

한국산 꺾지 *Coreoperca herzi* (농어목 꺾지과)의 생식주기

임상구 · 김계원¹ · 정규화² · 한창희³ · 강기영⁴ · 김정우^{4,*}

국립수산과학원 내수면양식연구센터, ¹전남신안 군청, ²전남대학교 생물공학과,
³동의대학교 분자생물학과, ⁴서남대학교 의과대학 해부학교실

Reproductive Cycle of the Korean Perch, *Coreoperca herzi* (Perciformes; Centropomidae) by Sang-Koo Lim, Gye-Won Kim¹, Gyu-Hwa Chung², Chang-Hee Han³, Ki-Young Kang⁴ and Jung-Woo Kim^{4,*} (Inland Aquaculture Research Center, National Fisheries Research & Development Institute; ¹Chonnam Shinan County, Shinan, Chonnam; ²Department of Biotechnology, Chonnam National University; ³Department of Molecular Biology, Dong-eui University, Busan 614-714, Korea; ⁴Department of Anatomy, College of Medicine, Seonam University, Namwon 590-711, Korea)

ABSTRACT To clarify the annual reproductive cycle of the Korean perch, *Coreoperca herzi*, the seasonal changes in gonadosomatic index (GSI), hepatosomatic index (HSI), histological aspects of gonad and liver, and plasma levels of sex steroid hormones were investigated from June 1994 to April 1996. The annual variations of GSI and HSI were positively related to the plasma levels of sex steroid hormones. Estradiol-17 β (E2) and testosterone levels were raised during the April to May. Based on the related results, annual reproductive cycle of the fish could be divided into five successive stages; 1) Growing stage (from February to March: GSI was increased rapidly and oocytes with yolk vesicle was increased. Nucleus migrates toward the animal pole. Spermatids were activated from the epithelial tissue of lobuli). 2) Maturation and spawning stage (from April to June: Oocytes were accumulated yolk globules. Active spermatogenesis was observed). 3) Degeneration or stagnation phase (from July to August). 4) Recovery phase (from September to November) and 5) resting phase (from December to January). The main spawning period was in May.

Key words : Korean perch, *Coreoperca herzi*, reproduction, gonadosomatic index (GSI), hepatosomatic index (HSI), sex steroid hormone

서 론

농어목 (Order Perciformes) 꺾지과에 속하는 꺾지 (*Coreoperca herzi*)는 낙동강 이서에서 압록강까지의 여러 하천에 분포하는 우리나라의 고유종이다 (김과 박, 2002). 꺾저기 (*Coreoperca kawamebari*)와 함께 꺾지속 (Genus *Coreoperca*)을 이루며 쏘가리 (*Siniperca scherzeri*)로 구성된 쏘가리속 (Genus *Siniperca*)과 분류학상 근연관계에 있다 (Cheng and Zheng, 1987; Kim and Kang, 1993).

꺾지과 어류에 대한 연구는 일본 꺾저기 (Imai and Nakahara, 1957)의 생활사 연구와 한국산 꺾저기의 산란습성과

초기생활사 (한 등, 2000)와 꺾지의 종묘생산 (한, 1999) 및 쏘가리의 초기생활사 (이 등, 1998), 쏘가리의 초기 생식소 형성과 성분화 (이 등, 2005), 쏘가리와 꺾지의 carotenoid 색소 성분의 비교 (이 등, 1996) 등의 연구가 있다.

어류에서 생식주기는 종마다 다르며, 생식소의 발달 및 배우자 형성과정에서 생식호르몬의 년변화는 번식주기와 밀접한 연관을 맺는다 (Rinchart *et al.*, 1993; Sisneros *et al.*, 1997; Rahman *et al.*, 2000; Joakim Larsson *et al.*, 2002). 따라서 대상어종의 년주기에 따른 혈중 성호르몬의 계절적 변이 조사는 인공종묘를 위해 필수적이며, 계획적인 산란과 출산율도에 필요하다 (Pankhurst and Conroy, 1998; Harvey *et al.*, 2011).

따라서 본 연구에서는 꺾지의 생식소중량지수와 간중량지수의 주년변화를 조사하고 이에 따른 생식소의 조직학적

*교신저자: 김정우 Tel: 82-63-620-0312, Fax: 82-63-620-0301,
E-mail: kjungw1024@paran.com

변화, 성 스테로이드 호르몬 (sex steroid hormone)의 주년변화를 종합 비교 검토함으로써 생식주기를 명확히 규명하여 종묘기술개발과 어족자원 확보에 직접 이용될 수 있는 자료를 얻고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재료 및 환경조사

격지는 1994년 7월부터 1996년 4월까지 매월 초순(3~10일)에 경남 산청군과 진양군 등의 남강 지류에서 8조의 정치그물(4 m × 4 m × 2 m)과 투망(망목 0.8 cm × 0.8 cm)을 사용하여 압수 각각 5~14마리씩 채집하였다. 수온은 채집 장소에서 봉상 온도계로 5일 간격으로 측정하였으며, 일장은 광주지방기상청 남원기상대의 기상관측 자료를 이용하였다.

2. 생식소중량지수(GSI)와 간중량지수(HSI)의 조사

채집된 재료를 산소포장을 하여 활어 상태로 실험실로 옮겨 전장 0.1 cm, 체중 0.1 g 범위까지 계측하였다. 채집된 암컷의 체장과 체중은 각각 13.0~22.5 cm, 28.5~150.3 g 범위였고 수컷의 체장과 체중은 각각 13.5~20.4 cm, 36.1~120.4 g 범위였다.

