J. Kor. Fish. Soc. 40(3), 141-146 한수지, 40(3), 141-146, 2007

쏠종개 *Plotosus lineatus* (Thunberg)의 생식주기

허성일·유용문[1]·노 섬·이치훈[1]·이영돈[1]*
제주대학교 해양과학부, [1]제주대학교 해양과환경연구소

Reproductive Cycle of the Striped Eel Catfish *Plotosus lineatus* (Thunberg)

Seong-il HEO, Yong-Woon RYU[1], Sum RHO, Chi Hoon LEE[1] and Young-Don LEE[1]*
Faculty of Applied Marine Science, Cheju National University, Jeju 690-756, Korea
[1]Marine and Environmental Research Institute, Cheju National University, Jeju 690-968, Korea

We investigated the reproductive cycle of the striped eel catfish *Plotosus lineatus*. Specimens were sampled in the coastal waters of Sungsan and Jocheon, east of Jeju, Korea, from September 2001 to August 2002. The gonadosomatic index (GSI) in females and males were reached a maximum in June (14.18±10.38) and July (0.35±0.12), respectively. Based on histological observations and GSI variation, the reproductive cycle was classified into the following successive stages: in females, growing (September-April), mature (April-June), spawning (June-July), and degenerative and recovery (July-September) and in males, growing (August-December), mature (September-May), spent (April-July), and degenerative and recovery (June-August). The total length at 100% maturity exceeded 15 cm and the fecundity ranged from 525 to 1176 eggs. The fecundity was correlated positively with total length and body weight. Histological observations of the gonads suggest that this species is a spring-summer spawner with group-synchronous type oocyte development.

Key words: *Plotosus lineatus*, Reproductive cycle, GSI, Fecundity.

서 론

쏠종개 *Plotosus lineatus*는 메기목 (Silunriformes), 쏠종개과 (Plotosidae)에 속하는 열대성 어류로서 우리나라 제주도 및 일본, 인도양 연안과 홍해 등지에 분포하며, 대부분 연안의 암초지대나 해조류가 무성한 곳에 무리지어 서식하지만 남아프리카 지역에서는 담수에서도 서식하는 것으로도 알려져 있다 (Taylor and Gomon, 1986).

쏠종개에 관한 연구로는 촉수의 조직학적인 관찰 (Park et al., 2005)과 미각과 관련한 안면신경엽의 해부학적 연구 (Kiyohara et al., 1996), 무리를 이루는 습성에 있어 후각의 역할 (Noriyuki, et al., 1994), 말초 미각 기관의 구조 (Reutter, 1992), 후각 기관에 대한 형태 및 생리학적 연구 (Thisen et al., 1991)등 주로 신경분야의 생리학적인 실험재료로써 사용되어 왔다. 그러나 쏠종개과 어류에 대한 생식생물학적 연구 결과는 미진하여 국내에 서식하는 동자개의 생식주기에 관한 연구 (Lim and Han, 1997)가 있을 뿐이다. 쏠종개의 생식주기 연구는 양식생물학적 기초자료확보와 효율적인 자원 조성을 계획하는데 중요한 정보로 이용될 수 있을 것이다. 따라서 이 연구는 쏠종개의 생식소 발달과 생식주기를 조직학적 방법으로 조사하였다.

*Corresponding author: leemri@cheju.ac.kr

재료 및 방법

쏠종개의 생식주기 조사를 위해 2001년 9월부터 2002년 8월까지 제주도 성산포 육계도 연안과 조천 포구에서 음력 보름을 기준으로 매월 1-2회 통발을 이용하여 채집하였으며 (Fig. 1), 총 333마리를 실험어로 사용하였다 (Table 1). 채집된 실험어들은 2-phenoxyethanol으로 마취하여, 버니어캘리퍼스와 전자저울을 이용하여 전장 (TL)은 0.1 cm, 체중 (BW)은 0.1 g까지 측정하였고, 생식주기에 따른 생식소 성숙상태의 월별 변화를 조사하기 위해서 생식소와 간은 0.01 g까지 측정하여 각각 생식소중량지수 (GSI)와 간중량지수 (HSI)를 계산하였

