

섬진강과 임진강에 서식하는 쏘가리 *Siniperca scherzeri* (Perciformes, Centropomidae) 집단의 성 성숙 및 섭식특징^{1a}

이완옥^{2*} · 백재민² · 이종하² · 김경환² · 김치홍² · 윤승운³

Sexual Maturation and Feeding Habit of Korean Mandarin Fish, *Siniperca scherzeri* (Perciformes, Centropomidae) in the Seomjin River and Imjin River, Korea^{1a}

Wan-Ok Lee^{2*}, Jae-Min Baek², Jong-Ha Lee², Kyeong-Hwan Kim², Chi-Hong Kim², Seung-Woon Yoon³

요 약

2008년 4월부터 10월까지 임진강과 섬진강에서 쏘가리의 산란 생태를 조사하였다. 산란에 참여하는 쏘가리 개체군의 체장과 생식소성숙도지수(GSI)의 상관관계를 조사한 결과 암컷은 체장 200mm 이상의 개체에서 성적으로 성숙하였고, 수컷은 체장 180mm 이상이 성숙되었다. 섬진강산 암컷의 GSI는 4월에 가장 높은 값인 7.43%를 나타냈지만, 이후 점차 감소하여 5월에 5.55%, 6월에 3.58%로 점진적으로 감소하다가 8월에 급격히 감소하고, 9월에 연중 최저치인 0.44%로 낮아졌다. 임진강산 암컷은 섬진강산 암컷과 비슷한 경향을 보였다. 임진강산 수컷의 GSI 값은 암컷보다 높아서 4월 5.96%, 5월에는 8.03%까지 높아졌고, 6월 초부터 낮아졌으며, 6월말에 2.12%이었고, 9월에 0.2% 이하로 가장 낮게 나타난 후 점차 상승하여 10월에 0.54%이었다. 암컷의 생식소를 조직학적 관찰한 결과 섬진강과 임진강 집단에서 모두 GSI의 변화는 비슷하게 발달하였다. 쏘가리 위 내용물 중 어류가 차지하는 비율은 섬진강과 임진강에서 각각 92.0%, 90.0%로 나타나 쏘가리의 가장 중요한 먹이생물이었다. 쏘가리 위 내용물 중 소화가 많이 진행되어 종의 동정이 불가능한 어류의 비율이 각각 50.0%, 72.2%로 높게 나타났다. 쏘가리의 조사기간 중에 섭식율은 섬진강이 36개체로 38.3%, 임진강이 53개체로 21.8%로 매우 낮았다.

주요어: 산란기, 금어기, 위내용물, 생식소성숙도지수

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the reproductive ecology of the Korean Mandarin Fish, *Siniperca scherzeri* in Seomjin River and Imjin River from April to October 2008. After have investigating the relationship between standard length (SL) and Gonadosomatic index (GSI) of *Siniperca scherzeri*, we can conclude that the body length of maturation was over 200mm SL in case of females and over 180mm SL in males. The GSI of the females that were from Seomjin river was the highest in April (7.43%), and gradually decreased after May (5.55%) and June (3.58%). The GSI was decreased sharply in August and indicated the lowest value

1 접수 2011년 11월 3일, 수정(1차: 2012년 2월 1일), 게재확정 2012년 2월 2일

Received 3 November 2011; Revised(1st: 1 February 2012); Accepted 2 February 2012

2 국립수산물과학원 중앙내수면연구소 Inland Fisheries Research Institute, NFRDI, Gapyoung(477-815), Korea(wolee@nfrdi.go.kr)

3 전북대학교 생물과학부 Faculty of Biological Science, Chonbuk Natl. Univ., Jeonju(561-756), Korea

a 이 논문은 국립수산물과학원의 연구비 지원을 받아 수행한 연구임(RP-2011-FR-050).

* 교신저자 Corresponding author(wolee@nfrdi.go.kr)

in September (0.44%). The GSI of the females that were from Imjin river showed similar tendency of females' GSI from Seomjin river. The GSI of males from Imjin river was totally higher than that of females, it was 5.96% in April, and 8.03% in May. It was lowered in early June, and late June, it indicated 2.12%. In September, it was the lowest value (0.20%), and increased after October (0.54%). The result of histological study of ovary presented similar result of the study of GSI in Seomjin river and Imjin river. The ratio that fishes constitute in stomach contents of *Siniperca scherzeri* was 92% in Seomjin river and 90% in Imjin river. Digestion of food organisms and the ratio of unidentifiable fishes in stomach contents was fairly high, and it was 50% in Seomjin river and 72.2% in Imjin river. In the period of study, eating ratio was very low 38.3% (36 ind.) in Seomjin river and 21.8 (53 ind.) in Imjin river.