생식소중량지수(Gonadosomatic Index, GSI)는 [(생식소중량/체중) × 100%]으로 계산하였으며, 간의 영양축적 지표로서의 간중량지수(Hepatosomatic Index, HSI)는 [(간중량/체중) × 100%]으로 계산하였다.

3. 조직학적 조사

어체에서 떼어낸 생식소와 간은 중량계측 후 조직학적인 관찰을 위하여 Bouin 용액에 24시간 고정하고 70% alcohol 용액에 보존하였다가 일반적인 조직처리법에 따라 파라핀 블록을 제작한 다음 5~7 μm 두께의 연속절편을 만들었으며, Harry's haematoxylin과 0.5% eosin 용액을 이용하여 대조염색을 실시하여 광학현미경(GALE III. TA-120)으로 검정 하였다. 난과 정자형성 단계구분은 각각 Kaneko and Hanyu(1985)의 결과를 토대로 하였다.

4. 스테로이드 호르몬에 대한 방사면역 측정

계측에 사용할 시료는 개체의 미부 동맥에서 1회용 주사기(23G)로 채혈을 하여 준비하였다. 채혈된 혈액은 원심분리기(RC-5)를 이용하여 혈청만 분리하여 분석에 사용될 때까지 -20°C에서 보관하였다.

5. 시약, 완충용액 및 항체

실험에 사용된 steroid 표준물질은 Sigma Chemical Co. Ltd의 제품을 사용하였고, 방사표지 steroid로는 2-H³-estradiol-17β, 1,2,6,7-H³-testosterone (Dupont, USA)을 사용하였다. 방사면역측정법에 이용된 assay buffer는 0.1% gelatin을 함유한 phosphate buffered saline (PBS, pH 7.5)을 사용하였고 항체의 희석은 50 mM EDTA를 포함한 PBS (pH 7.5)를 사용하였다. 유리상태의 steroid hormone과 결합상태의 steroid hormone을 분리하기 위하여 charcoal 5 g과 dextrin 0.5 g을 PBS에 용해시킨 dextrin coated charcoal (DCC)을 사용하였다. 실험내 (intra-assay)와 실험간 (inter-assay) 변동계수는 E2가 각각 9.8%, 6.8% 이었고, testosterone은 각각 7.4%와 8.9%이었다. 실험에 사용된 방사표지 steroid는 2,4,6,7-H³-estradiol (85Ci/mmol, Amersham), 1,2,3,7-H³-testosterone을 사용하였다. E2의 항혈청과 다른 스테로이드와의 교차반응도는 estrogen이 1.7% 이고 그 외의 스테로이드는 0.01% 이하였다(Kwon *et al.*, 1991).

6. Steroid hormone의 추출과 방사면역 측정

스테로이드 호르몬의 방사면역 측정법의 일반적인 과정은 Kwon *et al.* (1991)의 방법을 따랐으며, steroid를 측정하기 위해 -20°C에 보관중인 시료와 steroid hormone의 농도를 0.03 ng/mL에서 3.84 ng/mL까지 8단계로 만든 표준시료를 상온에서 녹인 후, 시료와 표준시료를 각각 200 μL에 H³ 방사 표지된 steroid hormone을 각각 100 μL씩 넣은 다음, 희석 항체(Bo/T: 30~50%)를 200 μL씩 넣고 교반시켜 4°C에서 12시간 동안 반응시켰다. 그 다음 DCC를 250 μL씩 첨가하여 진탕하고 15분간 방치한 후 3,000 × g에서 15분간 원심분리 하였다. 여기에 3 mL의 scintillation cocktail을 혼합한 후 2시간 동안 숙성시킨 다음 scintillation counter에 의해 duplication으로 1분간 counting 하였다.

7. 회수율과 표준곡선의 정확도 및 정밀도 검정

상기한 steroid 추출방법과 방사면역 측정법을 따라 측정하여 회수율을 구하였다. 각 steroid hormone의 표준물질 농도범위 내의 표준반응곡선의 정확도를 조사하기 위하여 한 개의 표준곡선을 기준으로 하여 각 표준물질에 대한 측정치들 간의 변동계수를 조사하였다.

정밀도는 측정내검사 (intra-assay)와 측정간검사 (inter-assay)의 변동계수 (coefficient of variation : CV% = SD × 100/X)를 구하였다.

시료내 steroid hormone의 농도는 binding percent [Bi-NSB / Bo-NSB × 100%]의 값을 Y축으로 하고 표준농도의 log값을 X축으로 하는 표준곡선을 이용하여 계산하였다.

8. 통계검정

꺼지의 생식주기 실험결과에서 GSI, HSI 및 혈액내 호르몬 양의 주년변화는 ANOVA에 이은 multiple-range tests (Duncan's)로 분석하였으며, P값이 0.05 이하일 경우에 유의하다고 판정하였다.

결 과

1. 생식소의 형태

성숙된 꺼지의 생식소는 암·수 모두 좌우 비대칭 낭상형으로, 복강 뒤에 위치하였다. 미성숙 개체나 성숙된 개체 모두 쉽게 암수의 식별이 가능하였으며, 난소는 혈관이 풍부하게 분포된 결체섬유와 근섬유로 구성된 외막을 형성하여 낭상형을 이루고 난소 내에는 여러 개의 난소 소낭이 이중 결체섬유막으로 구분되어 있었다. 정소 또한 난소와 마찬가지로 이중 결체섬유막에 의해 구분된 많은 정소 소낭으로 구성되어 있었다.