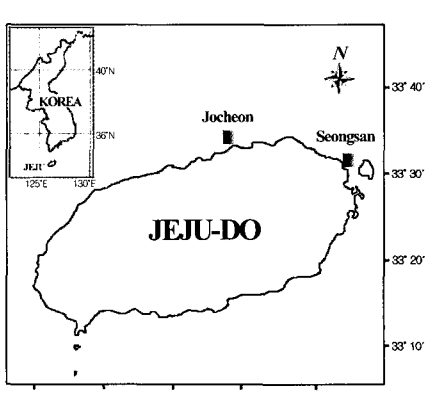

Fig. 1. Sampling area of striped eel catfish *Plotosus lineatus*.

Table 1. Number of experimental fish used for this study

Month	Total individuals	Female	Male
2001. Sep.	38	26	12
Oct.	29	8	21
Nov.	22	10	12
Dec.	32	21	11
2002. Jan.	23	18	5
Feb.	20	13	7
Mar.	25	9	16
Apr.	20	8	12
May	17	4	13
Jun.	67	46	21
Jul.	20	16	4
Aug.	20	17	3
Total	333	196	137

다. 채집지역의 서식환경을 조사하기 위해, 수온은 채집시마다 야외용 측정 장비(YSI Model 85, USA)로 측정하였고, 제주지역의 일장은 한국 천문 연구원 자료를 이용하였다.

측정된 생식소는 조직학적인 관찰을 통한 생식소 내부구조, 배우자형성 과정, 생식소발달과정을 조사하기 위해 Bouin액에 24시간 고정 후, 수세하여 상법인 파라핀 절편법에 의해 5-7 μm 두께로 조직절편을 제작하여 Hansen's haematoxylin과 0.5% eosin으로 비교 염색하여 조직표본을 만들고 광학현미경하이서 검경하였다.

생식 주기는 쏠종개 암수 생식소중량지수와 생식소의 조직학적 변화를 관찰하여, 암컷과 수컷(growing stage), 성숙기(mature stage), 산란기 및 방정기(spawning and spent stage), 퇴화 및 회복기(degenerative and recovery stage)의 4단계로 구분하였다.

포란수는 2002년 3-6월 사이에 채집된 개체 중 성숙상태가 육안적으로 식별되는 재료의 난소만을 사용하였으며, 군성숙도는 체장 1.0 cm 간격으로 계급을 나누어 개체의 난소내에 난경이 1.5 mm 이상 되고 난황을 축적한 성숙난을 기준으로 포란빈도가 50% 이상인 개체를 최소 크기로 정하였다.

결 과

생식소 외부형태

쏠종개의 난소는 체강 등 쪽의 척추골을 따라 좌우 한 쌍인 낭상형의 주머니 모양으로 일부가 체벽에 밀착되어 있고, 등 쪽 체강 벽으로부터 난소 간막에 의해 체강내에 매달려 있으며 난소 뒤 끝에서 합쳐져서 짧은 수란관에 이어 진다(Fig. 2A). 정소는 한 쌍의 가느다란 사상의 가지에 좌우로 여러 쌍의 엽상체가 달려 있는 구조로 등쪽 체강을 따라 늘어져 있으며 정소후부에서 수정관이 생식공으로 연결되어 있다(Fig. 2B). 쏠종개의 생식소는 미성숙시 암·수 모두 불투명한 유백색을 보이지만, 성숙 시 암컷은 담홍색, 수컷은 투명한 유백색을 보인다.

