

최 종
연구보고서

639.31
L2937

꺅지의 종묘생산과 양식기술개발

Seedling Production and Rearing of
Coreoperca herzi

개발사업주관기관

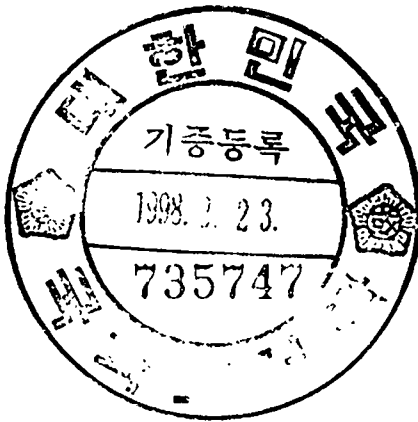
여수수산대학교

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “격지의 종묘생산과 양식기술 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.



1997. 11

개발사업주관기관명 : 여수수산대학교

개발사업총괄책임자 : 정 규 화

연 구 원 : 김 충 만

한 경 호

한 창 희

이 원 교

방 인 철

임 상 구

김 병 학

박 준 택

여 백

요 약 문

1. 제 목

꺝지의 종묘생산과 양식기술 개발

2. 연구개발의 목적 및 중요성

1. 연구개발사업의 목적

꺝지의 생활사와 생리생식을 명확히 규명하여 이에 기초한 채란, 부화, 자치 어사육 등 일련의 효율적인 종묘생산법을 확립하고, 다양한 사육조건을 실험 검토함으로써 새로운 양식기술을 개발한다.

2. 중요성

최근 우리나라의 수산업은 연안국의 자원관리강화로 생산성이 저하된데다 해외 수산물수입이 개방됨에 따라 경쟁력 강화를 위한 다각적인 대책마련이 시급한 실정이다. 전문가들은 우리나라 양식업의 활성화를 도모하기 위하여 우선 경쟁력 있는 우수한 어종을 개발하고 첨단기술을 이용한 연구를 병행하여 미래에 보다 적극적으로 대처할 것을 지적하고 있다. 꺝지는 우리나라의 특산어종 사람들로 부터의 기호도가 매우 높은 담수어의 하나이다. 그러나 최근 우리나라의 꺝지자원은 급속히 감소되고 있을 뿐아니라 현재대로 방치할 경우 자칫 멸종위기를 맞을 수도 있어 특산어종의 보존과 이용의 측면에서 대책마련이 시급하다. 한편 꺝지가 자원학적 가치가 인정되는 특산어종임에도 불구하고 아직 본종의 생물학적 기초연구조차 전혀 이루어지지 못했음은 생물자원의 보존과

효율적 이용의 측면에서 무척 안타까운 상태이다. 따라서 본 종을 대상으로한 다양한 생물학적 연구는 특산어종에 대한 학문적 규명과 자원개발의 측면에서 무척 중요할 것이며 이를 통하여 양식산업에서의 부가가치가 높을 것으로 기대되는 꺾지를 새로운 대상종으로 개발한다면 독창적 어종으로서 무방비로 수입될 외국의 수산물에 대해 경쟁력을 갖출 수 있어 양식업의 활성화에 미치는 효과가 클 것으로 본다. 또한 본 어종의 양식기술개발에 필요한 대상어의 생리생태학적 특성 규명과 자치어사육등 일련의 이론과 관련기술의 확립은 금후 새로운 담수산 양식대상어의 이용 가치를 제고시킬 수 있을 것으로 기대된다.

Ⅲ. 연구개발사업의 내용 및 범위

서식지 생태와 생활사를 조사하여 성성숙을 규명하고 이를 기초로 인공부화한 자치어의 사육을 다양한 조건에서 비교검토함으로써 효율적인 꺾지의 종묘생산과 양식기술을 개발한다. 본 연구개발사업의 세부범위는 다음과 같다.

- 1) 서식지의 환경조사
- 2) 생활사와 생물학적 최소형
- 3) 친어사육
- 4) GSI와 HSI의 년변화
- 5) Sex steroid hormones의 년변화
- 6) 생식소내 여포의 발달과 정자형성
- 7) 채란, 수정 및 부화
- 8) 발생과정
- 9) 자치어의 먹이생물과 사육조건
- 10) 경제성

IV. 연구개발사업결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발사업결과

1) 꺾지의 특성

성어는 전장 약 30cm에 이르는 것도 있으나 200mm정도이다. 형태는 꺾저기와 매우 비슷하나 몸길기와 비늘크기로 구분되었다. 척추골수 13+17=30, 측선 공수는 50~56, 측선위 종열인수는 56~59이다. 횡대는 개체에 따라 차이가 있다. 눈 상하 및 뒤쪽에 약 6개의 암색선이 있고 주골후단의 피막위에 공작눈 모양의 흑색 반점이 있다. 전체의 색조는 농담색, 담갈색의 것에서 부터 흑색에 가까운것 까지 있고 늙을수록 색이 짙다. 외형상 2차 성징은 명확하지 않다.

한국산 꺾지의 핵형은 48(4SM, 44A,T)로 나타났으며, 암·수간 heteromorphic한 성염색체는 발견할 수 없었다.

2) 꺾지의 생활사

꺾지는 주로 바위아래의 어두운 곳에 살며 작은 고기나 새우 등의 동물성 먹이를 섭이한다. 생물학적 최소형은 만 1년생 이상의 약 8cm이다. 최대어는 적어도 6년 경과된 30cm이상으로 생각되며 이 크기가 수명의 한도로 추정된다.

부화직후는 전장 약 7mm로서 이미 체제가 잘 발달하였으며 4일이 지나면 대부분의 난황이 흡수된다. 부화후 9일의 자어후기는 전장 10mm정도로 머리가 둥글고 주둥이는 쪽 뺨으며 항문은 몸중앙에서 보다 더 아래쪽으로 이동하고 가슴지느러미의 아래쪽에서 배지느러미가 모여지는데 전장 12mm에 이르면 체형도 거의 갖추어지고 주둥이도 약간 나오며 각 지느러미가 거의 완성된다. 전장 14mm의 치어기가 되면 체형은 갖추어져 있지만 가시부는 연조부에 비하여 덜 발달되어 있다. 전장 18mm에 이르면 체형이 성어와 비슷한데 등지느러미의 가시부가 발달하기 시작하고 그 중앙부의 가시가 가장 길다. 전장 22mm에 이르면 주둥이가 다소 길쭉하고 머리 앞부분이 작아진다. 등지느러미 가시부가

잘 발달하고 그 중앙부 약간 앞의 가시가 특별히 길고 연조부와 거의 같은 높이에 이른다. 미성어기인 전장 25mm가 되면 형태적으로 거의 완성되고 측선과 비늘도 모두 명확하다. 아래턱이 윗턱보다 조금 짧다. 전장 50mm에서 새개후부의 암반은 현저하게 되고 공작 눈을 형성한다. 그 테두리를 이루는 담색 부분은 살아 있을 때는 금색 내지 금녹색을 띠며 내부의 암색부분은 흑갈색 내지 녹갈색을 이룬다.

산란기는 자연수온이 18~29℃인 5월 중순에서 시작하여 20~25℃인 때가 적기며 6월 말에 마친다. 개체의 각 난소에 다양한 크기의 난이 함께 있는 것으로 보아 꺾지는 5~6월의 산란기에 여러번 산란에 참여하는 것으로 추정된다. 성숙난은 침성부착란으로 직경 2.60~3.04mm이며 0.10~0.64 μ m크기의 많은 유구를 가진다. 꺾지의 성숙한 어미들은 큰 돌 아래쪽에 알을 한층으로 점착하여 산란하며, 수정란이 부화하면 수컷이 후기자어기까지 보호한다.

3) 꺾지의 생식년주기

수온, 일장, GSI, HSI, 생식소의 조직학적 조사 및 혈중 steroid hormone 농도변화를 종합하여 꺾지, 생식년주기를 조사하였다. 수온이 4℃에서 10℃전후로 상승하는 2월에서 일장이 서서히 길어지는 3월에 걸쳐 성장과 성숙을 시작하는데, 3월 초순의 암수 GSI는 각각 $4.5433 \pm 0.4278\%$, $0.705 \pm 0.141\%$ 로서 난소가 급격히 발달하여 난황포기와 난황구기 난모세포가 증가되며 3월말에는 완숙난이 출현하고 정소에 정세포와 정자가 보여 3월말~4월초순이 산란개시기라 생각된다. 이 시기에 암컷의 혈중 estradiol-17 β 농도 $0.5277 \pm 0.79\text{ng/ml}$ 는 2월의 0.133ng/ml 에 비해 높은 증가를 보였으며 testosterone 농도는 암컷 $0.8313 \pm 0.0612\text{ng/ml}$, 수컷 $5.4875 \pm 0.2580\text{ng/ml}$ 로 나타났다. 수온이 17.6℃로 급격히 상승하는 4월의 암수 GSI는 $7.6175 \pm 1.4790\%$, $0.7617 \pm 0.1289\%$ 로 높은 값을 보였으며, 암컷의 E₂ 농도가 년중 최고치인 $1.7637 \pm 0.184\text{ng/ml}$ 였다. 수온 20.1℃와 일장 14시간인 5월초순의 암수 GSI는 각각 $8.4962 \pm 0.5378\%$, $0.7677 \pm 0.775\%$ 이

고 암컷의 HSI가 $2.6180 \pm 0.1469\%$ 로 실험기간 중 최고였다. 또한 혈중 testosterone의 농도는 암컷 $5.1578 \pm 0.7093 \text{ ng/ml}$, 수컷 $12.660 \pm 0.812 \text{ ng/ml}$ 로 년중 최고치를 나타내었다. 4월~5월에 채집된 꺾지는 복부가 팽대되어 있고 암컷 생식소에는 난황구기의 배란직전 난모세포가, 정소에는 정자로 꽂찬 개체가 다수이며 이 시기를 주 산란기로 볼 수 있다. 7월에는 산란이 끝나고 8월 까지 퇴화 흡수기를 거친다. 8월의 암수 GSI는 각각 $0.5357 \pm 0.0805\%$ 와 $0.089 \pm 0.016\%$, testosterone 농도는 $1.0775 \pm 0.0569 \text{ ng/ml}$, $4.8140 \pm 0.1433 \text{ ng/ml}$ 으로 연중 최저였다. 9월, 10월에는 난소와 정소에서 난황포기 단계와 정세포 형성단계의 성숙을 거치는데, 10월의 GSI값이 암수 각각 $2.0617 \pm 0.2176\%$, $0.089 \pm 0.016\%$ 로 다시 상승하며 암컷 E₂ 농도가 9월의 $0.730 \pm 0.0364 \text{ ng/ml}$ 에 비하여 $0.773 \pm 0.0364 \text{ ng/ml}$ 로, 수컷 testosterone 농도는 $6.3666 \pm 0.2415 \text{ ng/ml}$ 로 상승하여 다음해 2월까지 유지되다가 다시 성장하였다. 따라서 꺾지의 생식년주기는 성장기 및 성숙기(2월~3월), 완숙 및 산란기(4월~6월), 퇴화 및 정체기(7월~8월), 휴지기(12월~1월)로 나눌 수 있으며 주 산란기는 4월~5월로 판정된다.

4) 꺾지의 종묘생산과 양식

꺾지 수정란의 부화는 사육수온 $19 \pm 1.0^\circ\text{C}$ 에서 수정후 380시간째 부터 시작되어 392시간만에 완료된다. 부화직후의 자어는 전장 6.45~7.34mm(평균 6.85mm)로 입과 항문이 열려 있고, 흑색소포는 머리부분, 난황 윗부분, 복부의 등쪽에 분포한다. 부화후 6일째의 자어는 전장 7.94~10.10mm(평균 9.00mm)로 난황은 대부분 흡수되어 후기자어기로 접어들며, 척색의 끝부분은 45° 위로 굽어져 있으며, *Daphnia* sp.와 rotifer를 왕성하게 섭이한다. 모든 지느러미가 완성되는 시기는 부화후 30일째인 전장 16.90~19.80mm의 개체로 체고는 현저하게 높아지고, 모든 지느러미 줄기가 정수에 달하여 치어기로 이행한다. 부화후 50일째의 치어들은 전장이 24.60~27.10mm(평균 25.90mm)로 몸의 형태, 체색 및 옆줄이 완전하게 형성되어 성어에 닮아 있다.

꺅지 자어는 움직이는 동물성플랑크톤을 잘 먹었다. 부화자어는 3일째에 *Daphnia* sp.와 rotifer를 급이해도 먹이를 먹기 시작하나 4일후 급이하었을 때에 보다 더 효과적이었으며 부화 5일이 지나면서는 *Daphnia* sp., rotifer 및 brine shrimp을 혼합하여 주어도 골고루 먹었다. 알테미아는 초기사료로 적합하지 않았으나 알테미아와 물벼룩을 혼합이용하거나 물벼룩만의 단독급이는 효과적이었다. 부화 15일이 지나면서는 brine shrimp와 양어용 배합사료를 혼합하여 주었으며 부화 30일후부터는 양어용 배합사료만으로도 순치되었다. 그러나 배합사료만의 급이는 약 50일 이후에 하는 것이 생존율을 보다 높일 수 있다.

수온의 상승에 따라 자어의 성장도는 높아 $24\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 의 사육은 $18\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 의 사육에 비하여 약 10% 빠른 성장을 보였는데 자연서식지에서 꺅지의 최대 생장이 28°C 수온의 하절기에 이루어 짐을 볼 때 $24\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 이상의 수온조건에서도 사육이 가능하리라 생각된다. 또한 수용밀도에 따라서도 개체의 성장차이는 현저하여 100 l 사육조당 900개체를 수용할 경우에 비하여 300개체로 저밀도 수용할 때 23% 더 높은 성장을 보였다.

사육 7개월된 꺅지는 체장 6.4cm, 체중 19.6g으로 성장하며 이 때가 종묘분양에 적합하다. 상기 사육조건에서 꺅지는 사육 13개월후에 13.8cm, 49.7g으로 성장하였는데 이들의 성장상태는 자연서식지에서 동기에 부화되어 성장중인 개체와 비교할 때 약 60% 더 빨랐다.

2. 활용

- 1) 생활사는 근연 다른 담수어의 학문적 기초자료로 이용될 수 있다.
- 2) 생리학적인 연구 결과는 타 어종의 생식년주기 규명에 직접 응용될 수 있다.
- 3) 종묘생산법의 개발은 특산어종자원의 보존과 확대에 기여될 수 있다.

- 4) 내수면양식의 활성화로 부존자원의 효과적인 활용에 이바지할 수 있다
- 5) 내수면 양식업계의 대상어종을 넓혀 양식업의 활로를 제공한다.

여 백

Summary

I. Title

Seedling production and rearing of *Coreoperca herzi*

II. Results

1. The life history and characteristics of *Coreoperca herzi*

The life history and characteristics of Korean perch, *Coreoperca herzi* were investigated to provide basic information for seedling production and rearing.

The fishes inhabit predominantly rocky bottoms, and less frequently sandy bottoms. They are preferentially carnivorous, feeding on small fish, shrimp, etc. The smallest size of sexual maturation was thought to be about 8cm.

The spawning behavior were observed as follows. The eggs were spawned in a one-layer mass, hanging from the underside of a large stone and guarded by one male. According to the considerable size differences of eggs in the individual ovaries, it was concluded that the Korean perch spawns several times within a spawning season of May~June. The ripe eggs were demersal and adhesive, and their diameter were 2.60~3.04mm with several oil globule of 0.10~0.64 μ m.

The chromosome numbers were 48(4SM+44A,T). However, heteromorphic sex chromosome was not found in both sexes. Mean surface area and volume of cell and nucleus of erythrocytes were investigated.

2. Annual reproductive cycle of *Coreoperca herzi*

To clarify the annual reproductive cycle of the Korean perch, *Coreoperca herzi*, the seasonal changes in gonadosomatic index(GSI), hematosomatic 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. E₂ and testosterone levels were raised during April to May. Based on the related results, annual reproductive cycle of the fish could be divided into four successive stage; 1) Growing stage(from February to March: GSI was increased rapidly and oocytes with yolk vesicle was increased. Nucleus migrates toward the animal pole. Spermatid were activated from the epithelial tissue of lobuli). 2) Maturation and spawning stage(from April to June: Oocytes was accumulated yolk globules. Active spermatogenesis was observed. High values of GSI were kept). 3) Degenerating stage(from June to August). 4) Recovery and resting phase(from October to February). The main spawning period were in May.

3. Seedling production and rearing of *Coreoperca herzi*

The development of eggs and larvae of the *Coreoperca herzi* were observed as follows. In the indoor tank with $19.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ in mean water temperature the first cell cleavage occurred 2 hour and 30 min and hatching started from the 380 hours after fertilization. Newly-hatched larvae were measured 6.45mm to 7.34mm in total length(TL, mean: 6.85mm), and mouth and anus were open. Melanophores were observed on the head, around the yolk, and on the dorsal part of the abdominal region. The larva 6 days old transformed to postlarval stage and measured 7.94mm~10.10mm (mean:

9.00mm) in TL. As yolk sac was nearly absorbed, the caudal notochord flex at 45°, and they fed *Daphnia* sp. and rotifers vigorously. Aggregate numbers of all fin rays were completed at over 16.90~19.80mm TL(30 days after hatching), at which time the larvae reached the juvenile stage. In fifty days old larvae(24.60~27.10mm in TL) were similar in body form, lateral line and color to adult.

The larvae were fed *Daphnia* sp., rotifer and brine shrimp mixed or alone 5-days after hatching. There were significance differences on body weight and body length among three temperature and density treatments. It is concluded that $24\pm 5^{\circ}\text{C}$ condition and 300 larvae density per 100 ℓ water are suitable for rearing of *C. herzi* larvae. Details for seedling production and rearing were investigated and discussed.

여 백

목 차

표 목 차	19
그림목차	21
제1장 서 론	23
제2장 껍지의 특성과 생활사	25
제1절 껍지의 특성	25
1. 형태적 특성	25
1) 재료 및 방법	25
2) 결과 및 고찰	26
3) 요약	26
2. 유전적 특성	28
1) 재료 및 방법	28
2) 결과 및 고찰	29
3) 요약	31
제2절 껍지의 생활사	33
1. 껍지의 생태	33
1) 재료 및 방법	33
2) 결과	33
3) 고찰	40
4) 요약	41
제3장 껍지의 생식년주기	43
제1절 생식소증량지수 및 조직학적 조사	43

1. 생식소중량지수	43
1) 재료 및 방법	43
2) 결과 및 고찰	44
3) 요약	46
2. 조직학적 조사	48
1) 재료 및 방법	48
2) 결과 및 고찰	48
3) 요약	53
제2절 Steroid hormone의 방사면역 측정	53
1. 재료 및 방법	53
2. 결과	55
3. 고찰	58
4. 요약	60
제4장 꺾지의 종묘생산과 양식	63
제1절 꺾지의 인공부화와 발생	63
1. 재료 및 방법	63
2. 결과	65
3. 고찰	71
4. 요약	74
제2절 꺾지의 종묘생산과 사육	74
1. 재료 및 방법	74
2. 결과 및 고찰	75
3. 요약	81
참고문헌	83

CONTENTS

List of Tables	19
List of Figures	21
Chapter 1. Introduction	23
Chapter 2. Characteristics and life cycle of <i>Coreoperca herzi</i>	25
Section 1. Characteristics of <i>C. herzi</i>	25
1. Morphological characteristics	25
1) Materials and methods	25
2) Results and discussion	26
3) Summary	26
2. Genetic characteristics	28
1) Materials and methods	28
2) Results and discussion	29
3) Summary	31
Section 2. Life cycle of <i>C. herzi</i>	33
1. Ecological studies	33
1) Materials and methods	33
2) Results	33
3) Discussion	40
4) Summary	41
Chapter 3. Annual reproductive cycle of <i>C. herzi</i>	43
Section 1. GSI, HSI and histological investigation	43

1. GSI and HSI	43
1) Materials and methods	43
2) Results and discussion	44
3) Summary	46
2. Histological investigation	48
1) Materials and methods	48
2) Results and discussion	48
3) Summary	53
Section 2. Radioimmunoassay of steroid hormone	53
1. Materials and methods	53
2. Results	55
3. Discussion	58
4. Summary	60
Chapter 4. Seedling production and rearing of <i>C. herzi</i>	63
Section 1. Artificial hatching and developments	63
1. Materials and methods	63
2. Results	65
3. Discussion	71
4. Summary	74
Section 2. Seedling production and rearing	74
1. Materials and methods	74
2. Results and discussion	75
3. Summary	81
References	83

표 목 차

표 1. 꺾지의 체세포염색체수	29
표 2. 꺾지의 적혈구세포 크기	31
표 3. 난과 자치어의 발생실험에 사용한 친어의 채집일	64
표 4. 꺾지의 수온별 사육에 따른 체장과 체중의 변화	78
표 5. 꺾지의 밀도별 사육에 따른 체장과 체중의 변화	79

List of Tables

Table 1. Chromosome count of <i>C. herzi</i>	29
Table 2. Erythrocyte size of <i>C. herzi</i>	31
Table 3. Sampling date of <i>C. herzi</i> used in the experiments of embryonic and larval development	64
Table 4. Changes in length and weight of <i>C. herzi</i> reared in different temperature	78
Table 5. Changes in length and weight of <i>C. herzi</i> reared in different density	79

그림 목 차

그림 1. 꺾지의 성어와 성숙난	27
그림 2. 꺾지의 중기 염색체	30
그림 3. 꺾지의 적혈구 현미경사진	32
그림 4. 꺾지 서식지의 수온, 일장 및 GSI의 연중변화	45
그림 5. 꺾지의 GSI, HSI의 연중변화	47
그림 6. 꺾지의 난소발달에 따른 조직사진	49
그림 7. 꺾지의 정소발달에 따른 조직사진	51
그림 8. 암꺾지의 간세포 조직사진	52
그림 9. 암꺾지의 혈중 estradiol-17 β , testosterone농도의 주년변화	56
그림 10. 숫꺾지의 혈중 testosterone농도의 주년변화	57
그림 11. 실내사육 꺾지의 난발생 단계	66
그림 12. 실내사육 꺾지의 자어기 발달 단계	69
그림 13. 실내사육 꺾지의 치어기 발달 단계	72
그림 14. 꺾지의 실내사육에서 먹이공급과 성장	77

List of Figures

Fig. 1.	Mature fish and ripe eggs of <i>Coreoperca herzi</i>	27
Fig. 2.	Metaphases chromosome of <i>Coreoperca herzi</i>	30
Fig. 3.	Microphotograph of erythrocytes of <i>Coreoperca herzi</i>	32
Fig. 4.	Annual changes in GSI , water temperature and daylength in the sampling place of <i>Coreoperca herzi</i>	45
Fig. 5.	Annual changes in GSI and HSI of <i>Coreoperca herzi</i>	47
Fig. 6.	Histological microphotographs of the oocytes from <i>Coreoperca herzi</i>	49
Fig. 7.	Histological microphotographs of the testis from <i>Coreoperca herzi</i>	51
Fig. 8.	Histological microphotographs of the liver cells from female <i>Coreoperca herzi</i>	52
Fig. 9.	Annual changes in E ₂ and testosterone in female of <i>Coreoperca herzi</i>	56
Fig. 10.	Annual changes of testosterone in male of <i>Coreoperca herzi</i>	57
Fig. 11.	Egg developmental stages of <i>Coreoperca herzi</i> reared in the laboratory	66
Fig. 12.	Larvae developmental stages of <i>Coreoperca herzi</i> reared in the laboratory	69
Fig. 13.	Larvae and juveniles developmental stages of <i>Coreoperca herzi</i> reared in the laboratory	72
Fig. 14.	Food supply and growth of <i>Coreoperca herzi</i> reared in the laboratory	77

제 1 장 서 론

UR, WTO출범 후 수산물수입이 전면개방됨에 따라 우리의 수산양식업이 무한경쟁체제에 대응하기 위한 다각적 방안중의 하나로 대외 경쟁력을 갖춘 양식 어종을 독자적으로 개발하기 위한 연구가 절실히 요구되고 있다(노, 1996).

