Korean J. Ichthyol. 12(1), 71~84, 2000

제주 남부 연안 말쥐치, *Thamnaconus modestus*의 생식년주기

이승종 · 고유봉 · 이영돈* · 정지현** · 한창희**

제주대학교 해양학과, *제주대학교 해양연구소, **부산동의대학교 생물학과

Annual Reproductive cycle of the File Fish, *Thamnaconus modestus*, on the Southern Coast of Cheju Island

Seung Jong Lee, You Bong Go, Young Don Lee*,
Ji Hyun Jung** and Chang Hee Han**

Department of oceanography, Cheju National University, Cheju-Do 690-756, Korea
*Marine Research Institute, Cheju National University, Cheju-Do 695-810, Korea
**Department of Biology, Dong-Eui University, Pusan 614-714, Korea

Annual reproductive cycle of the file fish, *Thamnaconus modestus* (Gunther), was histologically investigated. Samples were collected monthly in the coastal waters of Chungmun, south of Cheju Island, Korea from July 1997 to June 1999. In males and females of *T. modestus* GSI values reached the maximum in June and May, respectively. Reproductive cycle could be divided into the following successive stages: in females, growing stage (March to April), mature stage (April to May), spawning stage (May to June), degenerative and resting stage (July to February), and in males, growing stage (January to March), mature stage (April to May), spent stage (May to June), degenerative and resting stage (July to December), respectively. To clarify the spawning cycle of female in *T. modestus*, some were examined, that is, the weekly changes of GSI, detail developmental stages in the ovary and the weekly changes of sex steroid hormones (E_2 and T) levels in plasma during the spawning period. Throughout histological observation of the ovary during the spawning period, *T. modestus* belonged to an asynchronous and multiple spawner. Changes of plasma E_2 and T levels were similar to the changes of GSI and ovary maturity.

Key words : *Thamnaconus modestus*, reproductive cycle, spawning cycle, sex steroid hormone, asynchronous, multiple spawner

서 론

말쥐치, *Thamnaconus modestus*는 우리나라 전 연안에 흔히 분포하는 어종으로서 (金과 李, 1991) 예전부터 우리가 흔히 '쥐포'라고 부르는 수산 가공건어물의 원료가 되는 어종이기도 하다. 말쥐치에 관한 생식생태학적 연구로는 난발달과 자어 전기단계 (Kitajima *et al*., 1964), 부화 및 사육 (山本과 宇都, 1966), 산란과 성장 (Ikehara, 1976), 섭이율과 성장과의 관계 (Suzuki, 1976) 등과 같은 연구가 국외에서 이루어져 왔으며 국내에서는 한국 남해산 말쥐치의 성숙과 산란 (崔와 朴, 1982), 말쥐치에

대한 자원생물학적 연구(朴, 1985) 등이 보고되고 있다.

최근에는 어류의 생식주기에 난모세포의 발달과 정자형성 과정에 따른 혈중 성 steroid 호르몬의 변동에 대하여 동자개(Kim *et al*., 1996), 조피볼락(Kang *et al*., 1998), 동사리(Lee, 1998), 쥐노래미(李, 1999) 등 해산어와 담수어를 대상으로 RIA (radioimmunoassay)를 이용하여 꾸준히 연구되어 왔지만 아직 국내에 서식하는 말쥐치에 대한 난성숙에 따른 내분비 호르몬기구에 관해서는 불분명한 실정이다. 우리나라의 말쥐치 년간 어획량 변동을 살펴보면, 1990년(230,252톤)까지는 꾸준히 높은 어획량을 보여왔으나 그 이후부터는 감소하는 추세에 있다(國立水產振興院, 1994). 현재 국내에서 양식되고 있는 해산종이 몇몇 종에 한정되어 있고 말쥐치가 우리의 식생활에 큰 비중을 차지하고 있다는 것을 감안해 볼 때 양식 대상종으로서의 가능성을 고려해 볼 만하다.

따라서 이번 연구에서는 제주도 남부 연안에 서식하고 있는 말쥐치를 대상으로 생식주기를 번식생물학적 측면에서 조사하였다. 이와 더불어 성숙시기에 난모세포의 발달 양상과 혈중 성 steroid 호르몬의 변동을 조사하여 말쥐치의 친어 관리기술 개발에도 기초적인 자료로 삼고자 했다.

재료 및 방법

1. 실험어

본 연구에 이용된 말쥐치는 1997년 7월부터 1999년 6월까지 2년간 제주도 남부 중문 하예동 연안(Fig. 1)에서 매월 삼중자망을 이용하여 채집하였다. 또한 말쥐치의 산란기간 중 산란횟수에 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 0.1 cm, 체중은 0.01 g까지 계측하였고, 어체를 해부하여 생식소를 절취하였으며 수협어시장에서 구입한 말쥐치인 경우 미부동맥에서 주사기(5 ml, 녹십자)를 사용하여 혈액을 채혈하였다. 채혈된 혈액은 원심분리기로 4°C에서 20분간 3,000 rpm으로 원심분리한 후 분리된 혈청은 뚜껑달린 eppendorf tube에 1 ml씩 넣어서 호르몬 추출에 사용할 때까지 −70°C에서 보관하였다.

2. 조직학적 관찰

생식소중량지수(GSI)는 "생식소중량(GW) × 100/체중(BW)"의 식으로부터 구하였다.

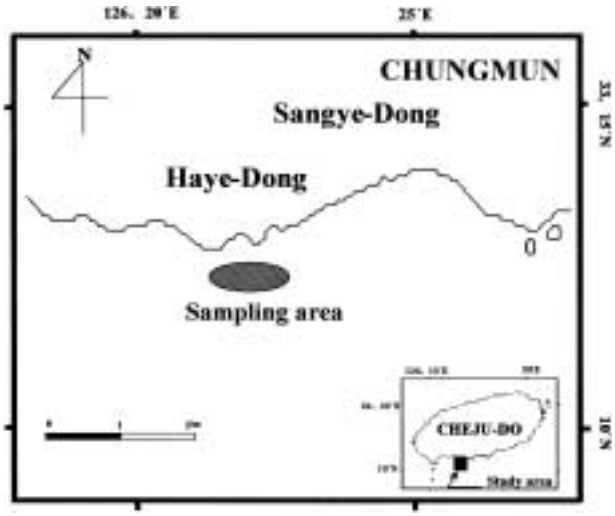

Fig. 1. Map of sampling area in the southern coast of Cheju Island, Korea.

생식소의 조직학적 검사를 위해 Bouin 용액에 고정시킨 생식소는 수세 후 파라핀 절편법에 의해 5～6 μm두께로 조직절편을 제작하여 Hansen's hematoxylin과 0.5% eosin 이중염색으로 조직표본을 만들어 검경하였다.

3. 스테로이드 호르몬에 대한 RIA검사

말쥐치 암컷을 대상으로 산란기간동안 생식소발달에 중요하게 영향을 미치는 내분비계통인 혈중 성 steroid 호르몬의 혈중 분포농도를 알아보기 위해 주요 성 steroid 호르몬인 estradiol−17β (E_2)와 testosterone (T) 농도의 변동을 RIA로 조사하였다.