GSI 및 HSI 월변화

쏠종개 월별 암수 GSI변화를 보면, 암컷의 GSI의 월별 변화는 9월부터 12월까지 0.28-0.69로 낮은값을 나타내다가 1월(10L:14D, 13.55±1.09℃)에 1.51±0.61로 서서히 증가하기 시작하여 3월(12L:12D, 13.73±0.79℃)에 4.12±1.83로 급격히 증가하였다. 이후 일장이 가장 긴 6월(14.2L:9.8D)에 14.18±10.38로 최고값을 보였으며, 일장이 짧아지기 시작하는 7월(13.5L:10.5D)에 1.67±1.76로 급격히 감소하였다. 수컷의 GSI의 월별 변화는 9월부터 3월까지 0.19-0.16의 값을 나타내다가 4월에 0.24±0.09로 증가한 후 7월에 0.35±0.12로 최고값을 보였고 이후, 8월에 0.24±0.10로 급격히 감소하였다. 암컷의 HSI의 월별 변화는 GSI의 값이 낮은 9월부터 12월에 2.01-3.37로 높은 값을 보였고, GSI가 높은 값을 보이는 5-6월에 2.74-2.66로 낮았다. 수컷의 HSI도 암컷과 유사하게 9월부터 12월에 1.90-3.34로 높은 값을 나타냈고, GSI가 최고값을 보이는 7월에 1.67±0.27로 최저값을 나타냈다(Fig. 3).

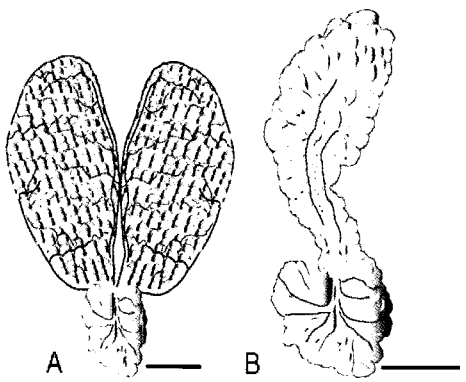

Fig. 2. Schematic representation of ovary and testis of striped eel catfish *Plotosus lineatus*. A, Female; collected in June. Scale bar=1 cm. B, Male; collected in June. Scale bar=1 cm.

생식세포 형성과정

1) 난형성과정

난소는 섬유성 결합조직에 의해 구분된 많은 난소 소낭으로 구성되어 있고, 소낭 상피에서 난원세포들이 분열·증식하였다. 초기 난모세포의 난경은 약 40 μm로 핵이 세포질의 상당부분을 차지하며 핵막을 따라 인이 배열되어 분포하였다. Haematoxylin에 짙게 염색되는 세포질은 성장하면서 염색성이 약해지고 난경이 약 140 μm에 이르렀을 때 세포질에 난황핵이 출현하다가 난황포가 형성되기 전에 소실되었다(Fig. 4A). 난경이 300 μm이상 발달하였을 때 세포질 주변부로 난황포가 형성되었고 미세과립구조의 난황이 축적되었으며 eosin에 짙게 염색되는 방사대가 관찰되었다(Fig. 4B). 난경이 650-770 μm로 발달하면서 난모세포의 세포질내에 미세과립구조의 난황이 완전히 채워져 eosin에 짙게 염색되었다(Fig. 4C). 이후 난황 축적형태는 과립상으로 세포질에 축적되었으며, 난경이 1,200 μm에 발달하였을 때 핵막이 거치화 되면서 중앙에 위치하고 있던 핵이 동물극쪽으로 이동하였다(Fig. 4D). 성숙된 난은 배란되어 난소내에는 잔존 여포 조직으로 가득하며 소수의 주변인기 단계의 난모세포들이 존재하였다