우리나라의 낙동강 이서에서 압록강까지 황해에 흘러 들어가는 여러 하천에 분포하는 꺾지(*Coreoperca herzi* Herzenstein)는 농어(*Lateolabrax japonicus*), 쏘가리(*Siniperca scherzeri* Steindachner)등과 함께 농어과(Serranidae)에 속한 우리나라 담수산 특산어종으로(정, 1977) 육질이 우수하고 맛이 담백하여 옛부터 고급 횡감이나 매운탕 감으로 선호도가 아주 높아 왔다(하 와 강, 1990). 꺾지는 담수어 중 출현빈도가 1.02%로 조사된 바 있으나 최근의 우리나라 꺾지자원은 산업화에 의한 생태계의 변화에 따라 현재대로 방치할 경우 멸종이 우려될 정도의 급속한 감소추세를 보이고 있다(최, 1992). 따라서 내수면양식업계에서는 수요요구량에 비하여 자연산 어획량이 극히 제한되어 있는 본 종의 생산성 증대를 위한 양식기술의 개발을 요청하고 있으며, 이를 통하여 꺾지를 새로운 대상종으로 개발한다면 독창적 어종으로서 무방비로 수입될 외국의 수산물에 대한 경쟁력을 가짐은 물론 부가가치도 높을 것이기에 내수면 양식업의 활성화 도모에 미치는 효과가 클것으로 기대하고 있다(이, 1995).

꺾지를 대상으로 한 다양한 생물학적 연구는 본 종의 학문적 규명과 새로운 생물자원으로서의 활용을 위한 측면에서도 무척 중요한 사항이다. 그러나 꺾지가 자원학적 가치가 인정되는 우리나라의 소중한 특산어종임에도 불구하고 아직 우리나라에서는 본 종에 대한 생물학적 연구가 전혀 이루어지지 못했음은 생물자원의 보존과 효율적 이용의 측면에서 무척 안타까운 상태이다. 단지 이와 관련된 자료로는 內田(1935)에 의한 꺾지의 생활사에 관한 간략한 보고가

있을 뿐이며 今井·中原(1957)에 의한 본 종의 근연종인 꺾저기(*C. kawamebari*)의 생활사에 관한 보고가 참고될 뿐이다.

따라서 본 연구에서는 첫째 꺾지의 서식지생태조사를 통하여 본 어종의 특성과 생활사를 밝히고, 둘째 생식생리학적 연구에 의하여 생식연주기를 명확히 규명하며, 셋째 이들 결과에 기초하여 본 종을 양식대상종으로 하기 위한 증묘생산 및 양식기술을 개발코자 하였다.

제 2 장 껍지의 특성과 생활사

껍지는 자원학적 가치가 인정되는 우리나라의 소중한 특산어종으로 내수면양식업계에서는 수요요구량에 비하여 자연산 어획량이 극히 제한되어 있는 본 종의 생산성 증대를 위하여 양식기술의 개발을 요청하고 있으나 생물자원으로서의 활용을 위한 측면에서 무척 중요한 생물학적 연구는 본 종에 대하여 아직 전혀 이루어지지 못한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 껍지의 서식지생태조사를 통하여 본 어종의 서식특성을 규명함으로써 종묘생산과 양식기술 개발의 자료로 이용코자 하였다.

껍지를 생물자원으로 보다 효율적으로 이용하기 위해서는 그의 유전적인 특성을 잘 살필 필요가 있으나 지금까지 이에 대한 연구 또한 전혀 보고된 바 없다. 단지 근연종인 쏘가리의 염색체와 DNA 함량(Park and Kang, 1981), 일본산 껍저기의 염색체 핵형(Nogusa, 1960)에 관한 연구가 이루어진 바 있을 뿐이다. 따라서 본 연구에서는 우리 나라에 서식하는 껍지의 염색체 핵형분석과 적혈구 세포의 크기 조사를 수행함으로써 차후 본 종을 육종하기 위한 인위 잡종 또는 염색체 조작을 통한 배수체 유도시 잡종분석 및 배수체 분석을 위한 기초자료로 제공하고자 하였다.

제1절 껍지의 특성

1. 형태적 특성

1) 재료 및 방법

1995년 5월부터 1997년 6월까지 매월 초 경남 산청군 신안면 경호강 중류와 경남 진주시 수곡면 덕천강 중류의 껍지 대량서식지에서 서식지환경, 성장, 형태 및 생태특성을 조사하였다.

2) 결과 및 고찰

채포되는 껍지는 전장 250mm이하가 보통으로 약 30cm에 이르는 것도 있으나 일반적으로 발견되는 성어는 200mm 내외이다. 조사기간 중 채포된 최대어는 전장 295mm였다. 대체적인 형태는 같은과의 껍저기와 형태가 매우 비슷하나 몸이 약간 길고 비늘이 약간 가는 것으로 구분되었다(Romagosa 등, 1990). 또한 같은과의 쏘가리와는 차이가 커 약간 넓고 크기가 작기 때문에 얇은 곳에서 서식한다. 해산의 농어류와도 비슷하다. 척추골수 $13+17=30$, 측선공수 50~56, 측선위에 이르는 종열인수 56~59이다. 몸의 바탕색은 회갈색이고 두부를 제외한 7개~8개의 윤곽이 불명확한 짙고 넓은 횡대가 있다. 횡대는 개체에 따라 차이가 있는 것도 있고, 제5 및 6횡대가 서로 합하여 한줄로 되며 때로는 두줄이 중앙부에서 합해진 것도 있다. 각 횡대의 짙은 중심부는 상하로 분열하고 각각 수개의 반점으로 분리응집하며 전후로 나란하여 거의 종열을 이룬다. 두부 등쪽의 눈사이는 약간 옅은 색이고 이외에 전후 주둥이 부분 두정부가 짙다. 눈 상하 및 뒤쪽에는 방사상으로 약 6개의 암색선이 있고, 그 중 가장 아래쪽 중앙에서 나오는 선은 뒤 아래쪽으로 경사를 이룬다. 주골후단 두 가지 사이의 피막위에 금색 테두리를 두르고 있는 공작눈 모양의 흑색 반점이 있다. 일반적으로 등지느러미, 뒷지느러미, 꼬리지느러미는 암색이며 가장자리는 옅은 색이다. 전체의 색조는 개체에 따라 농담색, 담갈색의 것에서 부터 흑색에 가까운 것까지 있고 동일개체에서도 환경에 따라 변화가 있지만 대체로 늙을수록 색이 짙다. 외형상 2차 성징은 명확하지 않다. 성어에서는 대부분의 경우 암컷은 항문의 주위 또는 그 후방이 팽팽하고 숫컷은 팽팽하지 않으나 외형상으로는 판별이 어려운 경우가 많다(Fig. 1A).

3) 요약

성어는 전장 약 30cm에 이르는 것도 있으나 200mm정도이다. 형태는 껍저기와 매우 비슷하나 몸길기와 비늘크기로 구분된다. 척추골수 $13+17=30$, 측선공

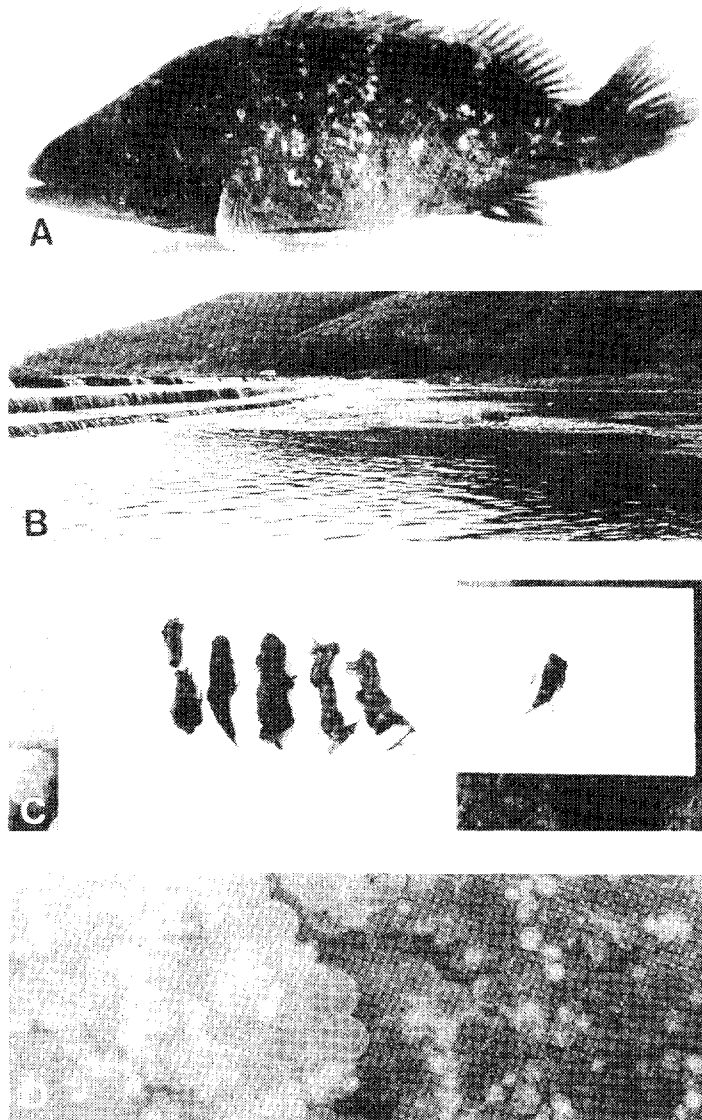


그림 1. 꺾지의 성어와 성숙란

Fig. 1. Mature fish and ripe eggs of *Coreoperica herzi*. A, Mature *C. herzi* at 22.5cm total length; B, Sampling place; C, Feed larvae; D, Ripe eggs.

수는 50~56, 축선위 종열인수는 56~59이다. 횡대는 개체에 따라 차이가 있다. 눈 상하 및 뒤쪽에 약 6개의 암색선이 있고 주골후단의 피막위에 공작눈 모양의 흑색 반점이 있다. 전체 색조는 농담색, 담갈색의 것에서 흑색에 가까운 것까지 있고 늙을수록 짙다. 외형상 2차 성징은 명확하지 않다.

2. 유전적 특성

1) 재료 및 방법

① 실험어

꺼지는 1994년 경남 산청군 경호강 중류에서 채집한 것과 인공 종묘생산된 F₁ 개체를 실험실에 옮겨 사육하면서, 암·수 비율 각각 1:1로 8마리씩을 염색체 표본 작성에 이용하였다.

② 염색체 분석

염색체는 Kim et al.(1982)의 방법에 따라 신장조직을 이용한 direct method로 표본을 작성하였다. 어류 1마리당 colchicine을 1~10 μ g/g의 농도로 복강에 주사하고, 4시간이 경과한 후에 신장을 적출하였다. 신장 조직은 곡선 가위로 잘게 잘라 0.075M KCl용액에 15분간 처리한 후 2,000 rpm, 10분간 원심분리하여 methanol-glacial acetic acid에 고정하여 냉장고에 보관한 다음 Giemsa 용액으로 염색하였다. 작성된 표본은 현미경 하에서 관찰하면서 countable metaphase에서 염색체 수를 구하였고, 현미경 사진을 제작하여 idiogram을 작성하였다. 염색체 수와 핵형은 어류 1마리당 20개의 countable metaphase를 관찰하여 분석하였으며, Levan et al. (1964)의 방법에 따라 염색체 형태를 구분하였다.

③ 적혈구 크기 조사

적혈구와 핵의 크기를 측정하기 위하여 꺼지 10마리를 대상으로 미병부 정맥으로부터 1ml 주사기로 혈액을 채취하여 슬라이드에 도말한 후 95% 에탄올로 고정한 다음 Giemsa 용액으로 염색하였다. 각 개체당 50개 이상의 적혈구로부

터 세포와 핵의 장, 단경을 현미경($\times 1,000$)하에서 측정하였다. 한편 이들 세포의 표면적은 장경(a) \times 단경(b) $\times \pi/4$ (Sezaki and Kobayashi, 1978)로, 부피는 $4(a/2) \times (b/2)^2 \times \pi/3$ (Lemoine and Smith, 1980)의 식으로 구하였다.

2) 결과 및 고찰

① 염색체

한국산 꺾지의 염색체 수는 Table 1에 나타난 바와 같이 modal number가 $2n=48$ 였다. 그러나 꺾지의 핵형은 4개의 submetacentrics와 44개의 acrocentrics로 구성되어 arm number가 52로 나타났다(Fig. 2). 핵형 분석 결과, 꺾지(*Coreoperca herzi*)의 핵형은 $48(4SM+44A, T)$ 로 나타났으며, 암·수간 heteromorphic한 성염색체는 발견할 수 없었다.

본 연구결과 꺾지는 다른 염색체와 구별되는 대형의 염색체가 submetacentric chromosome으로 나타나 차후 배수체 또는 잡종 개체의 유도시 분석을 위한 marker 염색체로서 이용될 수 있을 것으로 사료된다.

Ohno(1974)는 어류 조상의 염색체 수는 $2n=48$ 이고 모두 acrocentric chromosome으로 구성되었을 것으로 가정한 바 있다. 본 연구결과 한국산 꺾지는 염색체수가 $2n=48$, 핵형은 $48(4SM+44A, T)$ 였으나 이를 보다 명확히 밝히기

표 1. 꺾지의 체세포염색체수

Table 1. Chromosome count of *Coreoperca herzi*

Species	No. of fish	Dploid chromosome number												No. of the observed metaphase
		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	
<i>Coreoperca herzi</i>	8	2	3	2	3	4	10	14	102	8	2	0	1	160

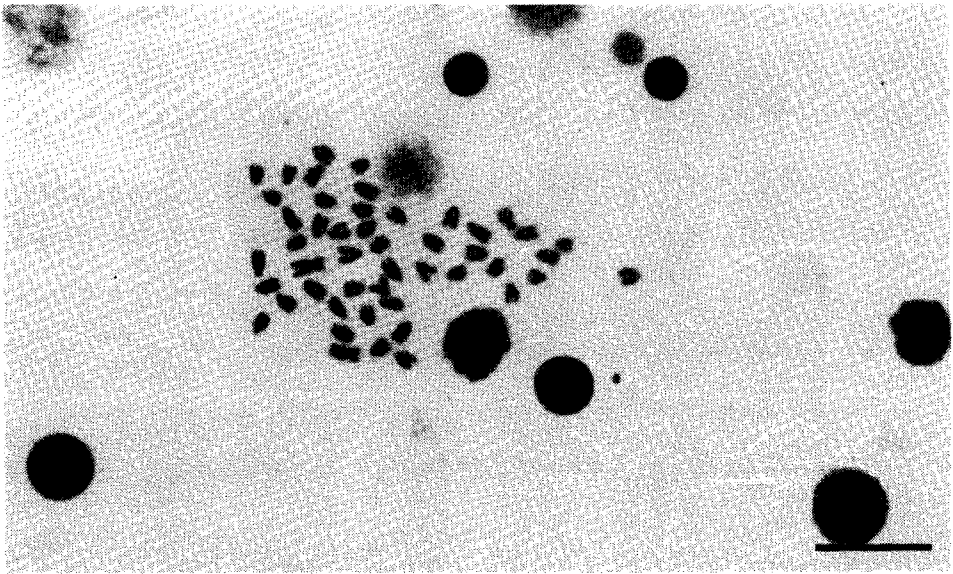


그림 2. 꺾지의 중기 염색체.

Fig. 2. Metaphases chromosome of *Coreoperca herzi*. Bar indicates 10 μm

위하여서는 DNA 함량이나 G-banding에 의한 핵형 분석등 보다 넓고 세밀한 연구가 이루어져야 할 것이다.

② 적혈구

어류에 있어 핵의 크기는 genome size 및 세포의 크기와 밀접하게 연관되어 있으며, 세포의 신진대사와도 상관관계가 있어 동물의 진화과정과 밀접한 연관이 있다(Szarski, 1970; Park and Chung, 1985). 일반적으로 세포나 핵의 특징적인 크기가 결정되는 기구는 알려져 있지 않으나 DNA 함량의 증감은 세포와 핵 크기의 증감과 일치되는 양상을 보인다(Szarski, 1976; 김 등, 1989). Fig. 3은 꺾지의 적혈구 형태를 보여주며 이들 적혈구의 크기를 측정된 결과는 Table 2와 같다. 꺾지의 적혈구 장경은 각각 10.1 μ m로 나타났다. 조사된 세포나 핵의 표면적과 체적은 차후 DNA 함량을 측정 결과와 비교해 볼 필요가 있을 것이다.

표 2. 꺾지의 적혈구세포 크기

Table 2. Erythrocyte size of *Coreoperca herzi*

Cell				Nucleus			
Major axis	Minor axis	Surface area	Volume	Major axis	Minor axis	Surface area	Volume
10.15	8.61	68.71	398.12	3.96	3.22	10.04	21.91
± 0.84	± 0.77	± 9.13	± 82.70	± 0.47	± 0.38	± 1.90	± 6.67

Axis, μ m; Surface area, μ m²; Volume, μ m³.

3) 요약

한국산 꺾지의 핵형은 48(4SM, 44A,T)로, 암·수간 heteromorphic한 성염색체는 발견할 수 없었다.

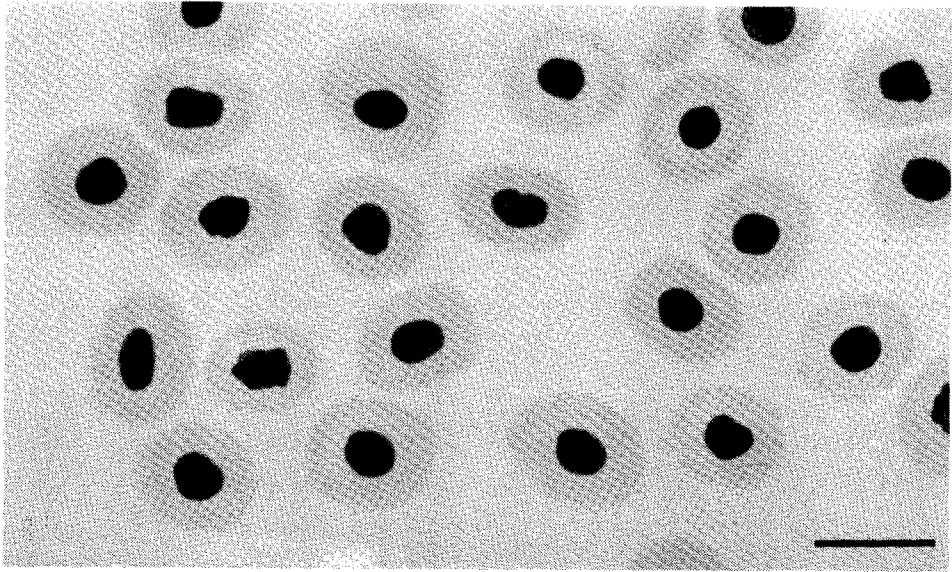


그림 3. 꺻지의 적혈구 현미경사진.