河野(1978)의 방법에 따라 혈청시료 250 μl에 1.5ml의 ethylether를 첨가하여 5분간 강하게 진탕하고 실온에서 10분간 방치하여 수층과 ether층을 분리한 후, −70°C의 냉동기에서 5분간 수층을 결빙시키고 그 상층액을 시험관에 옮겨 이를 2회 반복한 후 시험관의 ether는 원심 농축기를 이용하여 완전히 증발시켰다. 이 후 각각의 추출물에 0.1% gel−PBS buffer (pH 7.5)를 넣어 강하게 교반하여 steroid를 녹였다.

RIA검사 과정은 Aida *et al*. (1984)의 방법에 따라 시료와 steroid 호르몬의 농도를 0.007 ng/ml에서 3.84 ng/ml까지 10단계로 만든 standard를 얼음 위에서 녹인 후, 시료와 standard 각각 200 μl에 ^{3}H으로 방사표지된 steroid 호르몬을 각각 100 μl씩 넣은 다음 희석항체를 200 μl씩 넣고 강하게 교반시켜 4°C에서 12시간 이상 반응시켰다. 여기서 E_2에 대한 항체는 일본 동경대에서 제작한 항체를 사용하였고, T에 대한 항체는 Sigma

chemical Co. Ltd.에서 구입하여 사용하였다. 항원·항체 반응이 끝난 후 dextran coated charcoal (DCC)를 250 µl씩 첨가하여 강하게 진탕하고 4°C에서 20분간 방치시킨 후 4°C, 3,000 rpm에서 15분간 원심분리하여 상등액을 취하였다. 각각의 상등액을 RIA counting용 시험관에 옮긴 후 scintillation cocktail을 3 ml씩 넣어 혼합하고 12시간 동안 방치하여 숙성시켰다. 이 후 scintillation counter (Wallac Co., Model 1409)에 의해 1분씩 counting하였다.

결 과

1. 어체와 생식소의 외부형태

말쥐치 암수컷의 어체와 생식소의 외부형태는 Fig. 2와 같다. 체형은 긴 타원형을 하며 몸체는 연한 청회색을 띠고 등지느러미와 뒷지느러미는 청록색, 가슴지느러미와 배지느러미는 암청색을 띈다. 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.

말쥐치 생식소의 외부형태에 있어서 난소는 한 쌍의 낭상으로 난소의 $^1/_3$ 지점에서 합일되어 기부에 하나의 수란관이 약간 돌출된 형태를 하고 있었다. 정소의 경우

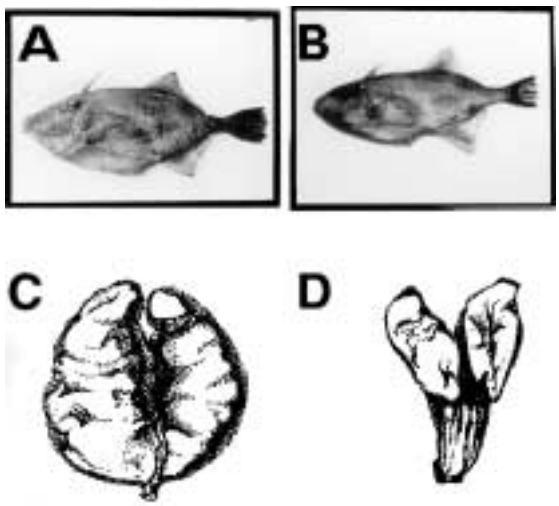

Fig. 2. External morphology and gonadal shape of *T. modestus*.
A, female (208 mm in SL); B, male (220 mm in SL).
C, ovary in June; D, testis in June.

는 등쪽 체벽의 정소간막에 의해 부착되어 있으며 수정관을 사이에 두고 그 끝에 한 쌍의 정소가 달려 있는 구조를 이루고 있었다.

2. 수온과 광주기에 따른 GSI 변화

수온과 광주기에 따른 말쥐치 암컷과 수컷의 GSI 월변화는 Fig. 3과 같다. 암컷은 저수온기이고 광주기도 짧

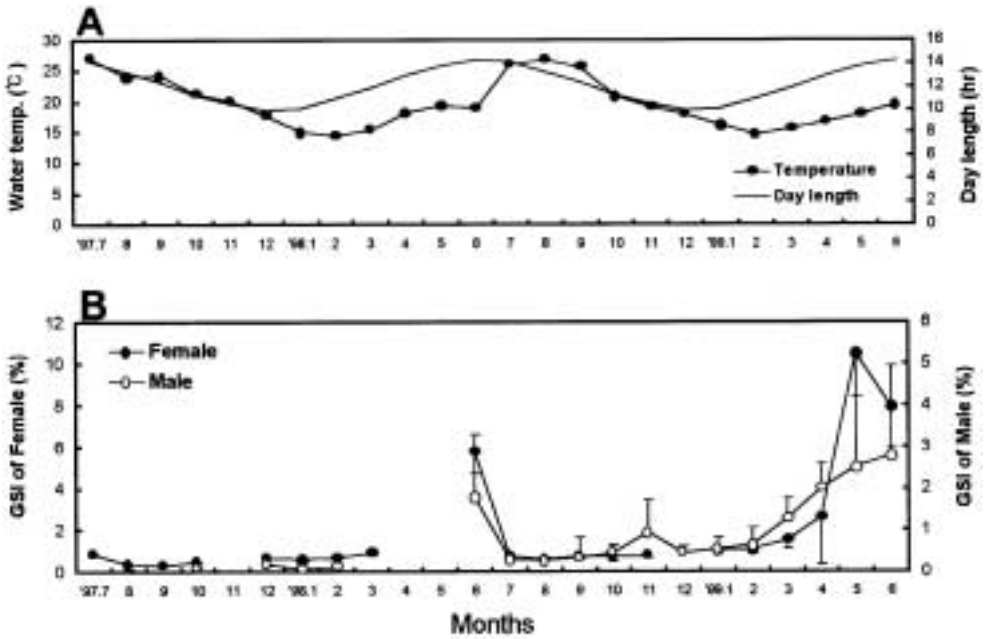

Fig. 3. Monthly changes in water temperature and day length (A), gonadosomaticindex (GSI, B) in female and male file fish, *T. modestus*.

