가 말쥐치보다 작고 수정관은 쥐치가 말쥐치보다 더 가늘고 길었다.

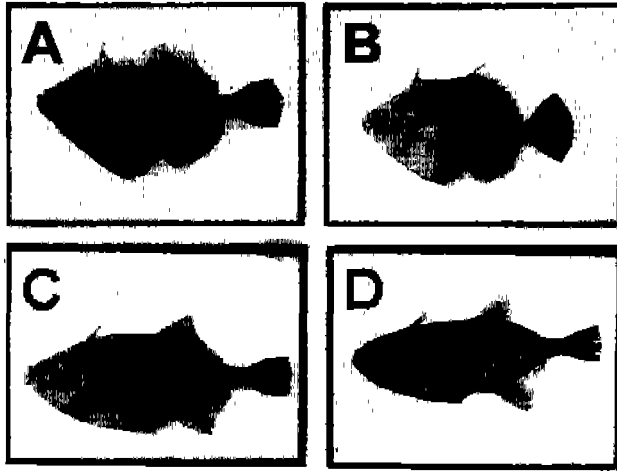


Fig.3. External morphology of *Stephanolepis cirrhifer* and *Thamnaconus modestus*.

A, *S. cirrhifer* female, 168mm in SL; B, *S. cirrhifer* male, 176mm in SL. C, *T. modestus* female, 208mm in SL; D, *T. modestus* male, 220mm in SL.



Fig. 4. External morphology of ovary and testis in *Stephanolepis cirrhifer* and *Thamnaconus modestus*.

A, *S. cirrhifer*, May; B, *T. modestus*, June

3. 쥐치 · 말쥐치 암수컷의 월별 개체수 현황

이번 조사기간 중 채집된 쥐치와 말쥐치 암수컷의 월별 개체수 및 체장, 체중분포 현황은 Table. 1과 같다.

이번 채집은 중문 연안에서 직접 조사개체를 채집하였기 때문에 매달 암수가 동시에 채집되지 않은 경우가 많았다. 쥐치의 경우, 암컷은 1998년 4월, 수컷은 1997년 10월과 1999년 3월에 각각 채집이 되지 않았고, 말쥐치는 암컷이 1998년 4, 5, 12월, 수컷의 경우는 1997년 7, 8, 9월 그리고 1998년 3, 4, 5월에 채집이 되지 않았다. 이번 채집기간동안 쥐치는 암수컷이 대체로 월별로 꾸준히 채집되었지만 말쥐치는 채집되지 않은 달이 쥐치보다 많았으며 수컷이 암컷보다 개체수면에서 더 적게 출현하였다.

특이사항으로 1997년 11월에는 기상악화로 인하여 채집을 실시하지 못하였다.

Table 1. Standard length and body weight of experimental fish used for this study

Month	Sex	No. of fish	<i>Stephanolepis cirrifer</i>		No. of fish	<i>Thamnaconus modestus</i>	
			Standard length (cm)	Body weight (g)		Standard length (cm)	Body weight (g)
			Mean \pm S.D.	Mean \pm S.D.		Mean \pm S.D.	Mean \pm S.D.
1997. July	♀	13	14.2 \pm 2.85	113.90 \pm 92.20	7	17.3 \pm 4.39	115.39 \pm 32.45
	♂	7	14.8 \pm 0.70	120.18 \pm 34.85			
Aug.	♀	5	17.6 \pm 1.45	187.53 \pm 32.86	6	11.3 \pm 0.82	27.34 \pm 5.21
	♂	8	19.2 \pm 0.78	212.54 \pm 27.95			
Sep.	♀	7	16.7 \pm 1.69	169.85 \pm 26.74	5	12.0 \pm 1.43	35.17 \pm 14.24
	♂	7	19.3 \pm 1.14	194.01 \pm 26.41			
Oct.	♀	8	10.3 \pm 0.16	65.13 \pm 30.22	6	12.3 \pm 0.90	55.43 \pm 10.30
	♂				4	13.4 \pm 1.39	49.86 \pm 9.96
Nov.	♀						
	♂						
Dec.	♀	14	12.2 \pm 4.94	66.88 \pm 69.17	39	15.4 \pm 2.74	66.94 \pm 32.72
	♂	16	11.5 \pm 4.03	54.83 \pm 66.25	9	15.6 \pm 2.61	67.91 \pm 33.67
1998. Jan.	♀	10	10.2 \pm 2.50	41.09 \pm 38.45	8	13.5 \pm 4.24	63.52 \pm 10.27
	♂	8	11.3 \pm 4.16	61.82 \pm 86.34	7	14.9 \pm 3.27	89.47 \pm 13.28
Feb.	♀	4	9.9 \pm 0.58	41.60 \pm 8.81	6	13.8 \pm 0.57	45.68 \pm 5.75
	♂	6	12.9 \pm 5.04	106.97 \pm 34.19	7	13.3 \pm 2.43	80.78 \pm 20.47
Mar.	♀	4	10.7 \pm 1.10	47.30 \pm 14.22	7	14.5 \pm 0.94	54.62 \pm 8.95
	♂	15	11.6 \pm 4.99	63.77 \pm 84.50			
Apr.	♀						
	♂	10	14.6 \pm 1.59	109.93 \pm 37.95			
May	♀	2	15.3 \pm 1.80	124.06 \pm 35.68			
	♂	1	10.2 \pm 0.00	61.72 \pm 0.00			
June	♀	9	16.1 \pm 2.92	127.24 \pm 43.18	7	17.3 \pm 3.41	105.62 \pm 50.55
	♂	13	15.2 \pm 2.66	118.22 \pm 50.30	12	17.7 \pm 0.74	98.66 \pm 2.99
July	♀	7	13.6 \pm 3.19	102.00 \pm 47.53	12	18.1 \pm 2.36	122.70 \pm 60.85
	♂	8	17.1 \pm 3.55	172.51 \pm 66.10	10	17.9 \pm 0.90	110.79 \pm 16.15
Aug.	♀	11	13.2 \pm 3.43	106.72 \pm 72.67	9	17.1 \pm 1.15	108.85 \pm 21.94
	♂	10	12.2 \pm 3.07	89.92 \pm 62.81	5	17.3 \pm 0.56	106.75 \pm 4.78
Sep.	♀	6	14.5 \pm 0.21	111.87 \pm 2.35	9	19.1 \pm 3.40	142.80 \pm 57.92
	♂	9	15.4 \pm 0.69	122.30 \pm 16.72	8	17.0 \pm 3.23	103.86 \pm 49.42
Oct.	♀	14	15.2 \pm 2.57	150.03 \pm 68.19	16	19.9 \pm 2.63	163.67 \pm 78.08
	♂	11	15.7 \pm 2.56	156.50 \pm 69.29	10	19.8 \pm 1.51	145.89 \pm 42.54
Nov.	♀	10	13.2 \pm 3.53	110.72 \pm 63.39	11	22.2 \pm 1.32	234.79 \pm 46.36
	♂	8	9.3 \pm 2.28	36.43 \pm 26.74	4	19.3 \pm 4.71	167.10 \pm 83.09
Dec.	♀	4	15.6 \pm 2.16	144.06 \pm 57.15			
	♂	8	13.5 \pm 4.67	113.58 \pm 93.16	12	20.9 \pm 2.49	165.80 \pm 53.13
1999. Jan.	♀	13	14.3 \pm 3.25	123.71 \pm 75.17	6	19.8 \pm 1.18	157.12 \pm 26.49
	♂	17	14.0 \pm 3.97	113.09 \pm 77.54	8	19.5 \pm 2.82	152.21 \pm 62.31
Feb.	♀	19	14.7 \pm 4.45	131.03 \pm 97.13	8	21.0 \pm 1.40	189.26 \pm 47.18
	♂	16	14.8 \pm 4.45	134.30 \pm 119.83	5	20.6 \pm 3.13	176.15 \pm 75.16
Mar.	♀	5	15.7 \pm 2.22	163.60 \pm 58.14	8	24.7 \pm 1.23	160.10 \pm 39.64
	♂				5	22.5 \pm 1.43	203.70 \pm 47.50
Apr.	♀	10	11.8 \pm 4.89	81.10 \pm 81.14	13	21.9 \pm 3.31	223.30 \pm 115.88
	♂	11	13.4 \pm 3.84	105.30 \pm 78.47	3	21.4 \pm 1.07	185.00 \pm 29.83
May	♀	15	15.1 \pm 1.68	140.57 \pm 50.27	13	21.9 \pm 2.42	273.08 \pm 113.28
	♂	10	14.9 \pm 4.04	142.10 \pm 92.82	7	22.4 \pm 2.21	229.31 \pm 64.10
June	♀	12	15.1 \pm 1.80	148.80 \pm 56.48	16	22.3 \pm 1.76	265.20 \pm 59.00
	♂	8	14.1 \pm 3.65	112.60 \pm 79.10	4	23.3 \pm 1.40	271.70 \pm 54.71

S.D. : Standard deviation

*Blank was not sampled

4. GSI의 월변화

일반적으로 어류 생식소의 생식소중량지수(GSI)는 생식소의 성숙상태를 간접적으로 나타내는 지표로서 GSI값이 상승한다는 것은 곧 생식소의 성숙이 이루어진다는 뜻으로 해석할 수 있다. 본 연구에서도 쥐치와 말쥐치의 생식소발달에 따른 월별 생식소중량지수를 조사하였다.

쥐치의 암컷과 수컷의 GSI 월변화는 Fig.5와 같다. 암컷은 1998년 3월부터 1.36 ± 0.18 로 증가하면서 6월에 급격히 상승하여 연중 최고값인 5.61 ± 1.02 를 가졌다. 그리고 1998년 7월에 1.61 ± 1.39 로 급격히 하강하기 시작하여 1998년 9월에 최저값인 0.52 ± 0.02 를 보였고 이렇게 낮은 값은 이듬해 2월까지 지속되었다. 이러한 GSI값은 1999년 3월부터 다시 상승하기 시작하여 전년과 비슷한 경향을 보이면서 6월에 5.19 ± 1.02 의 높은 값을 보였다. 쥐치 수컷의 GSI 월변화도 암컷과 거의 유사한 경향을 보여주었다. 1998년 2월에 0.1 ± 0.1 를 보이면서 상승하기 시작하다가 1998년 6월에 0.26 ± 0.14 의 연중 최고값을 가지고 7월까지 비교적 높은 값을 유지한 후 1998년 8월에 0.07 ± 0.06 , 9월에 0.07 ± 0.04 로 급격히 하강하였다. 하강한 GSI값은 이듬해까지 낮게 유지되다가 1999년 2월부터 다시 차츰 상승하기 시작하여 1999년 5월과 6월에 각각 0.28 ± 0.16 , 0.31 ± 0.25 로 높은 값을 나타냈다.