Fig. 3. Microphotograph of erythrocytes of *Coreoperca herzi*. Bar indicates 10 μm .

제2절 껍지의 생활사

1. 껍지의 생태

1) 재료 및 방법

1995년 5월부터 1997년 6월까지 매월 초 경남 산청군 신안면 경호강 중류와 경남 진주시 수곡면 덕천강 중류의 껍지 대량서식지에서 서식지환경, 성장 및 생태특성을 조사하였다.

2) 결과

① 서식

수류가 완만한 큰 하천의 바위아래 어두운 곳에 주로 분포한다. 때로는 소류, 수로 등에서도 발견되며 수초사이, 중층을 유영하지만 바닥이 모래로 되어 있거나 정체한 탁류에는 거의 서식치 않는다(Fig 1B). 본 종은 무리를 이루지 않으며 돌밑이나 바위아래 등의 어두운 곳에 숨고 복부 체측을 큰 돌에 붙여 정지하고 있는 경우가 많다. 떼를 지어 유영함은 볼 수 없으며 각각 일정한 범위를 갖고 독립생활하면서 상호 투쟁한다.

4~10월의 15~25℃가 적온이다. 7~8℃이하에서는 거의 먹지 않고 정지해 있으며 30℃이상의 고온에도 비교적 잘 견디기는 하나 한여름이나 겨울에는 한 곳에 모여 있다.

② 식성

서식지에서 채집한 껍지의 위내용물을 분석한 결과, 먹이로는 피라미나 붕어 등 작은 고기, 새우, 윤충, 수서곤충 및 기타의 수서 소동물들을 포식하였으며 입이 커서 체장이 비슷한 비교적 큰 것도 섭이하여 원형이 남아 있는 경우가 많았다. 껍지는 이들 먹이가 근처에 있으면 신속히 섭취한다(Fig. 1C).

③ 생물학적 최소형

부화후 그해 가을까지 50~60mm로 성장하고 동계는 발육이 거의 정지하며

다시 봄에 성장하여 초여름까지의 만 1년에 걸쳐 60~80mm에 달하는데 초여름에서 무더운 여름 무렵에 걸쳐 가장 많이 성장한다. 이후의 성장도는 종종 큰 개체가 섞이고 또 크기가 같은 계급군이 발견되지 않고 명확하게 밝혀지지 않는다. 그러므로 최대 체장의 추정으로 100~140mm 내외의 것은 약 만 2년생, 150~180mm내외의 것은 약 만3년생, 200mm이상의 것은 만4년생으로 생각된다. 본 종의 서식장은 겨울에 많은 결빙과 수온저하로 성장이 정지하지만 비늘 연륜층 형성의 주기적 차이는 알 수 없다. 성어 최소형 즉 생식가능의 생물학적 최소형은 전장 약 80mm에 이르는 만1년생이며 자웅 동히 대략 이 크기에서 성숙한다. 서식지에서의 산란기는 길며 같은 해에 부화한 개체에도 가을까지의 성장도에 많은 차이가 생긴다. 따라서 만1년생으로 추정되는 것도 50mm에 달하는 것이 있고 발육이 부진한 것은 만 1년이 되어도 때로는 성숙하지 않는 것도 있다. 보통 어류의 경우와 같이 본종의 수명도 명확하지는 않다. 따라서 전기한 성장도로 추정할 때 전장 295mm의 최대어는 적어도 6년 이상의 것이라 생각되며 이 크기가 수명의 한도로 추정된다.

④ 유기의 성장

부화직후의 자어는 전장 약 7mm이다. 자어는 이미 체제가 잘 발달하여 머리가 크고 둥글며 주둥이는 매우 짧고 충분히 발달한 큰 눈을 가진다. 입이 열리고 항문은 몸의 중앙에 열려있으며 꼬리지느러미의 기저도 나타난다. 이미 등지느러미가 윤곽을 나타내고 연조는 뒤쪽의 가시기저가 약 15개, 뒷지느러미 연조기저가 약 7개 나타난다. 가슴지느러미는 부채꼴형상으로 크며 기조는 나타나지 않는다. 근절수는 $13+20=33$ 이다. 난황은 아직 큰 구형을 이루며 약간 평평하게 이루어진 큰 유구가 그의 전하부에 있다. 안구는 검고 흉기기저의 후방에서 흑색포가 집합되어 반문을 이루며 다른 체부에는 색포가 부족하고 곧 등지느러미 기저후부의 내측에 수개 및 미부복면에 5~6개의 흑색포를 점차 갖는다. 난황의 표면에 큰 별모양의 흑색포가 불규칙적으로 산재하고 난황구는 전체에 걸

쳐 황녹색을 띤다. 부화직후의 자어는 난황의 무게에 의해 수저의 바닥에 가라앉아 대부분 옆으로 누워 있지만 때때로 피부를 약하게 움직여 떠오르는 경우가 많고 1일 경과한 것은 수조 바닥 부근을 약하게 유영할 수 있다. 헤엄칠 때에는 머리를 위로 직립하는 특이한 형태를 취한다.

부화 후 4일이 되면 대부분의 난황이 흡수되어지나 복부앞에는 아직 나머지를 볼 수 있다. 머리가 둥글고 입술이 두터우며 등지느러미, 뒷지느러미의 윤곽이 형성되나 연조는 미완성이다. 뒷지느러미는 충분히 발달하고 기조도 완성되고 가슴지느러미 기조도 나타나나 배지느러미는 아직 나타나지 않는다. 두정, 어깨부의 암반이 더욱 현저하고 후자는 흉기 기저 뒤쪽의 암반과 합해져 다시 배쪽으로 계속 폭넓은 1횡대를 형성한다. 이 때는 복부 쪽에도 흑색포가 많이 나타난다. 등지느러미 연조부 기저에는 수개의 흑색포가 있고 꼬리지느러미에도 가는 흑색포가 나타난다. 아직도 난황이 완전 흡수되어지지는 않았지만 이미 이 시기에 포식을 하기 시작한다. 이때 먹이가 되는 소동물이 움직이지 않으면 주의하지 않는다. 자연상태에서 이시기에 흐름이 적은 하류 등에서 수초에서 나와서 생활한다.

부화후 9일의 자어후기는 전장 10mm정도로 머리가 둥글고 주둥이는 쪽 뺨으며 항문은 몸중앙에서 보다 더 아래쪽으로 이동하고 가슴지느러미의 아래쪽에서 배지느러미가 모여진다. 몸은 연홍색을 띠고 같은 색의 희미한 넓은 횡대가 측선쪽에 있다. 주둥이 부분의 등쪽에도 흑색포가 나타나며 이의 앞쪽 가장자리 중앙에서부터 앞쪽으로는 소종대를 이루며 윗입술도 마찬가지로인데 뒤쪽의 중앙 부근에 까지도 수평 흑색포가 나타나서 새끼 뒤쪽 가장자리에 이른다. 견대횡대의 등쪽에서 뒤쪽으로 등지느러미의 연조부 앞부분까지 등지느러미의 기저에서 뺨은 세로선상의 흑색포가 나타나 미부중앙의 등지느러미, 뒷지느러미의 기저 뒤쪽 사이에 폭넓은 횡대로 나타난다. 그러나 아직 항문부와 뒷지느러미 앞부분의 위쪽으로는 작은 흑색포가 나타나지 않는다. 복부 복면의 흑색

포군은 집중적이며 불규칙한 가는 경사 선으로 되어 복벽내로 함몰한다.

전장 12mm에 이르면 체형도 거의 갖추어지고 주둥이도 약간 나오며 각 지느러미가 거의 완성된다. 항문은 몸 중앙에서 약간 뒤쪽에 위치한다. 살았을 때의 열은 도홍색 바탕과 체측중대의 색이 있으나 고정하면 나타나지 않는다. 주둥이 부분의 흑중대는 명확하고 후하방으로의 흑색띠가 나타나기 시작한다. 몸의 측면에서는 거의 한가지 형태의 흑색포가 산재한다. 이 시기 직후에는 소갑각류나 윤충류 등을 활발하게 포식한다. 행동은 각각이며 집단을 이루지는 않는다.

전장 14mm의 치어기가 되면 체형은 갖추어져 있지만 가시부는 연조부에 비하여 덜 발달되어 있다. 바탕색은 담황색이나 배쪽은 옅으며 옅은 중대가 측중선 뒤쪽으로 뺀어 어깨에서 미병부까지 이어져 밝게 나타난다. 몸 표면에는 암갈색의 체포가 잘 발달하며 횡대가 1층으로 명확하게 나타나지만 뒷부분의 2횡대는 경계가 불분명하다. 두부에 이은 협부를 지나는 사선의 아래쪽, 주둥이의 가장자리 뒤쪽으로 뺀은 수개의 흑세포가 나타나고 상하 양턱의 앞끝도 검은색이다. 흉복부 아래쪽의 표면에는 흑색포가 나타나지 않는다.

전장 18mm에 이르면 체형이 성어와 비슷한데 등지느러미의 가시부가 발달하기 시작하고 그 중앙부의 가시가 가장 길다. 주골 후단에는 1가시가 나타나고 새개전골부근에는 아직 골이 생기지 않는다. 비공은 전후단에 양쪽으로 나누어진다. 어깨부에서는 측선이 나타나고 비늘도 형성되기 시작하지만 잘 나타나지는 않는다. 몸의 전체는 암갈색을 나타내며 두부의 상반부 한줄이 갈색이다. 체측에는 어깨횡대와 체측 중앙횡대의외부 사이에 새로운 1개 횡대가 측중선 부근을 중심으로 나타난다. 미부중앙 횡대도 불규칙적으로 분리되고 다시 미병부횡대도 불규칙적으로 분리된다. 경부횡대와 체측중앙횡대는 등지느러미에서 이어지고 다시 가시부에서는 바깥쪽의 내부로 뺀 흑색군이 나타난다. 등지느러미 기저의 중앙에서는 상하로 1쌍의 흑반이 나타난다.

전장 22mm에 이르면 주둥이가 다소 길쭉하고 머리 앞부분이 작아진다. 등지느러미 가시부가 잘 발달하고 그 중앙부 약간 앞의 가시가 특별히 길고 연조부와 거의 같은 높이에 이른다. 주골 뒷부분에는 2개의 가시가 나타난다. 측선은 이미 거의 완성되지만 비늘은 외관상 명확하지 않다. 안와 후연중앙에서부터 뒤쪽으로 수평측선의 새개골 위 부분은 폭이 크다. 등지느러미의 가시부에는 다시 흑색포가 증가된다.

미성어기인 전장 25mm가 되면 형태적으로 거의 완성되고 측선과 비늘도 모두 명확하다. 아래턱이 윗턱보다 조금 짧다. 체색은 전체 농담색이나 상태에 따라 매우 다르고 담색의 경우는 체측의 횡대가 꽤 명확하게 보이지만 암색의 경우에는 전체가 차츰 흑갈색을 나타내며 횡대가 보이지 않는 것도 있다. 두후안부 수평중대후단에 공작 눈모양의 반문이 나타난다. 이 시기에는 흐르는 물 돌 아래에서 각각 떨어져 생활하고 먹이 포획 동작이 성어와 거의 비슷하다.

전장 32mm에 이르면 전시기와 크게 차이는 없지만 새개후단의 암색 점이 피막위에 대부분 위치하고 현저하게 된다. 몸 색조가 옅은 경우에도 반점의 흑색은 명확하다. 체측의 각 횡대는 윤곽이 명확하며 폭이 좁다.

전장 50mm에서 새개후부의 암반은 현저하게 되고 공작 눈을 형성한다. 그 테두리를 이루는 담색 부분은 살아 있을 때는 금색 내지 금녹색을 띠며 내부의 암색부분은 흑갈색 내지 녹갈색을 이룬다.

⑤ 산란과 난의 특성

자연에서의 산란은 5~6월에 수온이 20~25℃일때 주로 하며, 수컷이 여러마리의 암컷에게 구애행동을 취하여 자신이 지키고 있는 산란소로 유인하여 산란하게하며, 산란후에는 암컷을 쫓아내거나 심한 텃세행동으로 알을 보호한다. 이 시기에 암컷과 수컷은 뚜렷하게 혼인색을 띠지는 않지만, 몸의 표면에 어두운 가로띠가 뚜렷하지 않게 되며, 몸의 배쪽 색채는 오히려 잘 나타난다. 또한 암컷은 포란하게 되면 복부가 수컷에 비하여 팽만되며, 수컷보다는 큰 개체가 대

부분이었다.

산란장은 물의 흐름이 완만한 모래 바닥의 강이나 하천 그늘로서, 수심 20~30cm에서 깊게는 1m 이상인 곳이며, 알은 큰 돌의 아래쪽에 한층으로 넓게 부착시키는 것으로 확인되었다. 본 조사지역에서 직접 확인한 결과에 의하면 하나의 큰 돌 아래쪽에 부착되어 있는 알들의 발생단계가 같은 것이 있는 반면에 여러단계의 알들이 같이 붙어 있는 것으로 보아서 한곳에 한마리의 암컷이 산란하는 경우와 또는 한곳에 수일에 걸쳐 여러 마리의 암컷이 산란하는 것으로 나타났다. 산란소의 넓이가 작게는 10~13cm인 것과 크게는 25cm에 달하는 것도 있었다.

실험실에서의 산란행동을 관찰한 결과 수컷은 인위적으로 넣어준 직경 20cm, 길이 30cm의 PVC 파이프 속에서 심한 텃세행동을 취하면서 다른 수컷들의 접근을 허락하지 않지만, 암컷들이 꼬리부분을 흔들면서 접근하여 오면, 옆쪽과 뒤쪽으로 따라 다니면서 구애행동을 취한다. 수컷의 구애에 유인된 암컷은 산란소인 PVC 파이프 안쪽에 즉시 또는 8~10분후에 산란하며, 주변을 맴돌며 지켜보던 수컷이 방정하여 수정시킨다.

산란시기는 아침 일찍 또는 늦은 밤 조용한 때가 많았으며, 한마리의 암컷이 PVC 파이프 안쪽 벽이나 사육수조의 벽에 한층으로 산란하여 부착한 알의 수는 보통 250~500개였다.

암컷 한마리가 산란한 알의 수는 체장에 따라서 차이가 있었는데, 체장 200mm 어미는 1일에 150~300개, 수일에 걸쳐 400~550개의 알을 낳는 것으로 확인되었고, 체장 300mm 전후의 어미는 한번에 800~1,200개까지 알을 낳으며, 산란후에도 암컷의 난소에는 다수의 크고 작은 알들이 남아 있었다.

방정후 수컷은 암컷을 산란소에서 쫓아내고, 알 보호를 위하여 주변에 접근하는 다른 물고기에게 심한 텃세행동을 취한다. 수컷은 산란소에서 천천히 움직이면서 가슴지느러미와 꼬리지느러미 등을 활발하게 움직여 물의 유동을 일

으며 신선한 산소를 공급한다. 이때 수컷의 가슴지느러미 부분은 흰색을 띠며, 발생이 진행되면서 죽은 알들을 입으로 제거한다.

부화할 때까지 수컷의 보호행동은 계속되며, 부화후에도 자어들이 산란소를 벗어나 밖으로 나가면 쫓아가 입으로 물어 산란소에 넣어 주면서 후기자어가 될 때까지 다른 껍지들이 접근하지 못하게 공격적으로 텃세행동을 취하면서 계속 보호한다.

난은 구형의 침성점착란으로 난황은 투명한 황색이며 알의 크기는 2.60~3.04mm(평균 2.79mm, n=50)였다. 유구는 황색으로 여러개가 있으며, 크기는 0.10~0.64mm(평균 0.37mm, n=50)이다. 난막은 약간 두텁지만 매우 부드럽고 무색투명한데 산란직후 강한 점착성을 가지나 곧 소실한다.

산란기는 자연수온이 18~29℃인 5월 중순에서 시작하여 20~25℃인 때가 적기며 6월 말에 마치는데 자웅은 약간 암색으로 횡대가 명료치 않으나 체측복면의 색채는 잘 나타난다. 천연산란장은 수류가 완만한 모래 바닥의 강가 그늘로서 수심 20~30cm에서 깊게는 1m이상에 이른다. 난은 직경 0.5~2cm 정도의 식물 줄기 또는 엽병, 큰 돌의 측벽하부에 부착시키나 대체로 수심 1m를 넘지는 않는다. 1회에 2조를 수일에 걸쳐 산란함으로서 발생이 다르며 길이가 대체로 10~13cm, 때로는 25cm에 달하는 것도 있다. 산란을 1회에 완료하기도 하나 격일로 3~5일에 걸쳐 2~3회 한다. 산란시기는 아침 일찍 또는 늦은 밤 조용한 때가 많으나 그렇지 않은 경우도 많다. 산란행동은 암컷이 투쟁시와 같이 꼬리를 흔들며 소재에 근접하면 수컷은 후옆에서 따라가는데 이후 즉시 또는 8~10분후에 산란하며 따라 간 수컷이 즉시 수정시킨다. 천연산란장 난피의 난수는 보통 250~500개로 한 마리가 산란한 것으로 추정된다. 사육조에서의 관찰에 의하면 체장 200mm의 자어는 1일에 150~300개, 수일에 걸쳐 400~550개의 알을 낳으며 난소중 다수의 크기가 다른 난립도 있었다.

산란 후 암컷은 즉시 거처에 자리잡으나 수컷은 난의 보호행동을 취한다. 수

컷은 난피에 따라 천천히 움직이면서 앞지느러미를 활발히 움직여 물의 유동을 일으키는데 이때 수컷의 앞지느러미 부분은 두텁고 흰색을 띤다. 난피에 근접하는 곤충, 어류들에 대해서는 격렬히 공격하여 밀어낸다. 죽은 난은 입으로 제거한다.

난은 분리침성란으로 인접란과의 압박이 없을 경우 직경 2.6~2.9mm의 구형이다. 난황은 투명한 황색을 나타내고 수개 내지 수십개의 짙은 황색으로 된 유구를 가진다(Fig. 2a). 유구는 아주 미소한 것으로부터 0.64mm까지 이르는 다양한 크기로 존재하는데 발생이 진행됨에 따라 점차 합해져 부화직전에는 하나가 되며 배체의 반대편에 위치한다. 난막은 약간 두텁지만 매우 부드럽고 무색투명한데 산란직후에는 강한 점착성을 가지나 곧 소실한다.

3) 고찰

산란기때 일반적으로 잉어과 어류와 망둑어과 어류들은 수컷에 채색의 변화가 일어나 혼인색이 나타나거나, 추성과 같은 다른 이차성징을 보이는데 반하여 꺾지의 암·수컷은 혼인색이 나타나지 않았으며, 암컷이 포난하였을때 복부가 팽만되어 수컷과 구별이 되는 점에서 쏘가리(이 등, 1997)와 일치하였고, 일반적으로 꺾지과 어류와 농어과 어류에서는 이차성징이 나타나지 않는 특징과도 일치하였다.

꺾지의 산란습성은 수컷이 대부분 큰 돌 축조물 아래에 산란소를 만들며, 암컷을 유인하여 구애행동을 취하고, 암컷이 큰 돌 하면에 산란 부착하고, 수컷이 알을 보호하는 점에서 丙田(1935)의 보고와 일치하고 있으며, 알을 수초에 산란하여 붙이는 꺾저기(今井·中原, 1957)와는 차이를 보였다. 이러한 차이는 같은 꺾지과 어류가 속간, 종간에도 산란습성이 다름을 보여주며, 특히, 이러한 차이는 서식장소와 밀접한 관계가 있는 것으로 생각된다.

산란수의 경우 체장 103mm 어미는 약 500개, 체장 200mm는 1일에 150~300개, 수일에 걸쳐 400~550개, 체장 300mm 전후의 어미는 한번에 800~1,200개

로 확인되었으며, 꺾저기(今井·中原, 1957)의 경우는 체장 78mm 개체가 1차에 150개, 2차에 300개, 3차에 255개 산란하여 총 705개를, 체장 82mm 개체가 1차에 235개, 2차에 220개, 3차에 280개 산란하여 총 735개를 산란하는 것으로 보아 체장이 큰 개체일수록 산란수가 많은 것으로 나타났다. 또한 본 연구 결과 실험실에서 사육한 체장 80mm의 1년생 개체가 산란에 참여하는 것으로 보아 인공부화 및 자연산란을 유도하여 사육시 만 1년만에 산란하는 것으로 나타났다.

꺾지는 크기가 다소 작아 수산자원학적 가치가 비교적 낮게 평가되어 왔다. 따라서 꺾지를 양식 대상으로 개발함에 있어 함께 고려되어야 할 사항은 성장이 빠르고, 대형의 형질을 갖춘 어미를 대상으로 선발 육성해야 할 필요가 있다. 内田(1935)의 경우 실제 채포하여 측정된 자연산 최대어가 체장 248mm였다고 보고하였으나, 본 연구에서는 체장 295mm 크기까지 채집되었으며, 자연산 어미들을 채집하여 실내 사육시에 체장 310mm 이상으로 성장하는 개체들이 많은 것으로 보아, 자연조건에서도 체장 300mm 이상 성장할 수 있을 것이며, 우량계통을 이용한 적정 양식조건을 확립한다면 양식자원으로서의 가치를 충분히 갖출 수 있는 종으로 생각된다.