Table 1. Monthly changes in number and percentage of oocytes with the developmental stage of the ovary in *Thamnaconus modestus*

Month	No. of oocytes	Developmental stage of the ovary										Empty follicle
		Peri-nucleolus stage		Oil droplet stage		Yolk granule stage		Mature stage		Atretic stage		
		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 the empty follicle is indicated by marks, + to +++

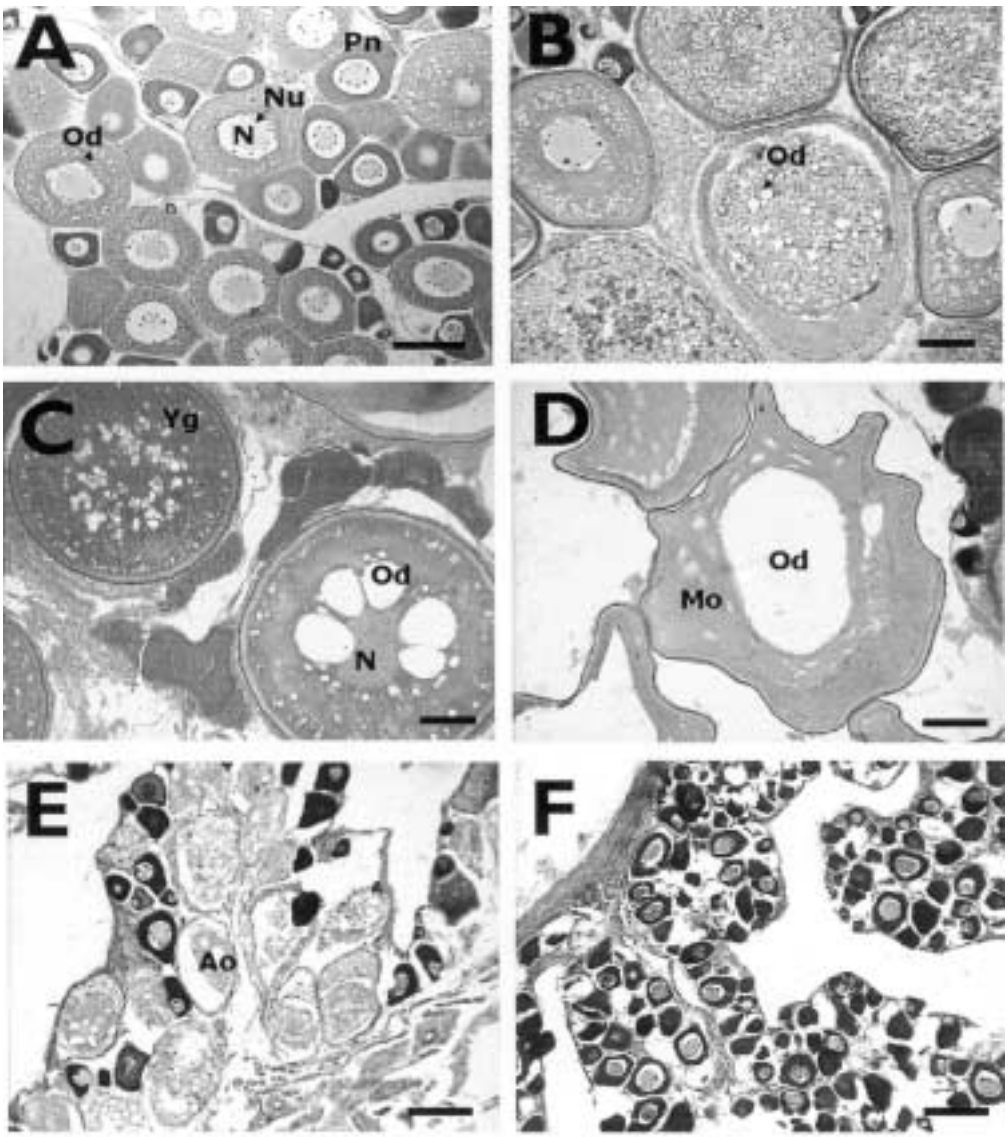

Fig. 4. Developmental stages of the ovary in *T. modestus*.
A: early growing stage (Apr.), B: late growing stage (May), C: mature stage (May), D: spawning stage (June), E: degenerative stage (July), F: resting stage (Oct.). Ao, atretic oocyte; Mo, mature oocyte; N, nucleus; Nu, nucleolus; Od, oildroplet; Pn, peri-nucleolus oocyte; Yg, yolk granule oocyte. Scale bars = 100 μm.

은 1999년 2월에 1.1±0.18로 낮은 값을 보였으나 수온이 상승하고 광주기도 길어지는 1999년 4월부터 2.63±2.24로 GSI가 상승하면서 5월에 10.5±2.05로 년 중 최고값을 가졌다. 이러한 GSI는 6월에 7.96±2.03로 하강하기 시작하여 고수온기인 7월(1998년)에는 이미 0.75±0.14로 급격히 낮아져 이듬해 겨울까지 계속 낮은 수준을 유지하였다.

수컷인 경우도 암컷과 거의 유사한 경향을 보였는데 1999년 3월부터 1.27±0.48로 상승하기 시작하여 1999년 4월에 1.99±0.63, 5월에 2.52±1.68 그리고 1999년 6월에는 년 중 최고값인 2.8±2.15를 가졌다. 그러나 고수온기인 7월(1998년)에 접어들어 0.29±0.06로 급격히 하강하였고 이듬해 겨울까지 계속 낮게 유지되었다.

3. 난모세포 발달단계조성의 월변화

말쥐치의 난형성과정 중 난모세포의 발달단계별 조성비율의 월별변화는 Table 1과 같다. 주변인기 난모세포들은 년 중 출현하였다. 유구기 난모세포들은 3월(3.4%)부터 출현하기 시작하여 6월까지 27.7～30.0% 범위의 높은 비율로 출현하였다. 하지만 7월에는 14.3%로 낮아