KEY WORDS: SPAWNING PERIOD, PROHIBITION OF FISHING, STOMACH CONTENTS, GONADOSOMATIC INDEX (GSI)

서론

쏘가리 *Siniperca scherzeri*는 농어목 꺾지과에 속하는 어식성 담수어로 우리나라의 서해와 남해로 흐르는 큰 강에 비교적 널리 서식하고 있으며, 대형 댐 호에도 흔하게 서식하고 있음이 보고되고 있다(Kim, 1997). 국외에는 중국에 널리 분포하고 있지만 중국의 남방에 분포하는 종은 중국의 북방과 우리나라에 분포하는 종과 유전적으로 다른 분류군이 분포하고 있음이 최근 알려졌다(Kim and Song, 2011). 2000년대에 들어오면서 인공적인 종묘생산 기술이 확립되어 있어 종묘가 고가로 거래되고 있으며, 일부 수역에서는 어업인의 소득에 가장 큰 비중을 차지하는 종으로 수요가 꾸준히 증가하고 있다. 쏘가리는 어식성의 대형 담수어로 오래전부터 유용한 식용 대상종으로 잘 알려져 왔을 뿐만 아니라 낚시 대상종으로도 오랜 동안 환영 받고 있지만 최근 남획 등으로 개체수가 감소하고 있다. 이러한 결과 1990년에는 200톤 이상하던 어로 어획량이 최근 들어 100톤 이하로 낮아지고 있으며, 부족한 수요량은 중국으로부터 수입되어 국내수요를 맞추고 있는 실정이다(Fishery productive statistical system, 2007). 현재 인공 종묘생산을 통한 자원량 증대를 위하여 지속적인 연구가 이루어지고 있으며, 소양호를 중심으로 한 쏘가리의 산란 생태(Lee et al., 1997), 초기 생활사(Lee et al., 1998), 초기 성 분화(Lee et al., 2005) 및 자치어의 골격 발달(Myong et al., 2001)과 관련된 연구가 이루어져 있고, 최근 인공종묘 생산의 문제점인 낮은 부화율과 살아있는 어류의 먹이 공급 등의 문제를 해결하여 대량생산에 도달하고 있지만, 성장을 위한 먹이로서 살아있는 어류의 지속적인 공급의 어려움 등으로 완전 양식에는 이르지 못하고 있다. 최근에 지속적인 치어방류 등으로 자연 서식처에서 자원량 증가를 위하여 노력하고 있지

만, 대부분의 서식지에서 자원량이 점차 감소하고 있어 보존대책이 필요하다. 이에 따라 본 조사는 쏘가리의 자원보호를 위해 국내에서 대량 서식지로 알려진 섬진강과 임진강에 서식하는 쏘가리 집단의 산란기 및 산란 참여 연령을 조사하여 현재 「수산자원보호령」으로 지정하여 보호하고 있는 산란시기 포획금지에 대한 적정성을 검토하고, 적절한 포획금지 시기를 제안하고자 하며, 또한 자원증강의 기초자료 확보를 위하여 섭식특징을 조사 하였다.

재료 및 방법

본 조사는 쏘가리가 가장 많이 어획되고 있으며, 우리나라의 중부와 남부의 가장 중요 서식처로 알려진 섬진강(전남 구례군 간전면 일대)과 임진강(경기도 연천군 적성면 일대)에서 2008년 4월부터 10월까지 매월 10개체 이상을 채집하였다(Figure 1). 채집은 허가를 받아 쏘가리를 어획하는 현지어업인들의 정치망, 자망, 낚시 및 투망을 이용하였다. 조사수역의 수온, 수심 및 하폭 등을 직접 조사하였고, 일부 정보는 환경부 물환경정보시스템 측정 자료를 참고하였다(Nier, 2008). 채집된 표본은 실험실로 옮긴 후 전장, 체장, 체중, 성별, 생식소 중량과 간 중량을 측정하였으며, 생식소성숙도지수(Gonadosomatic Index, GSI)와 간중량지수(Hepatosomatic Index, HSI)를 다음과 같은 식으로 구하였다.

$$\begin{aligned} \text{생식소성숙도지수(GSI)} &= \text{생식소중량(g)} / \text{체중(g)} \times 10^2 \\ \text{간중량지수(HSI)} &= \text{간중량(g)} / \text{체중(g)} \times 10^2 \end{aligned}$$

산란에 참여하는 쏘가리의 연령 추정에는 산란기(5~7월)를 고려하여 생식소의 성숙이 어느 정도 진행된 상태일 것으로 예상되는 4월부터 산란이 완전하게 끝나기 전인 6월까지의

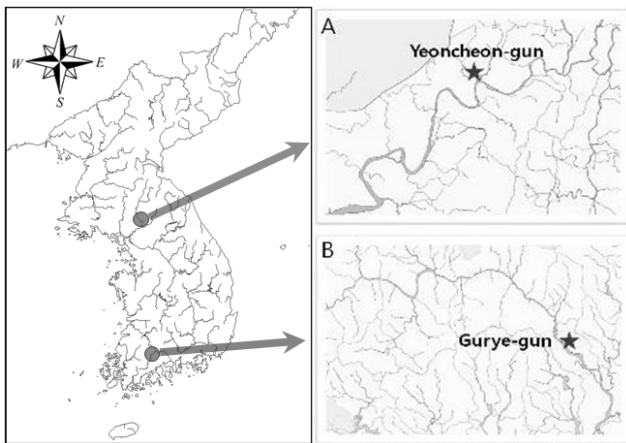


Figure 1. Map showing the study localities (A: Imjin River, B: Seomjin River)