2. 수온, 일장 및 생식소중량지수(GSI)의 주년변화

1994년 6월에서 1996년 4월까지 채집 수역의 수온과 일장에 대한 GSI의 주년변화(Fig. 1)를 보면, 수온은 1995년 2월에 4.1°C에서 3월에는 9.1°C로 서서히 상승하고 일장은 11.5시간이었으며, GSI는 암컷 4.54±0.42%, 수컷 0.71±0.14%에 이르렀다. 4월은 17.6°C로 급격한 수온의 상승과 함께 GSI가 암컷 7.62±1.48%, 수컷 0.76±0.13%로 높은 값을 유지 하였으며 일장은 13.2시간이었다. 5월에 수온이 20°C 전후, 일장이 14시간 정도가 될 때, GSI는 암컷 8.50±0.54%, 수컷 0.77±0.78%로 연중 최고치를 나타내었다. 6월에는 수온이 23.4°C, 일장 14시간이며, GSI는 암컷이 4.31±0.31%로 비교적 높은 값을 유지한 반면 수컷은 0.39±0.05%로 5월에 비해 낮은 값을 보였다. 7월이 되면 26.4°C로 높은 수온을 보이며 일장은 14.3시간으로 서서히 짧아지며, GSI는 암컷 1.11±0.21%, 수컷 0.23±0.001%로 낮은 값을 나타내었다. 8월이 되면 수온은 27.8°C로 연중 최고값을 보이지만 GSI는 암컷 0.54±0.08%, 수컷 0.90±0.02%로 연중 최저값을 나타내었다. 9월에는 GSI가 서서히 올라가기 시작하며, 10월에는 수온 15.2°C, 일장 11.4시간이고, GSI가 암컷 2.06±0.22%, 수컷 0.18±0.03%로 9월에 비해 유의한(P<0.05) 상승이 있었다. 11월에는 다시 암컷과 수컷의 GSI값이 낮아지고, 12월에는 일장이 9.9시간으로 가장 짧으며 1월이 되면 수온이 2.9°C로 연중 최저치를 보이지만, 1994년 12월에서 1995년 2월까지의 GSI범위는 암컷 2.69±0.19~2.91±0.04%, 수컷 0.33±0.02~0.35±

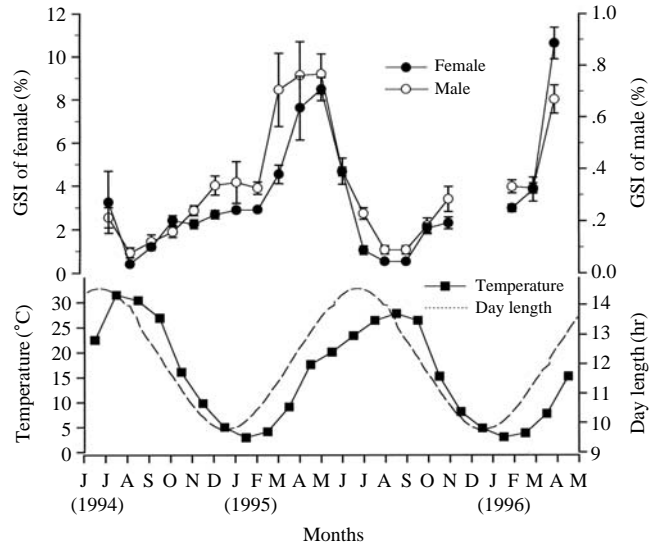


Fig. 1. Annual changes in GSI, water temperature and daylength in the sampling place of Korea perch, *Coreoperca herzi*.

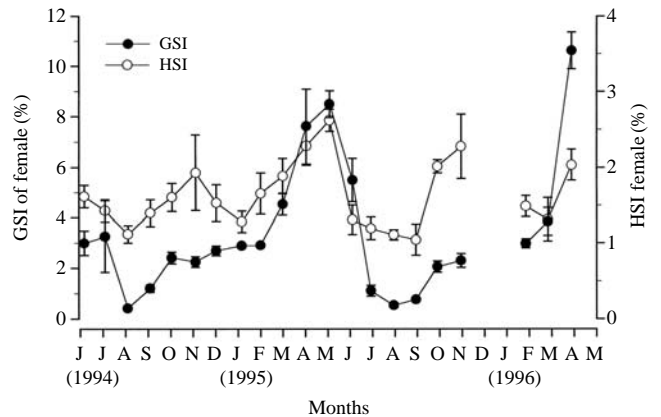


Fig. 2. Annual changes in GSI and HSI of Korea perch, *Coreoperca herzi*.

0.08%를 보였다.

3. 간중량지수 (HSI)의 주년변화

암컷의 월평균 HSI와 GSI의 변화를 비교하여 Fig. 2에 나타내었다. 암컷 HSI의 월평균 변화는 낮은 값을 나타내고 있지만 GSI의 변화와 유사한 주기적인 형태를 보이고 있다. 1월까지는 0.35±0.19%로 낮은 값을 유지하다가 이후 급격한 상승을 보이며, 5월에 2.65±0.18%로 상승하다가 다시 6월에 가파르게 감소되어 이후 9월까지의 점진적으로 1.09±0.19%까지 감소하였다가 다시 1월까지 계속 상승하는 양상을 보였다.