말쥐치의 암컷과 수컷의 GSI 월변화는 Fig.6과 같다. 암컷은 1999년 2월에 1.1 ± 0.18 로 낮은 값을 보였으나 1999년 4월부터 2.63 ± 2.24 로 상승하면서 1999년 5월에는 급격히 상승하여 10.5 ± 2.05 로 연중 최고값을 가졌고 6월에 7.96 ± 2.03 로 하강하기 시작하여 7월부터는 겨울까지 계속 낮은 수준을 유지하였다. 수컷인 경우도 암컷과 거의 유사한 경향을 보였는데 1999년 3월부터 1.27 ± 0.48 로 상승하기 시작하여 1999년 4월에 1.99 ± 0.63 , 5월에 2.52 ± 1.68 그리고 1999년 6월에는 연중 최고치인 2.8 ± 2.15 를 가졌다. 이렇게 높은 값은 1998년 7월에 0.29 ± 0.06 로 급격히 하강하였고 겨울까지 계속 낮게 유지되었다.

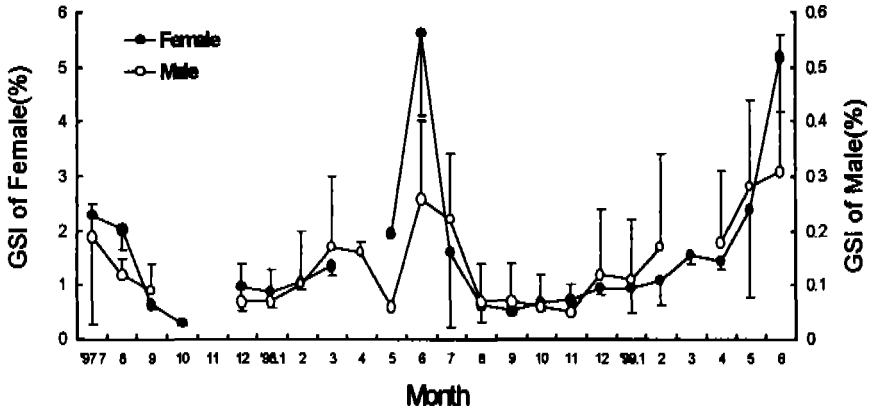


Fig.5. Monthly changes of gonadosomatic index(GSI) in *Stephanolepis cirrhifer*.

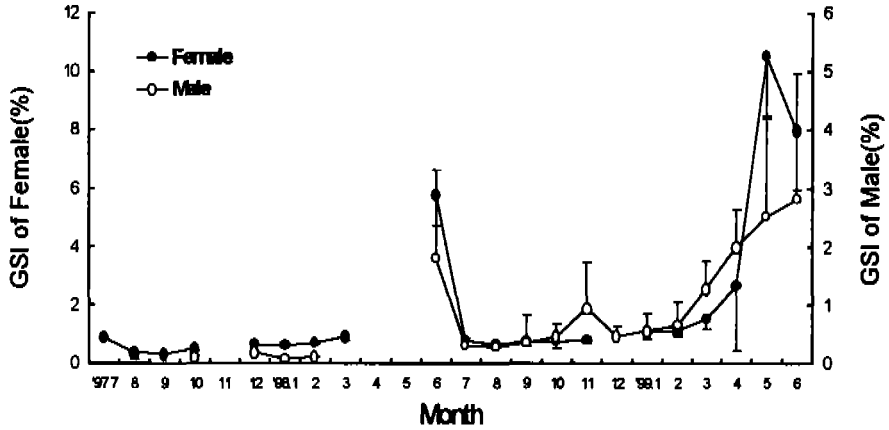


Fig.6. Monthly changes of gonadosomatic index(GSI) in *Thamnaconus modestus*.

5. 쥐치 · 말쥐치 암수컷의 생식세포 형성과정

쥐치와 말쥐치 암수컷의 생식세포 형성과정을 알아보기 위해 조직학적인 방법으로 조사한 결과 두 종 모두 거의 유사한 모양으로 발달함을 알 수 있었다.

1) 암컷

쥐치와 말쥐치의 난소 내부구조는 많은 난소소낭으로 구성되어 있고 소낭상피 위에서 난원세포의 분열증식이 일어나 성장해 나갔다. 주변인기 단계의 난모세포는 난경이 40~100 μm 의 범위로서 핵이 세포질의 상당부분을 차지하며 핵막주변에 1~2개의 인이 뚜렷히 위치하고 세포질은 헤마톡실린에 짙게 농염되어 나타났다. 난경이 150~260 μm 의 범위로 차츰 발달함에 따라 세포질이 충실해지면서 피질부에는 난황포가 출현하고 핵주위에는 유구들도 과립상으로 출현하고 있다(Figs.7, 9; A).

난경이 300~400 μm 의 범위로 증가하게 되면 난모세포를 둘러싸는 여포층이 형성되어 강한 호산성을 갖는 난황구들이 과립형태로 세포질에 차츰 축적되기 시작한다(Figs.7, 9; B, C.)

난모세포의 크기가 약 450~550 μm 정도의 세포질내에는 난황구들의 형태가 과립상이 아닌 거의 하나의 난황물질로 균질화가 이루어지고 유구도 하나의 커다란 덩어리를 이루어 액포상으로 존재하여 배란직전에 임박하게 된다(Figs.7, 9; D).

배란이 일어난 난소내에는 완숙란을 감싸고 있는 여포층이 그대로 남아 있어 배란의 흔적을 나타낸다. 산란후 잔존하는 유구기 단계와 난황구기 단계의 난모세포들은 그대로 난소내에서 퇴화·흡수가 일어나고 있다(Figs.7, 9; E).

주변인기 단계 이하의 난모세포들은 퇴화되지 않고 난소소낭내에 재배치되어 다음 성장기에 일찍 성숙에 참가한다(Figs.7, 9; F).

2) 수컷

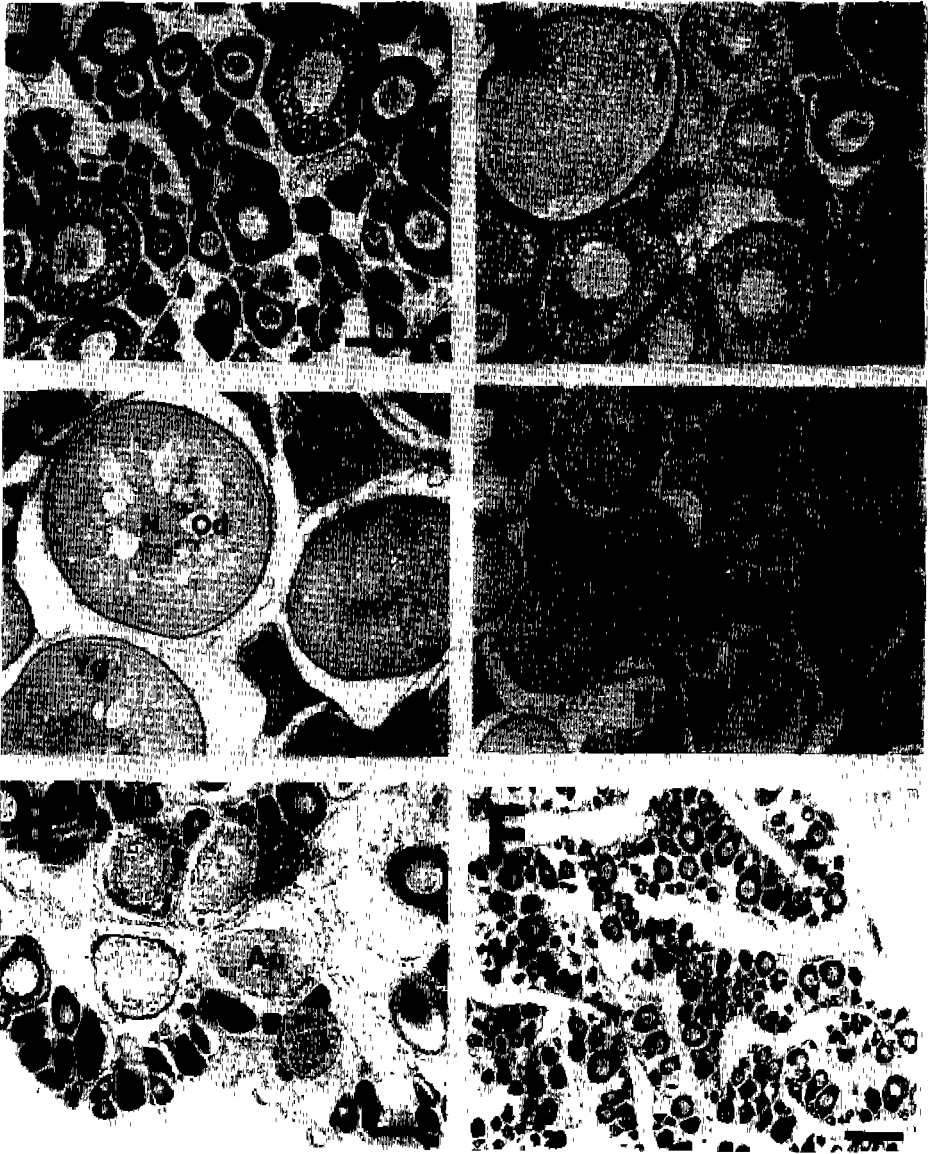
쥐치와 말쥐치 정소의 내부구조는 많은 정소소엽으로 이루어져 있으며 (Figs.8, 10; A) 정소의 기부 소엽상피에서 수많은 정원세포들이 분열증식을 하게 된다(Figs.8, 10; B).

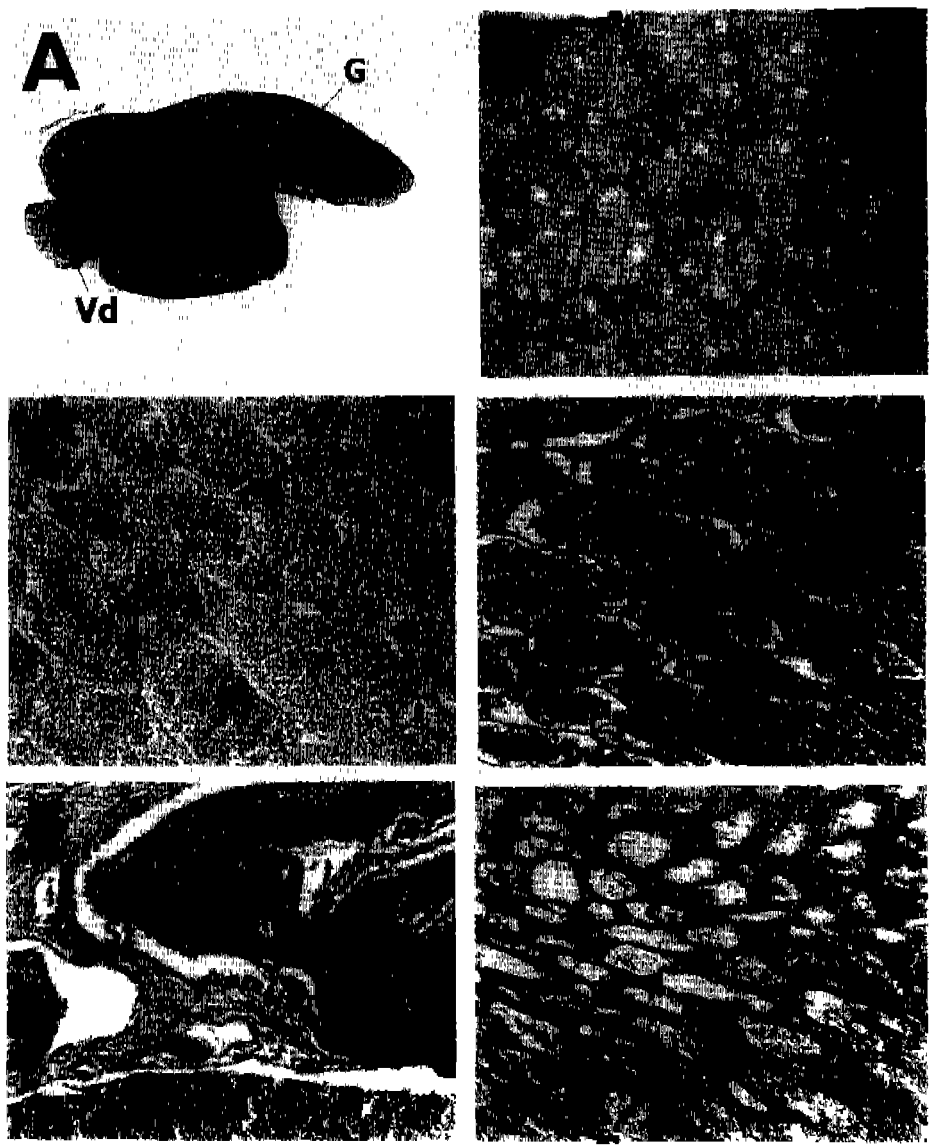
점점 정소가 발달함에 따라 정원세포를 포함한 각기 다른 발달단계의 정모세포, 정세포들이 무리를 이루어 각각의 소엽내에서 동시에 활발히 성장해 나간다. 이들의 정소내부에서의 배열순서는 정원세포가 정소의 가장 피질층 부위에서 분열증식하며 그 아래쪽으로부터 정모세포, 정세포순으로 발달하고 있다(Figs.8, 10; C).

