



광주기와 수온에 의한 조피볼락, *Sebastes schlegeli*의 교미 및 출산 조절

박무억 · 노 섬¹⁾ · 변수철²⁾ · 이치훈²⁾ · 백혜자³⁾ · 이영돈^{2)*} · 김형배⁴⁾

수산자원개발연구소 · ¹⁾제주대학교 해양생산과학부 · ²⁾제주대학교 해양연구소
³⁾부경대학교 해양생물학과 · ⁴⁾강원도립대학 수산개발과

Regulation of Copulation and Parturition in Black Rockfish, *Sebastes schlegeli* by Photoperiod and Temperature

Moo-Eog Park, Sum Rho¹⁾, Soo-Cheol Byun²⁾, Chi-Hoon Lee²⁾, Hea-Ja Baek³⁾,
Young-Don Lee^{2)*} and Hyung-Bae Kim⁴⁾

Fisheries Resources Development Institute, Youngduk-gun, Kyogbuk 766-852, Korea

¹⁾Faculty of Applied Marine Science, Cheju National University, Jeju, 690-756, Korea

²⁾Marine Research Institute, Cheju National University, Jeju 695-810, Korea

³⁾Department of Marine Biology, Pukyong University, Busan 608-737, Korea

⁴⁾Department of Fisheries Development, Kangwon Province University, Gangwon 210-804, Korea

Regulation of copulation and parturition of black rockfish, *Sebastes schlegeli* were induced by artificially controlled photoperiod and temperature. For the treated group, daylength of copulation and parturition period was maintained at 9L : 15D and 14L : 10D, respectively. Temperature was maintained at 12~13°C during the copulation period, and at 14~15°C during the parturition period. Gonadosomatic index (GSI) of male was low 0.12 from January to August and peak to 1.36~0.10 during November in the control group but 1.27~0.05 during October in treated group. GSI of female was about 1.82 from January to November 1996 and reached the maximum of 46.5~5.72 during April 1997 in the control group but 42.0~4.24 during February 1997 in the treated group. The pattern of ovary and testis development did not much differ between the treated and control groups. However, the copulation and parturition of black rockfish could be advance 2~3 months by controlling photoperiod and temperature.

Key words: *Sebastes schlegeli*, Gonadosomatic Index, Breeding advanced

서 론

대부분 어류에서 생식활동의 주기적 변화는 외부환경 요인의 자극을 받은 어체내 내분비계의 활성화에 의해 조절된다. 특히, 외부환경요인 중 광주기와 수온이 어류의 생식주기를 지배하는데 깊이 관여하는 것으로 알려져 있으

며(De Valming, 1972a,b; Lundquist, 1980), 광주기와 수온을 이용해 어류의 생식주기를 조절하는 단계에 와 있다. 그물코 쥐치, *Rudarius ercodes*의 생식소는 13시간 이상의 장일조건에 의해 활성화되며(Lee et al., 1984), 무지개송어, *Oncorhynchus mykiss*는 광주기 조절로 산란시기를 4개월 이상 앞당길 수 있다(Randall and Bromage,

*Corresponding author : leemri@cheju.cheju.ac.kr

1998). 그리고, 점망둑, *Chasmichthys dolichognathus*의 생식소 활성화는 수온상승이 필수적이며, 광주기가 보상작용을 하고(Baek and Lee, 1985), 까나리, *Ammodytes personatus*는 광주기와는 상관없이 수온 조절로 생식소의 성숙이 유도된다(Yamada and Kuno, 1999). 이처럼, 생식소 활성화의 유도는 광주기와 수온이 복합적으로 작용하며, 종에 따라 광주기와 수온 중 어느 하나가 생식소 성숙을 조절하는 주요 요인이 되고 다른 하나는 보상적으로 작용한다. 또한 광주기와 수온의 작용 양식에 따라 어류의 번식이 계절성을 보이는데, 효율적인 어류 종묘생산을 위해서 양식 어류의 인위적인 성숙 조절이 가능해야 양식산업의 활성화를 유도할 수 있다고 본다.

조피볼락은 타 어종과는 달리 저수온에 강한 반면 여름철 고수온에 약하다. 특히 2년째의 고수온기에 폐사가 많기 때문에 가능하면 고수온기 이전에 상품성이 있는 크기로 길러서 출하할 수 있는 기술 개발이 요구된다. 따라서, 이 연구는 인위적인 산란제어를 통해 조피볼락의 배우자 발달과정과 교미시기 및 체내 자어의 출산시기를 조절하여 산란제어의 가능성을 얻고자 하였다.

재료 및 방법

1. 사육시설 및 관리

사육시설은 제주대학교 해양연구소의 실내 사육동에서 광주기와 수온 조절이 가능한 폐쇄식 순환여과 시스템을 이용하였다. 사육수조(φ1.5×1 m)는 원형 FRP 수조를 사용하였으며, 각 수조의 수량은 5 ton으로 하였다. 실험구는 광주기(Light:Dark, L:D)와 수온을 인위적으로 조절할 수 있도록 이중 차광막으로 씌워 외부 빛을 완전 차단하도록 하였다. 대조구는 자연해수를 직접 유수하여 자연광주기와 자연수온 조건에 노출시켰다. 실험어는 전장 34.0~43.2 cm, 체중 544.6~1,289.6 g 조피볼락 암수 어미를 65~70마리씩 4개 수조에 수용하였다. 먹이는 인근 정치망에서 어획되는 전갱이를 구입하여 매일 해질 무렵에 체중의 3~5%를 공급한 후 아침 9시에 남은 것을 제거하였다.