암수 표본을 이용하였고, 산란시기를 정확히 확인하기 위하여 암컷 생식소의 월별 발달을 조직학적으로 관찰하였으며, 조직학적 관찰을 위하여 매일 암컷 생식소를 분리하여 계측한 후 10% 중성 포르말린 용액에 고정시켰다. 고정된 생식소는 일반적인 조직관찰법인 파라핀 포매법으로 조직을 만들어 H/E 이중 염색을 실시하여 광학현미경(Carl zeiss Axio Imager A1)으로 검정한 후 현미경에 부착된 Camera (AXIOCAM hrc AXIOVISION 4)를 이용하여 촬영, 크기를 측정하고 발달 상태를 비교하였다. 소화관 내용물의 경우 위를 전부 절개하여 먹이생물을 분리한 후 먹이 생물을 분류, 동정하여 계수하고, 크기와 중량 등을 측정하였다. 산란에 참여하는 쏘가리의 연령 추정은 산란기(5~7월)를 고려하여 생식소의 성숙이 어느 정도 진행된 상태일 것으로 예상되는 4월부터 산란이 완전하게 끝나기 전인 6월까지의 암수 표본을 이용하였고, 산란시기를 정확히 확인하기 위하여 암컷 생식소의 월별 발달을 조직학적으로 관찰하였으며, 조직학적 관찰을 위하여 매일 암컷 생식소를 분리하여 계측한 후 10% 중성 포르말린 용액에 고정시켰다. 고정된 생식소는 일반적인 조직관찰법인 파라핀 포매법으로 조직을 만들어 H/E 이중 염색을 실시하여 광학현미경(Carl zeiss Axio Imager A1)으로 검정한 후 현미경에 부착된 Camera(AXIOCAM hrc AXIOVISION 4)를 이용하여 촬영, 크기를 측정하고 발달 상태를 비교하였다. 소화관 내용물의 경우 위를 전부 절개하여 분리한 후 먹이 생물을 분류, 동정하여 계수하고, 크기와 중량 등을 측정하였다.

결 과

1. 수온변화

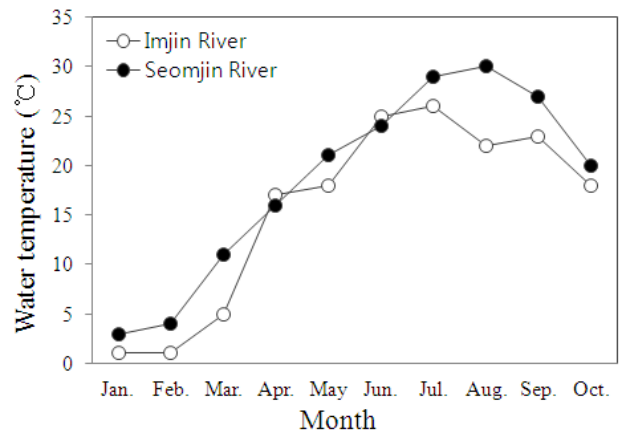


Figure 2. Monthly variations of water temperature in the study localities, from January 2008 to October 2008

쏘가리의 산란시기와 수온과의 관련성을 알아보기 위하여 조사수역의 수온변화를 조사하였으며, 2008년 1월부터 10월까지 섬진강과 임진강의 수온변화는 Figure 2에서 보는바와 같다. 섬진강의 수온은 2월까지 5°C 이하를 보이다가 3월에 11°C, 4월에 16°C를 나타내고, 5월과 6월에 각각 21°C, 24°C로 지속적으로 상승하였다. 하절기인 8월에는 연중 최고치인 30°C로 상승하였으며, 이후 점점 하강하여 9월에 27°C를, 10월에는 20°C를 보여주었다.

임진강의 수온은 1, 2월에 1°C 내외로 연중 최저치를 나타냈었으며, 3월이 되어서야 5°C에 도달하였지만, 4월에는 17°C로 급격히 상승하였다. 임진강의 연중 최고 수온은 7월로 26°C로 상승하였지만, 8월부터 큰 폭으로 하강하면서 10월에는 18°C까지 낮아져서 섬진강과 비교하여 연중 낮게 유지되었다.

2. 산란 참여 체장

우리나라에 서식하는 성숙한 쏘가리 개체군의 크기를 파악하고, 산란에 참여하는 개체군을 조사하기 위하여 체장과 생식소성숙도지수(GSI) 값 사이의 상관관계를 조사하였다 (Figure 3). 본 조사에서 섬진강과 임진강 두 집단 간에는 체장과 GSI의 상관관계에 뚜렷한 차이는 확인되지 않았으며, 현저한 차이를 보였다. 암컷의 경우에는 조사 기간 중 최대 GSI 값은 10.8%이었으며, 체장 200mm 이하의 3개체를 제외한 개체(개체수의 93.2%)가 GSI 값이 1% 이하로 나타났으나, 200mm 이상의 개체들의 경우 55.2%의 개체가 성적으로 성숙한 5% 이상의 GSI를 보였다. 따라서 암컷의 경우 생식에 참여하는 개체의 체장은 200mm 이상으로 추정되었다. 수컷의 최대 GSI 값은 11.3%를 보였고, 체장 180mm