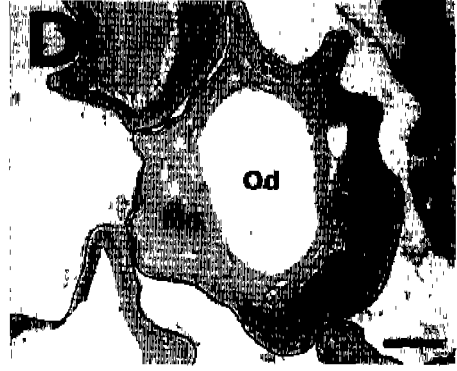
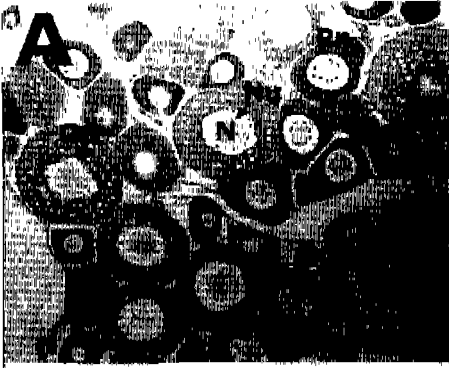
성숙시기가 되면 정소소엽내에는 대부분 정세포들과 성숙한 정자들이 무리를 이루어 존재하고 있다(Figs.8, 10; D).

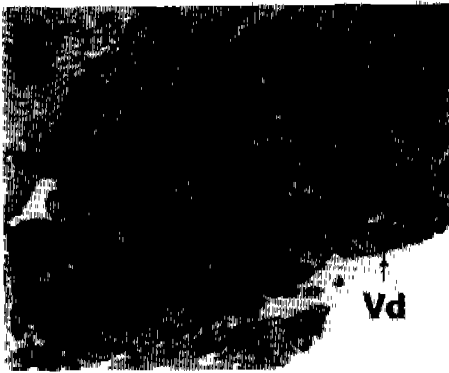
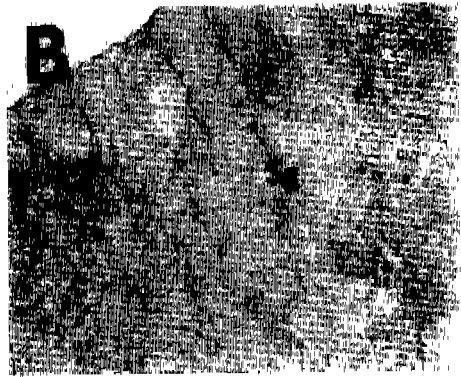
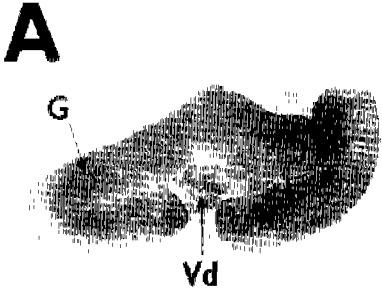
완전히 변태를 마친 정자들은 정소소엽내에 괴상을 이루며 존재하고 방정시기가 되면 정소 기부의 수정관으로 모이게 된다(Figs.8, 10; E).

방정 후 남아있던 소수의 잔존정자들은 퇴화·흡수되고 생식상피는 재배치되면서 소엽상피가 점점 비후되어간다(Figs.8, 10; F).









6. 생식년주기

쥐치와 말쥐치 암수 생식소의 월별 변화를 조직학적 관찰을 통해 종합해 볼 때, 암컷과 수컷 모두 성장기, 성숙기, 산란기 및 방정기, 퇴화 및 휴지기등의 연속적인 4단계로 구분할 수 있었다(Figs.11, 12).

1) 암컷

성장기(growing stage) : 쥐치는 1월, 말쥐치는 3월부터 생식소가 활성화되면서 난소내에 난경의 범위가 40~100 μ m 정도의 주변인기 난모세포들과 성장중인 유구기 난모세포들이 출현하기 시작하였다. 유구기 단계의 난모세포들은 난경 150~260 μ m의 정도로써 세포질의 가장 자리에는 난황포가 발달하기 시작하고 핵주위에는 유구들이 과립형태로 산재해 있었다. 이러한 성장기 단계는 쥐치와 말쥐치 모두 5월까지 출현하였지만 쥐치가 더 장시간 출현하는 경향을 보였다(Figs.7, 9; A·B).

성숙기(mature stage) : 쥐치와 말쥐치의 난소내에는 각각 5월과 4월부터 유구기 단계의 난모세포들을 포함한 난경300~400 μ m범위의 과립상의 난황구를 축적한 난황구기 단계의 난모세포가 출현하기 시작하였다. 또한 난황구들이 균질화 되고 대형의 유구를 갖는 난경 450~550 μ m 정도의 완숙 난모세포들도 쥐치는 5월, 말쥐치는 4월에도 조금씩 등장하기 시작하였다(Figs.7, 9; C).

산란기(spawning stage) : 쥐치의 경우 6월의 대부분의 개체에서 완숙 난모세포들이 주로 차지하고 있었으며 말쥐치는 5월에 해당되었다. 산란흔적으로서 완숙란들이 빠져나간 후 이들을 감싸고 있던 여포층들이 잔존한다. 이러한 산란기 개체는 쥐치의 경우 6월과 7월에 그 비율이 높아 이 시

기가 쥐치의 주산란기였으며 늦은 개체는 8월까지도 나타나고 있었다. 말쥐치는 5월과 6월에 산란기 개체가 많이 분포하였다(Figs.7, 9; D).

퇴화 및 휴지기(degenerative and resting stage) : 난소내의 미방출된 성숙난모세포들이 퇴화·흡수가 일어나는 퇴화기는 쥐치인 경우 7, 8월에도 출현하기 시작하여 9월에 대부분 개체가 퇴화기에 접어들었으며, 말쥐치는 7월부터 퇴화기에 접어들었다. 이 시기에는 난소벽이 비후해지고 주변인기 난모세포들은 퇴화·흡수되지 않고 난소소낭내에 다시 재배치되어 휴지기에 들어갔으며 쥐치는 12월, 말쥐치는 그 다음해인 2월까지 장기간 지속되었다(Figs.7, 9; E·F).

2) 수컷

성장기(growing stage) : 정소 피질층부위에서 정원세포들이 활발히 분열 증식하고(Figs.8, 10; B), 정소소엽내에 정모세포, 정세포 그리고 소수의 정자들이 무리를 이루어 성장하는 성장기 단계가 쥐치는 2월, 말쥐치는 1월부터 출현하기 시작하였으며 두 종 모두 4월까지 높은 비율로 출현하고 있었다(Figs.8, 10; C).

성숙기(mature stage) : 정소의 정소소엽내에 거의 대부분 정세포들과 성숙한 정자들로 충만되어 있는 성숙기 단계는 쥐치의 경우 일부 이른 개체에서 4월에 출현하였지만 5월부터 출현비율이 증가하면서 7월까지 계속 나타났다. 말쥐치는 4월부터 성숙기 단계를 갖는 개체가 출현하여 6월까지 지속되었다(Figs.8, 10; D).

방정기(spent stage) : 변태를 마치고 완숙한 정자들이 정소의 곡정세관을 통해 수정관으로 모이고 방정을 하게 되는 방정기 단계는 쥐치인 경우 일부 이른 개체가 5월에도 출현하였으나 6, 7월에 높은 비율로 나타났고 8월까지도 소수 개체에서 이러한 단계를 갖는 개체가 있었다. 말쥐치는 5월부터 출현하기 시작하여 6월에 높은 비율을 보였다(Figs.8, 10; E)

퇴화 및 휴지기(degenerative and resting stage) : 방정을 마치게 되면 수정관내에 존재하고 있던 정자들은 대부분 체외로 빠져나가고 정소소엽내에 존재하고 있던 미방정된 잔존 정자들은 정소내에 퇴화·흡수되면서 소엽상피가 점점 비후해지는 퇴화 및 휴지기에 들어서게 된다. 쥐치의 경우는 이러한 단계가 7월에도 소수 개체에서 발견되었지만 8월부터 그 비율이 증가하면서 이듬해인 3월까지도 꾸준히 출현하고 있었다. 말쥐치는 7월부터 출현하기 시작하여 이듬해인 2월까지 지속적으로 나타나고 있었다(Figs.8, 10; F).