2. 광주기와 수온 조절

광주기와 수온은 남해안의 조피볼락 번식시기를 토대로 조절하였다. 남해안의 연간 수온자료는 국립수산진흥원의 한국해양환경조사 자료를 참조하였다. 3~4월경에 출산을 마친 암컷과 수컷을 사용하여 1차 실험에서 광주

기는 6월 1일에 15L:9D의 장일조건에서 10일~15일 간격으로 30분씩 일조시간을 줄여 10월 중순에 9L:15D의 단일조건으로 조절한 후, 다시 점차 일조시간을 늘려 1월 중순에 자연산란 조건인 12L:12D로 조절하였다. 수온은 7월 까지 자연조건인 20℃를 유지하였으며, 8월에 19℃에서 9월에 16℃로 점차 낮추어 주었고, 10월초까지 14℃로 조절하였다. 일조시간이 최단시간인 10월 중순부터 12월초까지 12~9℃까지 내린 후 다시 수온을 서서히 올려서 2월 중순에 14~15℃가 유지되도록 조절하였다. 2차 실험에서는 1차 실험에서 얻어진 결과에 따라 교미시기를 40일 앞당긴 1997년 8월 20일부터 광주기와 수온을 1차년도와 동일한 방법으로 조절하였다.

3. 번식주기

대조구의 번식주기를 조사하기 위하여 월별로 암·수 각각 5~6마리의 생식소중량지수(GSI)를 구하였다. 생식소의 조직표본은 상법에 따라 5~8 μm 절편을 만들어, Hansen's haematoxylin과 0.5% eosin으로 비교 염색하였고, Bae et al. (1998)의 방법에 따라서 생식소내 생식세포의 발달양상을 구분하였다. 교미, 체내 난 발생 그리고 출산은 수컷 생식기의 돌출상태를 관찰하면서 수컷의 배가 훌쩍해진 교미직후의 체형이 많이 출현하는 시기에 암컷 난소내 정자무리의 유무를 관찰하였다. 교미 후 난소내 난모세포의 성숙과 수정 및 초기발생은 조직학적으로 조사하였다.

결 과

1. 광주기와 수온 조절

대조구에서 사육수조내의 광주기와 수온변화는 Fig. 1과 같다. 일조시간은 1996년 6월 1일에 15L:9D에서 8월에 13L:11D이었으며, 겨울철인 12월에는 10L:14D이었다. 12월 이후에는 다시 자연 일주기에 따라 서서히 일조시간이 늘어났다. 수온은 1996년 6월초에서 7월말까지 19~20℃였고, 8월초에는 실내 사육으로 인해 최고 29~30℃까지 상승하였으며, 이후 10월초까지는 20~25℃였다. 이후 수온은 11월에 14~15℃였으며, 1997년 2월에는 11~12℃로 가장 낮았고, 3월부터는 서서히 상승하기 시작하여 4월에는 15~16℃였다.

실험구에서 번식의 인위제어를 위해 광주기와 수온을 조절한 결과는 Fig. 2와 같다. 광주기 조절은 교미시기에

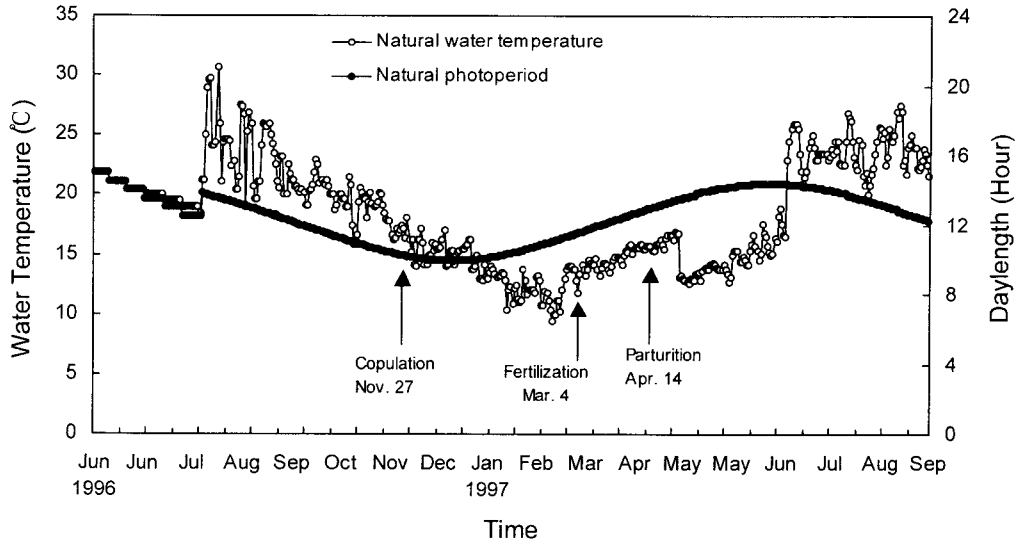


Fig. 1. Changes of water temperature and photoperiod under natural condition from June 1996 to September 1997.