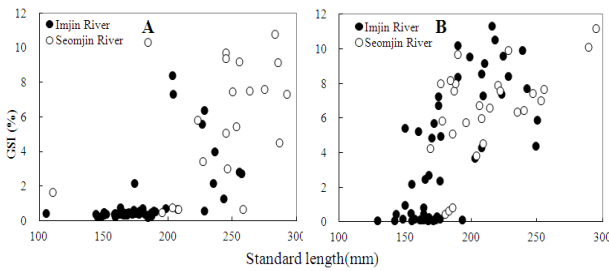


Figure 3. Relationship between gonadosomatic index (GSI) and standard length of *Siniperca scherzeri* in Korea from April 2008 to June 2008(A: female(n=78), B: male(n=78))

를 전후하여 성적으로 성숙한 것으로 나타났다. 180mm 이하의 개체 중에 89.1%가 5% 이하의 GSI 값을 나타낸 반면, 180mm 이상의 개체들은 82.8%가 5% 이상의 GSI 값을 보여 수컷의 경우 체장 180cm 이상이 산란에 참여하는 성적으로 성숙하는 체장으로 확인되었고, 이들 수컷 개체들은 산란시기에 복부를 조금만 자극하여도 모두 정액이 외부로 배출되었다.

3. 월별 GSI 및 HSI 변화

쏘가리의 월별 생식소성숙도지수(GSI)의 변화를 관찰한 결과 섬진강 암컷 GSI의 경우 4월에 연중 가장 높은 값인 7.4%를 나타냈지만, 이후 점차 감소하여 5월에 5.6%, 6월

에 3.6%로 점진적으로 감소하다가 8월에 급격히 감소하고 9월에 연중 최저치인 0.4%를 보였다. 이후 10월에 소폭 상승하기 시작하여 평균 1.2%를 기록하였다. 수컷 역시 4월에 가장 높은 값인 9.4%를 보인 후 6월까지 6%대로 낮아진 후 7월과 8월에 급격히 낮아져 0.1%를 나타냈다. 그러나 7월과 8월의 경우 조사 개체수가 각각 1마리씩으로 추후 검토가 필요하였다. 수컷 GSI의 경우에도 10월부터 조금씩 상승하고 있음을 확인할 수 있었다.

임진강 암컷의 GSI는 4월에 1.3%로 낮았지만, 5월에 연중 가장 높은 값인 3.1%를 기록하였다. 6월부터 점차 감소하여 7월에는 1% 이하로 낮아졌으며, 9월에는 0.3% 까지 낮아졌고 10월에 0.7%로 점차 회복되었다. 수컷의 경우도 암컷과 유사한 경향을 나타내었으며, 수컷의 GSI 값이 암컷보다 더 높아서 4월 6.0%, 5월에는 8.0%까지 높아졌다. 그러나 6월 초부터 급격히 하강하였는데 이는 6월 채집된 수컷들의 평균 체장이 다른 조사 시기에 비해 상대적으로 작았기 때문으로 사료되었다. 6월말에 2.1%이던 GSI가 7월부터는 생식소 성숙이 거의 이루어지지 않았으며, 9월에 0.2% 이하로 가장 낮은 값을 보이다가 10월부터 점차 상승하여 0.5%를 기록하였다(Figure 4).

산란기를 추정하기 위하여 월별 쏘가리 암컷의 간중량지수(HSI)를 비교한 결과 섬진강의 경우 HSI의 월별 변화는 GSI값의 변화 양상과 매우 유사하게 나타나서 4월에 연중 가장 높은 값인 2.3%를 보인 후 이후 점차 감소하는 경향을 나타냈다. HSI값은 담수어류의 경우 일반적으로 암컷의 생