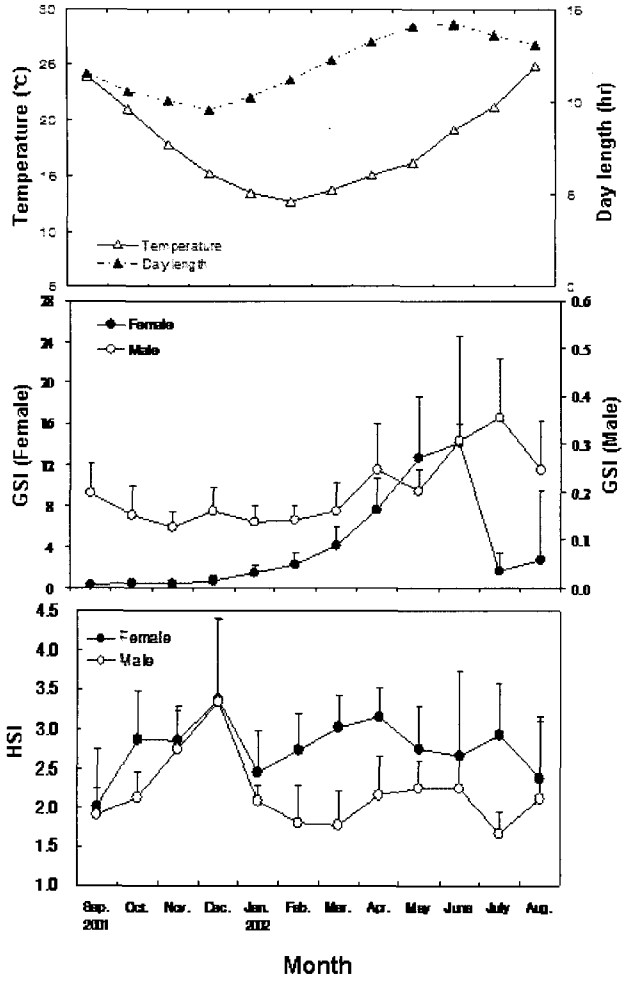

Fig. 3. Monthly variation in water temperature, day length, gonadosomatic index (GSI) and hepatosomatic index (HSI) of striped eel catfish *Plotosus lineatus*. Vertical bars represent standard error.

(Fig. 4E). 일부 배란되지 않은 성숙한 난모세포는 퇴화·흡수되고 난소내에 남아있던 주변인기 단계 이하의 난모세포들은 재배치되었다 (Fig. 4F).

2) 정자형성과정

정소의 내부구조는 수많은 정소소엽으로 구성되어 있으며 (Fig. 5A), 소엽상피를 따라 정원세포들이 분열·증식하였다. 이들 정원세포들은 정모세포로 발달되면서 정소소엽내에 발달단계별로 cyst구조를 이루고 있다. 정소의 발달과 함께 각기 다른 발달 단계의 생식세포군인 정모세포, 정세포, 정자로 성숙해 갔다 (Fig. 5B). 성숙시기에 이르면 정소소엽내에 대부분 정세포들과 성숙한 정자들이 무리를 이루어 존재하고 있다 (Fig. 5C). 방정시기가 되면 정소 기부의 수정관에 괴상을 이룬 정자들이 관찰되었고 (Fig. 5D), 방정 후 정소와 소엽상피는 위축되며 (Fig. 5E), 방정 되지 못한 소수의 정자들이 소엽내강에 존재한 채 소엽상피로부터 정원세포의 분열이 일어났다 (Fig. 5F).

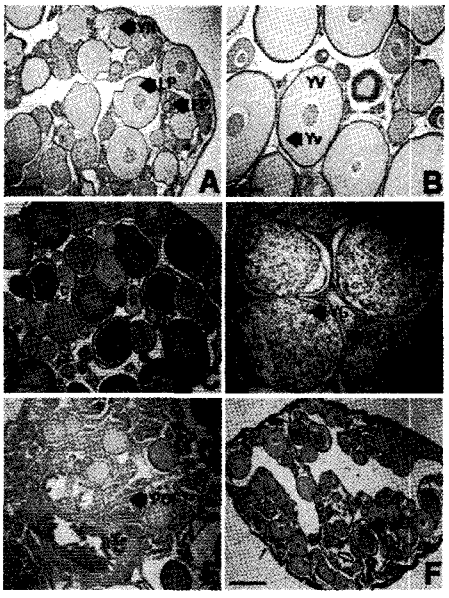

Fig. 4. Photomicrographs of ovarian developmental stages of female *Plotosus lineatus*. A, early growing stage. Scale bar, 200 μm.; B, growing stage. Scale bar, 200 μm.; C, early mature stage. Sclae bar, 500 μm.; D, mature stage. Scale bar, 1 mm.; E, spawning stage. Scale bar, 300 μm.; F, degenerative and recovery stage. Scale bar=400 μm.; AO, atretic oocyte; EP, early peri-nucleolus oocyte; EYG, early yolk globule oocyte; FL, follicle layer; LP, late peri-nucleolus oocyte; POF, post-ovulatory follicle; YG, yolk globule; YN, yolk nucleus; YV, yolk vesicle oocyte; Yv, yolk vesicle.