꺾지의 수정란의 크기는 2.60~3.04mm로 内田(1935)의 2.60~2.90mm와 거의 일치하였으며, 꺾저기(今井·中原, 1957)의 2.20~2.40mm, 쏘가리(이 등, 1997)의 1.72~2.05mm보다는 큰 편에 속하였다.

4) 요약

꺾지는 주로 바위아래의 어두운 곳에 살며 작은 고기나 새우 등의 동물성 먹이를 섭이한다. 생물학적 최소형은 만 1년생 이상의 약 8cm이다. 최대어는 적어도 6년경과된 30cm이상으로 생각되며 이 크기가 수명의 한도로 추정된다.

부화직후는 전장 약 7mm로서 이미 체제가 잘 발달하였으며 4일이 지나면 대부분의 난황이 흡수된다. 부화후 9일의 자어후기는 전장 10mm정도로 머리가

둥글고 주둥이는 쪽 뺏으며 항문은 몸중앙에서 보다 더 아래쪽으로 이동하고 가슴지느러미의 아래쪽에서 배지느러미가 모여지는데 전장 12mm에 이르면 체형도 거의 갖추어지고 주둥이도 약간 나오며 각 지느러미가 거의 완성된다. 전장 14mm의 치어기가 되면 체형은 갖추어져 있지만 가시부는 연조부에 비하여 덜 발달되어 있다. 전장 18mm에 이르면 체형이 성어와 비슷한데 등지느러미의 가시부가 발달하기 시작하고 그 중앙부의 가시가 가장 길다. 전장 22mm에 이르면 주둥이가 다소 길쭉하고 머리 앞부분이 작아진다. 등지느러미 가시부가 잘 발달하고 그 중앙부 약간 앞의 가시가 특별히 길고 연조부와 거의 같은 높이에 이른다. 미성어기인 전장 25mm가 되면 형태적으로 거의 완성되고 측선과 비늘도 모두 명확하다. 아래턱이 윗턱보다 조금 짧다. 전장 50mm에서 새개후부의 암반은 현저하게 되고 공작 눈을 형성한다. 그 테두리를 이루는 담색 부분은 살아 있을 때는 금색 내지 금녹색을 띠며 내부의 암색부분은 흑갈색 내지 녹갈색을 이룬다.

산란기는 자연수온이 18~29℃인 5월 중순에서 시작하여 20~25℃인 때가 적기며 6월 말에 마친다. 개체의 각 난소에 다양한 크기의 난이 함께 있는 것으로 보아 꺾지는 5~6월의 산란기에 여러번 산란에 참여하는 것으로 추정된다. 성숙난은 침성부착란으로 직경 2.60~3.04mm이며 0.10~0.64 μ m크기의 많은 유구를 가진다. 꺾지의 성숙한 어미들은 큰 돌 아래쪽에 알을 한층으로 점착하여 산란하며, 수정란이 부화하면 수컷이 후기자어기까지 보호한다.

제 2 장 껍지의 생식년주기

껍지, *Coreoperca herzi*는 우리나라의 여러 하천에 분포하는 한국 특산어로서 사람들로부터의 기호도가 높아서 독창적인 양식대상어로서의 개발기대가 크나 이를 위한 기초 생물학적 연구결과, 특히 생물자원으로의 이용을 위해서는 꼭 필요한 생리학적 연구결과가 전무한 실정이다. 대부분의 어류는 외부 환경요인에 의해 생식주기 또는 생식리듬이 조절되어 연중 일정한 시기에 생식활동을 하는데, 이들 조절기구에 대한 구명은 증·양식 산업에 있어서 인위적 성숙과 산란제어를 위해 중요한 과제이다. 따라서 주요 양식대상어종으로 기대되는 껍지를 재료로 생식소 중량지수, 생식소의 조직학적 조사, 그리고 sex steroid hormone의 측정 등으로 생식주기를 명확히 밝힘으로서 종묘생산기술개발에 필요한 자료를 얻고자 하였다.

제1절 생식소중량지수 및 조직학적 조사

1. 생식소중량지수

1) 재료 및 방법

① 재료의 채집과 환경조사

껍지는 1994년 5월부터 1996년 6월까지 매월 3~10일에 경남 산청군 신안면 경호강과 경남 진주시 수곡면의 남강 지류에서 8조의 정치그물 (4×4×2m)과 투망 (망목 0.8×0.8cm)을 사용하여 채집하였다. 매월 채집된 암수는 각각 5~14마리였으며, 암컷의 체장은 13.0~22.5cm, 체중은 28.5~150.3g이었고, 수컷의 체장은 13.5~20.4 cm, 체중은 36.1~120.4g이었다. 수온은 채집장소에서 봉상온도계로 5일 간격으로 측정하여 월별 수온을 계산하였으며, 월별 일장은 남원 기

상대의 기상관측 자료에 의하였다.

② 생식소중량지수(GSI)와 간중량지수(HSI)의 조사

채집된 재료는 산소포장을 하여 활어상태로 실험실로 옮겨 전장은 0.1cm, 체중은 0.01g 범위까지 계측하였다. 생식소 중량지수(Gonado Somatic Index, GSI)는(생식소중량×100)/(체중)으로 계산하였으며, 간의 영양축적 지표로서의 간 중량지수(Heamato Somatic Index, HSI)는 (간중량×100)/(체중)으로 나타내었다.

2) 결과 및 고찰

① 생식소의 형태

성숙된 꺾지의 생식소는 암수 모두 좌우 비상칭 봉상형으로, 복강의 배후부에 척추골을 따라 위치하였다. 미성숙 개체나 성숙된 개체 모두 암수의 식별이 쉬웠다. 난소는 혈관이 풍부하게 분포된 결체 섬유와 근섬유로 구성된 외막을 형성하여 낭상형을 이루고 난소내에는 여러개의 난소 소낭이 이중결체 섬유의 격벽을 경계로 구성되어 있었다. 정소 또한 난소와 마찬가지로 이중 결체 섬유막에 의해 구분된 많은 정소 소낭으로 구성되어 있었다.

② 수온, 일장 및 생식소중량지수(GSI)의 주년변화

1994년 6월에서 1996년 4월까지 채집수역의 수온과 일장에 대한 GSI의 연중 변화(Fig. 4)를보면, 수온은 1995년 2월에 4.1℃에서 3월에는 9.1℃로 서서히 상승하고 일장은 11.5시간 이었으며 GSI는 암컷 $4.5433 \pm 0.4278\%$, 수컷 $0.705 \pm 0.1410\%$ 에 이르렀다. 4월은 17.6℃로 급격한 수온의 상승과 함께 GSI가 암컷 $7.6175 \pm 1.4790\%$, 수컷 $0.7617 \pm 0.1289\%$ 로 높은 값을 유지 하였으며 일장은 13.2시간 이었다. 5월에 수온이 20℃전후, 일장이 14시간 정도가 될 때, GSI가 암컷 $8.4962 \pm 0.5378\%$, 수컷 $0.7667 \pm 0.7750\%$ 로 연중 최고치를 나타내었다. 6월에는 수온이 23.4℃, 일장 14시간이며, GSI는 암컷이 $5.5050 \pm 0.8574\%$ 로 비교적 높은 값을 유지한 반면 수컷은 $0.3908 \pm 0.0507\%$ 로 5월에 비해 낮은 값을 보였다. 7월이 되면 26.4℃로 높은 수온을 보이며 일장은 14.3시간으로 서서히 짧아

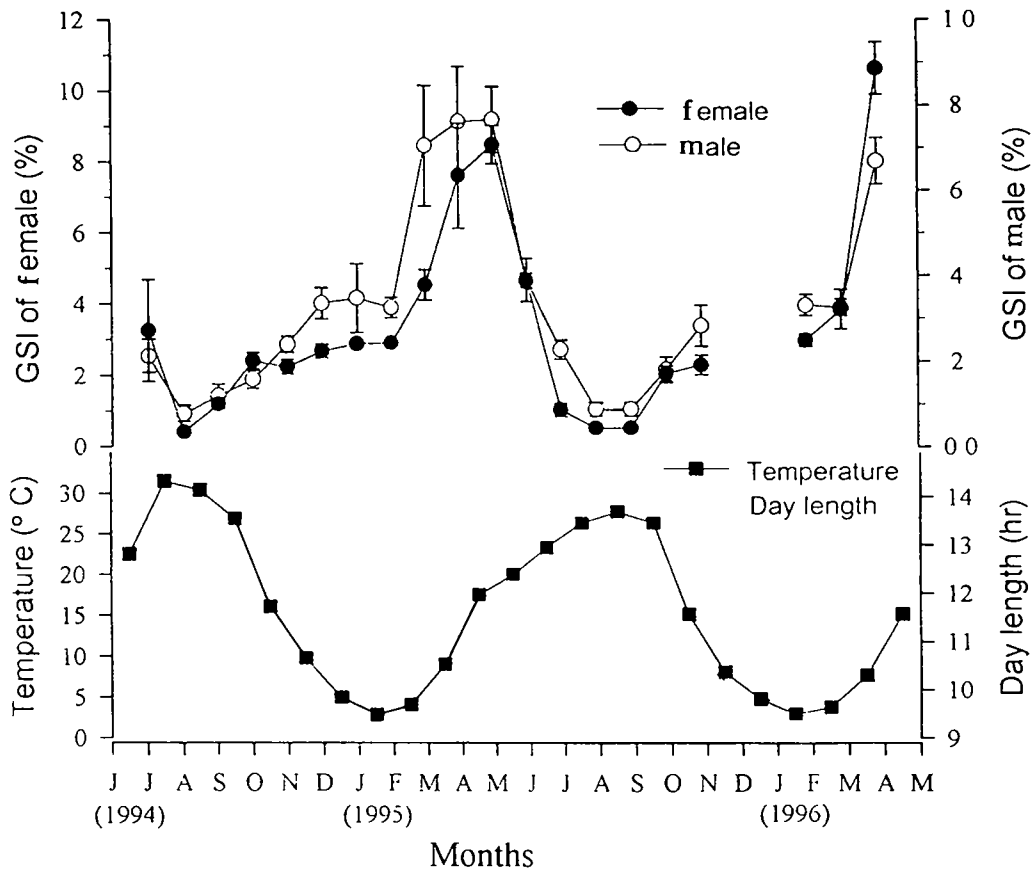


그림 4. 꺾지 서식지의 수온, 일장 및 GSI의 연중변화.

Fig. 4. Annual changes in GSI, water temperature and daylength in the sampling place of *Coreoperca herzi*. Error bars indicates SEM.

지며, GSI는 암컷 $1.1117 \pm 0.2117\%$, 수컷 $0.228 \pm 0.0016\%$ 로 낮은 값을 나타내었다. 8월이 되면 수온은 27.8°C 로 연중 최고값을 보이지만 GSI는 암컷 $0.5375 \pm 0.0805\%$, 수컷 $0.089 \pm 0.0160\%$ 로 연중 최저값을 나타내었다. 9월에는 GSI가 다시 서서히 올라가기 시작하며, 10월에는 수온 15.2°C , 일장 11.4시간이고, GSI가 암컷 $2.0617 \pm 0.2176\%$, 수컷 $0.1810 \pm 0.0302\%$ 로 10월에 비해 유의한 ($P < 0.05$) 상승이 있었다. 11월에는 다시 암컷과 수컷의 GSI값이 낮아지고, 12월에는 일장이 9.9시간으로 가장 짧으며 1월이 되면 수온이 2.9°C 로 연중 최저치를 보이지만, 12월에서 95년 2월까지의 GSI범위는 암컷 $2.6920 \pm 0.1908 \sim 2.9133 \pm 0.0439\%$, 수컷 $0.3257 \pm 0.0236 \sim 0.3475 \pm 0.0802\%$ 를 보였다.

③ 간 중량지수(HSI)의 주년변화

암컷의 월평균 HSI의 변화는 Fig. 5에 나타내었다. 암컷 HSI의 월평균 변화는 낮은 값을 나타내고 있지만, GSI의 변화와 유사한 주기적인 형태를 보이고 있다. 1월까지의 $0.3501 \pm 0.1860\%$ 로 낮은 값을 유지하고 있다가 이후 급진적인 상승이 보이며, 5월에 $2.652 \pm 0.1830\%$ 로 상승하다가 다시 6월에 급하강 되어 이후 9월까지의 점진적인 낮은 감소로 $1.094 \pm 0.1850\%$ 로 되었다가 다시 1월까지 계속 상승하는 양상을 보였다.

3) 요약

4월은 17.6°C 로 급격한 수온의 상승과 함께 GSI가 암컷 $7.6175 \pm 1.4790\%$, 수컷 $0.7617 \pm 0.1289\%$ 로 높은 값을 유지 하였으며 일장은 13.2시간 이었다. 5월에 수온이 20°C 전후, 일장이 14시간 정도가 될 때, GSI가 암컷 $8.4962 \pm 0.5378\%$, 수컷 $0.7667 \pm 0.7750\%$ 로 연중 최고치를 나타내었다. 6월에는 수온이 23.4°C , 일장 14시간이며, GSI는 암컷이 $5.5050 \pm 0.8574\%$ 로 비교적 높은 값을 유지한 반면 수컷은 $0.3908 \pm 0.0507\%$ 로 5월에 비해 낮은 값을 보였다. 암컷 HSI의 월평균 변화는 낮은 값을 나타내고 있으나 GSI의 변화와 유사한 주기적인 형태를 보였다.

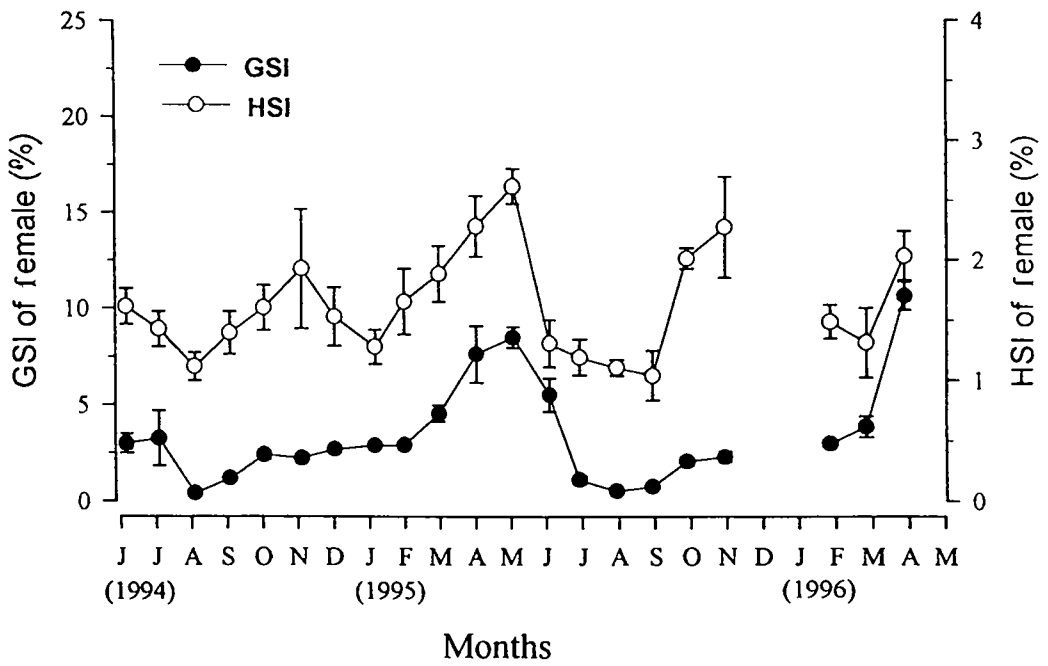


Fig. 5. 꺾지의 GSI, HSI의 연중변화.

Fig. 5. Annual changes in GSI and HSI of *Coreoperca herzi*. Error bars indicate SEM.

2. 조직학적 조사

1) 재료 및 방법

어체로 부터 떼어낸 생식소와 간은 중량계측 후 조직학적인 관찰을 위하여 Bouin's 용액에 24시간 고정하고 70% alcohol 용액에 보존하였다가 상법인 파라핀 절편법에 따라 5-7 μ m 두께로 연속절편을 만들었으며, Harry's haematoxylin - 0.5% eosin 이중 염색법에 의하여 비교염색하고 광학현미경(GALENIII. TA-120)으로 검경을 하였다. 난과 정자형성 단계구분은 각각 Kaneko and Hanyu (1987)의 결과를 토대로 하였다.

2) 결과 및 고찰

① 난소의 조직학적 변화

1995년 2월의 GSI가 $4.5433 \pm 0.473\%$ 로 낮은 값을 보이지만, 생식소 내에는 주변인기, 난황포기, 그리고 난황구기의 난모세포들이 나타나며, 일부 개체에서는 난황축적이 일어난다(Fig. 6-1). 3월이 되면 GSI의 상승과 함께 모든 개체의 난소 내에는 일부 주변인기의 난모세포들이 보이기는 하지만, 대부분 난황구기의 난모세포들로 이루어진다(Fig. 6-2). 일부개체에서는 배포가 이동되어 나타나기도 한다(Fig. 6-3). 5월에는 배란직전의 완숙난이 관찰되었다(Fig. 6-4). 특히 이때에는 eosin에 짙게 염색되는 방사대를 가진다. 6월에는 GSI의 값이 떨어지며 산란이 이루어진 흔적을 여포대를 보면 알 수 있다(Fig. 6-5). 이 시기에는 초기난모세포들이 생식상피로부터 생겨나기 시작하는 양상이 보여졌다. 이후의 퇴화, 흡수를 거쳐 9월에는 hematoxylin에 짙게 염색되는 초기 난모세포들이 나타나며 그들의 형태는 핵막을 따라 분산인이 배치되어 일부의 성장된 난들의 사이에 작게 나타나고 이러한 상태로 다음 해의 성장기까지 정지된 상태로 월동을 하였다(Fig. 6-6).

② 정소의 조직학적 변화

정소는 난소의 형태와 유사한 봉상형이며, 그의 횡단면은 삼각형의 구조를

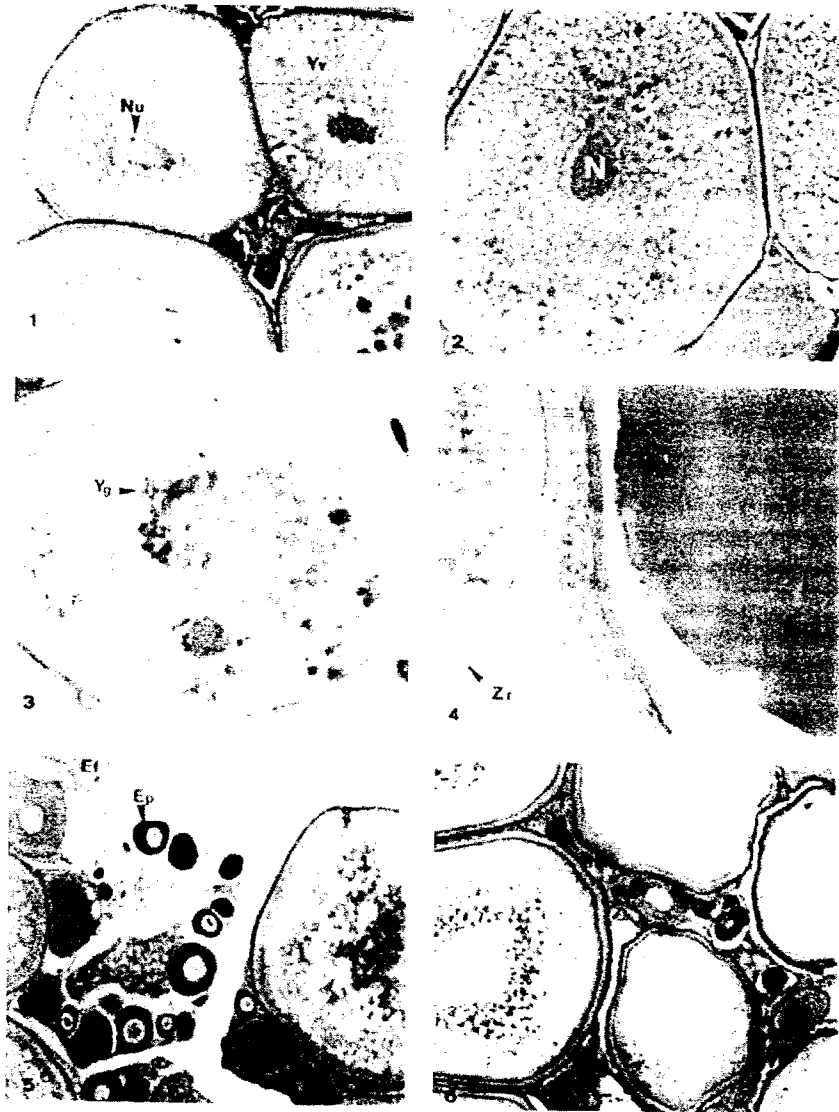


그림 6. 꺽지의 난소발달에 따른 조직사진.

Fig. 6. Histological microphotographs of the oocytes from *Coreoperca herzi*. Section of early growing oocyte(6-1), early mature oocyte(6-2), late nucleus oocyte(6-3), late ripe and spawning stage(6-4), degenerating oocyte (6-5), late recovery oocyte(6-6).