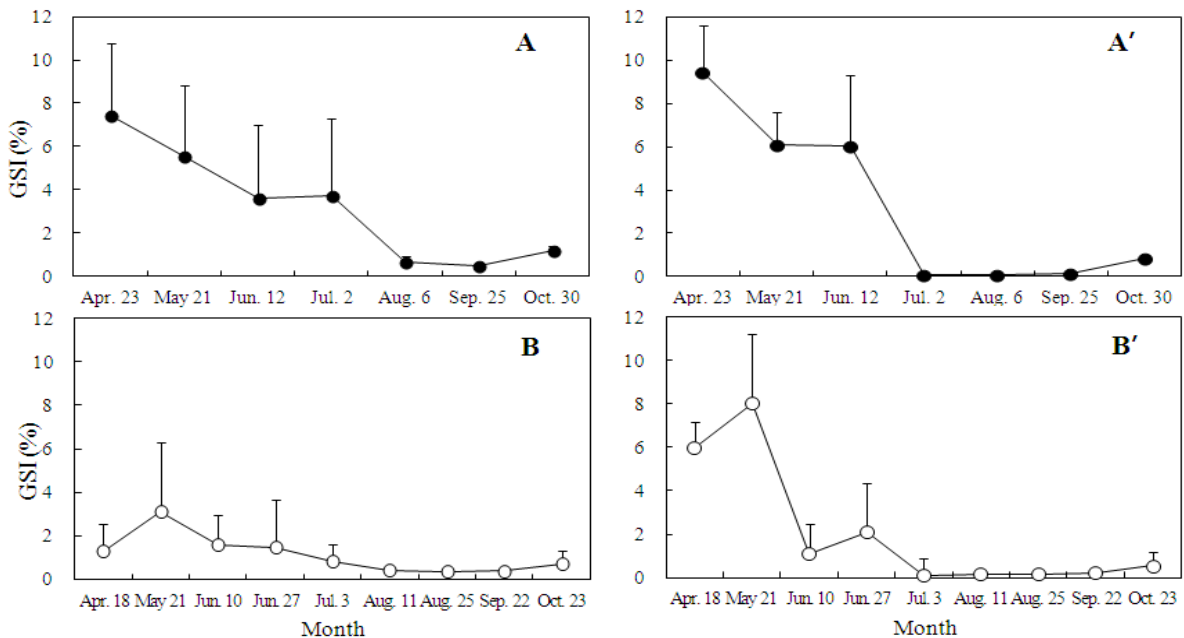


Figure 4. Monthly changes of gonadosomatic index of *Siniperca scherzeri* in Seomjin River and Imjin River(A: Seomjin River, female. A': Seomjin River, male. B: Imjin River, female. B': Imjin River, male)

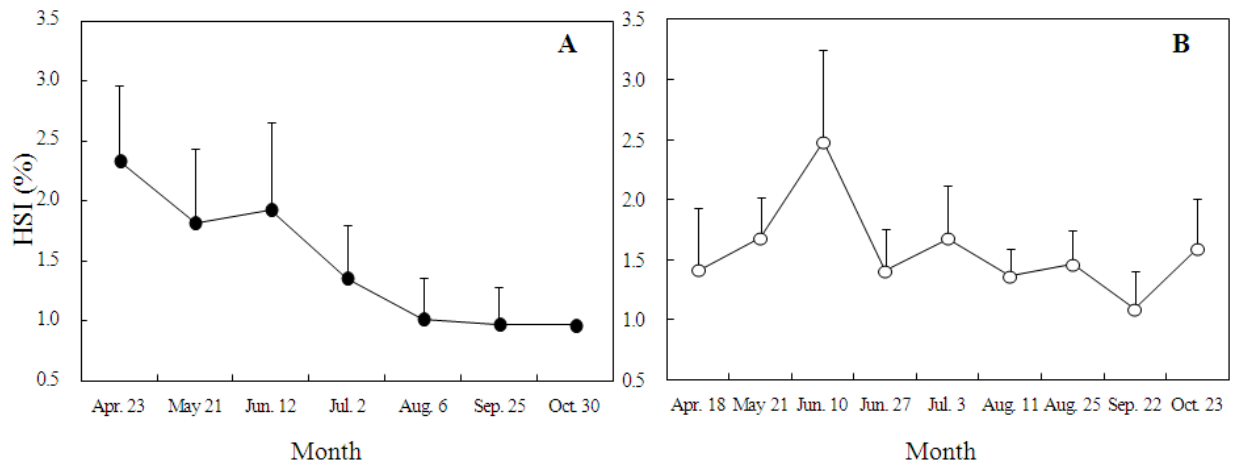


Figure 5. Monthly changes of hepatosomatic index of female *Siniperca scherzeri* in Seomjin River and Imjin River(A: Seomjin River, B: Imjin River)

식소 발달 전에 발달하여 산란 후 쇠퇴하는 경향을 보여 암컷의 산란시기와 연관이 큰 것으로 알려져 있으나 임진강의 암컷 HSI의 월별 변화를 보면 GSI 값이 5월에 가장 높았던 것과는 다르게 4월부터 점차 증가하여 GSI 값보다 1개월 늦은 6월 초에 가장 높은 값인 2.5%를 기록한 후 점차 감소하는 특이한 경향이 관찰되었다(Figure 5). 수컷의 경우 HSI는 임진강과 섬진강에서 모두 전체적으로 1~2% 사이의 낮은 값을 나타내었고, 시기별로 뚜렷한 특징을 보여주지 않았다.

4. 조직학적 관찰

섬진강과 임진강에 서식하는 쏘가리의 산란시기를 추정하기 위하여 암컷 쏘가리의 생식소 발달단계를 조직학적으로 매월 관찰하였다. 섬진강 쏘가리의 경우 4월에 난모세포는 완숙기-산란기 단계로 산란 직전의 모습을 나타내었는데, 대부분의 난모세포가 완전히 성숙하여 세포질 안이 난황구로 채워져 있었고, 핵은 동물극 쪽으로 이동한 후였으며, 핵막이 불규칙해진 상태였다. 또한, 난의 크기가 1000 μ m