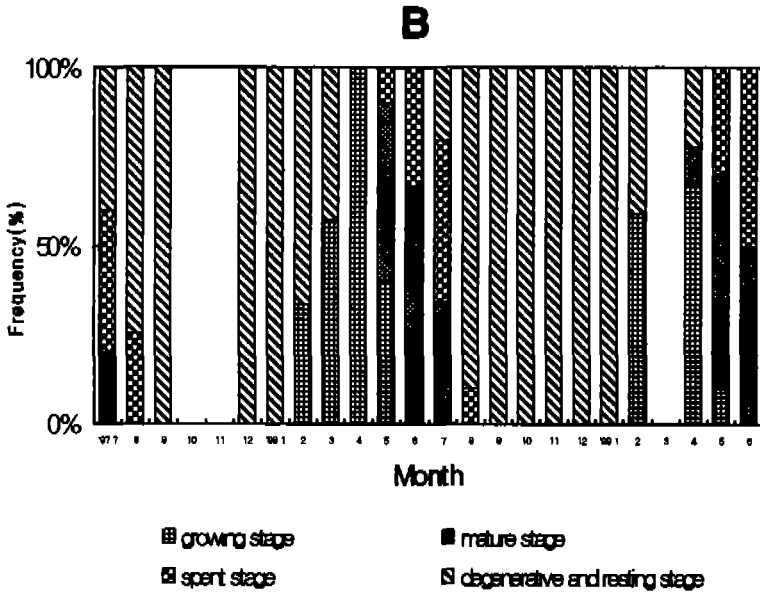
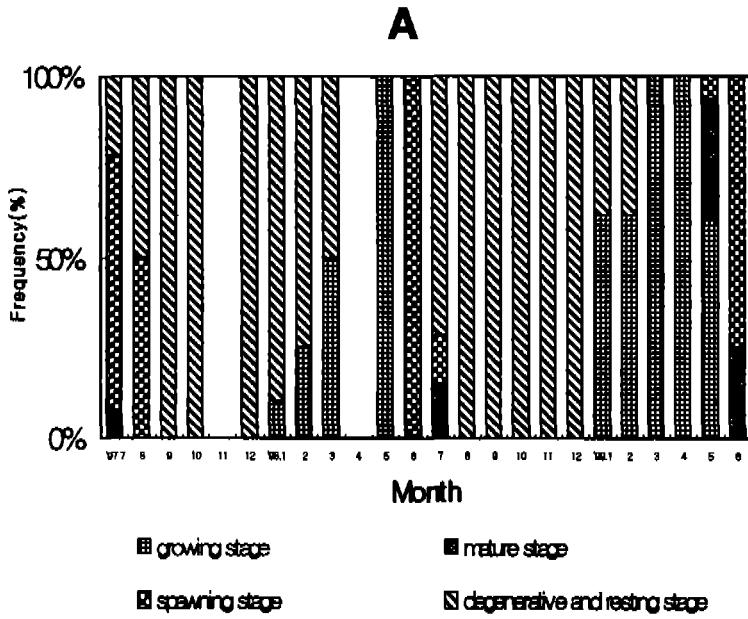


Fig.11. Monthly changes in frequency of the gonad developmental stage in *Stephanolepis cirrifer*. A, female; B, male.

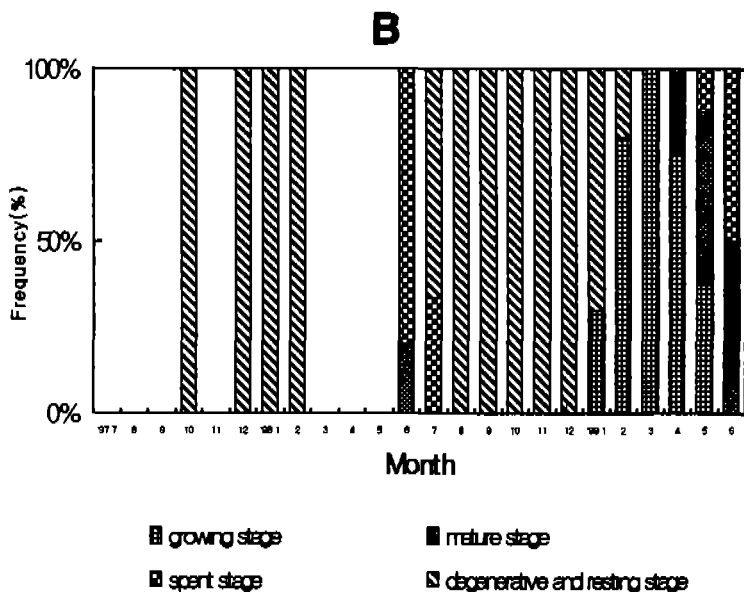
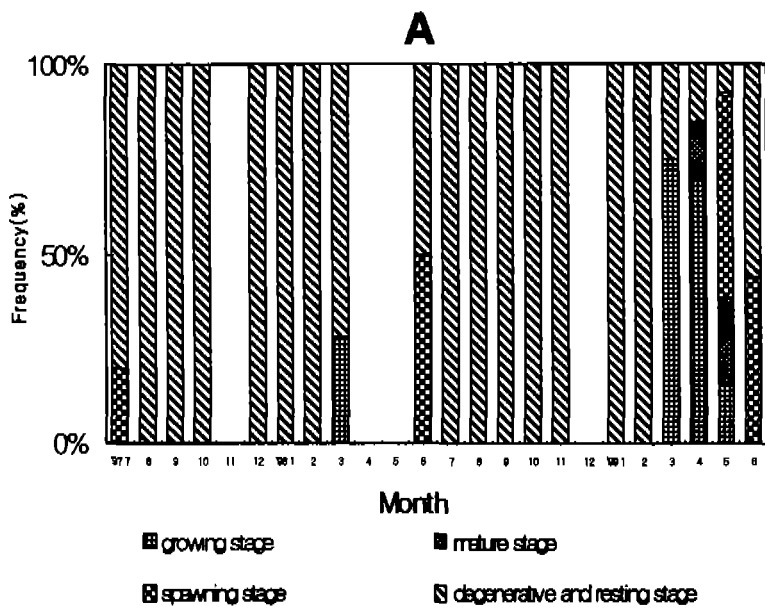


Fig.12. Monthly changes in frequency of the gonad developmental stage in *Thamnaconus modestus*. A, female; B, male.

7. 쥐치·말쥐치 암컷에 있어서 난모세포 구성의 월 변화

쥐치와 말쥐치의 난소내에 존재하는 난모세포들을 발달단계별로 구분하여 그 구성비율을 조사하였다.

1) 쥐치

쥐치의 난소내 난모세포 발달단계 구성비율의 월변화는 Table. 2와 같다. 주변인기단계의 난모세포들은 년중을 통하여 출현하였다. 유구기 단계의 난모세포들은 1월(10.9%)부터 출현하기 시작하여 6월까지 40.3%로 계속 증가하다가 7월부터는 그 비율이 낮아지면서 8월에 22.4%를 보이고 9월부터 12월까지의 난소내에 출현하지 않았다.

난황과립단계의 난모세포들은 5월(12.5%)부터 분포하기 시작하여 6월에 19.1%로 년중 출현비율이 가장 높았고 7월부터 비율이 낮아져 8월에는 15.6%를 나타냈다.

성숙단계의 난모세포들은 5월에 0.1%로 처음 출현하기 시작하여 6월에 4.6%로 그 비율이 가장 높았고 이러한 단계의 난모세포들은 8월까지 일부 존재하였다.

퇴화단계의 난모세포들은 7월에 1.9%, 8월에 9.7%로 년중 비율이 가장 높았으며 9월에는 6.6%를 나타냈다.

이상의 결과로부터 쥐치는 6월과 7월의 난소내에 난황과립단계와 성숙단계 난모세포들의 비율이 높게 나타나 이 시기에 주산란이 이루어진다고 판단된다.

2) 말쥐치

말쥐치의 난소내 난모세포 발달단계 구성비율의 월변화는 Table. 3과 같다. 쥐치와 마찬가지로 주변인기 단계의 난모세포들은 년중을 통해 매달 꾸준히 발견되었다. 유구기 단계의 난모세포들은 3월(3.4%)에 분포하기 시작하여 6월까지 27.7~30%범위의 높은 비율로 출현하였다. 하지만 7월에는 14.3%로 낮아졌으며 8월부터는 난소내에서 발견되지 않았다.

난황과립단계 난모세포들은 4월부터 7.6%, 6월까지 32.4%로 그 비율이 계속 높아지다가 7월에 8.9%로 낮아졌다.

성숙단계 난모세포들은 최초 5월부터 출현하기 시작하여 5월과 6월에 7.5~8.7%범위의 비율을 나타냈고 7월에 0.1%로 급격히 낮아졌다.

퇴화단계 난모세포들은 6월부터 1.4%, 7월에는 4.9%를 나타냈다.

이상의 결과로부터 말쥐치는 5월과 6월이 난황과립단계와 성숙단계 난모세포들의 비율이 높게 나타나 이 시기에 주로 산란이 이루어진다고 생각된다.

Table 2. Monthly changes of number and percentage size of oocyte in each developmental stage of ovary in *Stephanolepis cirrhifer*

Month	No. of oocytes	Developmental stage of ovary										
		Peri-nucleou stage		Oil droplet stage		Yolk granule stage		Mature stage		Atritic stage		Empty follicle
		No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	
Jan.	2460	2106	85.6	354	14.4							
	2682	2211	82.4	471	17.6							
	2412	2412	100									
	7554	6729	89.1	825	10.9							
Feb.	2840	2080	73.2	760	26.8							
	2564	2564	100									
	2755	2340	84.9	415	15.1							
	8159	6984	85.6	1175	14.4							
Mar.	4818	3322	68.9	1496	31.1							
	2050	1875	91.4	175	8.6							
	3225	2457	76.2	768	23.8							
	10,093	7654	75.8	1439	24.2							
Apr.	3058	2684	87.7	374	12.3							
	2496	1746	69.9	750	30.1							
	2619	1818	69.4	801	30.6							
	8173	6248	76.4	1925	25.6							
May	2470	1515	61.3	670	27.1	285	11.6					
	2567	1856	72.3	711	27.7							
	2332	802	34.3	844	37.9	637	27.4	9	0.4			+
	7369	4173	56.7	2225	30.7	922	12.5	9	0.1			
June	2374	816	34.4	784	33	657	27.7	117	4.9			+
	2537	924	36.4	1204	47.5	336	13.2	73	2.9			++
	2464	918	37.2	987	40	413	16.7	146	6.1			++
	7375	2658	36	2975	40.3	1406	19.1	336	4.6			
July	1540	704	45.7	448	29.1	224	14.5	164	10.7			+++
	1480	828	55.9	392	26.5	252	17	8	0.6			+
	1324	685	51.7	392	29.6	153	11.5	15	1.3	79	5.9	+
	4344	2217	51	1232	28.3	629	14.5	187	4.3	79	1.9	
Aug.	1233	427	34.6	492	39.9	253	20.5	61	5			+
	1022	509	49.8	261	25.5	121	11.8	8	0.8	123	12.1	
	959	437	45.6	202	21	130	13.6	4	0.4	186	19.4	
	3214	1373	42.7	955	29.7	504	15.6	73	2.3	309	9.7	
Sep.	1799	1799	100									
	2017	1643	81.5							374	18.5	
	1821	1821	100									
	5637	5263	93.4							374	6.6	
Oct.	2134	2134	100									
	2578	2578	100									
	2451	2451	100									
	7163	7163	100									
Nov.	2011	2011	100									
	1993	1993	100									
	2117	2117	100									
	6121	6121	100									
Dec.	2236	2236	100									
	1534	1534	100									
	2023	2023	100									
	5793	5793	100									

* Relative amount of empty follicle is indicated by marks, + to +++

Table 3. Monthly changes of number and percentage size of oocyte in each development stage of ovary in *Thamnaconus modestus*