나타내었다. 그의 내부구조는 여러개의 세정관으로 구성되며, 각 세정관에는 생식상피에서 생겨난 여러 개의 포낭이 존재한다. 2월의 정소는 세정관내에 정원세포들이 무리를 지어 포낭을 형성하고 있는 모습이 나타나며, 그의 발달 양상은 비동시적이었고, 아주 작은 핵이 hematoxylin에 염색되었다(Fig. 7-1). 3월에는 각 세정관들이 원형에서 타원형으로 신장되어 보이며 각각의 포낭들은 정원세포의 포낭들과 정세포의 포낭들로 나타났다(Fig. 7-2). 4월에는 거의 모든 세정관의 소낭에는 정세포와 일부는 정자로 발달하면서 정소낭 내강으로 이동되어 가는 상태가 관찰되었다(Fig. 7-3). 5, 6월에는 세정관들이 길게 신축되어 나타나고, 내강에는 운동성 있는 정소들로 가득 차게 되어 방정이 이루어지며, 이때의 생식상피는 아주 얇은 형태로 나타났다(Fig. 7-4). 7월에는 잔류정자가 내강에 일부 남아있는 모습이 보이며, 생식상피에는 포낭을 형성하지 않은 정원세포가 나타나게 되고 내강의 빈 공간이 넓어져 보이며, 정원세포의 증식으로 인하여 생식 상피층이 비후되기 시작한다(Fig. 7-5). 9월 이후는 잔류정자가 거의 퇴화, 흡수되었으며 생식 상피층에는 정원세포들이 포낭을 형성하여 넓게 차지하기 시작하며 이에 따라서 정소내강은 협소해졌다. 이러한 양상은 월동기 전에 나타나 월동 후 성장기 전까지 일정한 값을 가진다(Fig. 7-6).

③ 간의 조직학적 변화

암컷의 간 중량지수(HSI)는 Fig. 5에 나타내었다. 2, 3월에 채집된 성장중인 난소를 가진 개체($GSI \approx 4.54$)들의 간세포들은 한 개의 뚜렷한 핵이 보인다. 이때에는 핵산물질의 축적은 아직 활발하지 않아 hematoxylin에 약하게 염색된다(Fig. 8-1). 4월에 성숙단계로 접어들어 GSI 값이 약 7.62를 나타내는 개체들의 간세포는 핵이 점차 비대해지며, 5월의 완숙기에 이른개체의 것($GSI \approx 8.49$)은 간세포의 핵이 비대하고 핵산물질의 축적이 최대가 되어 hematoxylin에 짙게 염색되어 나타난다(Fig. 8-2). 이때 간세포는 가장 크고 가장 짙게 염색된다. 방란이 이루어진 7월의 개체($GSI \approx 1.12$)들의 간세포는 핵이 비대하게 나타나지만

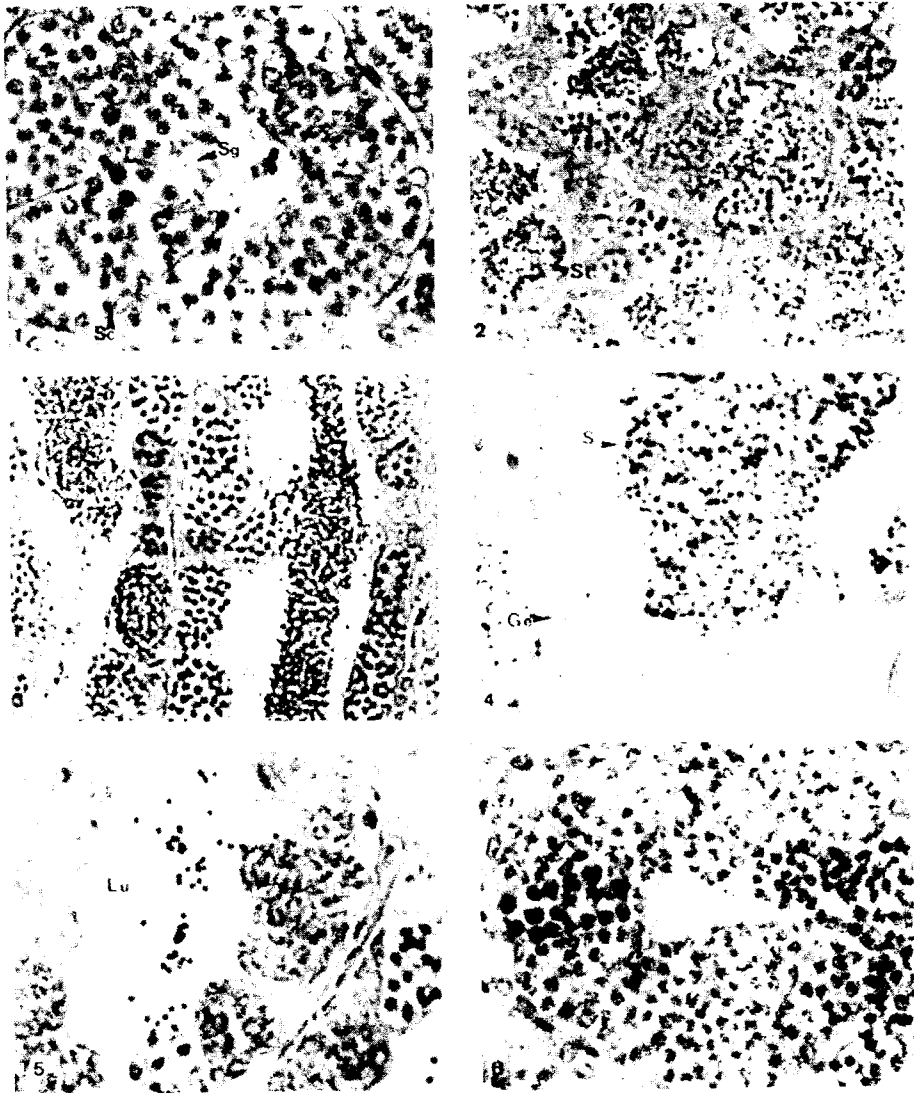


그림 7. 꺾지의 정소발달에 따른 조직사진.

Fig. 7. Histological microphotographs of the testis from *Coreoperca herzi*. Section of a testis of growing stage(7-1), mature stage(7-2) spawning stage (7-3), post-spawning stage(7-4), recovery stage(7-5) and early growing stage(7-6).

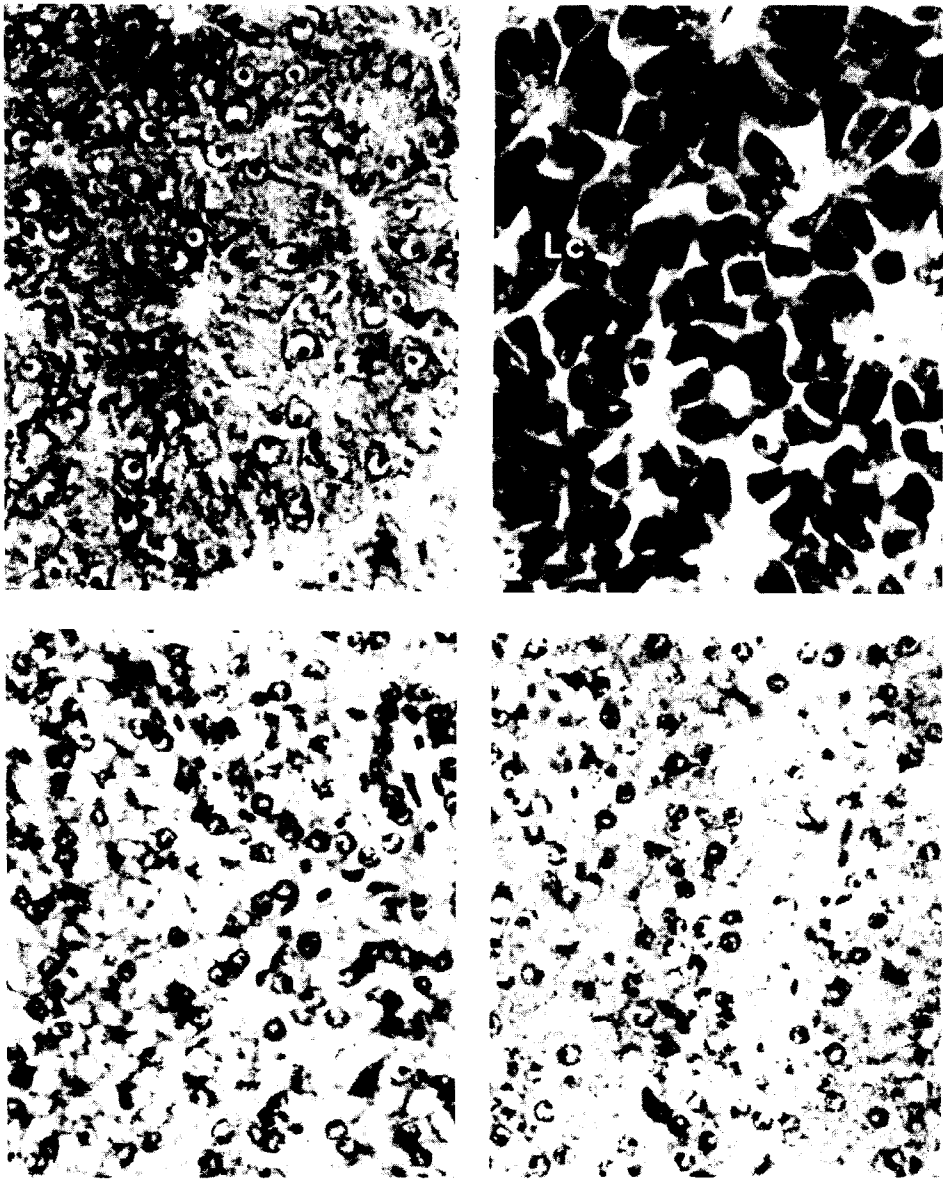


그림 8. 암꺼지의 간세포 조직사진.

Fig. 8. Histological microphotographs of the liver cells from female *Coreoperca herzi*. Liver cells of female at the maturing stage(8-1), mature stage(8-2), immediately after spawning stage(8-3), and the recovery stage(8-4).

세포질에 지질이 축적되어 포상구조를 나타내며 hematoxylin에 약한 염색성을 갖기 시작한다(Fig. 8-3). 9월 이후 회복기에 있는 개체(GSI≒2.06)에서는 세포질 속에 지질이 다량 축적되어 간세포들은 포상구조를 나타내며 영양물질의 축적이 점차로 증가되어 eosin에 염색되어 보이며 이러한 형태는 다음 해의 성장기까지 이어졌다(Fig. 8-4).

3) 요약

3월이 되면 GSI의 상승과 함께 모든 개체의 난소 내에는 일부 주변인기의 난모세포들이 보이기는 하지만, 대부분 난황구기의 난모세포들로 이루어진다. 5월에는 배란직전의 완숙난이 관찰되었다. 정소는 3월에 각 세정관들이 원형에서 타원형으로 신장되어 보이며 각각의 포낭들은 정원세포의 포낭들과 정세포의 포낭들로 나타났다. 4월에는 거의 모든 세정관의 소낭에는 정세포와 일부는 정자로 발달하면서 정소낭 내강으로 이동되어 가는 상태가 관찰되었다. 5, 6월에는 세정관들이 길게 신축되어 나타나고, 내강에는 운동성 있는 정소들로 가득 차게 되어 방정이 이루어지며, 이때의 생식상피는 아주 얇은 형태로 나타났다. 2, 3월에 채집된 성장중인 난소를 가진 개체들의 간세포들은 한 개의 뚜렷한 핵이 보인다. 4월에 성숙단계로 접어들어 GSI값이 약 7.62를 나타내는 개체들의 간세포는 핵이 점차 비대해지며, 5월의 완숙기에 이른개체의 것은 간세포의 핵이 비대하고 핵산물질의 축적이 최대가 된다.

제2절 Steroid hormone에 대한 방사면역 측정

1. 재료 및 방법

1) 시약, 완충액 및 항체

실험에 사용된 steroid 표준물질은 Sigma Chemical Co. Ltd.의 제품을 사용

하였고, 방사표지 steroid로는 2-H³-estradiol-17 β , 1,2,6,7-H³testosterone(Dupont, USA)를 사용하였다. 방사면역측정법에 이용된 assay buffer는 0.1 gelatin을 함유한 phosphate buffered saline(pH 7.5)을 사용하였고 항체의 희석은 50mM EDTA+PBS(pH 7.5) 완충액을 사용하였다. 유리상태의 steroid hormone과 결합상태의 steroid hormone을 분리하기 위하여 charcoal 5g과 dextran 0.5g을 PBS에 용해시킨 DCC를 사용하였다. estradiol-17 β 와 testosterone에 대한 항체는 한양대학교 생물학과 내분비연구실에서 제작하여 교차반응 실험이 실시된 것을 사용하였다.

2) steroid hormone의 추출과 방사면역측정

steroid hormone의 방사면역측정법의 일반적인 과정은 Aida *et al.*(1987)의 방법에 따랐으며, steroid를 측정하기 위해 -20℃에 보관중이던 혈청시료와 steroid hormone의 농도를 0.03ng/ml에서 3.84ng/ml까지 8단계로 만든 표준시료를 상온에서 녹인 후, 시료와 표준시료를 각각 200 μ l에 H³방사표지된 steroid hormone을 각각 100 μ l씩 넣은 다음, 희석 항체(Bo/T: 30-50%)를 200 μ l씩 넣고 교반시켜 4℃에서 12시간 동안 반응 시켰다. 그 다음 DCC를 250 μ l씩 첨가하여 진탕하고 15분간 방치한 후 3,000G에서 15분간 원심분리 하였다. 여기에 3ml의 scintillation cocktail을 혼합한 후 2시간 동안 숙성시킨 다음 scintillation counter에 의해 duplication으로 1분간 counting 하였다.

3) 회수율과 표준곡선의 정확도 및 정밀도 검정

상기한 steroid 추출방법과 방사면의 측정법에 따라 측정하여 회수율을 구하였다. 각 steroid hormone의 표준물질 농도범위내의 표준반응곡선의 정확도를 조사하기 위하여 한개의 표준곡선을 기준으로 하여 각 표준물질에 대한 측정치들 간의 변동계수를 조사하였다. 정밀도는 측정내 검사(intraassay)와 측정간 검사(interassay)의 변동계수(coefficient of variation : CV%=SD \times 100/X)를 구

하였다. 시료내 steroid hormone의 농도는 $\text{binding percent} \{(\text{Bi-NSB})/(\text{Bo-NSB}) \times 100(\%) \}$ 의 값을 Y축으로 하고 표준농도의 log값을 X축으로 하는 표준곡선을 이용하여 계산하였다.

4) 통계검정

유의성 검정은 Duncan의 다변량분석방법을 이용하여 P값이 0.05이하일 경우에 유의하다고 판정하였다.

2. 결 과

암컷의 혈중 estradiol-17 β , testosterone농도의 주년변화는 Fig. 9와 10에 나타내었다. E₂의 혈중농도는 1995년 2월에 0.133 \pm 0.12ng/ml로 낮은 값을 보이나 3월 부터는 0.5227 \pm 0.79ng/ml로 상승하여 4월에 1.7637 \pm 0.184ng/ml로 연중 최고값을 보였으며 5월에 1.5837 \pm 0.0254ng/ml, 6월에 0.987ng/ml로 비교적 높은 값을 나타내었다. 그 후, 값이 내려가다가 11월에 0.813 \pm 0.017ng/ml로 연중 최저값을 보였으며 1996년 2월의 낮은 값인 0.0890 \pm 0.0113ng/ml와는 유의한(P<0.05)차이가 없었다. testosterone의 혈중 농도는 1995년 2월 0.7717 \pm 0.015ng/ml, 3월 0.8313 \pm 0.0612ng/ml로 낮은 값을 보이다가 4월이 되면 2.214 \pm 0.488ng/ml로 농도의 빠른 증가를 보였으며, 5월에 5.1578 \pm 0.7093ng/ml로 연중 최고치를 나타내었다. 그 후, 계속 하강하여 낮은 값을 유지하다가 1995년 1월에 0.6510 \pm 0.0127ng/ml로 연중최저치를 나타내었다. 수컷의 testosterone농도는 1995년 3월까지 5.487 \pm 0.258ng/ml로 큰변화를 보이지 않다가 4월에 9.025 \pm 1.3368ng/ml로 현저한 농도증가를 나타내었으며 5월에 12.66 \pm 0.812ng/ml로 연중 최고치를 나타내었다. 그 후, 6월까지 5.7212 \pm 0.5994ng/ml로 높은 값을 유지하다가 점차 하강하여 8월에 4.8140 \pm 0.443ng/ml로 연중 최저치를 나타내었다.

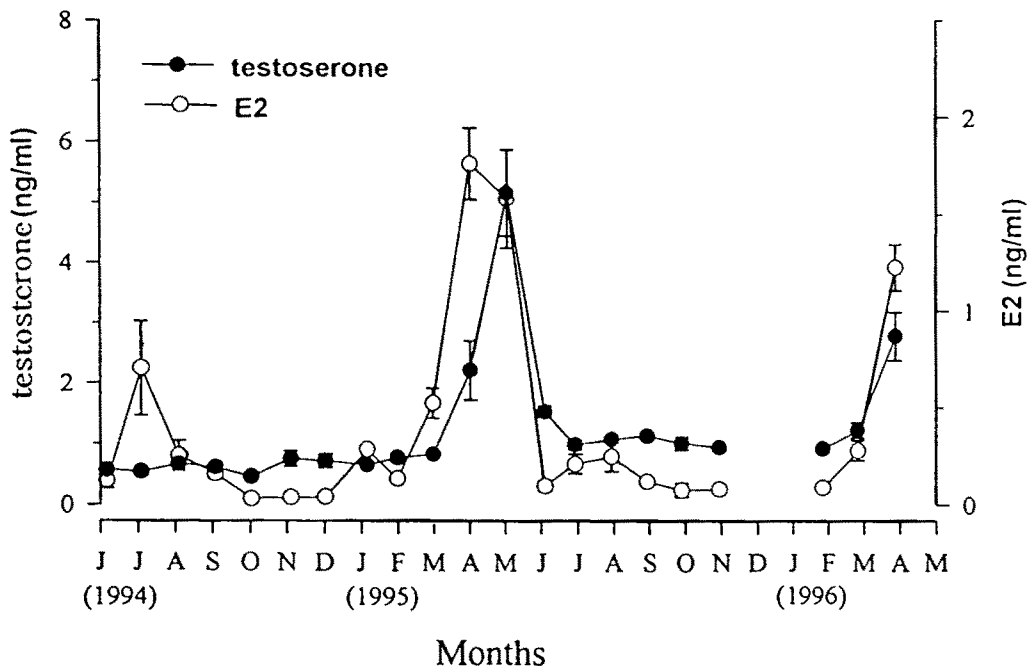


그림 9. 암꺼지의 혈중 estradiol-17 β , testosterone농도의 주년변화.

Fig. 9. Annual changes in E₂ and testosterone in female of *Coreoperca herzi*. Error bars indicates SEM.

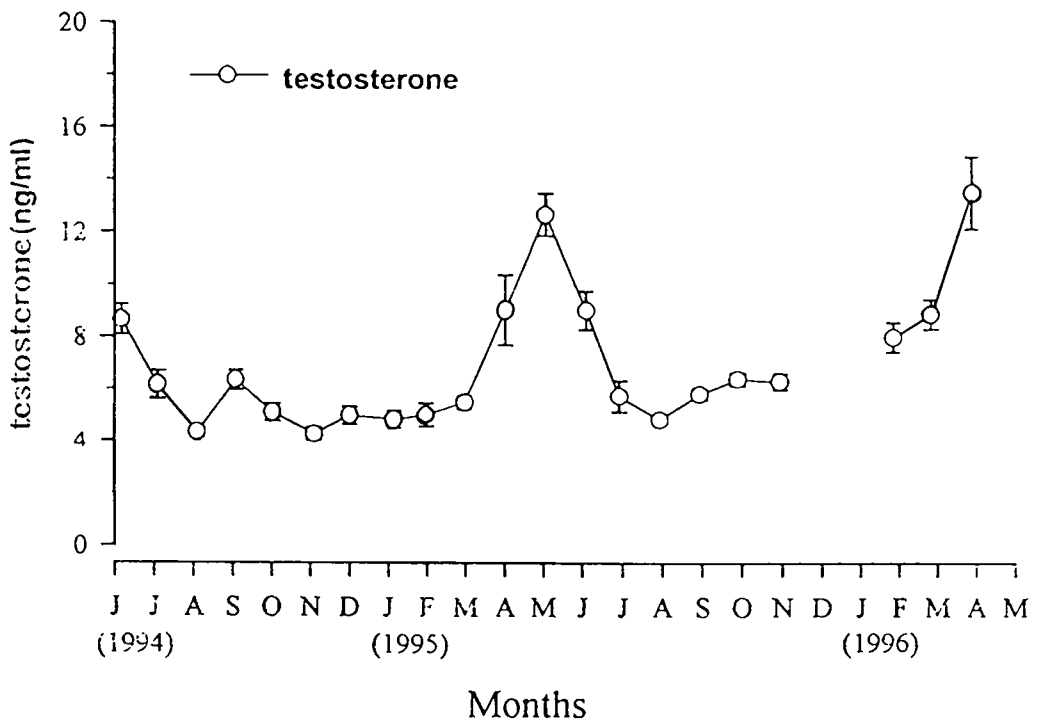


그림 10. 숯겨지의 혈중 testosterone 농도의 주년변화.