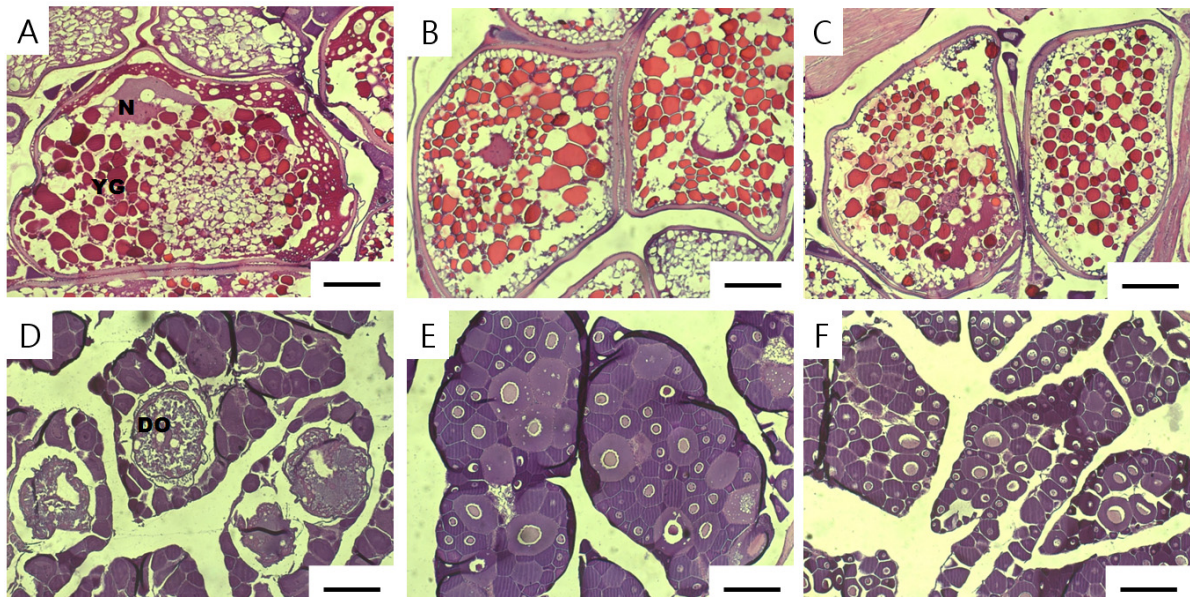


Figure 6. Histological changes of ovary of *Siniperca scherzeri* from April to September in Seomjin River (A: 23 April, B: 21 May, C: 10 June, D: 2 July, E: 6 August, F: 25 September, DO: degenerating oocytes, N: Nucleus, YG: yolk globules, Bars=200 μ m)

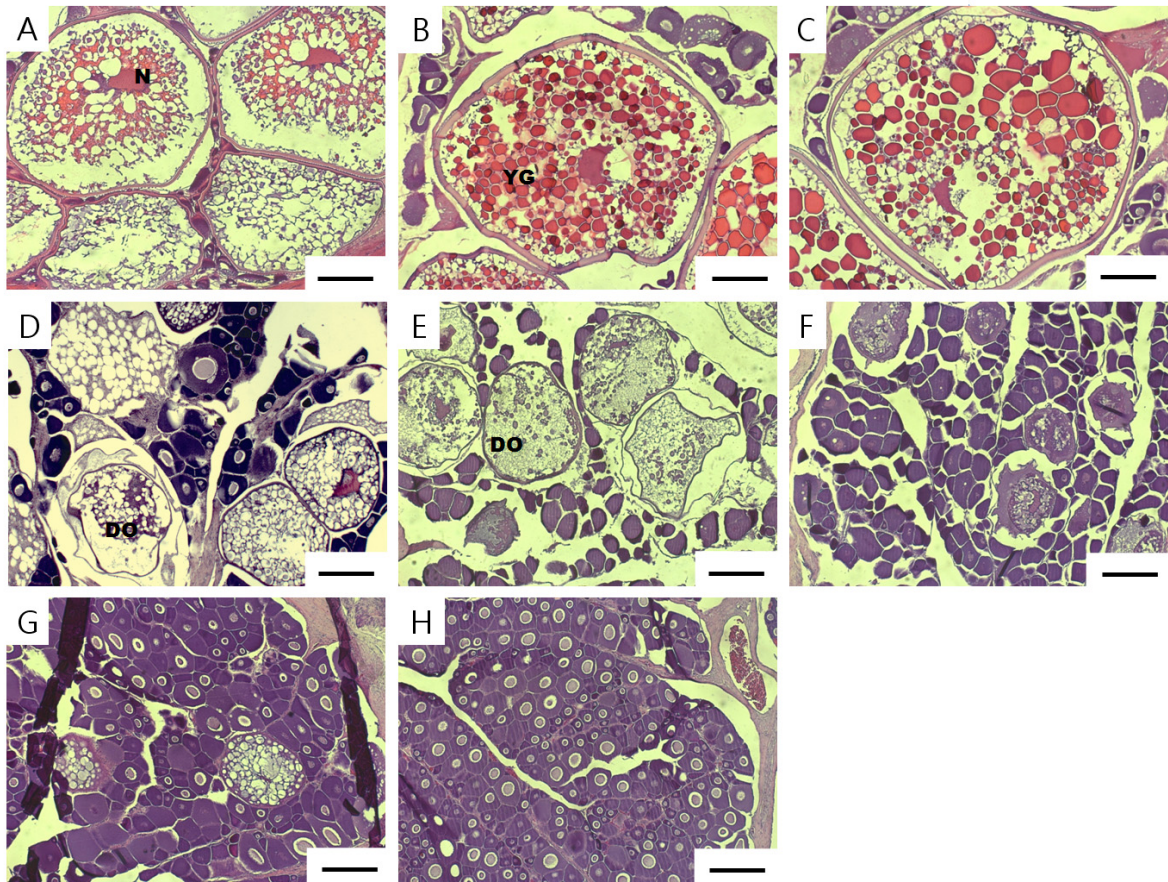


Figure 7. Histological changes of ovary of *Siniperca scherrzeri* from April to September in Imjin River (A: 18 April, B: 21 May, C: 10 June, D: 27 June, E: 3 July, F: 11 August, G: 25 August, H: 22 September, DO: degenerating oocytes, N: Nucleus, YG: yolk globules, Bars=200 μ m)