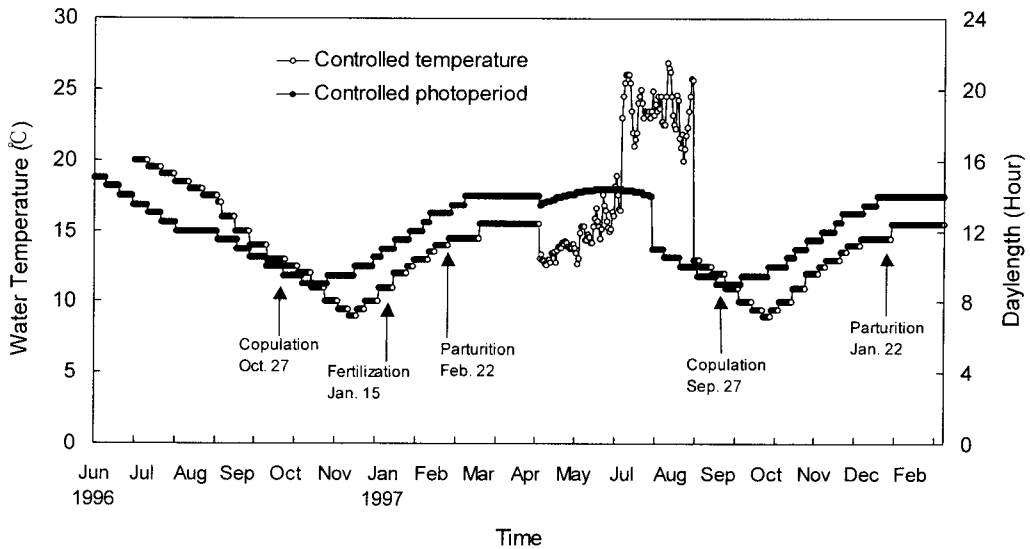


Fig. 2. Changes of artificially controlled water temperature and photoperiod from June 1996 to March 1998.

9L:15D, 출산시기에는 14L:10D로 조절하였고, 수온 조절은 교미시기 12~13°C, 출산시기에 14~15°C로 조절하였다.

2. 번식주기

1) 생식소중량지수(GSI)의 변화

대조구와 실험구의 생식소중량지수의 월별 변화는 Fig. 3과 같다. 대조구에서 수컷의 GSI는 8월부터 서서히 증가하기 시작하여 사육수온 15.0°C인 11월에 1.4 ± 0.10 으로 최대값을 가졌고, 2월에 접어들면서 GSI가 0.4 ± 0.07 로 감소하여 4월부터 7월까지 0.2 ± 0.09 로 낮은 값을 나타냈다.

암컷의 GSI는 사육수온 11.5°C인 2월부터 증가하기 시작하여, 사육수온 14.0°C인 4월에 46.5 ± 5.72 로 최대값을 가졌다.

실험구에서 수컷의 GSI는 1996년 7월부터 증가하기 시작하여 10월에 1.3 ± 0.05 로 가장 높았다. 이후 GSI값은 11월에 급격히 감소하여 0.4 ± 0.09 로 낮은 값을 가졌다. 암컷의 GSI는 12월부터 증가하기 시작하여 1997년 2월에 42.0 ± 4.24 로 최대값을 나타냈고, 3월부터 22.5 ± 4.41 로 급격히 감소하였다. 대조구에서 수컷의 GSI는 암컷보다 5개월 앞서 최대값을 가졌고, 실험구에서 수컷의 GSI 최대값은 암컷보다 3개월 앞서 나타났다. 그리고 대조구와 실험

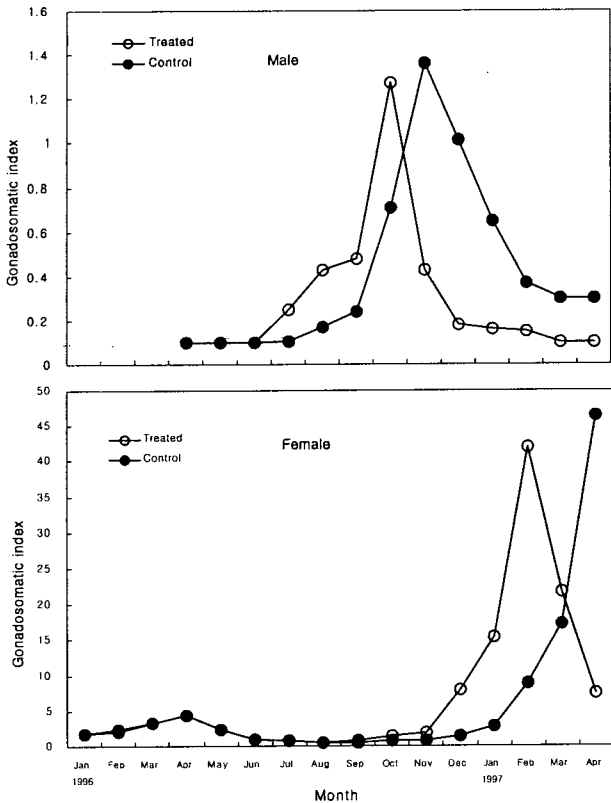


Fig. 3. Monthly changes of gonadosomatic index (GSI) estimated from treatment and control group of black rockfish.

구에서 수컷의 경우는 각각 10월과 11월에 최대값을 가졌고, 암컷의 경우는 각각 4월과 2월에 최대값을 나타냈다.