Fig. 10. Annual changes of testosterone in male of *Coreoperca herzi*. Error bars indicates SEM.

3. 고 찰

경골어류에 있어서 생식소 활성화는 내적 요인과 아울러 온도, 빛 등의 외부 환경요인이 깊이 관련되어 있는 것으로 알려져 있다(朝北祭 *et al*, 1980; Henderson, 1963; 李 等, 1984).

격지의 GSI값의 변화는 수온이 10°C 전후로 상승되고 일장이 11.5시간으로 길어지는 3월부터 증가한다. 이 때 암컷의 GSI는 $4.5433 \pm 0.4278\%$, 수컷은 $0.705 \pm 0.141\%$ 였으며, 암컷 estradiol- 17β 와 testosterone 혈중 농도는 $0.8313 \pm 0.0612\text{ng/ml}$, 수컷의 testosterone은 $5.4875 \pm 0.2580\text{ng/ml}$ 로 서서히 증가하였다. 수온이 17.6°C로 급격히 상승하는 4월에는 GSI도 높고, 암컷과 수컷의 GSI와 teatoaterone의 혈중농도에서는 암컷의 E₂가 년중 최고치인 $1.7637 \pm 0.184\text{ng/ml}$ 로 높은 값을 보이고 있어 생식소 성숙은 수온과 일장의 증가가 영향을 미치는 것이라 생각된다.

주산란기는 5월, 6월로 보여지는데 수온 20.1°C, 일장 14시간일 때인 5월의 GSI는 암컷 $8.4962 \pm 0.5378\%$, 수컷 $0.7677 \pm 0.775\%$ 의 혈중 testosterone의 농도는 암컷 $5.1578 \pm 0.7093\text{ng/ml}$, 수컷 $12.660 \pm 0.812\text{ng/ml}$ 로 년중 최고치를 나타내었다. 6월에는 암수 모두 GSI와 혈중호르몬 농도가 5월에 비해 비교적 높게 나타났다. 그 후 GSI값은 서서히 내려가 8월에는 암컷 $0.5357 \pm 0.0805\%$, 수컷 $0.089 \pm 0.016\%$ 로 년중 최저치를 나타내었다. 이 때에는 혈중호르몬의 농도도 비교적 낮은 값을 유지하였다.

10월에는 GSI값이 암컷 $2.0617 \pm 0.2176\%$, 수컷 $0.089 \pm 0.016\%$ 로 다시 상승하고, 혈중호르몬농도도 역시 암컷 E₂ $0.73 \pm 0.0364\text{ng/ml}$, 수컷 testosterone $6.3666 \pm 0.2415\text{ng/ml}$ 로 증가하였다. 94년 11월과 95년 2월까지는 GSI, 암컷 E₂, testosterone, 수컷 testosterone의 농도가 모두 비교적 낮은 값을 유지하였다.

산란시기의 결정은 역시 수온과 광주기의 영향을 받는다고 알려져 있다(板澤, 1991). 즉, 춘·하 산란형과 추·동 산란형으로 구분될 수 있는 것이다. 춘·하

산란형의 산란기는 수온의 상승에 의해 유도되어지며, 산란기의 종료는 광주기의 단일화에 의하여 유도된다고 보고되었다(Kaneko *et al.*, 1986; Shimizu and Hanyu, 1982). 반면에 추·동 산란형들은 광주기의 단일화에 의해 생식소 성숙과 산란이 촉진된다고 알려져 있다(Shimizu *et al.*, 1987).

따라서 꺾지는 위의 결과로 보아 춘·하 산란형에 속하며, 9월과 10월에 각각의 생식소 중량지수(GSI)값이 증가하였고, 또한 휴지기 상태에서는 수온 10℃ 전후 상승에서 생식소 성장이 다소 관찰되었다.

10월에 회복기를 맞이하는 동안에 각각의 난모세포들은 난황 합성기 초기까지 성장되어 월동을 하게 되며, 월동이 끝나는 2, 3월에 다시 성장하기 전까지의 형태는 거의 변함이 없었고 수온이 10℃ 전후가 되는 시기부터 성장하여 핵이동기를 거쳐 완숙에 이르렀다.

초기 난모세포 및 주변인기의 세포는 회복기의 초기인 7월경부터 나타나 성장되는 것을 볼 수 있었으며, 산란기 동안의 난소 내에는 성숙난중에서 2가지 이상의 난모세포군이 혼재함으로서 한 산란기에 1회 이상의 산란을 하는 것으로 추정된다.

정소의 발달 역시 난소의 발달양상과 비슷한 생식리듬을 가지고 있었다. 특히 금붕어, 송어류와 마찬가지로 암컷의 성숙 전에 성숙되었고 암컷이 퇴화, 흡수되는 시점인 7월에도 정자를 가지고 있었다. 10월의 회복기에 세정관내의 변화는 후기 정원 세포와, 초기 정모세포가 포낭을 이루고 있었다. 난소의 성숙과 간 중량지수가 밀접한 관계이며(鄭 等, 1986), 난소 내에 축적되는 난황 단백질은 간에서 전구체의 형태로 만들어져 난대로 이동된다는 것이 보고된 바 있다(會田, 1974).

꺾지는 난소의 발달과 함께 간 속도지수는 정상관계로 증가하고 있다. 이와 같은 현상은 연어류(Imura and Saito, 1969)등에서도 보고되었는데, 반대로 그물코취치(Lee and Hanyu, 1984), 은어(Ishida, 1979.), 뱀장어(Sugimoto *et al.*,

1976)등에서는 GSI의 발달과 역상관관계를 나타내며, 특히 난소 발달에 따라 간 속도지수가 현저하게 감소한다. 이러한 현상은 간에서 생식소 발달에 관여하는 물질 특히 난황전구물질을 합성하는 것은 일반적으로 인정되고 있다. 다만, 이들 물질의 합성 및 저장시기와 간으로부터 난소에 공급되는 시기가 어종에 따라 차이가 있는 데서 정상 또는 역상관관계를 가지고 변화하는 것으로 생각된다. 또한 은어 암컷(Aida *at al.*, 1973)과 금붕어 암컷(Ishii and Yamamoto, 1970)에서는 글리코겐의 양이 수컷보다 크게 감소되었다는 것으로 보아 수컷은 간조직내의 물질 변화가 크지 않은 것으로 사료된다.

4. 요약

수온, 일장, GSI, HSI, 생식소의 조직학적 조사 및 혈중 steroid hormone 농도변화로 껍지의 생식연주기를 조사하였다. 수온이 4℃에서 10℃전후로 상승하는 2월에서 일장이 서서히 길어지는 3월에 걸쳐 성장과 성숙을 시작 하는데, 3월 초순의 암수 GSI는 각각 $4.5433 \pm 0.4278\%$, $0.705 \pm 0.141\%$ 로서 난소가 급격히 발달하여 난황포기와 난황구기 난모세포가 증가되며 3월말에는 완숙난이 출현하고 정소에 정세포와 정자가 보여 3월말~4월초순이 산란개시기라 생각된다. 이 시기에 암컷의 혈중 estradiol-17 β 농도 $0.5277 \pm 0.79\text{ng/ml}$ 는 2월의 0.133ng/ml 에 비해 높은 증가를 보였으며 testosterone 농도는 암컷 $0.8313 \pm 0.0612\text{ng/ml}$, 수컷 $5.4875 \pm 0.2580\text{ng/ml}$ 로 나타났다. 수온이 17.6℃로 급격히 상승하는 4월의 암수 GSI는 $7.6175 \pm 1.4790\%$, $0.7617 \pm 0.1289\%$ 로 높은 값을 보였으며, 암컷의 E₂ 농도가 년중 최고치인 $1.7637 \pm 0.184\text{ng/ml}$ 였다. 수온 20.1℃와 일장 14시간인 5월초순의 암수 GSI는 각각 $8.4962 \pm 0.5378\%$, $0.7677 \pm 0.775\%$ 이고 암컷의 HSI가 $2.6180 \pm 0.1469\%$ 로 실험기간 중 최고였다. 또한 혈중 testosterone의 농도는 암컷 $5.1578 \pm 0.7093\text{ng/ml}$, 수컷 $12.660 \pm 0.812\text{ng/ml}$ 로 년중 최고치를 나타내었다. 4월~5월에 채집된 껍지는 복부가 팽대되어 있고 암컷 생식소에는

난황구기의 배란직전 난모세포가, 정소에는 정자로 꼭찬 개체가 다수이며 이 시기를 주 산란기로 볼 수 있다. 7월에는 산란이 끝나고 8월 까지 퇴화흡수기를 거친다. 8월의 암수 GSI는 각각 $0.5357 \pm 0.0805\%$ 와 $0.089 \pm 0.016\%$, testosterone 농도는 $1.0775 \pm 0.0569 \text{ng/ml}$, $4.8140 \pm 0.1433 \text{ng/ml}$ 으로 연중 최저였다. 9월, 10월에는 난소와 정소에서 난황포기 단계와 정세포 형성단계의 성숙을 거치는데, 10월의 GSI값이 암수 각각 $2.0617 \pm 0.2176\%$, $0.089 \pm 0.016\%$ 로 다시 상승하며 암컷 E₂ 농도가 9월의 $0.730 \pm 0.0364 \text{ng/ml}$ 에 비하여 $0.773 \pm 0.0364 \text{ng/ml}$ 로, 수컷 testosterone 농도는 $6.3666 \pm 0.2415 \text{ng/ml}$ 로 상승하여 다음해 2월까지 유지되다가 다시 성장하였다. 따라서 꺾지의 생식년주기는 성장기 및 성숙기(2월~3월), 완숙 및 산란기(4월~6월), 퇴화 및 정체기(7월~8월), 휴지기(12월~1월)로 나눌 수 있으며 주 산란기는 4월~5월로 판정된다.

여 백

제 4 장 껍지의 종묘생산과 양식

우리나라의 내수면 수면적은 전 국토면적의 2%를 넘는 203,000ha이며 이를 이용하여 양식생산되는 담수어가 우리나라 전체 양식어류생산량의 70%를 상회함으로서(이, 1995) 국민 단백질원으로는 물론 수출 품목으로도 중요한 위치를 차지하고 있다. 그러나 우리나라 내수면양식의 대상어종은 외국도입종인 이스라엘잉어가 전체 내수면 양식어 생산량의 50%를 넘고 기타 잉어류, 뱀장어, 송어, 메기의 생산량을 합치면 약 90%를 차지할 정도로 어종이 제한되어 있어 WTO출범 이후 점차 개방되고 있는 국제 수산물 시장에서의 경쟁력이 크게 우려되고 있다. 따라서 국내 내수면 양식을 발전시키고 수입어종에 경쟁력을 갖출 수 있는 새로운 양식어종의 적극개발이 시급한 시점에서 우리의 기호에 맞고 환경적응력이 뛰어난 국내 특산어종을 양식대상어로 개발하는 것이 당면문제의 해결에 중요한 역할을 할 것으로 기대하고 있다(노, 1996). 껍지는 상기 목적을 위한 양식어종으로서의 개발대상으로 항상 우선순위에 놓여 왔으면서도 본 종을 양식어종으로 개발하기 위한 종묘생산과 사육기술이 전혀 이루어지지 못하였기에 본 연구에서 이에 대한 기술을 개발코자 하였다.

제1절 껍지의 인공부화와 발생

1. 재료 및 방법

1) 친어의 채집과 사육

서식지 조사 지점인 경상남도 산청군 경호강 중류와 진주시 덕천강 중류에서 정치그물(4m × 4m × 2m)과 투망(망목 0.8~0.8)을 사용하여 친어를 채집하였으며 발생조사에 사용된 친어 331개체(Table 1)의 채집에는 끝망과 쪽대를 사

용하였다. 채집한 꺾지는 산소를 포화시킨 저온상자에 담아 즉시 실험실로 옮겨 약육시킨 후 2000 l 용량의 순환여과식 사육수조에서 피라미(*Zacco platypus*), 민물새우 및 양어용 배합사료를 먹이로 매일 2회 충분한 량을 급이해주면서 사육하였다. 사육중 수온 범위는 $19.0 \pm 1.0^\circ\text{C}$ 였으며 사육용수는 매일 1/2씩 환수하였다

표 3. 난과 자치어의 발생실험에 사용한 친어의 채집일

Table 3. Sampling date of *Coreoperca herzi* used in the experiments of embryonic and larval development

Date	Locality	Range of body length(mm)	Number of specimen
March 22, 1997	Kyongho river, Sanchung	68~199	19
March 29, 1997	"	75~240	36
April 12, 1997	Dukchun river, Chinju	91~258	31
April 26, 1997	"	89~282	23
May 3, 1997	Kyongho river, Sanchung	78~275	52
May 17, 1997	Dukchun river, Chinju	66~251	34
June 14, 1997	Kyongho river, Sanchung	96~265	45
June 28, 1997	"	87~285	26
July 12, 1997	Dukchun river, Chinju	79~261	43
August 16, 1997	"	121~295	22

2) 채란과 인공수정

채집한 전장 15~20cm의 성숙한 개체와 1995년 6월에 부화시켜 사육한 전장 약 8cm의 개체를 복부압착하여 추출한 난을 전장 15~20cm의 다수 숫꺾지에서 얻은 정액으로 습식수정시키고 수회 교반하였다. 체장 20cm의 친어 1개체당 채란수는 평균 500개 정도였으며 친어 300개체로부터 약 120,000개의 난을 얻

을 수 있었다. 수정시킨 10분 뒤 수정란의 여분 정액을 세척하여 각각 18℃, 21℃, 24℃로 조절된 100ℓ 수조당 2,000개 썩의 난을 수용하였다. 각 수조당 난은 30메시의 망사지(20x30cm)를 바닥에 둔 상자를 이용하였고 난이 균일하게 분포되도록 쓸어주었다. 또한 난경측정을 위하여 추출된 임의의 200개 난을 직경 15cm의 샬레에 부착시켜 이들에 대한 직경을 15~20배의 실체현미경(Nikon, SMZ-10)하에서 접안렌즈내의 마이크로메타로 실측하였다.

3) 부화발생

습식 인공수정시킨 수정란 100개 썩을 직경 9cm 샬레에 부착시키고 18℃, 21℃, 24℃로 조절된 100ℓ 수조에 각 3조씩 수용한 후 시간경과에 따른 난내발생의 과정을 관찰하였다. 난내발생의 과정은 25배 실체현미경(Nikon, SMZ10)으로 관찰하였으며 특징있는 단계의 발생과정을 각각 사진촬영하였다. 자치어의 사육먹이는 *Daphnia* sp., rotifer(*Brachionus plicatilis*), *Artemia* sp. 유생 및 양어용배합사료를 순차적으로 공급하였다. 자치어는 얼음과 MS 222- Sandoz (Tricaine methanesulfonate)로 마취시켜 몸의 각 부위를 만능투영기와 입체해부현미경으로 측정, 관찰하였으며 각 부위는 0.01mm까지 측정하였다.

2. 결 과

1) 난의 발생

수정후 1시간 30분이 경과하면 배반이 융기하며(Fig. 11, A), 2시간 30분후에는 제 1분열이 일어나 2세포기가 되고(Fig. 11, B), 3시간 30분~4시간후에는 제 2분열이 일어나 4세포기(Fig. 11, C), 5시간후에는 8세포기가 된다(Fig. 11, D).

수정후 8시간 30분~9시간에는 16세포기가 되며(Fig. 11, E), 10시간 50분후에는 32세포기가 되고(Fig. 11, F), 15시간 50분후에는 상실기에 달한다(Fig. 11, G).

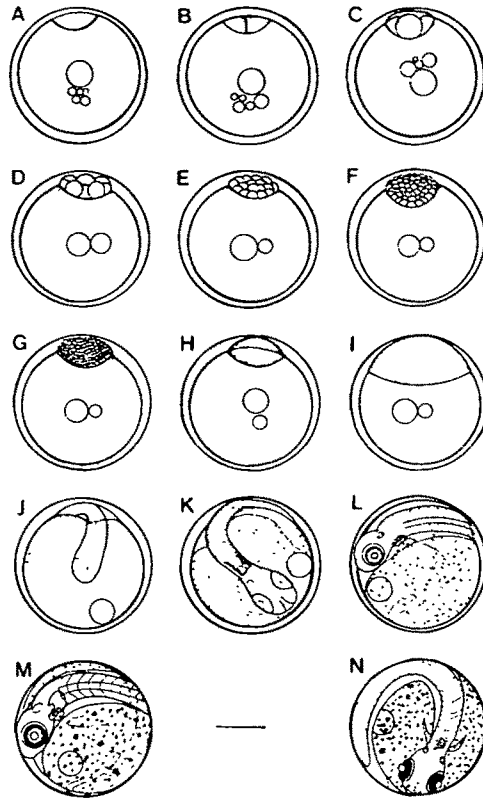


그림 11. 실내사육 꺾지의 난발생 단계.

Fig. 11. Egg developmental stages of *Coreoperca herzi* reared in the laboratory.

A. Blastodisc stage, 1 hrs. 30 mins. after fertilization; B. 2 cells stage, 2 hrs. 30 mins.; C. 4 cells stage, 3 hrs. 30 mins.~4 hrs.; D: 8 cells stage, 5 hrs.; E. 16 cells stage, 8 hrs. 30 mins.; F. 32 cells stage, 10 hrs. 50 mins.; G. Morula stage, 15 hrs. 50 mins.; H. Blastula stage, 47 hrs.; I. Gastrula stage, 60 hrs.; J. Embryo formation, 84 hrs.; K. 13~15 myotomes stage, appearance of eye and auditory vesicles, 100 hrs.; L. Formation of eye lens and heart, 150 hrs.; M. Melanophores appeared on the embryo, 300~310 hrs.; N. Formation of nostrils, Embryo just before hatching, 380 hrs. Scale indicate 1mm.

그후 계속 분열하여 수정후 47시간에는 포배기(Fig. 11, H), 60시간후에는 배피는 난황의 1/3 정도를 덮어 내려와 낭배기에 달하며(Fig. 11, I), 84시간후에는 배순이 자라 올라가 배체가 형성되기 시작하며, 유구는 1개로 합하여 진다(Fig. 11, J).

수정후 100시간에는 배체가 분화하여 뚜렷하게 형성되며, 안포, 이포와 13~15개의 근절이 생기고, 난황 위에는 많은 색소포가 분포한다(Fig. 11, K). 수정후 150시간에는 근절은 18~22개로 증가하고, 눈에 렌즈가 분화되어 색소포가 착색되어 있으며, 심장이 완전하게 형성되어 박동을 한다. 난황 위에는 많은 혈액이 흐르기 시작하고, 색소포가 증가하며, 막상의 지느러미가 분화하기 시작한다(Fig. 11, L).

수정 300~310시간후에는 배체에 흑색소포가 나타나며, 막상의 가슴지느러미가 분화하기 시작한다. 근절은 24~26개이다(Fig. 11, M).

수정 380시간후에는 비공이 형성되어 있고, 꼬리부분이 난황에서 완전하게 분리되며, 배체는 심하게 꿈틀거리면서 난막을 뚫고 머리부터 부화하기 시작한다(Fig. 11, N). 수정후 392시간만에 완전히 부화를 완료하였다.

2) 부화 소요시간

사육 수온 18.0~20.0℃(평균 19.0℃)에서 수정후 380시간만에 최초의 부화가 시작되어 392시간에는 완료되었다. 또한, 21.5~22.0℃(평균 21.7℃)에서 수정후 288시간만에 부화하기 시작하여, 296시간에 완료하였고, 22.5~24.0℃(평균 23.3℃)에서 수정후 246시간만에 부화하기 시작하여, 267시간에 모두 완료되었다.

3) 부화의 조건

수온 18.0~20.0℃(평균 19.0℃), 21.5~22.0℃(평균 21.7℃), 22.5~24.0℃(평균 23.3℃)의 조건에서 비교된 부화속도는 온도의 상승에 따라 빨랐으나 부화율은 상대적으로 떨어져 각각 98%, 89%, 67%로 낮았다. 특히 22.5~24.0℃(평균 23.3

℃)의 수온조건에서는 질병의 발생이 현저하였으며 부화자어의 활력도 떨어져 사육후의 치사율이 높았다. 수온외 부화율의 향상을 위한 조건중 가장 현저히 고려되어야 할 사항은 물의 흐름을 최대한 유지시키는 것이었다.

4) 자치어의 발달

부화직후의 자어는 전장 6.45~7.34mm(평균 6.85mm, n=10)로 눈에는 색소포가 진하게 착색되어 있으며, 꼬리지느러미에 8~10개의 줄기가 분화되어 있고, 등지느러미와 뒷지느러미 줄기가 생길 부분이 융기하여 있다. 입과 항문은 열려 있고, 큰 난황을 가지고 있으며, 유구는 난황 앞부분에 있다. 척색의 끝이 위로 굽어져 있으며, 흑색소포는 머리 꼭대기, 후두부 바로 뒷부분, 난황 윗부분, 배부분의 등쪽에 분포한다. 부화직후에는 사육수조에 천천히 가라 앉아 몸을 옆으로 눕히기도 하면서 바닥에 모이지만, 부화후 1시간에는 머리를 위로한 자세로 꼬리를 진동하면서 유영하고, 부화후 24시간 이내에 정상 자세가 되어 수조의 중층을 균집유영한다. 근절은 10~11+19~20=29~31개이다(Fig. 12, A).