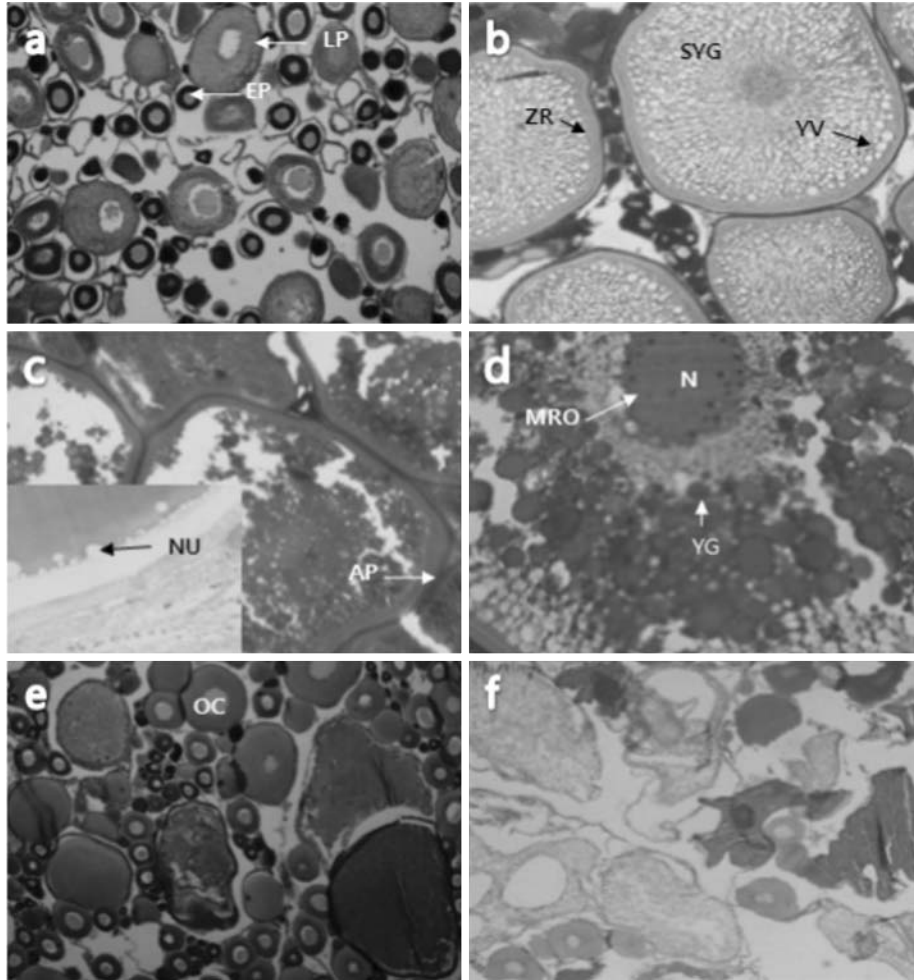


Fig. 3. Light microscopy of oogenesis with Harry's hematoxylin and eosin staining in *Coreoperca herzi*. a. Section of the growing ovary ($\times 200$). Note of the yolk nucleus in cytoplasm; b, Section of the early mature ovary ($\times 400$). Note of yolk granules accumulated in cytoplasm; c, Section of the late mature ovary ($\times 400$). Note of yolk granules accumulated in the cytoplasm, and zona radiate, d, Section of the ripe ovary ($\times 600$). Note of numerous yolk materials, lipid globules and the nucleus migrated toward the animal pole; e, Section of the recover ovary ($\times 400$). Note of the yolk nucleus in basophilic cytoplasm and several scattering nucleoli along the nuclear membrane; f, Section of the spent ovary ($\times 400$). Note of yolk vesicles found in the peripheral layer of cytoplasm. AP: animal pole, EP: early perinucleolus oocyte, LP: late perinucleolus oocyte, N: nucleus, Nu: nucleolus, OC: oocyte, SYG: secondary yolk globule oocyte, YG: yolk globule, YV: yolk granule, ZR: zona radiate, MRO: migrate recovery oocyte

4. 생식소 발달의 조직학적 변화

1) 난소의 조직학적 변화

1995년 2월의 GSI가 $2.78 \pm 0.02\%$ 로 낮은 값을 보이지만, 생식소 내에는 주변인기, 난황포기, 그리고 난황구기의 난모세포들이 나타나며, 일부 개체에서는 난황축적이 일어난다(Fig. 3a). 3월이 되면 GSI의 상승과 함께 모든 개체의 난소 내에는 일부 주변인기의 난모세포들이 보이기는 하지만, 대부분 난황구기의 난모세포들로 이루어진다(Fig. 3b). 일부 개체에서는 배포가 이동되어 나타나기도 한다(Fig. 3c). 5월에는 배란 직전의 완숙난이 관찰되었다(Fig. 3d). 특히 이 시기에는 eosin에 짙게 염색되는 방사대가 관찰된다.

6월에는 GSI의 값이 떨어지며 산란이 이루어진 흔적이 확인 되었으며(Fig. 3e), 초기 난모세포들이 생식상피로부터 생겨나기 시작하는 양상이 관찰되었다. 이후의 퇴화, 흡수를 거쳐 9월에는 hematoxylin에 짙게 염색되는 초기 난모세포들이 나타나며 그들의 형태는 핵막을 따라 분산인이 배치되어 일부의 성장된 난들 사이에 작게 나타나고 이러한 상태로 다음 해의 성장기까지 정지된 상태로 월동을 하였다(Fig. 3f).