Month	No of oocytes	Developmental stage of ovary										
		Peri-nucleou stage		Oil drople stage		Yolk granule stage		Mature stage		Atretic stage		Empty follicle
		No.	%	No.	%	No.	%	No	%	No	%	
Jan.	2137	2137	100									
	2354	2354	100									
	2276	2276	100									
	6767	6767	100									
Feb.	1894	1894	100									
	2463	2463	100									
	2774	2774	100									
	7131	7131	100									
Mar.	1857	1741	93.7	116	6.3							
	2119	2032	95.9	87	4.1							
	1998	1998	100									
	5974	5771	96.6	203	3.4							
Apr.	2264	1320	58.3	944	41.7							
	2065	1699	82.3	366	17.7							
	1920	938	48.9	511	26.6	471	24.5					
	6249	3957	63.3	1821	29.1	471	7.6					
May	1516	590	28.7	448	29.9	476	31.3	2	0.1			+
	1265	523	41.3	347	27.4	279	22.1	116	9.2			++
	1431	445	31.1	375	26.2	413	28.9	198	13.8			+++
	4212	1558	36.9	1170	27.7	1168	27.6	316	7.5			
June	610	162	26.6	170	27.9	216	35.4	32	5.2	30	4.9	+
	581	149	25.7	150	25.8	194	33.4	88	15.1			+
	920	268	29.1	314	34.1	274	29.8	64	7			+
	2111	579	27.4	634	30	684	32.4	184	8.7	30	1.5	
July	1847	712	38.5	696	37.7	432	23.4	7	0.4			
	1560	1342	86							218	14	+
	1460	1443	98.8							17	1.2	
	4867	3497	71.8	696	14.3	432	8.9	7	0.1	235	4.9	
Aug.	1414	1414	100									
	1399	1399	100									
	1726	1726	100									
	4539	4539	100									
Sep.	2104	2104	100									
	1544	1544	100									
	2316	2316	100									
	5964	5964	100									
Oct.	2457	2457	100									
	2336	2336	100									
	1963	1963	100									
	6756	6756	100									
Nov.	2024	2024	100									
	1895	1895	100									
	2241	2241	100									
	6160	6160	100									
Dec.	2017	2017	100									
	1742	1742	100									
	1583	1583	100									
	5342	5342	100									

* Relative amount of empty follicle is indicated by marks, + to +++

8. 말쥐치의 산란주기

1) 산란주기에 따른 주간 GSI 변화 및 난소의 조직학적 발달 과정.

말쥐치를 대상으로 이들의 산란횟수를 알아보기 위해 산란시기인 4~6월 동안 일주일 간격으로 암컷의 GSI 변화(Fig. 13) 및 난소의 조직학적 발달 단계의 변화(Fig. 14)를 조사하였다.

4월 14일과 21일의 경우 전개체가 GSI값이 3미만을 보였고 난소내에는 아직 성장을 시작하지 않은 주변인기 단계 난모세포로만 이루어진 난소(Fig.14, A)와 유구기단계 난모세포가 등장하는 초기성장기 단계의 난소(Fig.14, B)들로 이루어졌다.

4월 26일에는 GSI값이 6.5와 6.19로 높게 상승하면서 난황과립단계 난모세포로 이루어진 후기성장기 단계의 난소(Fig.14, C)가 나타남과 동시에 GSI값이 3미만의 초기성장기 단계에 머물러 있는 개체들도 있었다.

5월 3일에는 GSI값이 11.94로 높게 상승하면서 처음 산란을 시작하는 개체(Fig.14, D)가 나타났으며 반면에 GSI값이 1.48로 아주 낮고 아직 성장을 시작하지 않은 주변인기 난모세포만을 갖는 개체도 발견할 수 있었다.

5월 10일에는 GSI값이 12.55와 18.57을 보이며 산란을 하는 개체들과 후기성장기 단계를 갖는 개체 그리고 이미 산란을 마치고 난소의 일부가 퇴화를 맞는 개체들이 골고루 발견되었다. 5월 17일에는 산란하는 개체는 나타나지 않았으며 GSI값이 3.1~7.1범위의 초기성장기와 후기성장기 단계를 갖는 개체들로 이루어졌다.

5월 24일과 6월 1일에는 대부분의 개체가 GSI값이 10.74~23.52 범위의 높은 값을 보이며 산란을 하고 있었고, 특히 6월 1일에는 성숙란들은 존재하지만 주변인기 난모세포를 제외한 다른 난모세포의 일부가 퇴화되고 있는 개체도 발견되었다.

6월 8일과 15일의 모든 개체는 GSI값이 1.55~5.41의 범위로 급격히 하강하면서 이미 산란을 마쳐 난소 전체가 퇴화기를 맞고 있었다(Fig.14, F).

6월 22일에는 GSI값이 약간 상승하면서 대부분의 개체가 성숙란 및 배란의 흔적을 보이고 있었지만 난소내의 일부 난황과립단계 난모세포들은 퇴화·붕괴되고 있었고(Fig.14, E) 이미 퇴화기를 갖는 개체도 발견할 수 있었다.

이상의 결과로부터 말쑤치는 주산란이 5월중순경(10일)과 5월하순(24일) 및 6월초순경(1일) 그리고 6월하순경(22일)에 3회정도 일어나고 있음을 알 수 있었다.

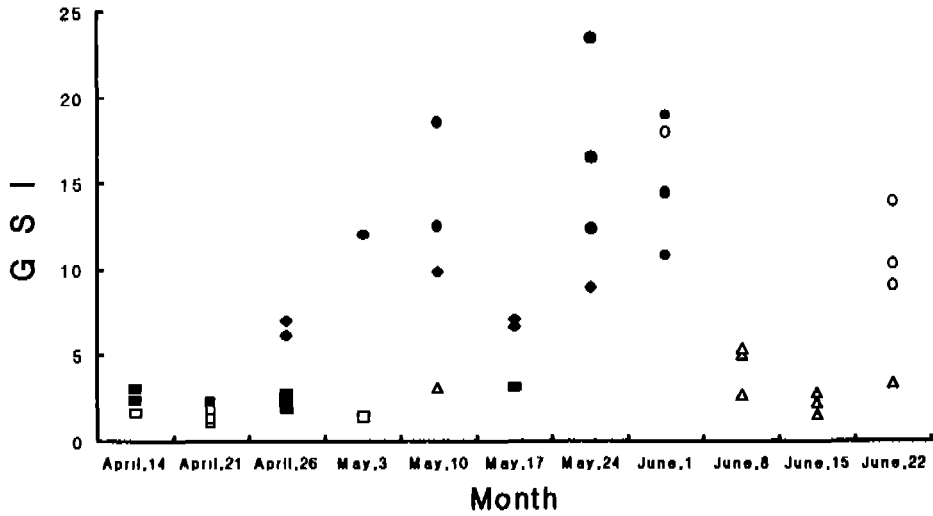
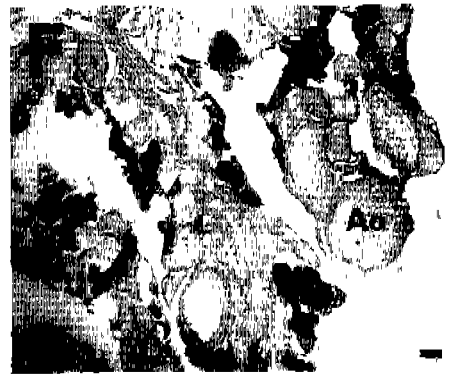
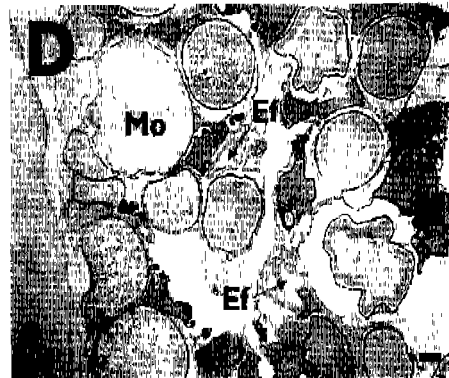
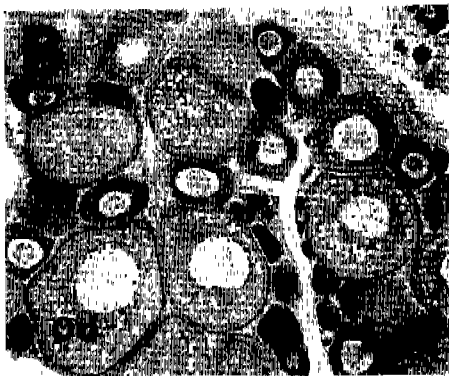
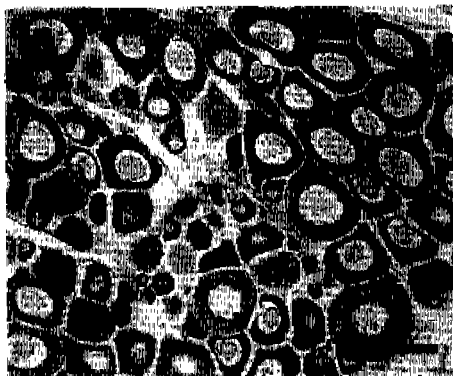


Fig.13. Weekly changes of gonadosomatic index(GSI) and maturity stage in female *Thamnaconus modestus* during the spawning period. □, peri-nucleous stage; ■, early growing stage; ◆, late growing stage; ●, mature and spawning stage; ○, spawning and degenerative stage; △, degenerative stage.

Each symbol is ovary maturity of individual.



2) 산란주기에 따른 혈중 성 steroid 호르몬의 주간변화

말쥐치 암컷이 산란기간동안 혈중 성 steroid 호르몬인 estradiol-17 β (E₂)와 testosterone (T) 농도의 변화를 Fig.15에 나타냈다.

E₂와 T의 농도변화는 GSI의 변화와 거의 유사한 양상을 보였는데 우선 E₂인 경우, 4월 14일에 1.16 \pm 0.31ng/ml를 보이면서 하강하기 시작하다가 5월 3일부터 다시 상승하면서 5월 10일에는 1.02 \pm 0.45ng/ml를 나타냈다. 하지만 5월 17일에 0.45ng/ml로 다시 하강했다가 5월 24일에 2.24 \pm 1.5ng/ml로 크게 상승하여 산란기간 동안 최고값을 보였다. 6월 1일부터는 1.09 \pm 0.26ng/ml으로 급격히 하강하면서 대체로 낮은 값을 유지하다가 6월 22일에 0.68 \pm 0.37ng/ml로 다소 상승하였다.

T의 농도를 살펴보면, 4월 14일에 0.38 \pm 0.03ng/ml을 보이면서 5월 3일까지 계속 하강하다가 5월 10일에 0.44 \pm 0.16ng/ml로 상승한 후 5월 17일에 0.12ng/ml로 다시 하강하였고 이러한 농도는 E₂와 마찬가지로 5월 24일에 0.59 \pm 0.35ng/ml로 급격히 상승하여 최고값을 보였다. 이 후 6월 1일에 0.28 \pm 0.04ng/ml로 다시 하강한 뒤 대체로 낮은 값을 유지하다가 6월 22일에 0.36 \pm 0.1ng/ml로 다소 상승하였다.

이상의 결과로부터 혈중에 분포하는 성 steroid 호르몬인 E₂와 T의 농도가 난소내 난발달과정에 따른 말쥐치의 주간 GSI변화와 거의 일치하여 산란개체가 주를 이루는 5월중순경(10일)과 하순경(24일), 6월초순경(1일)에 E₂와 T의 농도도 높게 나타나고 있음을 알 수 있었다.