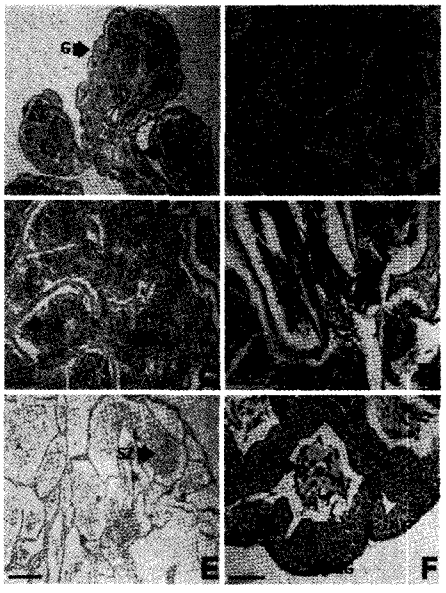

Fig 5. Photomicrographs of testis developmental stages of male *Plotosus lineatus*. A, Section of the testis structure. Scale bar, 400 μm; B, growing stage. Scale bar, 50 μm; C, mature stage. Scale bar, 100 μm; D, spent stage. Sclae bar, 50 μm; E·F, degenerative and recovery stage. Scale bar, 200 μm·100 μm; G, gonad; SC, spermatocyte; SD, spermatid; SG, spermatogonia; SZ, spermatozoa; Vd, vas deferens.

생식주기

쏠종개 암·수 생식소중량지수 (GSI)와 생식소의 조직학적 변화를 종합하여 관찰한 결과, 암컷과 수컷 모두 성장기, 성숙기, 산란기 및 방정기, 퇴화 및 회복기의 연속적인 발달단계로 구분할 수 있었다 (Fig. 6).

암컷의 경우 일부 개체의 생식소가 활성화 되어 난모세포가 출현하는 성장기는 9-4월, GSI 값이 큰 폭으로 증가하고 과립상 난황구를 축척하는 성숙기는 4-6월, GSI가 급격히 감소하고 배란을 하여 잔존 여포세포층이 관찰되는 산란기는 6-7월, 미 방출된 성숙한 난모세포들이 퇴화·흡수가 되고 어린 주변인기 난모세포들이 생식상피에 재배치되는 퇴화 및 회복기는 7-9월에 관찰되었다 (Fig. 6).

수컷의 경우 피질층 부위에서 정원세포들이 활발히 분열증식하여 각기 다른 발달단계의 성장기 생식 세포들이 관찰되는 성장기는 8-12월, 대부분의 정세포와 성숙한 정자들이 무리를 이루어 나타나는 성숙기는 9-5월, 변태를 마친 완숙한 정자들이 방정 되기 시작하는 방정기는 4-7월, 방정 후 소엽 상피가 위축되고, 방정 되지 못한 소수의 정자들이 소엽내강에 나타나며, 소엽상피에서는 정원세포의 분열이 일어나는 퇴화 및 회복기는 6-8월에 관찰되었다 (Fig. 6).

산란시기의 포란수

성숙한 쏠종개 암컷 19개체를 표본으로 전장과 체중에 따른 총 포란수를 조사한 결과, 전장 15.0-15.9 cm 개체는 약 631개, 18.0-18.9 cm 개체는 약 778개, 22.0-25.9 cm 개체는 약 1,620개를 포란하였다 (Table 2). 체중에서는 28.0-34.9 g 개체들은 약 610개, 49.0-55.9 g 개체들은 약 906개, 63.0-69.9 g 개체는 약 1,176개를 포란하였다 (Table 3)