부화후 2~3일째의 자어는 전장 7.00~7.40mm(평균 7.25mm, n=10)로 등지느러미 줄기 9~11개, 뒷지느러미 줄기 7~8개가 처음으로 분화되며, 꼬리지느러미 줄기는 7+7개로 증가한다. 난황은 다소 흡수되지만 유구는 완전히 흡수된다. 흑색소포는 눈에서 더욱 짙어지고, 후두부에서 증가하며, 꼬리자루 부분의 배쪽에서 새로이 출현한다. 이 시기부터 *Daphnia* sp.와 rotifer와 *Artemia* sp. 유생을 먹이로 먹기 시작하며, 근절은 11+18~19=29~30개이다(Fig. 12, B).

부화후 6일째의 자어는 전장 7.94~10.10mm(평균 9.00mm, n=10)로 난황은 대부분 흡수되어 후기자어기로 접어들며, 머리가 둥글고, 입술이 두텁다. 등지느러미에 9개의 가시와 11~12개의 줄기가 형성되고, 뒷지느러미에 2개의 가시와 8개의 줄기, 꼬리지느러미에 15개의 줄기가 형성되지만, 가슴지느러미는 아직 막상이다. 흑색소포는 머리 꼭대기 부분과 후두부에서 더욱 짙어져 반문을 형성하고, 난황의 배쪽에서 현저하게 증가한다. 척색의 끝부분은 45°로 위로

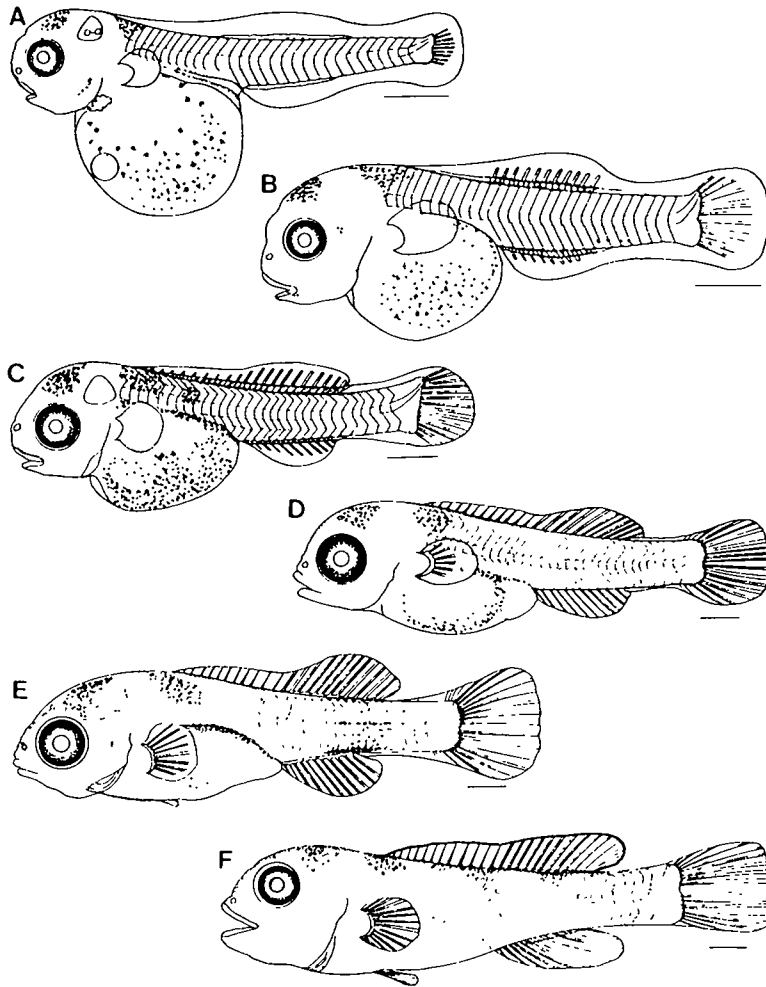


그림 12. 실내사육 꺾지의 자어기 발달 단계.

Fig. 12. Larvae developmental stages of *Coreoperca herzi* reared in the laboratory.

A: 6.85mm in total length(TL), newly-hatched larva; B: 7.25mm in TL, 2~3 days after hatching; C: 9.00mm in TL, 6 days after hatching; D: 12.00mm in TL, 10~11days after hatching; E: 13.00mm in TL, 15~16 days after hatching; F: 14.10mm in TL, 20~22 days after hatching. Scale bars indicate 1.0mm.

굽어져 있으며, 항문은 몸의 중앙보다 약간 앞쪽에 위치한다. 소화관이 발달함에 따라 먹이를 전자보다 더욱 왕성하게 섭이하며, 근절은 W자 모양으로 된다(Fig. 12, C).

부화후 10~11일째의 후기자어는 전장 11.32~12.30mm(평균 12.00mm, n=10)로 머리가 크고, 주둥이는 전자에 비하여 다소 튀어 나와 있으며, 항문은 거의 몸 중앙에 위치하여 있다. 가슴지느러미에 처음으로 5~6개의 줄기가 분화하고, 등지느러미에 가시가 12개로 증가하고, 뒷지느러미에 가시는 3개로 증가하여 정수에 달한다. 척색말단은 완전하게 위로 굽어져 있으며, 몸은 연한 홍색을 띠고, 체고가 높아져 체형이 변화되어 간다. 소화관은 조금씩 회전하기 시작하고 팽대되어 있으며, 배지느러미는 아직 출현하지 않는다(Fig. 12, D).

부화후 15~16일째되는 자어는 전장이 12.50~13.90mm(평균 13.00mm, n=10)로 배지느러미가 막상으로 분화되기 시작하며, 체고가 점차 높아지고, 몸은 약간 측편되어 있다. 가슴지느러미에 8~10개, 등지느러미에 가시와 줄기가 각 13개로 증가하여 정수에 달하고, 꼬리지느러미에 15~16개의 줄기가 완성되어 있다. 흑색소포의 분포는 주둥이 부분과 꼬리부분의 등쪽과 배쪽의 몸의 표면에 새로이 출현하며, 머리부분과 복강 부분에서는 증가한다(Fig. 12, E).

부화후 20~22일째의 자어는 전장이 13.45~15.30mm(평균 14.10mm, n=10)로 몸은 다소 가늘고 길어지며, 체형도 거의 갖추어지고, 주둥이가 돌출되어 있다. 배지느러미에 가시 1개와 줄기 3~4개와 가슴지느러미에 10~12개의 줄기가 분화한다. 항문은 몸 중앙에서 약간 뒤쪽에 위치하며, 몸의 색깔은 밝은 홍색 바탕에 4개의 흑색띠가 나타나기 시작한다. 이 시기에는 작은 갑각류나 윤충류 등을 활발하게 포식하며, 집단을 이루지 않고 유영한다(Fig. 12, F).

부화후 30일째의 자어는 전장이 16.90~19.80mm(평균 18.20mm, n=10)로 체고는 현저하게 높아지고, 등지느러미에 13개의 가시와 13개의 줄기, 뒷지느러미에 3개의 가시와 8개의 줄기, 가슴지느러미에 14~16개의 줄기, 배지느러미에 1

개의 가시와 5개의 줄기, 꼬리지느러미에 16개의 줄기가 형성되어 모두 정수에 달하여 치어기로 이행한다. 몸 전체에 흑색소포가 흩어져 반문을 형성하고, 아래턱에도 색소포가 새로이 출현한다(Fig. 13, A).

부화 40일후의 치어는 전장이 22.10~25.50mm(평균 23.30mm, n=10)로 몸 옆쪽에 6~8개의 가로 무늬의 반문이 형성되어 성어에 닮아 있으며, 흑색소포는 몸의 전체에 산재되어 있고, 옆줄이 형성되기 시작한다(Fig. 13, B).

부화후 50일째의 치어들은 전장이 24.60~27.10mm(평균 25.90mm, n=10)로 몸의 형태, 체색 및 옆줄이 완전하게 형성되어 성어에 닮아 있고, 아래턱이 위턱보다 약간 짧은 편이다. 이 시기에 비늘이 꼬리자루를 제외한 몸 표면에 형성되어 있다(Fig. 13, C).

부화후 60일째의 개체는 전장이 28.25~30.65mm(평균 29.30mm, n=10)로 입과 눈은 비교적 큰 편으로 눈의 크기는 성어에 비하여 아직은 큰 편이고, 체고는 치어기에 비하여 높은 편이며, 이 시기의 개체들은 성적으로는 미숙한 미성어기에 달한다(Fig. 13, D).

부화후 120일째의 개체는 전장이 36.00~40.00mm(평균 37.50mm, n=10)로 머리부분은 짧고 옆으로 납작하며, 아가미 뚜껑 윗부분에 눈의 크기와 비슷한 푸른색 반문이 완전하게 형성되고, 몸의 옆쪽에는 흑갈색 가로 무늬가 7~8개가 완전하게 형성되어 있다. 비늘이 몸 전체에 완전하게 형성되어 있으며, 배쪽으로 갈수록 작고, 아가미 뚜껑부분과 뺨에도 분포한다(Fig. 13, E).

3. 고찰

적지의 난은 투명한 난막과 유구의 형태등이 꺾저기의 경우와 아주 유사하나 직경이 2.6~2.9mm로서 상대적으로 크다(今井·中原, 1957). 난의 발생과정에 있어서도 양자 공히 대부분의 경골어류와 유사하였으나 본 종의 수정란이 적은 인 21℃에서 부화에 이르는 시간은 13일 정도로 상대적으로 상당히 길었다(김

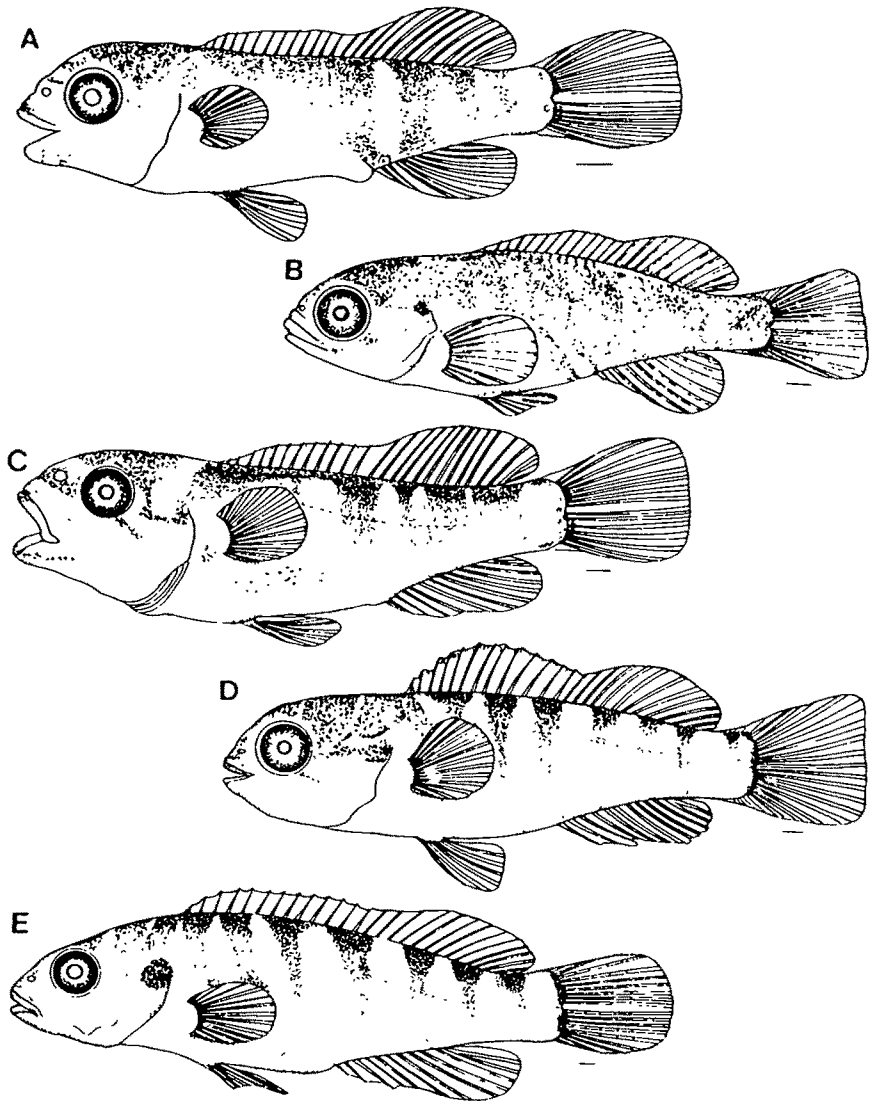


그림 13. 실내사육 꺾지의 치어기 발달 단계.

Fig. 13. Larvae and juveniles developmental stages of *Coreoperca herzi* reared in the laboratory. A: 18.20mm in TL, 30 days after hatching; B: 23.30mm TL, 40 days after hatching; C: 25.90mm in TL, 50 days after hatching; D: 29.30mm in TL, 60 days after hatching; E: 37.50mm in TL, 165 days after hatching. Scale bars indicate 1.0mm.

등, 1993; Jug-Dujakovic and Glamuzina, 1988; Romagosa et al., 1990; Tachihara et al., 1993; Yoshimatsu et al., 1993; 横川, 1995). 그러나 껍지의 유사종인 껍저기의 난내발생과정을 연구한 今井(1957)은 수정 후 12시간에 포배기에 들어 최종 부화에 이르는 시간까지 약 200시간이 소요되는 것으로 보고하여 큰 차이가 있었는데 이러한 결과는 그가 설정한 부화수온이 20~23℃로 본 연구의 부화수온 조건보다 높았기 때문으로 생각되는데 본 연구에서도 부화수온을 높여줌에 따라 부화시간이 크게 단축되었다.

부화에 소요된 시간은 평균수온 19.0℃에서 수정후 380~392시간, 21.7℃에서 288~296시간, 23.3℃에서 246~267시간이 소요되는 것으로 보아 수온이 높을수록 부화시간이 짧으며, 껍저기(今井·中原, 1957)가 사육수온 20.0~23.0℃에서 195~231시간, 쏘가리(이 등, 1997)가 20.0~25.0℃의 사육수온에서 130~155시간이 소요되는 것과 비교해 볼때 다소 빠른 것으로 나타났다. 内田(1935)의 보고에서도 본 연구에서의 조건에서와 유사한 15.0~23.0℃의 자연 서식지에서 부화에 이르는 기간을 대략 2주일로 추정하고 있어 대체로 일치하고 있으며, 수온을 높여감에 따라 부화시간이 크게 단축됨을 확인할 수 있었다. 이러한 차이는 서식장소나 수온에 따른 영향이 크며, 일반적으로 알이 크고 점착성이 있는 알들은 부화시간이 길고, 모든 기관 형성이 상당히 진행되어 부화하는 것으로 나타났다.

난발생 중 배체 위에 색소포가 출현한 시기가 껍지에 있어서는 평균수온 19.0℃에서 수정후 300~310 시간 이었는데, 껍저기(今井·中原, 1957)는 170시간에 척색 아랫부분, 복강의 등쪽 등에 출현하여 차이가 있었다.

부화직후 자어의 전장은 껍지가 6.45~7.34mm로 内田(1935)의 7.30mm와 거의 비슷한 크기였고, 껍저기(今井·中原, 1957)의 5.06~5.80mm, 쏘가리(이 등, 1997)의 5.50~7.10mm 와 비교해 보면 껍저기, 쏘가리 보다는 다소 큰 편에 속하였다. 자어의 근절은 껍지가 29~31개로 内田(1935)의 33개 보다는 적었고, 껍

저기(今井·中原, 1957)의 29개보다는 1~2개가 많았다.

모든 지느러미가 완성되는 시기는 껍지가 부화후 30일째인 전장 16.90~19.80mm의 개체에서 였는데, 쏘가리(이 등, 1997)의 경우는 부화후 20일째인 전장 13.60~15.60mm에서 완성되는 것으로 보아 다소의 차이가 있었다.

4. 요약

껍지 수정란의 부화는 사육수온 $19 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ 에서 수정후 380시간째 부터 시작되어 392시간만에 완료된다. 부화직후의 자어는 전장 6.45~7.34mm(평균 6.85 mm)로 입과 항문이 열려 있고, 흑색소포는 머리부분, 난황 윗부분, 복부의 등쪽에 분포한다. 부화후 6일째의 자어는 전장 평균 9.00mm로 난황은 대부분 흡수되어 후기자어기로 접어들며, 척색의 끝부분은 45° 위로 굽어져 있으며, *Daphnia* sp.와 rotifer를 왕성하게 섭이한다. 모든 지느러미가 완성되는 시기는 부화후 30일째인 전장 16.90~19.80mm의 개체로 체고는 현저하게 높아지고, 모든 지느러미 줄기가 정수에 달하여 치어기로 이행한다. 부화후 50일째의 치어들은 전장이 24.60~27.10mm(평균 25.90mm)로 몸의 형태, 체색 및 옆줄이 완전하게 형성되어 성어에 닮아 있다.

제2절 껍지의 종묘생산과 사육

1. 재료 및 방법

1) 수온과 사육밀도

자치어의 사육을 위한 적정 수온과 사육밀도를 찾고자, 먼저 수온을 18°C , 21°C , 24°C 로 조절한 순환여과식 항온수조(900cm×60cm×30cm) 각 3조에 사육용수로 지하수 100ℓ를 채우고 부화자어의 밀도를 각각 300개체, 600개체, 900

개체로 맞추어 수용함으로서 모두 9개의 실험구를 설치하여 초기 사육하였다. 수조의 물은 3일 마다 완전히 교환하여 주었고 수조의 바닥에 누적되는 침전물은 매일 오전에 사이펀시켜 제거하였다.

종묘대량생산을 위한 사육조는 직경 2m의 순환여과식 원형수조를 사용하였으며 초기 50일간은 수심을 약 50cm로 조절하여 1.5m³의 사육용수를 넣어 100,000미의 초기자어를 넣었고, 이후는 1m로 높여 3m³의 지하수를 이용하였다. 그 후는 분양을 되풀이 함으로서 사육밀도를 점점 감소시켜 나갔다.

2) 자어의 먹이

자어의 먹이로는 *Daphnia* sp., rotifer, brine shrimp(*Artemia* sp. 유생) 그리고 해산어용 상업사료(기린사료, 300 μ m, 500~700 μ m, 700~1000 μ m)를 이용하였으며 순치 이전까지는 *Artemia*(INVE *Artemia* cysts, 부화유생 250~300 μ m)를 급이하였다. 각 실험구간별 부화자어의 개체생장을 비교하기 위해 각 실험구에서 각각 매일 20개체를 임의 추출하여 전장을 측정하고 여과지로 체표면의 수분을 제거한 뒤 체장과 체중을 조사하였다.

2. 결과 및 고찰

1) 자치어의 먹이

부화후 3일이 지나면 자어는 어느 정도 난황을 흡수하고 입과 항문이 완전하게 열리게 된다. 이 때 처음으로 *Daphnia* sp.와 rotifer를 먹이로 주었을 때도 급이 즉시 먹이를 먹기 시작하였으나 4일이 지나면서 급이하였을 때에 보다 더 효과적이었다. 부화 5일이 지나면서는 *Daphnia* sp., rotifer 및 brine shrimp (*Artemia* sp. 유생)을 혼합하여 먹이로 주었는데 이들을 선택적으로 섭이하지 않고 골고루 먹었다. 이것으로 미루어 볼 때 껍지 자어들은 움직이는 동물성플랑크톤을 잘 먹는 것으로 나타났다.

초기사료로는 상기먹이를 모두 이용할 수는 있었으나 알테미아와 물벼룩의 혼합이용이 적합하였다. 이 경우 물벼룩의 단독급이도 자어의 생장에 매우 좋았으나 로티퍼를 단독 급이한 경우는 부적합하였다. 부화 15일이 지나면서는 brine shrimp와 양어용 배합사료를 혼합하여 주었다. 이 결과 처음에는 선택적으로 brine shrimp만 먹으나, 5~6일이 지나면서 점차 배합사료도 먹기 시작하였다. 그러나 배합사료의 급이시기를 빨리할수록 질병의 발생과 함께 개체의 치사율이 무척 높았다. 따라서 치어기로 이행한 부화 30일후부터는 양어용 배합사료만 먹이로 주어도 순치되기는 하나(Fig. 14) 생존율을 보다 높게 유지시키기 위해서는 배합사료만의 급이를 약 50일 이후에 하는 것이 보다 효과적이었다.

2) 자치어기의 성장

상기의 먹이조건에서 부화직후부터 120일간 사육한 개체를 1일 평균 10개체씩 추출하여 총 1,200미를 측정된 결과, 부화직후에 평균전장이 6.85mm였던 개체는 부화 5일이 지나면 평균전장 8.25mm로 되었다. 부화후 10일째 후기자어가 평균전장 12.00mm, 15일째가 13.00mm, 20일째에는 14.10mm, 25일째는 16.35mm로 치어에 달할때까지의 후기자어기는 비교적 빠른 성장을 하였다. 부화후 30일째에는 평균전장이 18.20mm, 부화후 40일째에는 평균전장 23.30mm로 되고 50일째에는 25.90mm로 됴므로서 자어기보다는 성장이 매우 빨라졌다. 이와 같은 환경 및 급이조건에서 부화후 60일 이후에는 그 성장이 점차 완만하게 이루어지는 것으로 나타났다(Fig. 14).