2) 정자형성

대조구: 저수온기(1996년 1~4월)의 정소는 휴지기 상태로 정소소관 상피에 소수의 정원세포들이 분포하였다. 실험이 시작되는 6월의 정소는 초기성장기 단계로서 정소소관을 따라 정원세포의 분열 증식이 일어났으며, 또한 정소소관 내에 수많은 포낭을 형성하였다. 정원세포들은 세포질이 비교적 빈약하나 핵이 뚜렷하고, 핵내에는 한 개의 인이 존재하였다. 제1 정모세포들이 또한 소수 그룹을 지어 분포하였다. 8월의 정소는 6월의 정소와 유사한 정원세포의 분열증식상을 가지고 있다(Fig. 4-1). 10월 초의 정소는 정모세포, 정세포, 일부 정자들이 정소소관 내에 무리를 지어 분포하였다(Fig. 4-2). 11월 하순 정자들이 정소소관 내에 가득 차 있었다(Fig. 4-3). 1997년 2월 중순의 정소는 정소소관 상피를 따라 정원세포들이 배열되어 있다(Fig. 4-4).

실험구: 정소 발달은 대조구와 유사한 양상을 보였으나, 대조구보다 발달 단계가 다소 빨랐다. 정소는 대조구보다 1~2개월 빠른 8월에 제1 정모세포, 제2 정모세포, 정세포, 정자들이 출현하여 활발한 정자형성 과정을 가졌다(Fig. 4-5). 10월 초의 수컷의 정소는 정자들이 무리를 형성하여 수정관 내에 밀집되어 있고(Fig. 4-6), 11월 하순의 정소는 소수의 잔존 정자들이 정소관 내에 분포하였으며, 정소소관 상피가 재배치되었다(Fig. 4-7). 1997년 2월 중순의 정소는 정소소관 상피를 따라 다수의 정원세포들이 분포하였다(Fig. 4-8).

3) 난형성

대조구: 8월의 난소는 대부분 주변인기난모세포들이 분포하였다(Fig. 5-1). 11월 초의 난소는 난경 약 180~220 μm의 유구기 난모세포들과 50~70 μm의 주변인기난모세포들이 혼재하였으며(Fig. 5-2), 11월 중순의 난소는 세포질에 난황구를 가지며 난경 400 μm의 난황구기 난모세포들이 분포하였다. 그리고 이들 난모세포의 간질에 소수의 정자들이 분포하였다(Fig. 5-3). 1997년 2월 중순의 난소는 세포질에 호산성 난황구와 유구들이 밀집되어 있고, 난경이 550~600 μm인 성숙한 난모세포들이 분포하였으며 이 시기에 핵이 동물극쪽으로 이동하였다(Fig. 5-4). 3월에 접어들어 난소내에 수정란들이 분포하였다(Fig. 5-5). 4월 14일 이후, 일부 개체의 난소내에 난황을 가진 자어들이 관찰되었다(Fig. 5-6).

실험구: 난형성과정은 대조구와 유사한 양상을 보였으나, 대조구보다 발달단계가 다소 빨랐다. 1997년 1월 중순의 난소는 난소강에서 발생중인 배로 가득 찼으며, 세포질은 균질화 되어있고 난황이 일어났으며, 이때의 배반의 할구수를 조사한 결과 배 발생단계는 16세포기에서 32세포기였다. 2월 하순의 난소는 난황을 품은 자어들로 가득 찼고, 성장이 빠른 자어는 출산이 일어났다.

4) 교미, 체내수정, 출산

광주기와 수온처리에 의한 성 성숙 유도과 이에 따른 교미, 교미 후 난소내 알의 성숙과 수정 그리고 출산시기를 조사한 결과, 실험구가 대조구보다 2개월 빠르게 성숙이 유도되었다. 대조구에서 교미시기는 11월 27일, 수정시기는 3월 4일, 출산개시는 4월 14일이었으며, 총 출산 개체수는 41마리였는데 반하여, 1차 광주기와 수온을 처리한 실험구에서 교미시기는 10월 27일, 수정시기는 1월 15일, 출산개시는 2월 22일에 일어났으며, 총 출산 개체수는