2) 정자 형성 과정

정소는 난소의 형태와 유사한 낭상형이며, 횡단면은 삼각형의 구조를 나타내었다. 내부구조는 여러 개의 세정관으로 구성되며, 각 세정관에는 생식상피에서 생겨난 여러 개의

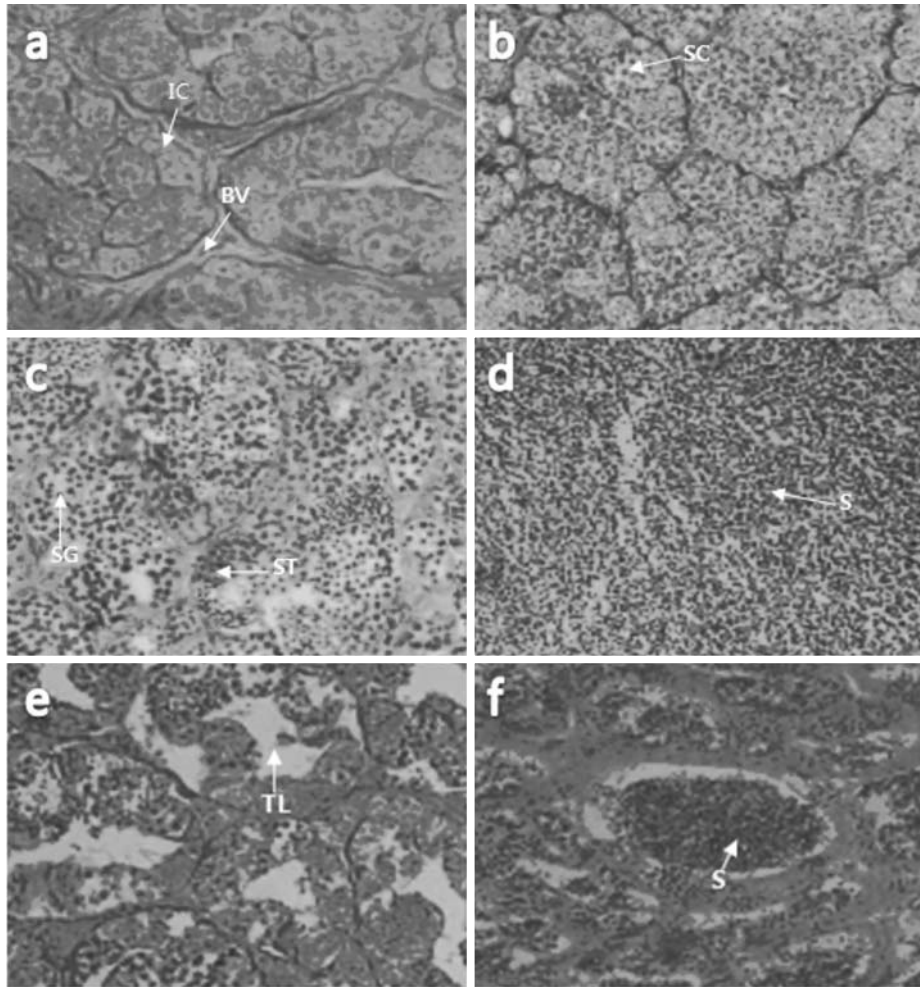


Fig. 4. Light microscopy of spermatogenesis with Harry's hematoxylin and eosin staining in *Coreoperca herzi*. a, Section of the testis of growing stage ($\times 200$), Note of the cyst composed of spermatogonia and spermatocytes in the seminiferous tubule; b, Section of mature stage ($\times 200$). Note of great number of spermatocytes, spermatid and spermatogonia in the seminiferous tubule; c, Section of the testis in the functional mature stage ($\times 200$). Note of the spermatid and spermatozoa filled in the seminiferous tubules; d, Section of the testis in the ripe stage ($\times 400$). Note of the cluster of spermatozoa filled in the seminiferous tubules; e, Section of post-spawning stage ($\times 200$). Seminiferous tubules are empty; f, Section of recovery stage ($\times 200$). The cyst composed of spermatogonia, spermatocytes in the seminal lobule. BV: blood vessel, IC: interstitial cells, S: Spermatozoa, SC: Spermatocyte, SG: Spermatogonia, ST: Spermatid, TL: tubule lumen

포낭이 존재한다. 2월의 정소는 세정관내에 정원세포들이 무리를 지어 포낭을 형성하고 있는 모습이 나타나며, 발달 양상은 비동시적이었고, 매우 작은 핵이 hematoxylin에 염색되었다(Fig. 4a). 3월에는 각 세정관들이 원형에서 타원형으로 신장되어 보이며 각각의 포낭들은 정원세포의 포낭들과 정세포의 포낭들로 나타났다(Fig. 4b). 4월에는 거의 모든 세정관의 소낭에서 정세포가 정자로 발달하면서 정소낭 내강으로 이동되어 가는 모습이 관찰되었다(Fig. 4c). 5, 6월에는 세정관들이 길게 신축되어 나타나고, 내강으로 운동성 있는 정소들로 가득 차게 되어 방정이 이루어지며, 이때의 생식상피는 아주 얇은 형태로 나타났다(Fig. 4d). 7월에는 잔류정자가 내강에 일부 남아있는 모습이 보이며, 생식상피

에는 포낭을 형성하지 않은 정원세포가 나타나게 되고 내강의 빈 공간이 넓어져 보이며, 정원세포의 증식으로 인하여 생식상피층이 비후되기 시작한다(Fig. 4e). 9월 이후는 잔류정자가 거의 퇴화, 흡수되었으며 생식상피층에는 정원세포들이 포낭을 형성하여 넓게 차지하기 시작하며 이에 따라서 정소내강은 협소해졌다. 이러한 양상은 월동기 전에 나타나 월동 후 성장기 전까지 일정하게 나타났다(Fig. 4f).