3) 사육온도에 따른 성장도

전장 평균 7mm의 부화직후자어를 수조당 600개체씩 맞추어 20일간 $21 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 에서 사육하고 이후 67일이 될 때까지 3°C 의 온도구간을 둔 3개 실험구에서 사육하였을 때 나타난 전장, 체중의 변화는 Table 4와 같다. 부화 후 6일이 되면

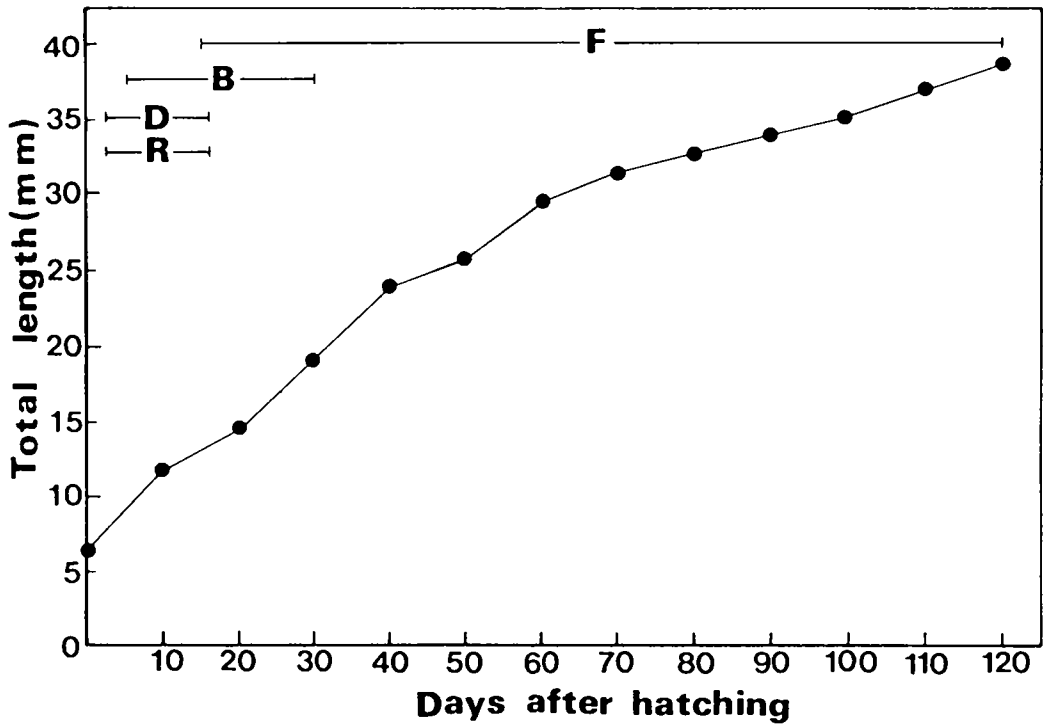


그림 14. 꺽지의 실내사육에서 먹이공급과 성장.

Fig. 14. Food supply and growth of *Coreoperca herzi* reared in the laboratory. B: Brine shrimp; D: *Daphnia* sp.; F: formula food; R: rotifer.

난황이 완전히 흡수되어지나 난황흡수이전인 부화 4일째부터 먹이를 섭취하기 시작하였다. 상기 조건에서 꺽지의 자어는 초기 1주일간은 아주 느린 속도로 성장하였으나 20일경부터는 다소 빨라지기 시작하였다. 온도구간에 따른 사육을 통하여 성장도를 비교한 결과 18℃수온에서의 사육에 비해 21℃와 24℃의 수온에서 사육하였을 때 각각 7%, 10%이상의 높은 성장을 나타내었다.

표 4. 꺽지의 수온별 사육에 따른 체장과 체중의 변화

Table 4. Changes in length and weight of *Coreoperca herzi* reared in different temperature

Days from hatching	18±0.5℃		21±0.5℃		24±0.5℃	
	TL*	TW*	TL	TW	TL	TW
1	0.75	0.018	0.75	0.018	0.75	0.018
4	0.84	0.019	0.84	0.019	0.84	0.019
11	1.20	0.022	1.20	0.022	1.20	0.022
18	1.40	0.041	1.40	0.041	1.40	0.041
23	1.60	0.080	1.68	0.075	1.65	0.083
30	1.90	0.090	1.95	0.093	1.95	0.099
37	2.35	0.110	2.35	0.119	2.25	0.115
52	2.10	0.142	2.51	0.205	2.71	0.242
67	2.82	0.243	3.03	0.278	3.11	0.305

* TL, TW means total length(cm) and total weight(g), respectively.

** All the larvae were cultured at 18±0.5℃ during first 20 days

4) 사육밀도

전장 평균 7mm의 부화직후 자어를 수온이 21±0.5℃로 조절된 수조당 600개 체씩 맞추어 20일간 사육하고 이후 67일이 될 때까지 동일수온의 수조당 300, 600, 900개체씩 다른 밀도로 수용한 뒤 사육하였을 때 나타난 전장, 체중의 변

화는 Table 5와 같다. 수용밀도별 사육을 통하여 성장도를 비교한 결과 초기 30일 동안은 구간별 차이가 거의 없었으나 사육기간이 50일 이상 경과되면서 성장도에 큰 차이를 나타내었다. 수용밀도별로 사육 67일째의 전장과 체중을 조사하였을 때 900개체를 수용한 구간에 비해 600개체, 300개체를 수용한 구간에서의 개체성장도는 각각 7%, 23%의 높은 성장을 나타내었다.

표 5. 꺾지의 밀도별 사육에 따른 체장과 체중의 변화

Table 5. Changes in length and weight of *Coreoperca herzi* reared in different density

Days from hatching	300		600		900	
	TL*	TW*	TL	TW	TL	TW
1	0.75	0.018	0.75	0.018	0.75	0.018
4	0.84	0.019	0.84	0.019	0.84	0.019
11	1.20	0.022	1.20	0.022	1.20	0.022
18	1.40	0.041	1.40	0.041	1.40	0.041
23	1.74	0.089	1.68	0.075	1.62	0.078
30	2.11	0.101	1.95	0.093	1.81	0.089
37	2.45	0.122	2.35	0.119	2.14	0.118
52	3.12	0.327	2.51	0.205	2.47	0.195
67	3.48	0.391	3.03	0.278	2.83	0.259

* TL, TW means total length(cm) and total weight(g), respectively.

** All the larvae were cultured at same density during first 20 days.

5) 종묘대량생산과 사육

종묘대량생산을 위한 사육조는 직경 2m의 순환여과식 원형수조를 사용하였으며 초기 50일간은 수심을 약 50cm로 조절하여 1.5m³의 사육용수를 넣고 100,000마의 초기자어를 넣었다. 이후는 1m로 높여 3m³의 지하수를 이용하였는

데, 분양을 되풀이 함으로서 사육밀도를 점점 감소시켰다. 사육 50일 이후 해산 어용 상업사료(기린사료, 과립-300 μ m, 500~700 μ m, 700~1000 μ m, EP 1,2호-1.2~2mm)에 완전순치된 껍지 치어는 어체의 크기에 따라 사료입자의 크기를 조절하면서 사육하였을 때 질병이 발생하지 않는 한 개체의 치사율은 아주 낮아졌다.

자연서식지에서 껍지의 행동은 독립적이지만 사료에 순치된 후에도 집단행동을 나타내면서 사료투여시에 민감하게 반응하였다. 사육 껍지는 먹이를 급이해 줄 경우 이외에는 성어가 될 때 까지 모든 개체가 사육조의 하부에서만 생활하였다. 따라서 먹이를 줄 때는 일정한 곳에 주어 먹이가 남겨지지 않도록 주의함으로서 사육조의 바닥면을 항상 청결하게 유지하는 것이 중요하였다. 그러나 껍지는 먹이가 부족할 경우 공식반응을 나타내므로 충분한 양을 급이해야하였다. 규칙적인 환수를 통하여 깨끗한 수질을 유지시키는 것 또한 주의할 사항이다.

사육 7개월된 껍지는 체장 6.4cm, 체중 19.6g으로 성장하며 이 때가 종묘분양에 적합하다. 본 연구개발사업중 연구진은 상기와 같은 종묘 약 1만개체를 분양하여 효과적으로 성장함을 확인할 수 있었다. 사육 7개월 후 해산어용 상업사료를 먹이로 이용하여 21 \pm 0.5 $^{\circ}$ C에서 13개월간 사육한 껍지의 체장과 체중은 각각 다음과 같다. 즉 8개월후 8.1cm, 21.8g, 9개월후 9.2cm, 26.8g, 10개월후 9.7cm, 24.2g, 11개월후 10.1cm, 25.0g, 12개월후 13.2cm, 33.1g, 13개월후 13.8cm, 49.7g으로 성장하였는데 이들의 성장상태는 자연서식지에서 동기에 부화되어 성장중인 개체와 비교할 때 약 60% 더 높음을 알 수 있었다. 이러한 결과는 실험실규모가 아닌 보다 체계적 관리로 껍지양식을 수행한다면 자연성장개체에 비하여 약 두배정도의 빠른 성장을 유도시킬 수 있는 가능성을 짐작케 한다.

6) 껍지양식의 경제성 분석

껍지는 양식대상어로서 기대되지만 어체의 크기가 작아서 산업적 경제성이 낮게 평가되어진다. 껍지는 약 20cm의 크기로 성장했을 때 상품성을 갖는 것으로 여겨지며 이는 상기기준의 성장도로 볼 때 부화 후 약 1년 6개월간 사육한

것으로 짐작할 수 있다. 따라서 현재의 기준으로 볼 때 껍지의 양식은 경제성을 갖추지는 못한 것으로 생각되며, 금후 껍지의 어체증대를 위한 방안이 조속히 마련되어질 필요가 있는 것으로 사료된다.

3. 요약

껍지 자어는 움직이는 동물성플랑크톤을 잘 먹었다. 부화자어는 3일째에 *Daphnia* sp.와 rotifer를 급이해도 먹이를 먹기 시작하나 4일후 급이하였을 때에 보다 더 효과적이었으며 부화 5일이 지나면서는 *Daphnia* sp., rotifer 및 brine shrimp을 혼합하여 주어도 골고루 먹었다. 알테미아는 초기사료로 적합하지 않았으나 알테미아와 물벼룩을 혼합이용하거나 물벼룩만의 단독급이는 효과적이었다. 부화 15일이 지나면서는 brine shrimp와 양어용 배합사료를 혼합하여 주었으며 부화 30일후부터는 양어용 배합사료만으로도 순치되었다. 그러나 배합사료만의 급이는 약 50일 이후에 하는 것이 생존율을 보다 높일 수 있다.

수온의 상승에 따라 자어의 성장도는 높아 $24 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 의 사육은 $18 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 의 사육에 비하여 약 10% 빠른 성장을 보였는데 자연서식지에서 껍지의 최대 생장이 28°C 수온의 하절기에 이루어 짐을 볼 때 $24 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 이상의 수온조건에서도 사육이 가능하리라 생각된다. 또한 수용밀도에 따라서도 개체의 성장차이는 현저하여 100 l 사육조당 900개체를 수용할 경우에 비하여 300개체로 저밀도 수용할 때 23% 더 높은 성장을 보였다.

사육 7개월된 껍지는 체장 6.4cm, 체중 19.6g으로 성장하며 이 때가 종묘분양에 적합하다. 껍지는 사육 13개월후에 13.8cm, 49.7g으로 성장하였는데 이들의 성장은 자연서식지에서 동기에 부화되어 성장중인 개체와 비교할 때 약 60% 더 빨랐다.

여 백

참 고 문 헌

- 김동수 · 전임기 · 이종관, 1989. 돔류 몇 종의 염색체, DNA 함량과 핵의 크기에 관한 연구. 한국어류학회지, 1 : 35-41
- 김용억 · 한경호 · 김병학, 1993. 쥐노래미, *Hexagrammos otakii*의 卵發生過程 및 仔魚의 形態發達. 韓魚誌 5(2) : 151~159
- 金亨燮 · 許聖範, 1994. 은어, *Plecoglossus altivelis* 種苗生産을 위한 먹이생물학적 연구. 韓國養殖學會誌 7(3) : 135~150
- 노용길, 1996. 內水面 養殖魚類 技術開發 方向. Aquaculture 9월 : 186~192
- 이완옥 · 이종윤 · 손송정 · 최낙중, 1997. 소양호산 쏘가리 *Siniperca scherzeri* (Pisces, Centropomidae)의 산란 생태와 초기 생활사. 韓魚誌 9(1) : 99~107
- 이종윤, 1995. 內水面養殖業의 現況과 展望. Aquaculture 4월 : 119~125.
- 李澤烈 · 羽生功 · 古川清, 1984. 그물코쥐치, *Rudarius ercodes*의 生殖活動에 미치는 光週期 및 溫도의 影響. 韓水誌 17(6) : 523~528
- 林映秀 · 許聖範, 1994. 넙치 種苗生産을 위한 Rotifer와 *Artemia* nauplius의 營養強化效果. 韓國養殖學會誌 7(4) : 225~237
- 정문기, 1977. 한국어도보. 일지사 pp. 301~302, 727
- 정문기, 1986. 韓國魚圖普. 一志社, 서울, 727pp
- 鄭文基, 1990. 『韓國魚圖譜』. 日誌社. 298~306
- 鄭義泳 · 李澤烈, 1985. 노래미, *Agrammus agrammus*(Temminck et Schlegel)의 生殖週期에 關한 研究. 釜山水大研報 25 : 26~42
- 鄭義泳 · 金炯培 · 李澤烈, 1986. 노래미, *Agrammus agrammus*의 性成熟에 따른 細胞의 活性變化. 韓水誌 19(1) : 83~91

- 최기철, 1992. 민물고기. 대원사, pp. 64
- 최기철 · 전상린 · 김익수 · 손영목, 1990. 原色韓國淡水魚圖鑑. 郷文社, 277pp
- 하봉석 · 강동수, 1990. 수산물의 지질에 관한 연구(제5보)-쏘가리, 꺾지, 누치
및 메기 근육지질조성의 비교. 한국영양식량학회지, 19(4), 291~300
- 한국동물명집, 1997. 한국동물명집. 한국동물분류학회, 489pp
- Asahina, K. and I. Hanyu, 1983. Role of temperature and photoperiod in
annual reproductive cycle of the rose bitterling *Rhodeus ocellatus*.
Nippon Suisan Gakkaish 49 : 61~67
- Asahina, K. and I. Hanyu, 1985. Development of photoperiod is involved in
the gonad activity of the rose bitterling. Ibid. 51 : 1665~1670
- 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
- Duncans, M., T. Peter, and F. Stephen, 1989. Seasonal changes in thyroid
and reproductive steroid hormones in female channel catfish(*Ictalurus
punctatus*) in pond culture. Aquaculture 78 : 63~80
- Hayashi, I., 1972. On the ovarian maturation on the Japanese sea bass. J.
Ichthyol. 19(4) : 243~254
- Handerson, N. E., 1963. Influence of light and temperature on the
reproductive cycle of the eastern brook trout, *Salvelinus fontinalis*
(Mitchill). J. Fish. Res. Bd. Canada. 20(4) : 859~897
- Hossain, Razani., K. Aida, and I. Hanyu, 1989. Effects of continued short
photoperiod at warm temperature and following changes of regimes on
gonadal maturation of Goldfish. Nippon Suisan Gakkaish 55(9) : 1505
~1510

- Ishida, R. 1979. Changes of hepatosomatic index of ayu, *plecoglossus 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* L. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ. 21 : 161~167
- Imura, K. and T. Saito. 1969. Seasonal variation in the metabolic activities of tissue constituents of some fishes. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ. 20 : 202~210
- Jug-Dujakovic, J. and B. Glamuzina, 1988. Preliminary studies of reproduction and early life history of *Diplodus vulgaris*(E. Geoffroy Saint-Hilaire 1817) in captivity. Aquaculture 69 : 367~377
- 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
- Katsumi, Aida, 1991. Environmental regulation of reproductive rhythms in teleosts. Aquaculture Symposium 173~187
- Kim, D. S., E.-H. Park and J. S. Kim, 1982. Karyotypes of nine species of Korean catfishes. Kor. J. Genet., 4 : 57-68
- Kobayashi, M., Aida, K. and Hanyu, I. 1987. Radioimmunoassay for Salmon gonadotropin. Nippon Suisan Gakkaishi. 56 : 995~1003

- Lam, T. J., 1987. Environmental control of reproduction in teleosts. In Reproductive Physiology of Fish. 279~288
- Lee, T.Y. and I. Hanyu. Reproductive cycle of small filefish, *Rudarius ercodes*. Bull. Korean Fish. soc. 17(5) : 423~435
- Lemoine, H. L. Jr. and L. T. Smith, 1980. Polyploidy induced in brook trout by cold shock. Trans. Am. Fish. Soc., 109 : 626~631
- Levan, A., K. Fredga and A. A. Sandberg, 1964. Nomenclature for centromeric position on chromosomes. Hereditas, 52 : 201~220
- Matsubara, K., 1963. Fish Morphology and Hierarchy. 石崎書店 pp. 620
- Moyer, T., 1975. Reproductive behavior of the Damselfish, *Pomacentrus nagasakiensis* at Miyake jima. Jap. J. Ichthyol. 22(3) : 151~163
- Nelson, J. S., 1994. Fishes of the world (3rd Ed.). John Willey & Sons, Inc., 600 pp.
- Nogusa, S., 1960. A comparative study of the chromosomes in fishes with particular considerations on taxonomy and evolution. Memoirs of the Hyogo Univ. of Agriculture, 3(1) : 1
- Ohno, S., 1974. Animal cytogenetics. Vol. 4, Protochordata, Cyclostomata and Pisces. Gebruder Borntraeger, Berlin. 92 pp
- Park, E.-H. and C. Y. Chung, 1985. Genome and nuclear sizes of Korean cobitid fishes (Teleostomi: Cypriniformes). Kor. J. Genet., 7 : 111~118.
- Rinchard, 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* L. Gen. Comp. Endocrinor 52 : 79~85
- Razni, H., I. Hanyu, K. Aida, and K. Furukawa, 1989. Tematuretion of gold fish under continued warm or cool temperature in combination with

- short or long photoperiod. Nippon suisan Gakkaish 55(9) : 1505~1510
- Romagosa, E., P. Depaiva, and H. M. Godinho, 1990. Pattern of oocyte diameter frequency distribution in females of the Pacu, *Piaractus mesopotamicus*(Holmberg 1887)(=*Colossoma mitrei* Berg 1895), induced to spawn. Aquaculture 86 : 105~110
- Sezaki, K. and H. Kobayashi, 1978. Comparison of erythrocytic size between diploid and tetraploid in spinous loach, *Cobitis biwae*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 44 : 851~854
- Sugimoto, Y., Y. Takeuchi, 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 Univ. 27 : 107~120
- Shimizu, A., and I. Hanyu, 1982. Environmental regulation of annual reproductive cycle in a spring-spawning bitterling *Acheilgnathus tabira*. Nippon Suisan Gakkaishi 48 : 1563~1568
- Shimizu, A., K. Aida, and I. Hanyu, 1987. Annual reproductive cycle in an autumn-spawning bitterling *Acheilognathus rhombea*. Nippon Suisan Gakkaishi 53 : 529~536
- Szarski, H, 1976. Cell size and nuclear DNA content in vertebrates. Inter. Rev. Cytol., 44 : 93~112
- Tachihara K, R. Ebisu, Y. Tukashima, 1993. Spawning, eggs, larvae and juveniles of the purplish amberjack *Seriola dumerili*. Nippon Suisan Gakkaishi 59(9) : 1479~1488
- Treasurer, J. W. and F. G. T. Holliday, 1981. Some aspects of the reproductive biology of perch, *Perca fluviatilis* L. A histological

- description of the reproductive cycle. J. Fish Biol. 18(3) : 359~376
- Yoshimatsu, T., S. Matsui, and C. Kitajima, 1993. Early development of laboratory-reared Keelback Mullet. Nippon Suisan Gakkashi 59(5) : 765~776
- 内田恵太郎, 1935. カウライオヤミミの生活史. 動物學雜誌 47(559) : 257~275
- 今井貞彦・中原官太郎, 1957. オヤニラミ *Coreoperca kawamebari*(T.&S.)の生活史. 水産學集成 591~601
- 田代一洋・岩槻幸雄, 1995. アカメの飼育における成長と攝餌特性. Nippon Suisan Gakkashi 61(5) : 684~688
- 横川浩治, 1995. サワラの産卵期における卵巢内卵數と卵徑組成の徑時變化. Nippon Suisan Gakkashi 61(5) : 689~694
- 勝田先郎, 1957. スズメタイの卵發生と仔魚前記. 魚類學雜誌 6(4-6) : 87~90
- 朝北祭契, 羽生 功 1980: タイリクバラタナゴの生殖年週期, 日水誌, 46 : 299~305
- 冲山宗雄, 1988. 『日本産稚魚圖鑑』. 東海大學出版會. 403~405
- 板澤靖男・羽生 功, 1991. 『魚類生理學』. 恒星社厚生閣. 243~325
- 會田勝美, 1974. 『卵黄たん白の蓄積“魚類の成熟と産卵”』日本水産學會編. 恒星社厚生閣. 88~99