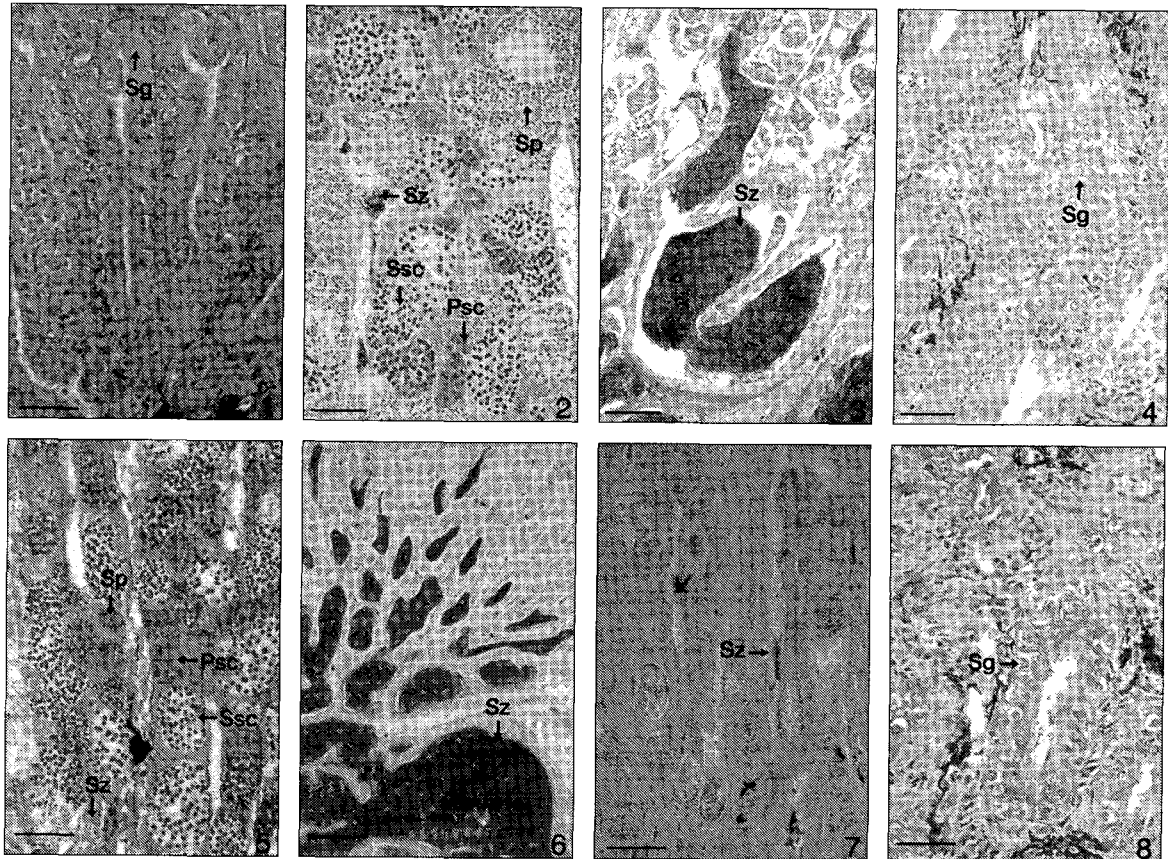


Fig. 4. Spermatogenesis of control and treated groups of the black rockfish from Photomicrograph 1~4 are control group and 5~8 are treated group. 1, Spermatogonia were distributed in germinal epithelium of seminiferous tubules in August. Scale bar=25 μ m; 2, Mature stage in early October. Scale bar=25 μ m; 3, Ripe and spent stage in late November. Scale bar=100 μ m; 4, Resting stage in mid-February. Scale bar=25 μ m; 5, Spermatocytes and spermatids were distributed with the testicular cyst in August. Scale bar=25 μ m; 6, Ripe and spent stage in early October. Scale bar=200 μ m; 7, After spent stage in late November. Scale bar=50 μ m; 8, Resting stage in mid-February. Scale bar=25 μ m. Psc: primary spermatocyte, Ssc: secondary spermatocyte, Sg: spermatogonia, Sp: spermatid, Sz: spermatozoa.

53마리였다. 그리고 교미시기를 1차시기 보다 1개월 앞당겨서 9월 중순경에 교미 조건을 처리한 결과 출산이 1월 12일부터 시작되었다.

이상의 결과에서 대조구는 교미에서 출산까지(1996년 11월에 27일~1997년 4월 14일) 138일이 걸린 데 반하여, 실험구는 1차 실험에서 118일(1996년 10월 27일~1997년 2월 22일), 2차 실험에서 119일(1997년 9월 17일~1998년 1월 12일)이 각각 소요되었다. 그리고 수정부터 출산까지의 임신기간은 대조구와 실험구 모두 수온 12~14°C에서 38~40일이 소요되었고, 한 개체의 출산 횟수는 1회였다.

고찰

광주기와 수온이 어류의 성 성숙과 산란을 유도하는 외

부환경 요인으로 깊이 관여하고 있으며, 그중 하나는 주요 조절 인자가 되고 다른 하나는 보조적으로 작용한다. 잉어과 어류인 *Notemigonus crysoleucas*의 번식주기를 조절하는 데에는 광주기와 수온 모두 중요 요인으로 작용하며, 여러 가지 광주기 및 온도 처리가 계절에 따라 다양하게 나타나고 산란 준비기간 동안 장일·고온처리는 산란직전 상태까지 난소의 발달을 자극한다(De Valming, 1975). 그물코퀴치, *R. ercodes*의 경우, 장일조건(13L 이상)에서 생식소가 활성화되어 산란기에 이르게 되며, 이때 수온 상승은 보상적인 촉진 역할을 하고(Lee et al., 1984), 무지개송어, *O. mykiss*의 성 성숙은 수온보다는 광주기에 영향을 많이 받으며, 특히 생식주기 초기에 3~4개월 장일조건(18L:6D)으로 사육한 후, 단일조건(6L:18D)을 처리하면 자연조건에서보다 산란을 4개월 이상 앞당길 수 있었다