이상인 난모세포들이 일부에서 확인되었다. 5월에는 난모세포의 난황구가 융합되어 서로 밀집되어있는 상태로 대부분의 난이 700 μ m 이상의 성숙난들로 산란 성기의 난모세포의 모습을 보여주었다. 이러한 형태의 난모세포는 6월에도 많은 수가 확인되었다. 그러나 7월이 되면서 난모세포가 급격하게 퇴화하였고, 일부 산란에 참여하지 못한 난모세포들은 세포질에 흡수되었으며, 한편에서는 새로운 염색인기 난모세포의 출현도 확인되었다. 8월에는 난소의 대부분이 염색인기 및 주변인기 난모세포로 이루어져 있었으며, 9월에는 염색인기의 난모세포에 비해 주변인기 난모세포의 비율이 증가하여 새로운 난모세포의 형성과정이 시작되었다(Figure 6).

임진강의 쏘가리 난소의 월별 발달 형태는 섬진강 집단에 비해 약간 늦게 발달하였으며, 4월의 난모세포의 크기는 약 500 μ m 정도로 발달되었지만, 세포 내 난황구들은 세포질 전체로 완전하게 균일화 되어있지는 않았다. 5월과 6월에는 난의 크기가 700~900 μ m 내외로 대부분이 난모세포들로 채워진 상태로 산란기에 도달하였음을 확인할 수 있었다. 그

러나 6월 말에 생식소 일부에서 퇴화-흡수 중인 난모세포가 확인되었다. 7월에는 산란되지 못한 일부 난모세포들이 본격적으로 퇴화과정에 들어서는 것과 동시에 염색인기 난모세포의 출현이 관찰되었고, 섬진강의 경우와 마찬가지로 시간이 지나면서 주변인기 난모세포의 비율이 증가하여 새로운 산란을 위한 준비시기에 도달하고 있었다(Figure 7).

5. 섭식특징

각 조사지점별 식성을 확인하기 위하여 조사한 위내용물 조성 비율은 Figure 8에서 보는바와 같았다. 조사결과 섬진강과 임진강의 쏘가리 위내용물 중 어류의 비율은 각각 92%, 90%로 쏘가리의 가장 중요한 먹이생물은 어류인 것으로 확인되었다. 특히, 섬진강의 경우 참물개 *Squalidus chankaensis tsuchigae*와 눈동자개 *Pseudobagrus koreanus*가 각각 7.5%로 가장 높은 비율로 출현하였고, 임진강의 경우에는 참중고기 *Sarcocheilichthys variegatus wakiyae*

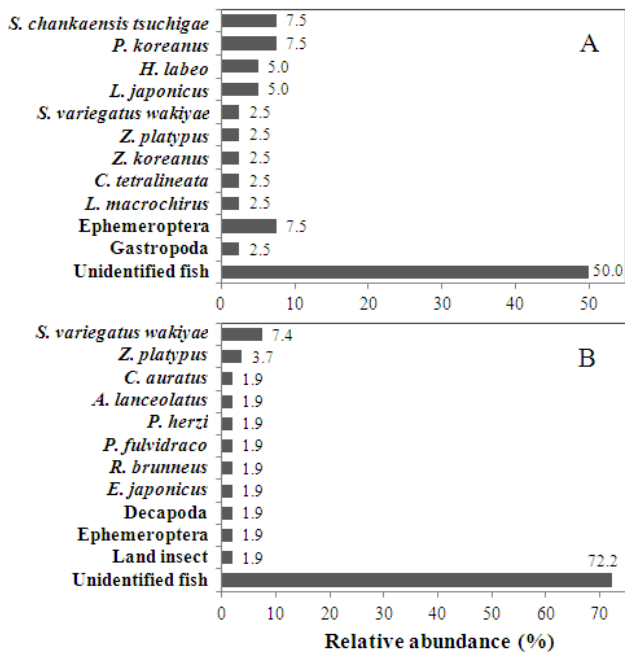


Figure 8. Relative abundance of stomach contents of *Siniperca scherzeri* in Korea from April 2008 to October 2008(A: Seomjin River(n=94), B: Imjin River(n=243))

가 7.4%로 가장 많이 나타났으며, 다음으로 피라미 *Zacco platypus*가 두 번째로 높은 비율인 3.7%였다. 어류 이외에 먹이생물로는 하루살이류(Ephemeroptera)와 복족류(Gastropoda)가 섬진강에서 각각 7.5%, 2.5% 출현하였고, 임진강에서는 십각류(Decapoda), 하루살이류(Ephemeroptera), 육상곤충(Terrestrial insects)이 각각 1.9%로 소량 섭식하였다. 한편, 두 지역 모두 위 내용물에서 소화되어 동정이 불가능한 어

류의 비율은 50.0%와 72.2%로 매우 높게 나타나서 포획된 시간보다 일찍 섭식한 것으로 보여 추후 이에 대한 조사가 필요하였다.