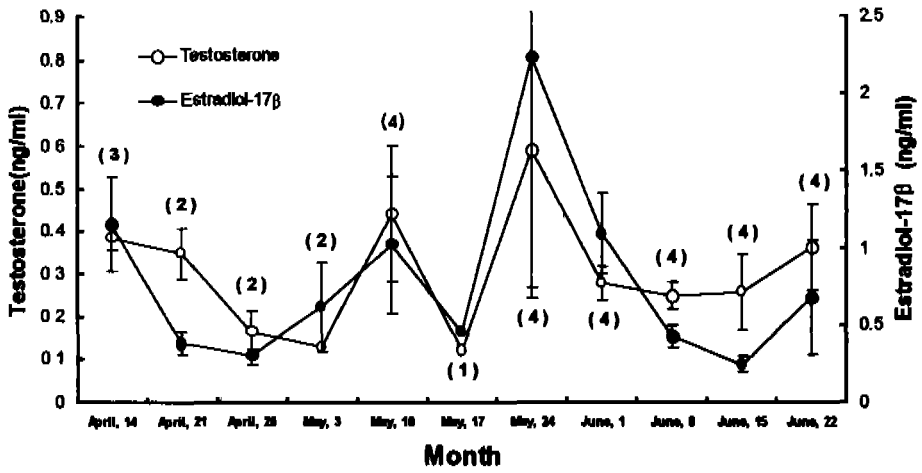


Fig.15. Weekly changes of plasma estradiol-17 β (E₂) and testosterone(T) levels in female *Thamnaconus modestus* during the spawning period, () : individual.

3) 산란기간에 있어 난모세포 구성의 주간 변화

말쥐치의 산란기간동안 난소내 난모세포 발달단계 구성의 주간변화는 Table. 4와 같다.

4월 14일과 21일에는 주변인기단계와 유구기 단계의 난모세포들만이 난소내에 존재하였지만 4월 26일부터는 난황과립단계의 난모세포들이 난소내에 23.7%를 차지하며 출현하였다.

5월 3일에는 난소내에 성숙단계 난모세포들이 3.6%의 비율로 출현하였고 산란의 흔적인 비어있는 여포층들도 소수 관찰되었다.

5월 10일에는 난황과립 단계와 성숙단계 난모세포들의 비율이 각각 31.4%, 9.1%로 높아지면서 비어있는 여포층들도 다수 관찰되었다. 5월 17일에는 성숙단계 난모세포들은 출현하지 않았다.

5월 24일과 6월 1일에는 난황과립단계 난모세포(23.3~31.3%)와 성숙단계 난모세포(12.1~13.3%)의 비율이 조사기간 중 가장 높게 출현하였으며 비어있는 여포층들도 다수 관찰되었다.

6월 8일과 15일에는 난소내에 난황과립단계와 성숙단계 난모세포들은 거의 존재하지 않았고 퇴화단계 난모세포들이 높은 비율(38.1~38.7%)을 보이며 출현하였다.

6월 22일에는 다시 난황과립단계(12.2%)와 성숙단계 난모세포들(12.4%)이 출현하였지만 퇴화단계 난모세포들도 19.1%의 비율로 출현하였다.

이상의 결과로부터, 앞의 주간 GSI변화와 성 steroid 호르몬 변화와 마찬가지로 말쥐치의 난소내 존재하는 성숙단계의 난모세포들과 비어있는 여포층의 비율도 5월중순경(10일)과 5월하순(24일) 및 6월초순경(1일) 그리고 6월하순경(22일)에 높게 출현하고 있었다.

Table 4. Weekly changes of number and percentage size of oocyte in each developmental stage of ovary in female *Thamnaconus modestus* during the spawning period

Date	No. of oocytes	Developmental stage of ovary											
		Peri-nucleou stage		Oil drople stage		Yolk granule stage		Mature stage		Atretic Empty follicle			
		No	%	No	%	No.	%	No.	%	No	%		
April, 14	2276	1991	87.5	285	12.5								
	2014	1437	71.3	577	28.7								
	1964	1450	73.8	514	26.2								
	6254	4878	78	1376	22								
April, 21	2065	1699	82.3	366	17.7								
	2123	2123	100										
	2977	2775	93.2	202	6.8								
	7165	6597	92.1	568	7.9								
April, 26	1618	696	43.0	470	29.1	452	27.9						
	2304	1320	57.3	522	22.7	462	20						
	1920	938	48.9	511	26.6	471	24.5						
	5842	2954	50.6	1503	25.7	1385	23.7						
May, 3	1265	523	41.3	347	27.4	279	8.6	116	9.2				++
	1967	1709	86.9	258	13.1								
	3232	2232	69.1	605	18.7	279	8.6	116	3.6				
May, 10	1516	590	28.7	448	29.9	476	31.3	2	0.1				+
	1431	445	31.1	375	26.2	413	28.9	198	13.8				+++
	1209	341	28.2	287	23.7	404	33.4	177	14.7				++
	4138	1376	33.3	1110	26.8	1293	31.4	377	9.1				
May, 17	1241	411	33.1	432	34.8	398	32.1						
	1266	396	31.3	462	36.5	408	32.2						
	2080	968	47	680	33	412	20						
	4567	1775	38.9	1674	34.5	1218	26.6						
May, 24	1043	295	28.3	447	42.9	202	19.4	99	9.4				+
	1072	198	18.5	453	42.3	275	25.6	146	13.6				+++
	1046	257	24.5	392	37.5	258	24.7	139	13.3				+
	3161	750	23.7	1292	40.9	735	23.3	384	12.1				
June, 1	610	162	26.6	170	27.9	216	35.4	62	10.1				+
	715	181	25.3	245	34.3	186	26	103	14.4				++
	581	149	25.7	150	25.8	194	33.4	88	15.1				+
	1906	492	25.8	565	29.6	596	31.3	253	13.3				
June, 8	559	168	30.1	163	29.1			2	0.4	226	40.4		
	585	176	30.1	192	32.8					217	37.1		
	1144	344	30.1	355	31			2	0.2	443	38.7		
June, 15	987	364	36.9							623	63.1		
	1309	1022	78.1							287	21.9		
	628	425	67.7							203	32.3		
	2924	1811	61.9							1113	38.1		
June, 22	732	181	24.7	228	31.1			103	14.1	220	30.1		+
	920	268	29.1	314	34.1	274	29.8	64	7				+
	596	135	22.7	139	23.3			112	18.8	210	35.2		+
	2248	584	26	681	30.3	274	12.2	279	12.4	430	19.1		

* Relative amount of empty follicle is indicated by marks, + to +++

IV. 고찰

현재까지 어류의 생식생태학적인 것에 대한 많은 연구보고들에서 어류들의 생식리듬을 제어하는 주요 외적 환경요인으로 다른 여러 가지 요인들도 관여하지만 특히 서식지역의 수온과 광주기가 가장 큰 영향을 끼치고 있다고 보고하고 있다(Asahina and Hanyu,1982; Razani and Hanyu,1986; Santos *et al.*,1986; 羽生, 1991).

본 연구에서 복어목(Order Tetraodontiformes), 쥐치과(Family Monacanthidae)에 속하는 쥐치(*Stephanolepis cirrifer*)와 말쥐치(*Thamnaconus modestus*)의 년 생식주기를 2년동안 채집하여 조직학적으로 조사한 결과 이 두 종은 수온과 광주기 변화에 따라 산란시기가 다소 차이점을 보였다.

우선 쥐치의 경우는 생식소의 성숙 경향이 년 수온변화 및 광주기변화와 거의 비슷하게 발달하고 있음을 알 수 있었다. 즉 년중을 통해 GSI값은 낮지만 저수온기이고 광주기가 짧은 1, 2월경부터 생식소내의 난모세포가 활성화되고 있었다. 하지만 GSI가 상승하기 시작하는 3월부터 실질적인 성장기에 들어가고 있었다. 6월에 GSI값이 최고를 보이면서 년중 고수온기이고 광주기가 길어지는 6, 7월경에 주산란이 일어나고 있었지만 빠른 개체는 5월, 늦은 개체는 8월에도 산란하는 개체를 발견할 수 있었다. 다시 수온이 하강하기 시작하고 광주기도 다시 짧아지는 9월경부터 생식소의 활동도 떨어져 거의 대부분 개체의 생식소가 퇴화 및 휴지기에 들어섰다.

말쥐치의 경우는 쥐치와 다소 달라 쥐치보다 늦게 수온이 상승하고 광주기도 서서히 길어지는 3월경부터 생식소가 활성화되면서 쥐치보다는 단기간에 생식소내 난모세포들의 성숙이 이루어지고 이른 개체는 4월부터 산란을 하지만 5월에 GSI값이 최대를 보이며 주산란이 일어나고 있었다. 6월에도 산란은 계속 되지만 생식소의 일부가 이미 퇴화되는 개체가 발견되었고

고수온기로 접어드는 7월부터는 이미 GSI값도 떨어져 생식소가 퇴화되고 휴지기에 들어가는 개체들도 발견할 수 있었다.

말쥐치는 이미 최·박(1982)과 박(1985)에 의해 국내산 말쥐치의 산란에 관한 연구가 보고된바 있는데 박(1985)의 연구보고에서는 동해와 서해산 말쥐치의 산란시기가 5~6월, 남해산은 4~6월이 주산란시기라고 보고하고 있어 본 연구해역에서 서식하는 말쥐치와 산란시기가 그리 큰 차이점을 보이지 않았다. 국내에 서식하는 말쥐치는 이미 보고된 연구들과 본 연구를 통해 6월이면 산란이 거의 종료되고 있음을 알 수 있다.

일본산 말쥐치인 경우는 内田(1972)에 의해 산란시기가 6~7월, Kitajima et al.(1964)은 廣島縣에 서식하는 말쥐치의 산란시기를 5~7월, Ikehara(1976)는 新潟縣 연안에 서식하는 말쥐치의 산란시기를 5월 하순~7월 중순으로 보고하고 있어 일본산 말쥐치가 국내산 보다 산란시기가 한 달정도 늦는 다는 것을 알 수 있었다.

쥐치에 대해서는 국내외를 통틀어 이들의 산란시기에 대한 구체적인 연구가 거의 보고된 바가 없고 본 연구에서 나온 결과에 따라 이른 개체는 5월부터 산란이 시작되어 8월경에 대부분이 산란을 종료하고 있었다. 이러한 쥐치의 생식주기는 李·羽生(1984)의 그물코쥐치, *Rudarius ercodes*의 생식주기와의 그 시기가 거의 일치하고 있었다.

일반적으로 어류는 수온과 광주기의 변화에 따라 산란형을 크게 춘계산란형, 춘·하계산란형, 하계산란형, 추계산란형, 동계산란형, 춘·추계산란형으로 구분할 수 있다(Aida, 1991).

본 연구에서 나온 쥐치와 말쥐치의 생식주기 결과를 종합해 볼 때 쥐치는 말쥐치에 비해 생식소의 활성화가 빨리 오고 생식소가 성숙되는 기간이 길었으며 고수온기에 주산란기를 갖는 하계산란형에 속하는 반면 말쥐치는 쥐치보다 생식소의 활성화가 1~2달 늦지만 성숙기간이 쥐치에 비해 짧고 비교적 저수온기에 생식소의 성숙이 이루어졌다. 또한 쥐치에 비해 산란기간도 짧았으며 고수온기 직전에 대부분의 개체들이 산란을 마치는 것으로 보

아 춘·하계산란형에 속하는 것으로 추측된다.