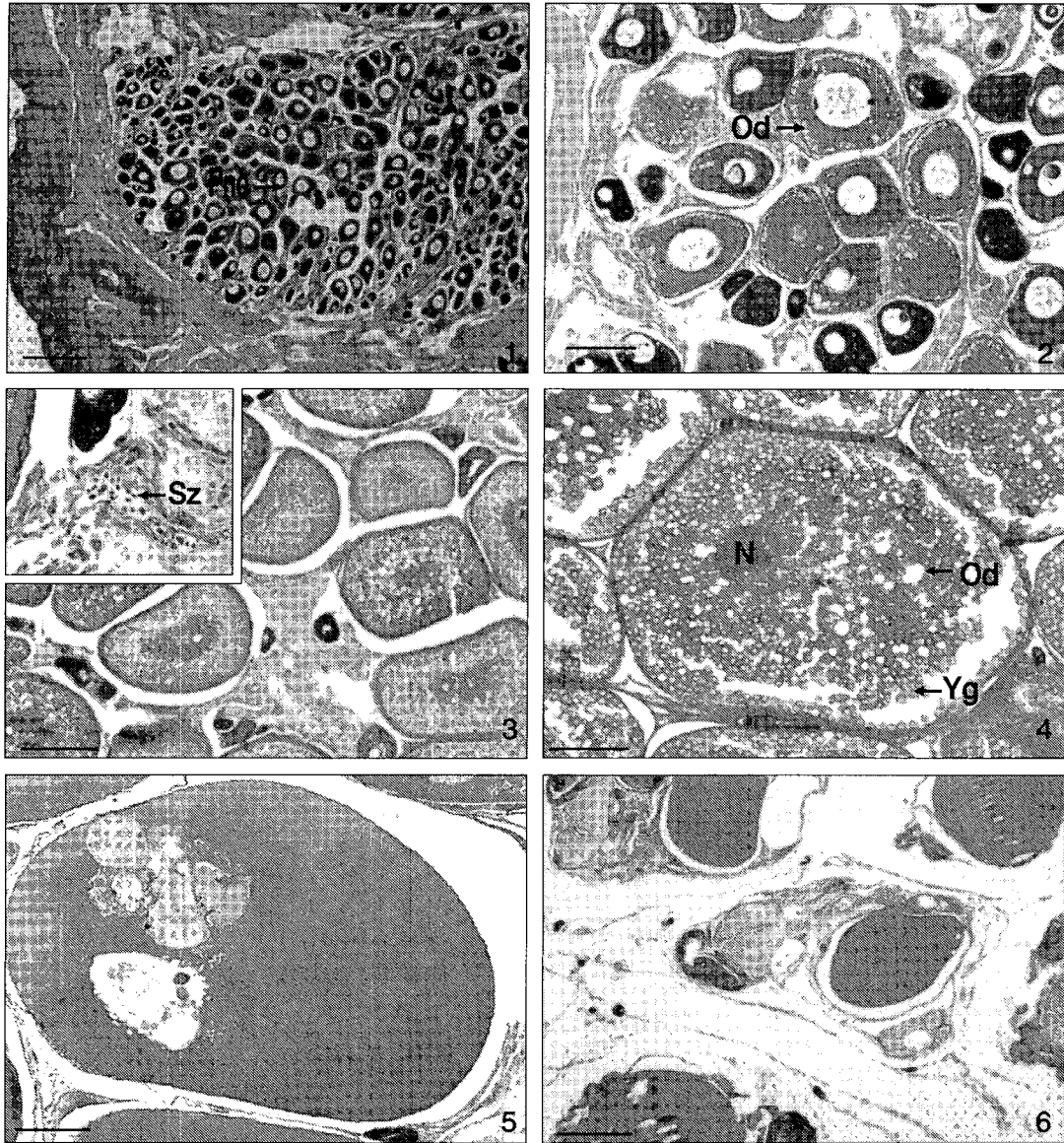


Fig. 5. Oogenesis of control and treated group of black rockfish. 1, Many oocytes of peri-nucleolus stage were distributed within ovarian lamellae in August. Scale bar=200 μm ; 2, Oocytes of peri-nucleolus stage and oil-droplet stage were distributed within ovary in early November. Scale bar=50 μm ; 3, Oocytes of yolk stage were distributed within ovary in mid-November. Scale bar=50 μm ; 4, Oocytes of migratory nucleus stage were distributed within ovary in mid-February. Scale bar=50 μm ; 5, Fertilized eggs were distributed within ovarian cavity in March. Scale bar=100 μm ; 6, Larvae were distributed within ovarian cavity in April. Scale bar=200 μm . N: nucleus, Od: oil-droplet, Pno: peri-nucleolus oocyte, Yg: yolk globule.

(Randall and Bromage, 1998). 그러나, 춘계 산란종인 점망둑, *C. dolichognathus*의 생식소가 활성화되고 산란개시를 위해서는 동계 저수온에서 춘계 수온상승이 필수적으로 작용하며, 광이 보상작용을 하고, 산란종료를 유도하는 것은 광에 관계없이 하계의 고수온이 주요 요인이었다 (Baek and Lee, 1985). 그리고 까나리, *A. personatus*의 경

우 광주기와는 상관없이 수온이 하강할 때 성숙이 유도되나, 수컷은 암컷보다 수온에 의한 성숙 영향이 분명하지 않고, 생식주기를 조절하는 기작이 암수마다 차이가 있었다(Yamada and Kuno, 1999). 이 연구에서 조피볼락 *S. schlegelii*의 경우 자연 조건으로 사육한 대조구에서 4~6월에 성숙, 출산하던 것을 수온과 광주기를 병행하여 인위

적으로 조절한 결과, 2월 중순에 자어가 출산됨으로써, 수온과 광주기가 성숙과 출산에 밀접하게 관계하고 있음을 알 수가 있었다. 따라서, 앞으로 조피볼락의 교미나 출산 제어에 광주기와 수온 요인 중 어느 것이 주요 인자로 작용하는지 연구해 볼 필요가 있다.