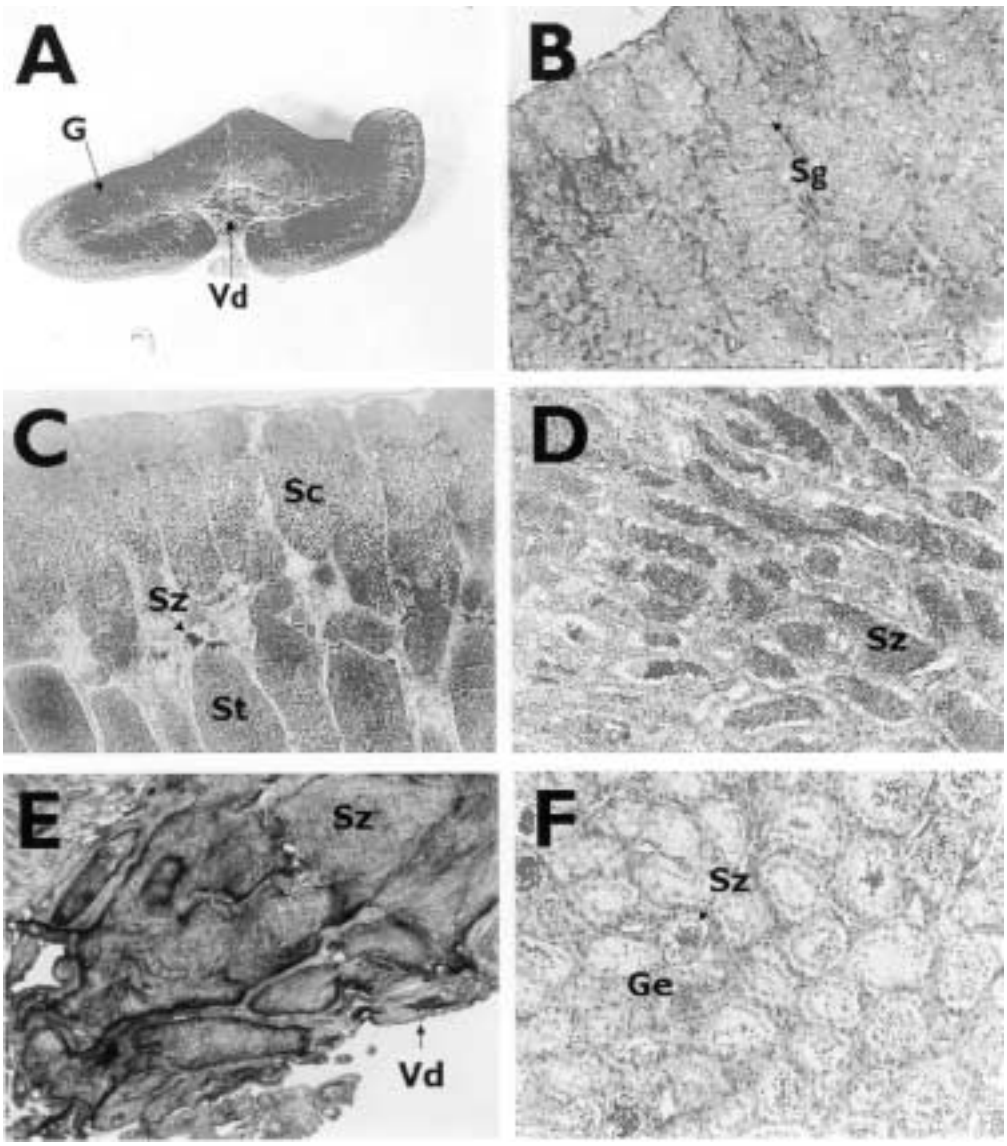

Fig. 5. Developmental stages of the testis in *T. modestus*.
A: structure of a testis (×20), B: proliferation stage (Mar., ×450), C: growingstage (April, ×200), D: mature stage (May, ×200), E: spent stage (June, ×100), F: degenerative stage (July, ×200), G, gonad; Ge, germinal epithelia; Sc,spermatocyte; Sg, spermatogonia; St, spermatid; Sz, spermatozoa; Vd, vas deferens.

졌으며 8월부터는 난소내에서 발견되지 않았다.

난황구기 난모세포들은 4월의 7.6%로부터 6월의 32.4%로 그 비율이 계속 높아지다가 7월에 8.9%로 낮아졌다. 완숙 난모세포들은 최초 5월부터 출현하기 시작하여 5월과 6월에 7.5～8.7% 범위의 비율을 나타냈고 7월에 0.1%로 급격히 낮아졌다. 퇴화 난모세포들은 6월부터 1.4%, 7월에는 4.9%를 나타냈다.

4. 생식년주기

말쥐치 암 · 수컷 생식소의 생식세포형성과정을 조직학적 관찰로 종합해 볼 때, 암컷과 수컷 모두 성장기, 성숙기, 산란 및 방정기, 퇴화 및 휴지기 등의 연속적인 4단계로 구분할 수 있었다(Fig. 6, A, B).

성장기 (growing stage) : 암컷의 난소내부구조는 많은 난소소낭으로 구성되어 있다. 3월부터 생식소가 활성화되면서 난소내에 40～100 μm의 주변인기 난모세포들과 성장중인 150～250 μm의 유구기 난모세포들이 출현하기 시작하였다(Fig. 4A, B). 이러한 성장단계 개체들은 5월까지 출현하였다. 수컷인 경우 정소는 많은 정소소엽으로 이루어져 있다(Fig. 5A). 정소소엽내에 정원세포들

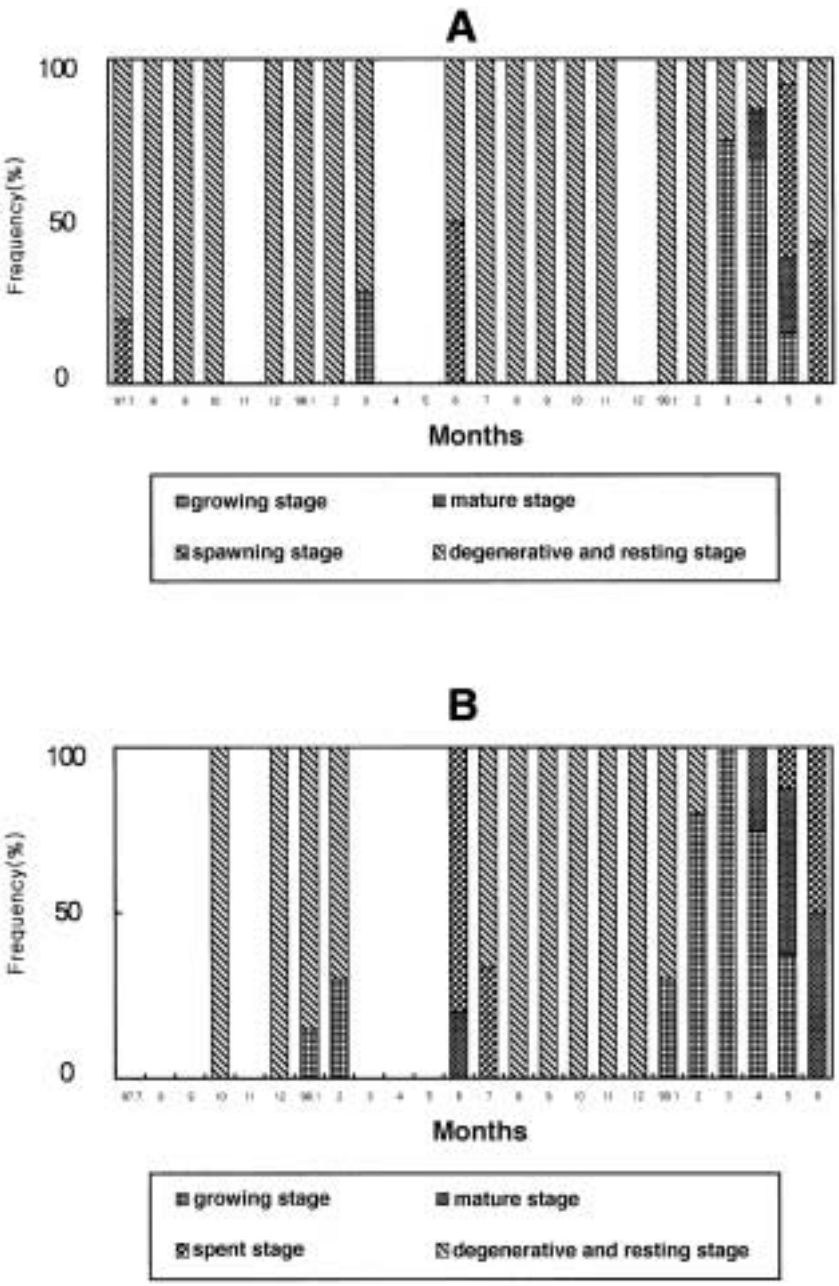

Fig. 6. Monthly changes in frequency of the gonad developmental stage in *T. modestus*. A, female; B, male.