5. 혈중 steroid hormone의 주년변화

암컷의 혈중 E2, testosterone 농도의 주년변화는 Fig. 5에 나타내었다. E2의 혈중 농도는 1995년 2월에 0.13 ± 0.12

ng/mL로 낮은 값을 보이거나 3월부터는 0.52 ± 0.79 ng/mL로 상승하여 4월에 0.76 ± 0.18 ng/mL로 연중 최고값을 보였으며 5월에 1.58 ± 0.03 ng/mL, 6월에 0.99 ng/mL로 비교적 높은 값을 나타내었다. 그 후 값이 내려가다가 11월에 0.81 ± 0.02 ng/mL로 연중 최저값을 보였으며 1996년 2월의 낮은 값인 0.09 ± 0.01 ng/mL와는 유의한 ($P < 0.05$) 차이가 없었다. Testosterone의 혈중 농도는 1995년 2월 0.77 ± 0.02 ng/mL, 3월 0.83 ± 0.06 ng/mL로 낮은 값을 보이다가 4월이 되면 2.21 ± 0.49 ng/mL로 급격하게 증가하였으며, 5월에 5.16 ± 0.71 ng/mL로 연중 최고치를 나타내었다. 이후 계속 하강하여 1995년 1월에 0.65 ± 0.01 ng/mL로 연중 최저치를 나타내었다.

수컷의 testosterone 농도 (Fig. 6)는 1995년 3월까지 5.49 ± 0.26 ng/mL로 큰 변화를 보이지 않다가 4월에 9.03 ± 1.34 ng/mL로 현저하게 증가되었으며 5월에 $12.66 \pm$

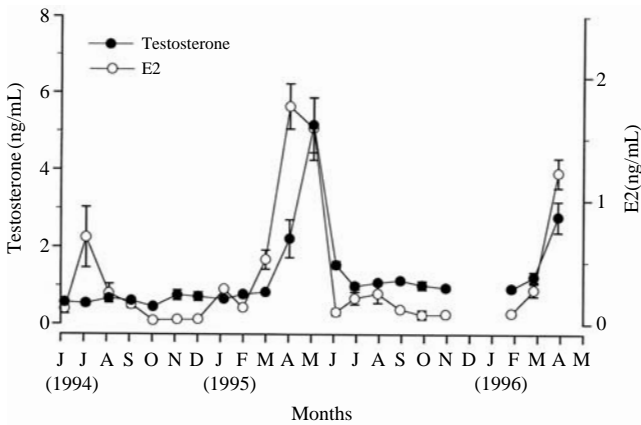


Fig. 5. Annual changes in E2 and testosterone in female of Korea perch, *Coreoperca herzi*. Error bars indicate SEM.

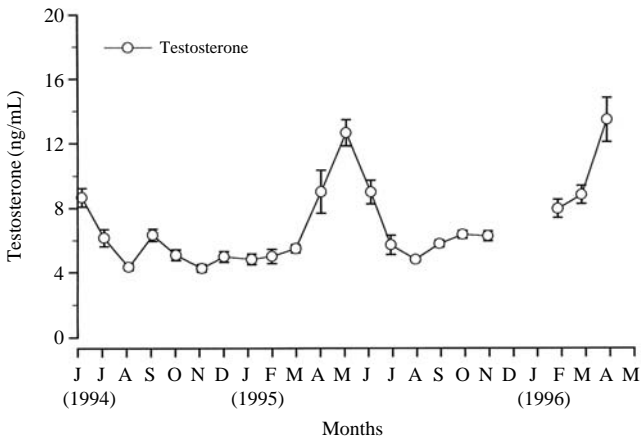


Fig. 6. Annual changes of testosterone in male of Korea perch, *Coreoperca herzi*. Error bars indicate SEM.

0.81 ng/mL로 연중 최고치를 나타내었다. 이후 6월까지 5.72 ± 0.60 ng/mL로 높은 값을 유지하다가 점차 하강하여 8월에 4.81 ± 0.44 ng/mL로 연중 최저치를 나타내었다.

고 찰

경골어류에 있어서 생식소 활성화는 내적 요인과 아울러 외부 환경요인으로서 온도와 빛이 깊이 관련되고 있음이 일반적으로 알려져 있다 (Henderson, 1936; 이 등, 1984). 꺾지의 GSI 값의 변화는 환경, 수온 및 일장과 관련하여, 3월의 수온은 10°C 전후로 상승되고 일장이 11.5시간으로 길어지는 시기부터 증가하고, 이 때 암컷의 GSI는 $4.54 \pm 0.43\%$, 수컷은 $0.71 \pm 0.14\%$ 였으며, 암컷 E2와 testosterone 혈중 농도는 0.83 ± 0.06 ng/mL, 수컷의 testosterone은 5.49 ± 0.26 ng/mL로 서서히 증가하였다. 수온이 17.6°C 로 급격히 상승하는 4월에는 GSI도 높고, 암컷과 수컷의 GSI와 testosterone의 혈중농도에서는 암컷의 E2가 연중 최고치인 1.76 ± 0.18 ng/mL로 높은 값을 보이고 있어 생식소 성숙의 자극은 수온의 증가와 장일화 되어 가는 환경이 영향을 미치는 것이라 생각된다.

산란시기의 결정 역시 수온과 광주기의 영향을 받는다고 알려져 있다 (Lam, 1987; Razni *et al.*, 1989; Aida, 1991). 즉, 봄·여름 산란형과 가을·겨울 산란형으로 구분될 수 있다. 봄·여름 산란형의 산란기는 수온의 상승에 의해 유도되며, 산란기의 종료는 광주기의 단일화에 의하여 유도된다고 보고되었다 (Shimzu and Hanyu, 1982; Kaneko *et al.*, 1986). 반면에 가을·겨울 산란형은 광주기의 단일화에 의해 생식소 성숙과 산란이 촉진된다고 알려져 있다 (Shimzu and Hanyu, 1982; Shimzu and Hanyu, 1987). 따라서 꺾지는 위의 결과로 보아 봄·여름 산란형에 속한다고 볼 수 있으며 6월에 산란이 종료되는 것은 광주기가 이때부터 짧아지기 시작하기 때문으로 보여진다. 9월과 10월에 수온이 약 15°C 이상으로 계속 유지되는 시점에서 GSI가 증가하였고, 또한 휴지기 상태에서 수온이 15°C 전후로 상승되는 시점에서 생식소의 성장이 관찰되었다.