남해안 가두리 사육수조에서 조피볼락의 생식주기는 암컷의 경우, GSI가 서서히 증가하는 9월부터 난황형성 단계의 난모세포들이 출현하며, 이듬해 2~4월에 임신기 단계를 거치고, 4월 이후에 출산기를 갖는다. 그리고 수컷인 경우, GSI가 점차 증가하기 시작하는 7~8월에 정모세포들이 활발히 분열증식하며, GSI가 급격하게 증가하는 10월 이후에는 정세관 내강에 변태된 정자들로 채워져 있고, 12월이 되면 정자의 방출이 일어난다. 그리고 조피볼락의 교미는 11월과 12월 사이에 일어난다(Baek et al., 2000), 이 연구의 대조구와 유사한 경향을 보였다. 정소는 수온이 내려가는 9월부터 GSI값이 상승하기 시작하여 11월에 최고값을 나타내 1월까지 비교적 높은 값을 유지하다가 2월 이후 급속히 감소하였다. 그리고 교미는 주로 10월말에서 11월초까지 이루어졌다. 난소의 GSI는 2월부터 상승하기 시작하여 4월에 최고값을 보이고 5월에 급격히 감소하였다. 또한 출산개체는 4월 중순부터 5월초까지 관찰되었으며 교미 후 출산까지 138일 걸렸다. 반면에, 실험구는 수컷의 GSI가 10월 1.3, 암컷의 GSI는 2월 42.0으로 최고치를 가졌고, 출산개체는 2월부터 3월까지 출현하였다. 그리고 1997년에는 교미시기의 환경조건(9L:15D, 13~12°C)을 9월 중순에 처리한 결과, 1월 중순부터 조기 출산이 일어나, 광주기와 수온을 조절한 실험구에서 교미 후 출산까지 118~119일이 걸렸다.

조피볼락에 있어 체색 및 생식기의 형태특징에 따른 교미시기의 추정은 수컷의 경우에 교미기의 비대와 색채변화에 의해서 교미시기를 파악할 수 있었다. *S. marinus*는 교미 후 활발한 난황형성이 이루어지고, 이때 정자는 수정전까지 약 6개월 동안 난소내에 저장된다(Sorokin, 1961). 이 연구에서 조피볼락의 난소내에서 정자의 출현시기는 10월말에서 11월초 난발달이 유구기와 난황구기 난모세포에 도달되었을 때 정자는 난소강에 인접한 난소박판에 흩어진 것이 처음 관찰되었으며, 이 상태는 1월초에서 중순 수정이 일어날 때까지 유지되었다. 이러한 현상은 동일종의 수컷에서 기술된 정자의 변태기와 일치하며, 이는 탁자볼락, *S. taczanowskii*의 경우와 유사하였다(Igarashi, 1968). 조피볼락 암컷의 난소강에서 정자 출현

시기와 수정란의 출현시기 사이에는 약 1개월 정도의 잠복기를 거친 후 수정에 참여하는 것으로 생각된다. 이처럼 잠복기를 가지는 경우는 태생 경골어류 가운데 *Neotoca bilineata* (Mendoza, 1943)와 *C. aggregata* (Wiebe, 1968), 볼락, *S. inermis* (Lee and Kim, 1992)와 황점볼락, *S. oblongus* (Chang et al., 1995) 및 망상어, *Ditrema temmincki* (Lee et al., 1996) 등에서 보고되고 있으며, *N. bilineata*의 경우에는 난소내로 침입한 정자가 난발달에 관여하는 것으로 보고되고 있다. 정자는 수정 전 자연에서 5개월 정도 어미의 난소에 저장되어 있는 것으로 생각되며, 수정 후 암컷은 약 1개월의 임신기를 통하여 출산하는 것으로 생각된다. 조피볼락은 연 1회의 생식시기를 가지는 것이 지금까지의 관찰 결과와 거의 동일한 결과를 얻었다. 따라서 양볼락과 어류에서 교미의 생리적 기작과 정자 저장은 아주 흥미 있는 일이다.

볼락속 어류인 *S. rubrivinctus*의 임신기간은 1개월(Eigenmann, 1982)이었는데, 이는 일반적인 난생어의 배발생기간에 비하여 길다. 한편, 조피볼락의 임신기간은 수온에 따라 다르지만, Boehlert and Yamada (1991)는 조피볼락의 임신기간을 수정에서 출산까지로 보고, 이 기간을 적분한 결과 10.6°C에서 51.5일이 되었다고 한다. Yamada and Kusakari (1991)는 수정에서 출산까지의 시간을 기준으로 계산한 결과, 사육수온이 9.8°C에서 48일(10.6°C에서 43.9일)로 이는 Boehlert and Yamada (1991)에 의해 추정된 일수보다 약간 짧았다. 그러나 Yamada and Kusakari (1991)는 실제로 동일 개체에서 수정에서 출산까지 3마리의 임신기간을 관찰한 결과 거의 근접한 결과를 얻었고, Boehlert and Yoklavich (1983)는 발생단계의 기간을 적분한 결과, *S. melanops*의 임신기간은 10.0±1°C에서 37일간이었다고 한다. 한편, 이 연구에서 수정부터 출산까지의 임신기간은 수온 12~14°C에서 38~40일이 소요되어 앞의 연구자들보다 다소 빠르게 나타났는데, 발생속도에 큰 영향을 미치는 사육수온이 높았던 것에 기인된 것으로 생각된다.