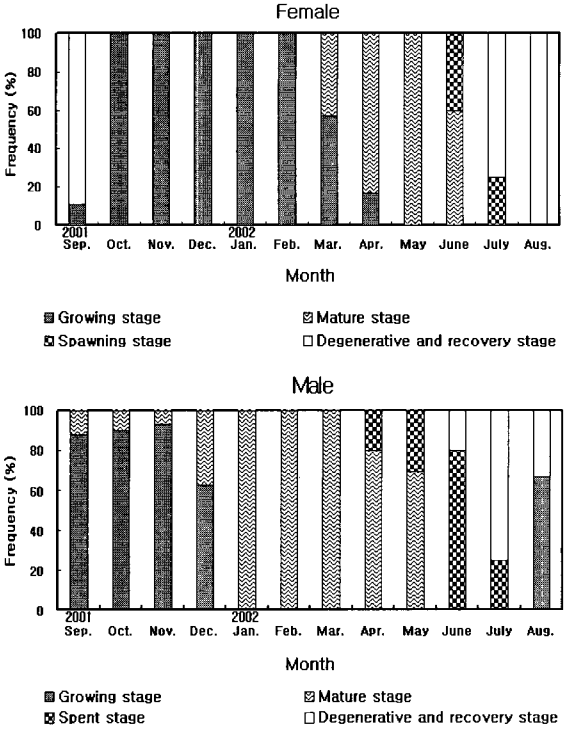

Fig 6. Monthly variation in frequency of reproductive stage of striped eel catfish, *Plotosus lineatus*.

Table 2. Relationship between total length and fecundity of striped eel catfish *Plotosus lineatus*

Total length (cm)	Number of eggs		Number of fish examined
	Range	Mean	
15.0-15.9	631	631	1
16.0-16.9	525- 746	639	4
17.0-17.9	744- 754	749	2
18.0-18.9	618- 960	778	3
19.0-19.9	600-1,176	897	4
20.0-20.9	846-1,198	1,025	3
22.0-25.9	1,054-1,070	1,062	2

Table 3. Relationship between body weight and fecundity of striped eel catfish *Plotosus lineatus*

Body weight (g)	Number of eggs		Number of fish examined
	Range	Mean	
28.0-34.9	525- 650	610	4
35.0-41.9	618- 756	724	5
42.0-48.9	600- 960	780	2
49.0-55.9	822- 990	906	2
56.0-62.9	846-1,198	1,033	4
63.0-69.9	1,176	1,176	1

군성숙도

쏠종개 암컷 개체의 군성숙도를 조사하기 위해 2002년 4월부터 7월까지 73개체를 조사한 결과, 전장 13 cm 이하에서는 성숙한 개체가 없었지만 전장 13-14 cm에서 조사 개체 3마리 중 1개체가 산란에 참여하였으며 전장 15 cm 이상부터 전 개체가 산란에 참여하고 있었다 (Table 4).

고 찰

쏠종개 암컷의 난소형태는 난소 실질부 등쪽의 좌우쪽에 밀착되어 길게 체축을 따라 커지며 난소 후측 끝 부분에서 합쳐져서 짧은 수란관으로 연결되어 있는 낭상형 I 에 속한다. 쏠종개 수컷의 정소는 메기류인 동자개 *Pseudobagrus fulvidraco* (Lim and Han, 1997)와 유사한 형태로 한 쌍의 가느다란 사상의 가지에 좌우로 여러 쌍의 엽상체가 달려 있는 소엽형에 속한다.

쏠종개의 GSI 변화를 수온과 일장의 변화와 연관하여 비교해보면 GSI 변화는 일장의 월 변화와 매우 유사한 경향을 보였고 일장의 증가와 수온이 상승하는 3월에 이르러 급격하게 증가하였다. 암컷의 생식소발달단계 조사에서도 저수온기를 지나 수온이 상승하고 일장이 길어지는 3월부터 난모세포에 난황축적을 시작하여 수온이 높고 일장이 가장 긴 시기인 6월에 산란을 시작하여 일장이 짧아지기 시작하는 7월에 산란이 종료되었다. 수컷의 GSI변화도 일장이 가장 긴 6월에 최고