이 분열증식하면서 (Fig. 5B) 정모세포, 정세포들이 무리를 이루어 성장하는 성장단계 개체들 (Fig. 5C)이 1월부터 출현하기 시작하여 4월까지 높은 비율로 출현하고 있었다.

성숙기 (mature stage) : 암컷의 난소내에는 4월부터 과립상 난황구를 축적한 300～400 μm의 난황구기 난모세포들이 존재하는 성숙단계를 갖는 개체들 (Fig. 4C)이 출현하기 시작하였다. 수컷은 정소소엽내에 거의 대부분 정세포들과 성숙한 정자들로 가득차 있는 성숙단계를 갖는 개체들 (Fig. 5D)이 4월부터 출현하여 6월까지 나타났다.

산란 및 방정기 (spawning stage) : 암컷인 경우 5월의 대부분의 개체에서는 난황구들이 균질화 되고 대형의 유구를 갖는 450～550 μm의 완숙 난모세포들이 주로 차지하고 있었다 (Fig. 4D). 이시기의 난소내에는 산란흔적으로서 완숙란들이 빠져나간 후 이들을 감싸고

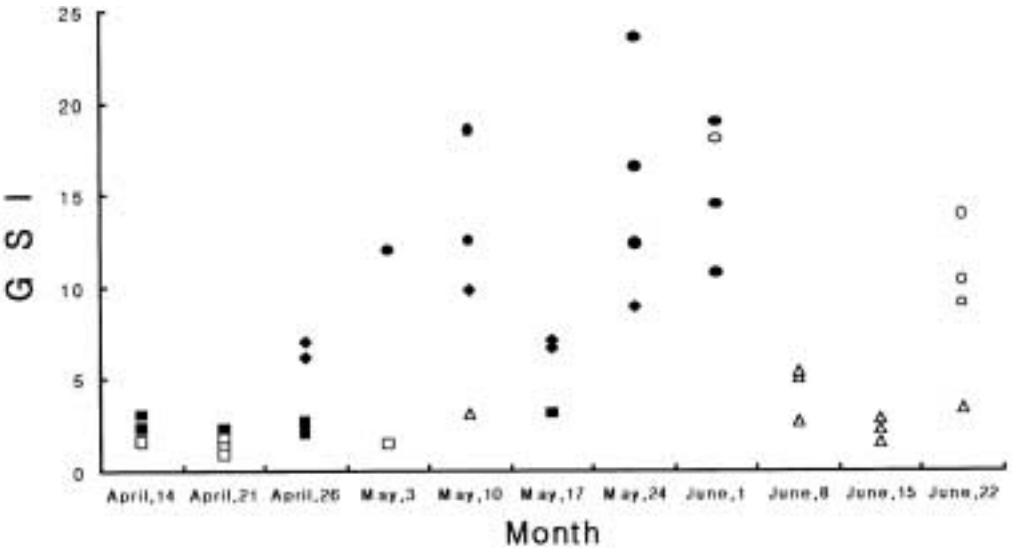

Fig. 7. Weekly changes in the gonadosomatic index (GSI) and ovarian developmental stage in female file fish, *T. modestus* during the spawning period. □, peri-nucleolus stage; ■, early growing stage; ◆, late growing stage; ●, mature and spawning stage; ○, spawning and degenerative stage; △, degenerative stage.

있던 여포층들도 잔존하고 있었다. 이러한 산란단계 개체들은 5월과 6월에 주로 분포하고 있었다. 수컷인 경우 변태를 마치고 완숙한 정자들이 수정관으로 모이는 방정단계의 개체들(Fig. 5E)이 5월부터 출현하기 시작하여 6월에 높은 비율을 보였다.

퇴화 및 휴지기 (degenerative and resting stage) : 암컷은 난소내의 미방출된 완숙 난모세포들이 퇴화 · 흡수가 되는 퇴화단계를 갖는 개체들(Fig. 4E)이 7월부터 높은 비율로 출현하였고 주변인기 난모세포들이 퇴화 · 흡수되지 않고 난소소낭내에 재배치되는 휴지단계 개체들(Fig. 4F)은 그 다음해인 2월까지 장기간 출현하였다. 수컷은 수정관내 정자들이 대부분 체외로 빠져나가고 정소소엽내에 산재하는 미방정된 잔존 정자들은 정소내에 퇴화 · 흡수되면서 소엽상피가 점점 비후해지는 퇴화 및 휴지단계 개체들(Fig. 5F)이 7월부터 출현하기 시작하여 이듬해인 2월까지 나타나고 있었다.

5. 산란기 중 GSI변화와 난소발달단계

1) 주별 GSI 변화와 난소발달단계

말쥐치 암컷을 대상으로 이들의 산란시기인 4～6월 동안 일주일 간격으로 암컷의 GSI 변화(Fig. 7) 및 난소발달단계의 변화(Fig. 8)를 조직학적으로 조사하였다.

4월 14일과 21일의 경우 전개체가 GSI값이 3 미만을 보였고 조직학적으로 난소내에는 아직 성장을 시작하지 않은 주변인기 난모세포로만 이루어진 개체(Fig. 8A)와 유구기 난모세포가 등장하는 초기성장단계의 개체(Fig. 8B)들로 이루어졌다. 4월 26일에 조사된 개체들은 GSI값이 6.5와 6.19로 높게 상승하였고 난소내에는 난황구기 난모세포들로 이루어진 후기성장 및 성숙단계의 개체(Fig. 8C)가 나타났으나 일부 GSI값이 3 미만의 초기성장단계에 머물러 있는 개체들도 있었다. 5월 3일 조사에서는 GSI값이 11.94로 높게 상승하였고, 처음 산란흔적을 갖는 개체(Fig. 8D)가 나타났다. 반면 GSI값이 1.48로 아주 낮고 아직 성장을 시작하지 않은 주변인기 난모세포만을 갖는 개체도 발견되었다. 5월 10일에 조사된 개체들의 GSI값은 12.55～18.57의 범위를 나타냈으며, 개체들 중에는 산란중인 개체들과 후기성장단계의 개체들 그리고 이미 산란을 마치고 난소의 일부가 퇴화단계를 맞는 개체들이 골고루 발견되었다. 5월 17일 조사에서는 산란흔적을 가지는 개체는 나타나지 않았으며 GSI값이 3.1～7.1 범위의 초기성장단계와 후기성장단계를 갖는 개체들로 이루어졌다. 5월 24일과 6월 1일에는 대부분의 개체가 GSI값이 10.74～23.52 범위의 높은 값을 보이며 산란을 하고 있었고, 특히 6월 1일에는 완숙란들은 존재하지만 주변인기 난모세포를 제외한 다른 난모세포의 일부가 퇴화되고 있는 개체들도 발견되었다. 6월 8일과 15일에는 모든 개체의 GSI값이 1.55～5.41의 범위로 급격히 하강하면서 이미 산란을 마치고 난소 전체가 퇴화단계를 맞고 있었다(Fig. 8F). 6월 22일에는 GSI값이 약간 상승하면서 대부분의 개체가 완숙란 및 배란의 흔적을 보이고 있었지만 난소내의 일부 난황구기 난모세포들은 퇴화 · 붕괴되고 있었고(Fig.