초기 난모세포 및 주변인기의 세포가 회복기의 초기인 7월경부터 나타나 성장하는 것을 볼 수 있었으며, 산란기 동안 난소 내에는 성숙난 중에서 2가지 이상의 난모세포군이 혼재하는 것이 관찰되었다. 그것은 한 산란기에 적어도 1회 이상의 산란을 하는 것으로 추정되며, 산란실험에서도 그러한 경우를 볼 수 있었는데, 차후에 정확한 사육 실험이 이루어져야 한다고 생각된다. 정소의 발달 역시 난소의 발달 양상과 비슷한 생식리듬을 가지고 있었다.

암컷에서 GSI와 HSI의 주년변화 양상은 비슷한 경향을 나타냈다. 노래미에서 생식소 특히 난소의 성숙에 따라

HSI가 밀접하게 상관관계를 가지고 변화하였으며(정 등, 1986), 독가시치에서 난소 내에 축적되는 난황 단백질은 간에서 전구체의 형태로 만들어져 난소로 이동된다(Rahman et al., 2000). 연어류, *Oncorhynchus nerka* (Imura and Saito, 1969)등에서도 동일하게 보고되고 있는데, 이와는 반대로 그물코퀴치, *Rudarius ercodes* (Lee and Hanyu, 1984), 은어, *Plecoglossus altivelis* (Ishida, 1979), 뱀장어, *Anguilla japonica* (Sugimoto et al., 1976) 등에서는 GSI의 발달과 역상관관계를 나타내며, 특히 난소 발달에 따라 HSI는 현저하게 감소하고 있다. 꺼지는 난소의 발달과 함께 HSI는 정상관관계로 증가하였다.

간에서 생식소 발달에 관여하는 물질 특히 난황전구물질을 합성하는 것은 일반적으로 인정되고 있다. 다만, 이들 물질의 합성 및 저장시기와 간으로부터 난소에 공급되는 시기가 어중에 따라 차이가 있는 데서 정상관 또는 역상관관계를 가지고 변화하는 것으로 생각된다. 은어 암컷(Aida et al., 1973)과 금붕어 암컷(Ishii and Yamamoto, 1970)에서는 글리코겐의 양이 수컷보다 크게 감소되었다는 것으로 보아 수컷은 간조직 내의 물질 변화가 크지 않은 것으로 사료된다.

따라서 본 연구는 생식주기를 파악하기 위하여 수온, 일장의 주년변화, 암수의 생식세포의 형성과정을 조직학적으로 관찰하고, 방사면역측정법을 이용하여 혈중 steroid hormone의 농도변화를 측정한 결과 산란기는 4월 하순에서 6월 초순경으로 볼 수 있다.

요 약

꺼지, *Coreoperca herzi*의 생식 년주기를 규명하기 위하여 1994년 7월부터 1996년 4월까지 경남 산청군 경호강에서 실험어를 채집하여 수온, 일장, GSI, HSI, 생식소의 조직학적 조사 및 혈중 스테로이드 호르몬의 농도변화를 조사하였다.

GSI는 2월부터 급격히 상승하여 4월에 최대치를 나타내고 5월까지 높은 값을 유지하다가 하강하기 시작하여 8월에 최저값을 나타내었다. 혈중 E2, testosterone의 혈중 스테로이드 호르몬 농도는 GSI의 변화와 유사한 양상을 나타냈다.

방란, 방정 후 난소 소낭 내에서는 짧은 퇴화기가 관찰되며, 어린 난모세포가 계속 성장하여 난황합성 전기의 상태에서 저수온기에 휴지기 상태로 월동하여 이듬해 수온 상승기에 일제히 성장한다. 정소 역시 짧은 퇴화기(7월)와 오랜 휴지기(10~2월)를 가진다.

본 종의 생식 년주기는 성장 및 성숙기(2월~4월 초순), 완숙 및 산란기(4월 하순~6월 초순), 퇴화 및 정체기(7~8월), 회복기(9월~11월 초순), 휴지기(12월~1월)로 나누

어지며 주 산란기는 5월이었다.

사 사

본 논문은 국립수산물연구원 경상과제 “친환경 논 생태양식기술개발” 시험연구비 (관리번호 RP-2011-AQ-113)에 의해 수행되었습니다.