한편, 제주도 연안에 서식하는 어류중에서는 자리돔, *Chromis notatus* (李·李, 1987), 용치놀래기, *Halicoeres poeilopterus* (李 等, 1991), 어렁놀래기, *Pteragogus flagellifera* (李 等, 1992) 등이 쥐치와 마찬가지로 하계산란형에 속하는 것으로 알려져 있다.

쥐치와 말쥐치의 산란의 시작과 종료에 영향을 미치는 환경요인을 수온과 일장을 결부하여 살펴보면 쥐치의 경우 산란개시에는 고수온과 일장의 증가, 산란종료는 저수온과 일장의 감소가 산란에 영향을 미치는 것으로 생각되며 말쥐치의 경우에는 이들의 산란개시는 봄의 수온상승과 일장의 증가, 산란종료는 여름의 고수온과 일장의 감소가 주된 외부환경요인으로 영향을 끼치고 있다고 추측된다. 앞으로 이러한 외적환경요인들과 더불어 이들의 산란을 유도하는 내적요인들에 관한 연구도 세부적으로 행해야 할 것이다.

또한 년중을 통해서 쥐치와 말쥐치의 생식소 성숙과 산란기간을 비교해 볼 때 말쥐치의 산란기가 끝나자마자 쥐치가 곧바로 산란기에 들어가는 형태로 나타나 두 종의 산란시기가 거의 겹치지 않고 있었다. 이렇게 동일한 해역내에 서식하는 두 종간의 산란기간의 시기적인 차이점이 자연적인 현상인지 아니면 이들이 서로 산란시기를 달리하기 위해 산란시기 분할이 이루어지는 것인지를 밝히기 위해서도 이들의 산란에 영향을 주는 내분비 계통의 내적요인들과 먹이생태 관계, 군집구조등의 더 세부적인 연구가 수행되어야 할 것이다.

어류에 있어서 암컷인 경우 난모세포의 발달양식은 모든 난모세포들이 동시에 발달하는 동시발달형, 난모세포들이 무리를 이루어 발달하는 난군 동시발달형, 생식소내에 모든 발달단계의 난모세포를 갖는 비동시발달형으로 구분할 수 있다(Wallace and Selman, 1981; de Vlaming, 1983).

본 연구에서 쥐치와 말쥐치 암컷 생식소의 난모세포 발달을 조직학적인 방법으로 관찰한 결과, 성숙시기의 두 종의 난소내에는 어린 주변인기 난

모세포로부터 성숙난모세포까지 모든 발달단계의 난모세포가 존재하고 있어서 이들은 난소발달양식에 따른 분류상 비동시발달형에 속하는 것으로 판단된다.

특히 이번 연구에서는 말쥐치를 대상으로 이들의 산란시기내의 산란횟수를 조사하기 위해 이들의 산란시기인 4~6월, 3개월동안 일주일간격으로 암컷의 GSI변화와 난소를 조직학적으로 관찰하고 난황물질형성에 중요하게 작용하는 성 steroid 호르몬인 estradiol-17 β (E₂)와 testosterone(T)의 변화를 조사하였다. 말쥐치는 우선 4월중순경(4월 14일, 21일)부터 난소내 난모세포가 실질적인 성장을 시작하였지만 늦은 개체는 5월 초순경(5월 3일)과 중순경(5월 17일), 더 늦은 개체는 5월 하순경(5월 24일)에도 성장하는 개체가 출현하였다.

4월 중순경부터 성장하는 개체에 의해 이른 개체는 5월 초순경(5월 3일)에 처음으로 산란을 시작한 것으로 생각되고 5월 중순경(5월 10일)에는 이미 퇴화기를 갖는 개체도 등장하였다.

5월 초순경부터 성장하는 개체들에 의해 5월 하순경(5월 24일)과 6월 초순경(6월 1일)에 대부분의 개체들이 산란하고 있다고 생각되고 6월 중순경(6월 8일, 15일)에는 모든 개체가 퇴화기를 맞고 있었다.

6월 하순경(6월 22일)에도 산란하는 개체들이 발견되었지만 이 개체들은 아마 가장 늦게 성장을 시작한 개체들(5월 24일)에 의한 것이라 생각되며 이 시기의 개체들의 난소는 그 일부가 퇴화상태를 보이고 있었고 난소의 전부가 퇴화기 상태를 갖는 개체도 발견할 수 있었다.

말쥐치인 경우, 박(1985)의 연구를 통해 산란기간 동안의 산란횟수를 난경모드를 통해 추정된 결과 적어도 3~4회에 걸쳐 방란이 이루어지고 있다고 보고하고 있고, 高見·宇都宮(1969)은 직접 말쥐치를 실내 수조내에서 사육하면서 산란횟수를 관찰한 결과 4~5회 정도 방란하고 있다고 보고하고 있다.

본 연구의 결과로 보아서도 말쥐치는 5월과 6월 초순경에 주산란이 이루

어지며 적어도 산란기간내 2회이상의 산란을 하는 다회산란어에 속하는 것으로 추측된다.

쥐치의 경우는 아직까지 이러한 산란기간내 산란횟수 추정에 대한 연구 보고가 거의 없고 본 연구에서 산란기간동안 산란흔적으로 보이는 비어있는 여포층이 다수 나타나는 것으로 보아(Table.2) 쥐치도 2회이상 산란하는 다회산란종으로 추정되지만 앞으로 포란수 및 난경조성, 수조사육 관찰 등과 같은 좀 더 세부적인 방법을 이용하여 연구할 필요성이 있을 것이다.

어류의 혈중 성 호르몬에 있어서 E_2 는 간의 난황전구물질(vitellogenin)의 합성을 촉진하는 중요한 성 호르몬으로 GSI가 상승함에 따라 혈중 E_2 농도도 함께 증가하는 경향을 보인다(Kobayashi *et al.*, 1986; Razani *et al.*, 1989).

T는 E_2 합성의 전구체 역할을 하는 호르몬으로 알려져 있는데 즉, 협막층과 과립막층으로 이루어진 난의 여포세포에 있어서 난황이 축적되는 시기에 협막층에서는 steroid 생산세포에 의해 T가 만들어지고, 이 T는 과립막층으로 들어가서 방향화 효소에 의해 E_2 로 변환된다고 알려져 있다(Nagahama,1987; Nagahama and Yamoshita, 1987).

본 연구에서 말쥐치 암컷의 산란기간동안 E_2 와 T의 혈중농도 변화를 살펴본 결과, 두 호르몬 모두 GSI변화와 거의 유사한 양상을 보였다. 즉 난모세포가 성장을 하기 시작하면서 E_2 와 T의 농도가 증가하고 있었고 난황과립단계 난모세포와 성숙란들이 많은 시기에 대체로 높은 값을 유지하였으며 산란기간내에서도 산란이 가장 활발하게 일어나는 5월 24일에는 두 호르몬 모두 최고의 농도값을 나타냈다.

일반적으로 난모세포 발달 양식에 있어서 비동시 발달형에 속하는 어종들은 배란 및 산란후에도 난소내에 비교적 많은 양의 난황과립단계 난모세포가 남아 있어 혈중 E_2 농도가 높게 유지된다고 보고하고 있다(Law, 1988; Rinchard *et al.*, 1993).

한편, 불락류와 같이 번식방법이 체내수정을 하는 종들은 임신기간 중

모체로부터 일부 영양공급을 받음으로써 난황의존도가 낮아 난황형성기에 E_2 의 증가를 보이다가 난모세포가 최종성숙단계로 이행되면 오히려 E_2 의 감소가 일어난다고 알려져 있다(Young *et al.*, 1983).

이번 결과에서 말쥐치는 비동시발달형에 속하는 것으로 판단됨으로써 혈중 E_2 의 농도가 난황형성기에도 증가하고 주산란이 일어나는 시기에도 이들의 난소내에는 성숙란 뿐만 아니라 많은 양의 난황과립단계 난모세포들의 존재가 조직상으로 확인됨으로써 E_2 의 농도가 높게 나타났으리라고 사료된다. 따라서 말쥐치에서도 혈중 E_2 가 난모세포의 성장에 관여하는 것으로 생각되며 E_2 의 혈중 농도 조사를 통해 본 종의 난모세포들의 성숙도 및 산란시기의 판단이 가능하리라 생각된다.

T인 경우는 경골어류의 난성숙에 있어서 그 역할이 아직 명확하게 밝혀 지지는 않았지만 많은 경골어류에서 산란 및 배란기 동안에 혈중 T농도의 상승을 관찰할 수 있었으며(Pankhurst *et al.*, 1986; Barry *et al.*, 1992), T의 증가가 일어난 후 난모세포의 최종 성숙 및 배란이 일어난다고 보고되고 있다(羽生, 1991). 이번 결과에서도 말쥐치의 T 혈중 농도가 난황형성기와 산란기에 높은 수준을 유지하고 있어 T의 혈중 농도 변화에 의해서도 본 종의 주산란기 추정이 가능하리라 생각된다.

V. 요약

1997년 7월부터 1999년 6월까지 2년간 제주도 남부해역인 하예동 연안에서 매월 채집한 쥐치(*Stephanolepis cirrifer*)와 말쥐치(*Thamnaconus modestus*)의 생식주기를 조직학적인 방법에 의해 연구하였다. 두 종의 생식주기를 살펴보았을 때 쥐치의 경우 암수의 GSI값이 6월에 년중 최고값을 보였고 말쥐치는 암컷은 5월, 수컷은 6월에 년중 최고값을 보였다. 생식주기의 구분에 있어서 암컷인 경우 성장기는 쥐치가 2~5월, 말쥐치는 3~4월이며 성숙기는 쥐치가 5~6월, 말쥐치는 4~5월이었다. 산란기는 쥐치가 6~8월이고 말쥐치는 5~6월이며 퇴화 및 휴지기는 쥐치가 9~12월, 말쥐치는 7~2월로 나타났다. 수컷인 경우 성장기는 쥐치가 2~4월, 말쥐치는 1~3월이었으며 성숙기는 쥐치가 5~6월, 말쥐치는 4~5월로 나타났다. 방정기는 쥐치가 6~8월, 말쥐치는 5~7월이었고 퇴화 및 휴지기는 쥐치가 9~1월, 말쥐치는 8~12월로 나타났다. 쥐치와 말쥐치의 난소를 조직학적인 방법으로 관찰한 결과 성숙시기의 난소내에는 여러 발달 단계의 난모세포들이 모두 관찰되어 비동시발달형에 속하는 어종으로 판단된다. 말쥐치만을 대상으로 이들의 산란주기를 알아보기 위해 산란기간동안 세부적인 생식소 발달상을 조직학적인 방법으로 관찰하고 성 steroid 호르몬인 estradiol-17 β (E₂)와 testosterone(T)의 혈중 농도를 RIA검사를 통하여 조사한 결과 말쥐치는 산란기간내 적어도 2회 이상 산란을 하는 다회산란종으로 추정되며, E₂와 T의 혈중 농도 변화는 난모세포의 성숙과 GSI 변동에 거의 상동적으로 변화하고 있었다.