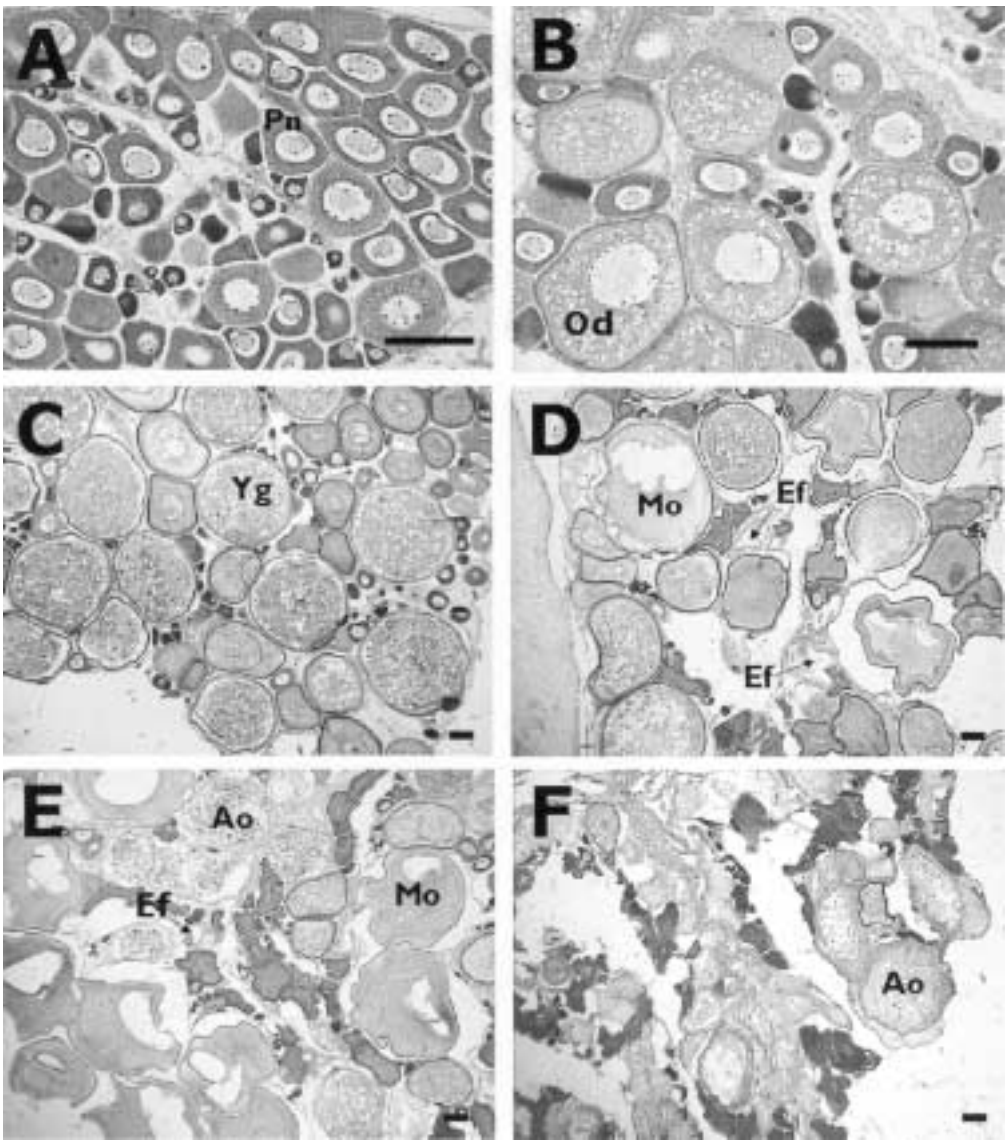

Fig. 8. Photomicrographs of the ovary in *T. modestus* during the spawning period.
A: section of the ovary in the peri-nucleolus stage (April, 14, 21 and May, 3), B: early growing stage (April, 14, 21 and 26, May, 17), C: late growing stage (April, 26, May, 10 and 24), D: mature and spawning stage (May, 3, 10, 24 and June, 1), E: spawning and degenerative stage (June, 1 and 22), F: degenerative stage (May, 10, June, 8, 15 and 22). Ao, atretic oocyte; Ef, empty follicle; Mo, mature oocyte; Od, oil-droplet oocyte; Pn, peri-nucleolus oocyte; Yg, yolk granule oocyte. Scale bars = 100 μm.

8E) 이미 퇴화단계를 갖는 개체들도 볼 수 있었다.

2) **산란기 중 혈중 성** steroid **호르몬의 주별변화**

말쥐치 암컷이 산란기간동안 혈중 성 steroid 호르몬인 estradiol-17β (E_2)와 testosterone (T) 농도의 변화는 Fig. 9와 같다.

E_2와 T의 농도변화는 GSI의 변화와 거의 유사한 양상을 보였는데 우선 E_2인 경우, 4월 14일에 1.16±0.31 ng/ml를 보이면서 하강하기 시작하다가 5월 3일부터 다시 상승하면서 5월 10일에는 1.02±0.45 ng/ml를 나타냈다. 하지만 5월 17일에 0.45 ng/ml로 다시 하강했다가 5월 24일에 2.24±1.5 ng/ml로 크게 상승하여 산란기간동안 최고값을 보였다. 6월 1일부터는 1.09±0.26 ng/ml으로 급격히 하강하면서 대체로 낮은 값을 유지하다가 6월 22일에 0.68±0.37 ng/ml로 다소 상승하였다. T의 농도를 살펴보면, 4월 14일에 0.38±0.03 ng/ml을 보이면서 5월 3일까지 계속 하강하다가 5월 10일에 0.44±

Table 2. Weekly changes in number and percentage of oocytes in each developmental stage of the ovary in female *Thamnaconus modestus* during

Month	No. of oocytes	Developmental stage of the ovary										Empty follicle
		Peri-nucleolus stage		Oil droplet stage		Yolk granule stage		Mature stage		Atretic stage		
		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					
	2060	968	47	680	33	412	20					
	4567	1775	38.9	1574	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 the empty follicle is indicated by marks, + to +++