인 용 문 헌

- 김익수 · 박종영. 2002. 한국의 민물고기, 2판. 교학사, pp. 463.
- 이완옥 · 장선일 · 이종윤. 1998. 쏘가리 *Siniperca scherzeri*의 초기 생활사에 관한 연구. 한국어류학회지, 10: 1-10.
- 이윤아 · 이병민 · 최경철 · 박상용 · 방민철. 2005. 쏘가리 (*Siniperca scherzeri*)의 초기 생식소 형성 및 성분화. 한국양식학회지, 18: 76-80.
- 이택열 · 우생공 · 고천청. 1984. 그물코퀴치, *Rudarius ercodes*의 생식활동에 미치는 광주기 및 온도의 영향. 한수지, 17: 523-528.
- 이향희 · 박미연 · 권문정 · 백승환 · 김수영 · 강동수 · 허봉석. 1996. 농어과에 속하는 쏘가리와 꺼지의 Carotenoid 색소 성분의 비교. 한국영양식량학회지, 25: 87-93.
- 정의영 · 김형배 · 이택열. 1986. 노래미, *Agrammus agrammus*의 성숙열에 따른 간세포의 활성변화. 한수지, 19: 83-91.
- 한경호. 1999. 한국산 꺼지(*Coreoperca herzi*)의 종묘생산, 전남대 수산과학연구소논문집, pp. 103-110.
- 한경호 · 박준택 · 김병무 · 오성현 · 이성훈 · 진동수. 2000. 한국산 꺼저기(*Coreoperca kawamebari*)의 산란습성 및 초기 생활사. 한국어류학회지, 12: 129-136.
- Aida, K. 1991. Environmental regulation of reproductive rhythms in teleosts. Aquaculture Symposium, pp. 173-187.
- Aida, K.P., V. Nagama and T. Hibiya. 1973. Physiological studies on the gonadal maturation of fish: I. Sexual difference in composition of plasm protein of the ayu in relation to gonadal maturation. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 39: 1091-1106.
- Cheng, Q. and B. Zheng. 1987. Systematic synopsis of Chinese fishes. Science press. Beijing, pp. 284-286.
- Harveya, C.J., J.C. Field, S.G. Beyerb and S.M. Sogard. 2011. Modeling growth and reproduction of chilipepper rockfish under variable environmental conditions. Fisheries Research, 109: 187-200.
- Henderson, N.E. 1936. Influence of light and temperature on the reproductive cycle of the eastern brook trout, *Savelinus fontinalis* (Mitchill). J. Fish. Res. Bd. Canada, 20: 859-897.
- Imai, S. and K. Nakahara. 1957. Life history of *Coreoperca kawamebari* (Temminck et Schlegel). Fisheries, pp. 591-601.
- Imura, K. and T. Saito. 1969. Seasonal variations in the metabolic activities of tissue constituents of some fishes. Bull. Fac. Fish. Hokkaido University, 20: 202-210.
- Ishida, R. 1979. Changes of hepatosomatic index of ayu, *Plecoglossus*

- sus altivelis*, during a spawning season. Bull. Tokai Reg. Res. Lab., 100: 169-171.
- Ishii, K. and K. Yamamoto. 1970. Sexual differences of the liver cells the goldfish, *Carassius auratus*. Bull. Fac. Fish. Hokkaido University, 20: 161-167.
- Joakim Larsson, D.G., I. Mayer, I.S. Hyllner and L. Förlin. 2002. Seasonal variations of vitelline envelope proteins, vitellogenin, and sex steroids in male and female. Eelpout (*Zoarces viviparus*). General and Comparative Endocrinology, 125: 184-196.
- Kaneko, T. and I. Hanyu. 1985. Annual reproductive cycle of the chichibugoby, *Tridentiger obscurus*. Nippon Suisan Gakkaishi, 51: 1645-1650.
- Kaneko, T., K. Aida and I. Hanyu. 1986. Changes in ovarian activity and fine structure of pituitary gonadotropin during spawning cycle of the chichibugoby, *Tridentiger obscurus*. Nippon Suisan Gakkaishi, 52: 1923-1928.
- Kim, I.S. and E.J. Kang. 1993. Coloured fishes of Korea. Academy Publishing Company, Seoul, Korea, pp. 477.
- Kwon, H.B., H.H. Choi, R.S. Ahn and Y.D. Yoon. 1991. Steroid production by amphibian (*Rana nigromaculata*) ovarian follicles at different developmental stages. J. Exp. Zool., 206: 66-73.
- Lam, T.J. 1987. Environmental control of reproduction in teleosts. Reproductive Physiology of Fish, pp. 279-288.
- Lee, T.Y. and I. Hanyu. 1984. Reproductive cycle of small filefish, *Rudarius ercodes*. Bull. Korean Fish. Soc., 17: 423-435.
- Pankhurst, N.W. and A.M. Conroy. 1998. Endocrine changes during gonadal maturation and spawning in the orange roughy (*Hoplostethus atlanticus* Collett), a teleost from the midslope waters off New Zealand. Gen Comp Endocrinol., 70: 262-273.
- Rahman, S., A. Takemura and K. Takano. 2000. Correlation between plasma steroid hormones and vitellogenin profiles and lunar periodicity in the female golden rabbitfish, *Siganus guttatus* (Bloch). Comparative Biochemistry and Physiology Part B, 127: 113-122.
- Razni, H., I. Hanyu, K. Aida and K. Furukawa. 1989. Tematuration of gold fish under continued warm or cool temperature in combination with short or long photoperiod. Nippon Suisan Gakkaish, 55: 1505-1510.
- Rinchar, J., P. Kestemone, E.R. Kuhn and A. Fostier. 1993. Seasonal changes in plasma levels of steroid hormones in an asynchronous fish the gudgeon *Gobio gobio*. Gen. Comp. Endocrinol., 52: 79-85.
- Sugimoto, Y., Y. Takeuchi and K. Yamauchi. 1976. Induced maturation of female Japanese eels by administration of salmon pituitaries, with notes on changes of oil droplets in eggs of matured eels. Bull. Fac. Fish. Hokkaido University, 27: 107-120.
- Shimizu, A.K. and I. Hanyu. 1982. Environmental regulation of annual reproductive cycle in a spring-spawning bitterling *Acheilognathus tabira*. Nippon Suisan Gakkaishi, 48: 1563-1568.
- Shimizu, A.K. and I. Hanyu. 1987. Annual reproductive cycle in an autumn-spawning bitterling *Acheilognathus rhombea*. Nippon Suisan Gakkaishi, 53: 529-536.
- Sisneros, J.A., P.M. Forlano, R. Knapp and A.H. Bassa. 1997. Seasonal variation of steroid hormone levels in an intertidal-nesting fish, the vocal plainfin midshipman. Camp. Biochem. Physiol., 18A: 1217-1223.