Table 4. Sexual maturity with size of striped eel catfish, *Plotosus lineatus*

Total length (cm)	Number of the examined individuals	Number of the matured individuals	Maturity (%)
6.1- 7.0	1	-	0
7.1- 8.0	4	-	0
8.1- 9.0	3	-	0
9.1-10.0	12	-	0
10.1-11.0	4	-	0
11.1-12.0	5	-	0
12.1-13.0	4	-	0
13.1-14.0	3	1	33
14.1-15.0	1	-	0
15.1-16.0	3	3	100
16.1-17.0	10	10	100
17.1-18.0	3	3	100
18.1-19.0	7	7	100
19.1-20.0	5	5	100
20.1-21.0	4	4	100
21.1-22.0	3	3	100
22.1-23.0	1	1	100
Total	73	37	

값을 보이다가 7월에 급격히 하강하여 낮은값을 보였다. 이러한 결과는 생식소 성숙과 산란기의 시작은 수온상승으로 유도되어지고, 산란기의 종료는 일장의 단일화에 유도된다 (Kaneko and Hanyu, 1985; Awaji and Hanyu, 1988)는 춘-하계산란형 어류와 유사하였다.

이 연구에서 쏠종개의 HSI 월 변화는 성숙산란 시기인 5월에서 8월 사이에 GSI값과 역 상관관계를 보였다. 이러한 결과는 문치가자미 *Limanda yokohamae* (Kim et al., 2006), 문절망둑 *Acanthogobius flavimanus* (Park et al., 2005) 등에서도 GSI 증가에 따라 오히려 HSI는 낮아지는 역 상관관계를 보였으며, 줄망둑 *Acentrogobius pflaumi* (Baeck et al., 2004), 쥐노래미 *Hexagrammos otakii* (Lee et al., 2000) 등에서는 GSI증가와 함께 HSI도 증가하는 상관관계를 보였다. 이러한 현상은 간에서 VTG의 합성 및 축적시기와 간에서 난소로 전이 되는 시기가 어종에 따라서 차이가 있기 때문으로 추측되어 진다.

어류의 산란시기에 있어 난소 내 난모세포 발달 양식에는 모든 난모세포들이 동시에 발달하는 동시발달형(synchronous), 난모세포들이 무리를 이루어 발달하는 난군동시발달형 (group-synchronous), 생식소내에 모든 발달단계의 난모세포를 갖는 비동시발달형 (asynchronous)으로 구분되고 있다 (Wallace and Selmen, 1981; De Vlaming, 1983). 이 연구에서 쏠종개는 성숙기 및 산란기 난소 조직상으로 볼 때 크게 초기 난모세포군과 성숙 난모세포군 두 무리로 나뉘는 발달 양식으로 보아 난군동시발달형으로 추측된다.

일반적으로 어류는 전장과 체중이 증가함에 따라 포란수도 비례하여 증가하지만 알의 크기가 커질수록 포란하는 알의 수는 반비례하여 적어진다. 이 연구에서 조사된 쏠종개의 포란수는 525-1,176개, 난경은 최대 3.43 mm 크기에 이르는 난을 포란하였다. 메기목의 어류인 *Loricariichthys platymetopon*의 평균 포란수는 664개로 평균 난경은 3.67 mm였으며 (Marcucci et. al., 2005), 메기목 쏠종개과 어류인 *Plotosus canius*의 경우, 포란수는 256-1,921개로 난경의 크기는 4.9-5.5 mm이었다 (Sinha, 1985). 메기목의 어류는 다른 어종에 비하여 포란수가 적고 상대적으로 난경의 크기가 크다. 이는 메기목 어류의 종 특이적인 현상이라 생각되며, 차후 번식환경에 따른 포란수와 난경의 관계에 관한 연구가 수반되어져야겠다고 사료된다.

사 사

이 논문은 2006년도 누리 (NURI) 사업에 의하여 지원되었음.