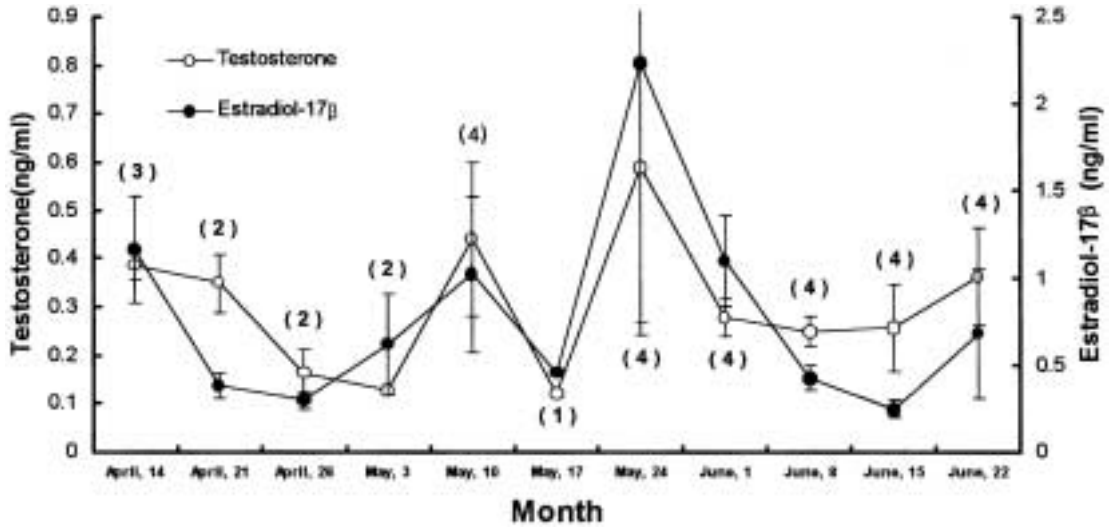

Fig. 9. Weekly changes in plasma estradiol-17β (E_2) and testosterone (T) levels in female file fish, *T. modestus* during the spawning period, ( ) : individual.

0.16 ng/ml로 상승한 후 5월 17일에 0.12 ng/ml로 다시 하강하였고 이러한 농도는 E_2와 마찬가지로 5월 24일에 0.59±0.35 ng/ml로 급격히 상승하여 최고값을 보였다. 이 후 6월 1일에 0.28±0.04 ng/ml로 다시 하강한 뒤 대체로 낮은 값을 유지하다가 6월 22일에 0.36±0.1 ng/ml로 다소 상승하였다.

3) 산란기 중 난모세포 조성의 주별 변화

말쥐치의 산란기간동안 난소내 난모세포 발달단계 구성의 주별 변화는 Table 2와 같다.

4월 14일과 21일에는 주변인기와 유구기 난모세포들만이 난소내에 분포하였지만 4월 26일부터는 난황구기 난모세포들이 난소내에 23.7%를 차지하며 출현하였다. 5월 3일에는 난소내에 완숙 난모세포들이 3.6%의 비율로 출현하였고 산란의 흔적인 비어있는 여포층들도 소수 관찰되었다. 5월 10일에는 난황구기와 완숙 난모세포들의 비율이 각각 31.4%, 9.1%로 높아지면서 비어있는 여포층들도 다수 관찰되었다. 5월 17일에는 완숙 난모세포들은 출현하지 않았다. 5월 24일과 6월 1일에는 난황구기 난모세포(23.3～31.3%)와 완숙 난모세포(12.1～13.3%)의 비율이 조사기간 중 가장 높게 출현하였으며 비어있는 여포층들도 다수 관찰되었다. 6월 8일과 15일에는 난소내에 난황구기와 완숙 난모세포들은 거의 존재하지 않았고 퇴화 난모세포들이 높은 비율(38.1～38.7%)을 보이며 출현하였다. 6월 22일에는 다시 난황구기(12.2%)와 완숙 난모세포들(12.4%)이 출현하였지만 퇴화 난모세포들도 19.1%의 비율로 출현하였다.

고 찰

이 연구에서 쥐치과(Family Monacanthidae)에 속하는 말쥐치, *Thamnaconus modestus*를 채집하여 생식년주기를 조직학적으로 조사한 결과 말쥐치는 수온과 광주기 변화에 따라 산란시기가 쥐치의 경우와는 다소 차이점을 보이고 있음을 알 수 있었다.

즉, 말쥐치는 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 일부에서 이미 퇴화되는 개체가 발견되었고 고수온기로 접어드는 7월부터는 이미 GSI값도 떨어져 생식소가 퇴화되고 휴지기에 들어가는 개체들도 발견할 수 있었다.

국내산 말쥐치의 산란에 관한 연구가 崔와 朴(1982)과 朴(1985)에 의해 보고된바 있는데 朴(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 內田(1927)에 의해 산란시기가 6～7월, Kitajima *et al.*(1964)는 廣島縣에 서식하는 말쥐치의 산란시기를 5～7월, Ikehara(1976)는 新潟縣 연안에 서식하는 말쥐

치의 산란시기를 5월 하순～7월 중순으로 보고하고 있어 일본산 말쥐치가 국내산 보다 산란시기가 한 달 정도 늦는 다는 것을 알 수 있었다.

수온과 광주기의 변화에 따른 어류의 산란형 구분(Aida, 1991)에 있어서 말쥐치는 쥐치보다 생식소의 활성이 1～2달 늦지만 성숙기간이 쥐치에 비해 짧고 비교적 저수온기에 생식소의 성숙이 이루어졌다. 또한 쥐치에 비해 산란기간도 짧았으며 고수온기 직전에 대부분의 개체들이 산란을 마치는 것으로 보아 춘 · 하계산란형에 속하는 것으로 추측된다.

말쥐치의 산란에 영향을 미치는 환경요인을 수온과 광주기를 결부하여 살펴보면 산란개시는 봄의 수온상승과 광주기의 증가, 산란종료는 여름의 고수온과 광주기의 감소가 주된 외부환경요인으로 영향을 끼치고 있다고 추측된다. 앞으로 이러한 외적환경요인들과 더불어 이들의 산란을 유도하는 내적 요인들에 관한 연구도 세부적으로 행해져야 할 것이다. 또한 년 중을 통해서 같은 해역내에 서식하는 쥐치와 말쥐치의 산란기간을 비교해 볼 때 말쥐치의 산란기가 끝나자마자 쥐치가 곧바로 산란기에 들어가는 형태로 나타나 두 종의 산란시기가 완전히 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 내적 요인들과 먹이생태 관계, 군집구조등의 더 세부적인 연구가 수행되어야 할 것이다.