VI. 참고 문헌

- Aida, K. 1991. Environmental regulation of reproductive rhythms in teleostei. Bull. Inst. Zool., Academia Sinsca, Monograph., 16, 173-187.
- Asahina, K., and I. Hanyu. 1983. Role of Temperature and Photoperiod in Annual Reproductive Cycle of the Rose Bitterling *Rhodeus ocellatus ocellatus*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52(6), 965-969.
- Barry, T. P., L. S. Procarione, A. F. Lapp and J. A. Malison. 1992. Induced final oocyte maturation and spawning in walleye (*Stizostedion vitreum*). In Abstract, World Aquaculture Soc., Baton Rouge, p.35.
- de Vlaming, V. 1983. Oocyte development pattern and hormonal involvement among teleosts "Control Processes in Fish Physiology" (eds. J. C. Rankin, T. J. Pitcher and R. Duggan), Croom Helm, London, 176-199.
- Estay, F., R. Neira, N. F. Diaz, L. Valladares, and A. Torres. 1998. Gametogenesis and Sex Steroid Profiles in Cultured Coho Salmon(*Oncorhynchus Kisutch*, Walbaum). The Journal of Experimental Zoology, 280, 429-438.
- Ikehara, K. 1976. Notes on the spawning and growth of *Navodon modestus*(GUNTHER) in the near-shore waters of Niigata Prefecture. Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab., 27, 41-50.(in Japanese)
- Kang, D. Y., Y. J. Chang, Y. C. Sohn, and K. Aida. 1998. Changes in Plasma levels of Thyroid and Sex Steroid Hormones in

- Rockfish(*Sebastes schlegeli*) during Maturation and Parturition Periods. J. Kor. Fish. Soc., 31(4), 574-580.
- Kim, G. H., S. K. Lim, and C. H. Han. 1996. Radioimmunoassay for gonadal steroid hormones in a bullhead, *Pseudobagrus fulvidraco*(Richardson). J. Inst. Bio-Prod. Res., Dong-Eui Univ., 12,13:53-65.
- Kitajima, C., M. Kawanishi and T. Takeuchi. 1964. Egg development and post-larval of a filefish , *Navodon modestus*(GUNTHER). Suisanzoushoku, 12: 49-54.
- Kobayashi, M., K. Aida, and I. Hanyu. 1985. Radioimmunoassay for Silver Carp Gonadotropin. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 51(7), 1085-1091.
- Kobayashi, M., K. Aida, and I. Hanyu. 1986. Annual Changes in Plasma Levels of Gonadotropin and Steroid Hormones in Goldfish. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52(7), 1153-1158.
- Kobayashi, M., K. Aida, and I. Hanyu. 1987. Hormone Changes on gonadotropin levels and ovulation in Goldfish. Gen. Comp. Endocrinol., 67, 24-32.
- Law, Y. K. 1988. Endocrine analyses of maturation and spawning in carp *Cyprinus carpio*. University of ToKyo
- Lee, W. K. 1998. Annual Reproductive Cycle and Changes in Plasma Levels of Sex Steroid Hormone of the Female Korean Dark Sleeper, *Odontobutis platycephala* (Iwata et Jeon). J. Kor. Fish. Soc., 31(4), 599-607.
- Nagahama, Y. 1987. $17\alpha,20\beta$ -dihydroxy-4-pregnen-3-one : A teleost maturation - inducing hormone. Devel. Growth Differ., 29, 1-12.

- Nagahama, Y., and M. Yamoshita. 1987. Mechanisms of synthesis and action of $17\alpha,20\beta$ -dihydroxy-4-pregnen-3-one, a teleost maturation-inducing substance. *Fish Physiol. Biochem.*, 7, 193-200.
- Pankhurst, N. W., G. Van Der Kraak, and R. E. Peter. 1986. Effects of human chorionig gonadotropin, DES-GLY (D-ALA⁶) LHRH-ethylamide and pimozone on oocyte final maturation, ovulation and levels of plasma sex steroid in walleye (*Stizostedion vitreum*). *Fish Physiol. Biochem.*, 1, 45-54.
- Razani, H., and I. Hanyu. 1986. Annual Reproductive Cycle of 2-3 Years Old Female Goldfish and Its Artificial Modification by Manipulations of Water Temperature and Photoperiod. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 52(6), 965-969.
- Razani, H., I. Hanyu, K. Adia and K. Furukawa. 1989. Rematuration of female goldfish under continued warm or cool temperature in combination with short or long photoperiod. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 55, 1499-1504.
- Rinchart, J., P. Kestemont, E. R. Kuhn, and A. Fostier. 1993. Seasonal changes in plasma levels of steroid hormones in asynchronous fish the gudgeon *Gobio gobio* L. *Gen. Endocrinol.*, 92, 168-178.
- Santos, A. J. G., K. Furukawa, K. Bando, K. Aida, and I. Hanyu. 1986. Photoperiodic Determination of Preovulatory Gonadotropin Surge Onset Time in the Carp *Cyprinus carpio*. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 52(7), 1167-1172.
- Santos, A. J. G., K. Furukawa, M. Kobayashi, K. Bando, K. Aida, and I. Hanyu. 1986. Plasma Gonadotropin and steroid Hormones Profiles During Ovulation in the Carp *Cyprinus carpio*. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 52(7), 1159-1166.

- Suzuki, T. 1976. Relations between feeding rates and growth rates of file fish, *Navodon modestus*(GUNTHER). Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab., 27, 51-57.(in Japanese)
- Tsukashima, K. and C. Kitajima. 1981. Rearing and development of larval and juvenile file fish, *Stephanolepis cirrhifer* (Temminck et Schlegel). Bull. Nagasaki Pref. Inst. Fish., 7: 39-46. (In Japanese with English summary.)
- Tsukashima, Y., C. Kitajima, N. Yoshida and Y. Matumura. 1983. Experimental seed production of *Stephanolepis cirrhifer*. Showa 57-nendo Nagasaki-Ken Suisanzigyosho- Houkoku, 168-169.(in Japanese)
- Wallace, R. A., and K. Selman. 1981. Cellualr and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. Am. Zool., 21. 325-343.
- Young, G., H. Kagawa, and Y. Nagahama. 1983. Evidence for a decrease in aromatase activity in the ovarian granulosa final oocyte maturation. Biol. Reprod., 29, 310-315.
- Young, G., L. W. Crim, H. Kagawa, A. Kambegawa, and Y. Nagahama. 1983. Plasma $17\alpha,20\beta$ - Dihydroxy-4-pregnen-3-one Levels during sexual Maturation of Amago Salmon (*Oncorhynchus rhodurus*) : correlation with Plasma Gonadotropin and *in Vitro* Production by Ovarian Follicles. Gen. Comp. Endocrinol., 51, 96-105.
- Zairin, M. Jr., K. Asahina, K. Furukawa, and K. Aida. 1992. Plasma Steroid Hormones Profiles during HCG Induce Ovulation in Female Walking Catfish *Clarias batrachus*. Zoological Science, 9(3), 607-617.

高見東洋・宇都宮正. 1969. ウマヅラハギの種苗生産に關する研究. 山口内海水試調査研究業績, 18(2), 1-32.

内田惠太郎. 1927. カワハギ科の魚數種の稚魚及び習性に就いて. 動雜, 39(462), 161-178.

山本 翠・宇都宮正. 1966. ウマヅラハギの孵化および飼育, 山口縣水試報告, 36-40.

羽生 功. 1991. 生殖週期. 魚類生理學 (板澤靖男, 羽生 功 編). 恒星社厚生閣. 東京, pp.287-325

國立水產振興院. 1994. 沿近海 主要魚種의 生態와 漁場. pp80-95.

金益秀・李完玉. 1991. 韓國産 파랑쥐치亞目(복어目) 魚類의 分類, 韓魚誌, 3(2), 98-119.

朴炳夏. 1985. 韓國 近海 말쥐치의 資源生物學的 研究. 水振研究報告. 34, 1-64.

백재민. 1993. 조피블락의 生殖年周期에 따른 性 Steroid Hormone의 變化. 東義大學校 理學碩士論文, 35pp.

李榮教・高有峰・鄭相喆. 1992. 어령놀래기, *Pteragogus flagellifera* (Valenciennes)의 生殖周期와 性轉換. 濟州大 海洋研報, 16, 43-53.

李榮敦·盧洪吉·李澤烈. 1991. 용치놀래기, *Halicoeres poesilopterus* (Temminck et Schlegel)生殖周期. 濟州大 海洋研報, 15, 93-102.

李榮敦·李澤烈. 1987. 자리돔의 生殖周期에 關한 研究. 韓水誌, 20(6), 509-519.

李鍾寬. 1999. 쥐노래미, *Hexagrammos otakii*의 種苗生産을 위한 生物學的 研究. 東義大學校 大學院 理學博士論文, 123pp.

李澤烈·羽生 功. 1984. 그물코쥐치, *Rudarius ercodes*의 生殖週期. 韓水誌, 17, 423-435.

鄭文基. 1977. 韓國魚圖譜. 一志社. 서울, 727pp.

崔秀河·朴且洙. 1982. 韓國 南海産 말쥐치의 成熟과 産卵. 水振研究報告, 30, 73-80.

감사의 글

이 논문이 완성되기까지 한결같은 지도와 따뜻한 마음으로 저를 이끌어주신 고유봉 교수님께 진심으로 감사드립니다. 또한 항상 관심을 갖고 격려해 주신 윤정수 교수님을 비롯하여 이준백 교수님, 최영찬 교수님, 방익찬 교수님, 윤석훈 교수님께도 감사를 드립니다.

바쁘신 중에서도 지도교수님 이상으로 논문지도에 관심을 가져 주시고 부족한 논문을 다듬어 주신 증식학과 이영돈 교수님께 깊은 감사의 마음을 드립니다. 호르몬 분석에 있어서 자상함과 많은 조언을 아끼지 않으셨던 부산 동의대학교 한창희 교수님께 깊은 감사를 드리며 아울러 동의대 세포학실험실의 정지현, 이재용, 한명숙 대학원생들에게도 고마움을 표합니다.

학문의 첫걸음마 단계인 저를 학문의 길로 인도해주고 큰 형님처럼 항상 관심을 가져주신 표선 해양수산자원연구소에 계시는 고경민 선배님께 감사를 드리며, 실험하는데 있어 항상 가까이에서 어려움을 같이 해주며 많은 도움을 준 경표형, 충환이형을 비롯한 우리 해양학과 생태학연구실 가족들(승현, 지형, 승록, 승준, 영훈, 승필, 보경, 현민, 회진, 경실)과 지금은 졸업한 진필, 우석, 명희에게도 고마움을 전합니다.

늘 옆에서 격려와 용기를 북돋아준 해양학과 대학원 선후배님들과 지금은 외국에서 유학중인 김병호 선배님 그리고 증식학과 오성립, 나오수 선배님 및 그 실험실 가족들에게도 감사를 드립니다. 실험기간동안 기기 및 시설을 이용하는데 도움을 주신 제주대학교 해양연구소 직원 여러분들께도 지면으로나마 고마운 마음을 전합니다.

끝으로 오늘의 저를 있게 하여 주시고 제가 어려운 길을 걸어갈 수 있도록 늘 사랑과 정성으로 보살피 주시고 묵묵히 뒷바라지 해주신 부모님과 늘 옆에서 한결같이 성원을 아끼지 않았던 형님과 누님들에게 감사의 마음과 함께 이 작은 결실을 바칩니다.