참 고 문 헌

Awaji, M. and I. Hanyu. 1988. Effect of water temperature and photoperiod on the beginning of spawning season in the orange-red type medaka. Zool. Sci., 5, 1059-1064.

Baeck, G.W., J.W. Kim and S.H. Huh. 2004. Maturation and spawning of striped goby (*Acentrogobius pflaumi*) (Teleostei; Gobiidae) collected in the Gwangyang Bay. J. Kor. Fish. Soc., 37, 226-231.

De Vlaming, V.L. 1983. Oocyte development pattern and hormonal involvement among teleosts. In: Control Processes in Fish Physiology. Rankin, J.C., T.J. Pitcher and R. Duggan eds. Croom Helm, London, 176-199.

Kaneko, T. and I. Hanyu. 1985. Annual reproductive cycle of the chichibu goby *Tridentiger obscurus*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 51, 1645-1650.

Kim, D.J., C.M. Ahn and K.S. Min. 2006. Plasma sex steroid hormone and vitellogenin profiles during ovarian development of the wild marbled sole (*Limanda yokohamae*). J. Kor. Fish. Soc., 39, 391-397.

Kiyohara, S., J. Kitoh., A. Shito and S. Yamashita. 1996. Anatomical studies of the medullary facial lobe in the sea catfish, *Plotosus lineatus*. Fish. Sci., 62, 511-519.

Lee, J.K., H.K. Lim, C.H. Han, J.H. Jeung, D.J. Kim and K. Aida. 2000. Changes of gonadosomatic index and sex steroid hormone of serum in cultured greenling (*Hexagrammos otakii*). J. Kor. Fish. Soc., 33, 302-306.

Lim, S.K. and C.H. Han. 1997. Annual reproductive cycle of the banded catfish, *Pseudobagrus fulvidraco* (Richardson). J. Kor. Fish. Soc., 30, 823-833.

Marcucci, K.M.I., M.L. Orsi and O.A. Shibatta. 2005. Abundance and reproductive aspects of *Loricariichthys platymetopon* (Siluriformes, Loricariidae) in four

sections of the Capivara reservoir, river Paranapanema. Inheringia, Ser. Zool., 95, 197-203.

Noriyuki, H., S. Nakamura, H. Yoshikawa, T. Abe and H. Kobayashi. 1994. A role of olfaction in schooling of Japanese sea catfish, *Plotosus lineatus*. Jap. J. Ichthyol., 41, 7-13.

Park, I.S., D.W. Seol, E.M. Kim, Y.J. Kim and Y.D. Lee. 2005. Histology of the barbels of striped sea catfish, *Plotosus lineatus* (Thunberg). J. Kor. Fish. Soc., 38, 158-163.

Park, M.H., I.J. Hwang, D.J. Kim, Y.D. Lee, H.B. Kim and H.J. Baek. 2005. Gonadal development and sex steroid hormone levels of the yellowfin goby *Acanthogobius flavimanus*. J. Kor. Fish. Soc., 38, 309-315.

Reutter, K. 1992. Structure of the peripheral gustatory organ, represented by the siluroid fish *Plotosus lineatus* (Thunberg). In: Fish Chemoreception. Hara, T.T., ed. Chapman & Hall, London, 60-78.

Sinha, M. 1985. Maturity and spawning of the canine catfish-eel *Plotosus canius*(Hamilton). Ind. J. Anim. Sci., 55, 137-144.

Taylor, W.R. and J.R. Gomon. 1986. Check-list of the freshwater fishes of Africa (CLOFFA). In: Plotosidae. J. Daget, J.-P. Gosse and D.F.E. Thys van den Audenaerde, eds. ISBN, Brussels; MRAC, Tervuren; and ORSTOM, Paris, 160-162.

Thisen, B., E. Zeiske, W.L. Silver, T. Marui and J. Capio. 1991. Morphological and physiological studies on the olfactory organ of the striped eel catfish, *Plotosus lineatus*. Mar. Biol., 110, 127-135.

Wallace, R.A. and K. Selmen. 1981. Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. Am. Zoo., 21, 325-343.

2007년 1월 15일 접수
2007년 6월 14일 수리