어류의 난모세포 발달양식의 구분(Wallace and Selman, 1981; de Vlaming, 1983)에 있어서 말쥐치는 난소발달이 앞의 쥐치와 비슷한 양상을 보이고 있어 말쥐치도 비동시발달형에 속하는 어종으로 판단된다. 특히 이번 연구에서는 말쥐치를 대상으로 이들의 산란시기내의 산란주기 및 산란횟수를 조사하기 위해 이들의 산란시기인 4～6월, 3개월 동안 일주일 간격으로 암컷의 GSI 변화와 난소를 조직학적으로 관찰하고 난황물질형성에 중요하게 작용하는 성 steroid 호르몬인 estradiol-17β (E_2)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, 朴 (1985)의 연구를 통해 산란기간 동안의 산란횟수를 난경모드를 통해 추정한 결과 적어도 3～4회에 걸쳐 방란이 이루어지고 있다고 보고하고 있고, 高見과 宇都 (1969)은 직접 말쥐치를 실내 수조내에서 사육하면서 산란횟수를 관찰한 결과 4～5회 정도 방란하고 있다고 보고하고 있다. 이 연구의 결과로 보아서도 말쥐치는 5월과 6월 초순경에 주산란이 이루어지며 적어도 산란기간내 2회 이상의 산란을 하는 다회산란어에 속하는 것으로 추측된다.

어류의 혈중 성 호르몬에 있어서 E_2는 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_2합성의 전구체 역할을 하는 호르몬으로 알려져 있다. 즉, 협막층과 과립막층으로 이루어진 난의 여포세포에 있어서 난황이 축적되는 시기에 협막층에서는 steroid 생산세포에 의해 T가 만들어지고, 이 T는 과립막층으로 들어가서 방향화 효소에 의해 E_2로 변환된다고 알려져 있다 (Nagahama, 1987; Nagahama and Yamoshita, 1987). 본 연구에서 말쥐치 암컷의 산란기간 동안 E_2와 T의 혈중농도 변화를 살펴본 결과, 두 호르몬 모두 GSI변화와 거의 유사한 양상을 보였다. 즉 난모세포가 성장을 하기 시작하면서 E_2와 T의 농도가 증가하고 있었고 난황구기 난모세포와 완숙란들이 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 난황구기 난모세포가 남아 있어 혈중 E_2 농도가 높게 유지된다고 보고하고 있다 (Law, 1988; Rinchard *et al.*, 1993). 한편, 볼락류와 같이 번식방법이 체내수정을 하는 종들은 임신기간 중 모체로부터 일부 영양공급을 받음으로써 난황의존도가 낮아 난황형성기에는 E_2의 증가를 보이다가 난모세포가 최종성숙단계로 이행되면 오히려 E_2의 감소가 일어난다고 알려져 있다 (Young *et al.*,

1983).

이번 결과에서 말쥐치는 비동시발달형에 속하는 것으로 판단됨으로써 혈중 E_2의 농도가 난황형성기에도 증가하고 주산란이 일어나는 시기에도 이들의 난소내에는 완숙란 뿐만 아니라 많은 양의 난황구기 난모세포들의 존재가 조직상으로 확인됨으로써 E_2의 농도가 높게 나타났으리라 사료된다. 따라서 말쥐치에서도 혈중 E_2가 난모세포의 성장에 관여하는 것으로 생각되며 E_2의 혈중 농도 조사를 통해 본 종의 난모세포들의 성숙도 및 산란시기의 판단이 가능하리라 생각된다. T인 경우는 경골어류의 난성숙에 있어서 그 역할이 아직 명확하게 밝혀지지는 않았지만 많은 경골어류에서 산란 및 배란기 동안에 혈중 T 농도의 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 이 종의 주산란기 추정이 가능하리라 생각된다.

적 요

1997년 7월부터 1999년 6월까지 2년간 제주도 남부해역인 중문 하예동 연안에서 매월 채집한 말쥐치, *Thamnaconus modestus*의 생식주기를 조직학적인 방법으로 연구하였다. 암·수컷의 GSI변화에 있어서 암컷은 5월, 수컷은 6월에 년 중 최고값을 보였다. 생식주기는 암컷인 경우 성장기 3～4월, 성숙기 4～5월, 산란기 5～6월, 퇴화 및 휴지기 7～2월로 구분되었고, 수컷인 경우 성장기 1～3월, 성숙기 4～5월, 방정기 5～6월, 퇴화 및 휴지기 7～12월로 구분할 수 있었다. 산란기간동안 말쥐치 암컷을 대상으로 이들의 산란주기 및 산란횟수를 알아보기 위해 생식소 발달상을 조직학적인 방법으로 관찰하고 성 steroid 호르몬인 estradiol-17β (E_2)와 testosterone (T)의 혈중 농도를 RIA 검사를 통하여 조사한 결과 말쥐치는 비동시발달형에 속하는 어종으로 산란기간내 적어도 2회 이상 산란을 하는 다회산란종으로 추정되며, E_2와 T의 혈중 농도 변화는 난모세포의 성숙과 GSI변동에 거의 상동적으로 변화하고 있었다.

사 사

본 연구는 1997년도 한국학술진흥재단의 연구비에 의해 수행되었음을 밝힙니다(과제번호 KRF-1997-022-H00020).

인 용 문 헌

Aida, K. 1991. Environmental regulation of reproductive rhythms in teleostei. Bull. Inst. Zool., Academia Sinsca, Monograph., 16 : 173～187.

Aida, K., T. Kato and M. Awaji. 1984. Effects of castration of the smoltification of precocious male masu salmon Oncorhynchus masou. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 50 : 565～571.

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, pp.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.

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. 1986. Annual Changes in Plasma Levels of Gonadotropin and Steroid Hormones in Goldfish. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52(7) : 1153～1158.

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. 17α, 20β-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 17α, 20β-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 chorionic gonadotropin, DES-GLY (D-ALA^6)LHRH-ethylamide and pimozide on oocyte final maturation, ovulation and levels of plasma sex steroid in walleye (*Stizostedion vitreum*). Fish Physiol. Biochem., 1 : 45～54.

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 photoperoid. Nippon Suisan Gakkaishi, 55 : 1499～1504.

Rinchard, 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.

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)

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 17α, 20β- 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.

高見東洋 · 宇都宮正. 1969. ウマヅラハギの種苗生產に關する硏究. 山口內海水試調査硏究業績, 18(2) : 1～32.

國立水產振興院. 1994. 沿近海 主要魚種의 生態와 漁場, pp. 80～95.

金益秀 · 李完玉. 1991. 韓國產 파랑쥐치亞目 (복어目) 魚類의 分類, 韓國魚類學會誌, 3(2) : 98～119.

內田惠太郎. 1927. カワハギ과の魚數種の稚魚及び習性に就いて. 動雜, 39(462) : 161～178.

朴炳夏. 1985. 韓國 近海 말쥐치의 資源生物學的 硏究. 水振硏究報告, 34 : 1～64.

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. 生殖周期. 魚類生理學 (板澤靖男, 羽生 功 編). 恒星社厚生閣. 東京, pp. 287～325.

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

崔秀河 · 朴且洙. 1982. 韓國 南海產 말쥐치의 成熟과 產卵. 水振硏究報告, 30 : 73～80.

河野伸造, 釜付眞一, 西村哲一 ,森一郎. 1978. 非妊娠人の 血中非包含型 estrone, estradiol-17β, estriol の radioimmunoassayによる 簡易測定法. ホルモンと 臨床, 27 : 77～80.

Received : January 2, 2000
Accetped : March 5, 2000