요 약

광주기와 수온의 인위제어에 따른 조피볼락, *S. schlegelii*의 교미 및 출산 조절을 번식생물학적으로 조사하였다. 어미의 출산유도 사육실험은 자연조건의 대조구와 광·수온 조절의 실험구로 나누어 사육하였다. 실험구에 있어서 광주기 조절은 교미시기에 9L:15D, 출산시기에는 14L:10D

로 조절하였다. 수온 조절은 교미시기 12~13℃, 출산시기에 14~15℃로 조절하였다. 수컷의 GSI는 1996년 4월에서 8월까지 약 0.12로 낮은 값을 유지하였고, 대조구는 11월에 1.36±0.10, 실험구에서는 10월에 1.27±0.05로 각각 최대값에 달하였다. 암컷의 GSI는 1996년 1월에서 11월까지 약 1.82로 낮은 값을 유지하였고, 대조구는 4월에 46.5±5.72, 실험구는 1997년 2월에 42.0±4.24로 각각 최대값을 가졌다. 광주기와 수온을 조절한 실험구는 정소와 난소의 발달 양상이 대조구와 유사하였으나, 교미와 출산은 2~3개월 앞당길 수 있었다.

감사의 글

이 논문은 1996년 해양수산부 수산특정연구개발사업의 과제 연구비에 의하여 연구되었으며, 연구비를 지원하여 주신데 대하여 깊은 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

- Bae, H. C., S. C. Chung, J. J. Lee and Y. D. Lee, 1998. Annual reproductive cycle and embryonic development within the maternal body of the marbled rockfish, *Sebastes marmoratus* from the Cheju Island. J. Korean Fish. Soc., 31(4) : 489-499.
- Baek, H. J. and T. Y. Lee, 1985. Experiment studies on the mechanism of reproductive cycle in the longchimgoby, *Chasmichthys dolichognathus* (HILGENDORF). Bull. Korean Fish. Soc., 18(3) : 243-252 (in Korean).
- Baek, J. M., C. H. Kim, D. J. Kim, C. W. Park and K. Aida, 2000. Reproductive cycle of a rockfish, *Sebastes schlegeli*. J. Korean Fish. Soc., 33(5) : 431-438 (in Korean).
- Boehlert, G. W. and J. Yamada, 1991. Rockfishes of the Genus *Sebastes*. their reproduction and early life history. Dordrecht, Kluwer Academic Publ., pp. 11-28.
- Boehlert, G. W. and M. M. Yoklavich, 1983. Effects of temperature, ration, and fish size on growth of juvenile black rockfish, *Sebastes schlegeli*. Env. Biol. Fish., 8 : 17-28.
- Chang, Y. J., H. K. Lim and S. G. Byun, 1995. Gonadal maturation and reproductive cycle in oblong rockfish, *Sebastes oblongus*. J. Aquaculture, 8(1) : 31-46 (in Korean).
- De Vlaming, V. L., 1972a. Environmental control of teleost reproductive cycles : a brief review J. Fish. Biol., 4 : 131-140.
- De Vlaming, V. L., 1972b. The effects of temperature and photoperiod on reproductive cycling in the estuarine gobbid fish, *Gillichthys mirabilis*. Fish. Bull., 70(4) : 1137-1152.
- De Vlaming, V. L., 1975. Effects of photoperiod and temperature on gonadal activity in the cyprinid teleost, *Notemigonus crysoleucas*. Biol. Bull., 148 : 402-415.
- Eigenmann, C. H., 1982. The fishes of San Diego California. Proc. U. S. Nat. Mus., 15 : 123-1278.
- Igarashi, T., 1968. Ecological studies on a marine ovoviviparous teleost, *Sebastes taczanowskii* (Steindachner) I. Seasonal changes of the testis. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 19 : 19-26 (in Japanese).
- Lee, J. S., C. M. An and P. Chin., 1996. Copulation and embryonic development of the viviparous teleost surfperch, *Ditrema temmincki*. J. Korean Fish. Soc. 29(1) : 26-34 (in Korean).
- Lee, T. Y., I. Hanyu and K. Furukawa., 1984. Effects of photoperiod and temperature on the gonadal activity in small filefish, *Rudarius ercodes*. Bull. Korean Fish. Soc., 17(6) : 523-528 (in Korean).
- Lee, T. Y. and S. Y. Kim., 1992. Reproduction and embryonic development within the maternal body of ovoviviparous teleost, *Sebastes inermis*. Bull. Korean Fish. Soc., 25(5) : 413-431 (in Korean).
- Lundquist, H., 1980. Influence of photoperiod on growth in Baltic salmon parr (*Salmo salar* L.) with special reference to the effect of precocious sexual maturation. Can. J. Zool., 58 : 940-944.
- Mendoza, G., 1943. The reproductive cycle of the viviparous teleost, *Neotoca bilineata*. A number of the family Goodeidae. IV. The germinal tissue. Biol. Bull., 84 : 87-97.
- Randall, C. F. and N. R. Bromage, 1998. Photoperiodic history determines the reproductive response of rainbow trout to changes in daylength. J. Comp. Physiol. A., 183 : 651-660.
- Sorokin, V. P., 1961. The redfish ; gametogenesis and migration of the *Sebastes marinus* (L.) and *Sebastes mentella* Travin. Rapp. Cons. Explor. Mer., 150 : 245-250.
- Yamada, J. and M. Kusakari, 1991. Staging and the time course of embryonic development in kurosoi, *Sebastes schlegeli*. Env. Biol. Fish., 30 : 15-22.
- Yamada, J. and M. Kuno, 1999. Effects of water temperature and photoperiod on maturation in the Ise Bay population of Japanese sand lance, *Ammodytes personatus*. Bull. Jap. Soc. Fish. Oceanogr., 63(3) : 14-21.

(접수 : 2001년 7월 1 2일, 수리 : 2001년 9월 6일)