쏘가리는 먹이를 포식하는데 매복하여 먹이를 포식하기 때문에 먹이 사냥 성공률이 높지 않은 것으로 알려져 있는데, 본 조사기간에도 먹이를 섭식한 개체의 비율도 매우 낮게 나타났으며, 특히 산란기 전 섭식활동이 왕성한 4월에도 임진강 집단에서는 50% 이하의 낮은 섭식율을 보였다. 전체 조사기간 중 위 내용물에서 먹이생물이 관찰된 쏘가리의 개체수는 섬진강이 36개체로 38.3%, 임진강이 53개체로 21.8%로 매우 낮았다. 조사시기별 섭식율의 경우 섬진강은 4월에 가장 높게 나타난 후 점차 낮아져 7월에 최저치를 기록하였는데, 이는 월별 GSI의 변동과 유사하였다. 임진강의 경우 산란기 동안에 섭식율의 변화가 심하였지만, 섬진강과 마찬가지로 산란이 마무리되는 7월에 가장 낮은 섭식율을 보인 후 다시 증가하는 경향을 보였다(Figure 9).

고찰

어류의 산란은 수온과 광주기에 큰 영향을 받으며 이중에 수온은 어류에 직접 또는 감각기관을 통해 호르몬 분비기관에 작용하여 생리학적, 행동학적 반응을 조절하여 산란과 가장 밀접한 영향을 보이는 것으로 알려져 있다(Moyle and Cech, 1996). 따라서 계절별 수온의 변화가 심한 우리나라에서는 담수어류의 산란에 수온이 가장 중요한 영향을 끼치고 있으며, 쏘가리의 산란도 수온과 가장 밀접한 관련이 있을 것으로 사료된다. 본 연구에서는 섬진강과 임진강의 월별 수온변화를 확인하여 알려진 산란시기와 차이를 확인하고 연관 관계를 추정하였다. 조사 결과 남쪽에 위치한 섬진

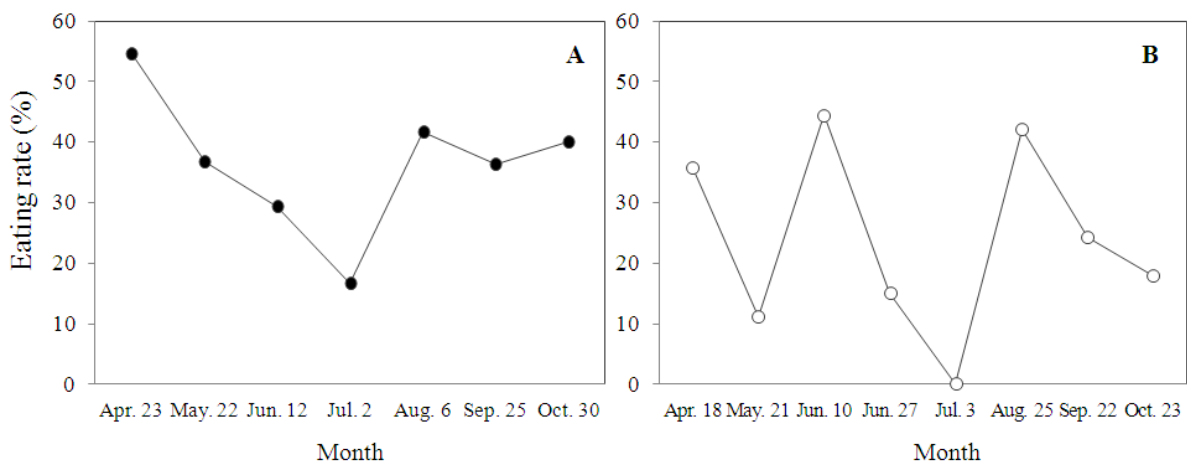


Figure 9. Monthly changes of eating rate of *Siniperca scherzeri* in Korea from April 2008 to October 2008 (A: Seomjin River, B: Imjin River)

강의 수온이 중부지방에 위치한 임진강보다 전반적으로 높게 나타났다(Figure 2). 산란을 준비하는 시기인 2월과 3월에 수온의 변화를 살펴보면 남부지방인 섬진강의 경우 각각 4°C와 11°C인 반면, 중부지방인 임진강의 2월과 3월의 수온은 각각 1°C와 5°C로 거의 1개월 가까이 수온이 상승하는 시기가 차이를 보였으며, 이러한 산란시기 전의 수온변화가 전체적인 산란에 도달하는 시기에 매우 중요하게 작용할 것으로 보였다. 이러한 결과는 쏘가리 암컷의 월별 GSI의 변화와 생식소의 조직학적 관찰을 통해서도 확인할 수 있었는데, 4월에만 수온이 약간 높았던 임진강 쏘가리의 GSI 값이 1.3%로 지속적으로 수온이 높았던 섬진강의 7.4% 보다 낮았으며(Figure 4), 섬진강 쏘가리의 난모세포가 완전히 성숙하고 있는 것과 달리 임진강 쏘가리의 난모세포는 아직 완전한 산란시기에 도달하지 못하였다(Figure 6, 7). 쏘가리의 산란시기와 수온과 관련하여 이전 연구결과에서 수온이 20°C 이상에서 산란을 시작하여 산란 성숙기는 23°C로 보고된 바 있다(Lee and Lee, 1997). 섬진강에서 5월 조사 시기에 21°C의 수온을 기록하여 이미 산란시기에 도달된 것으로 확인되었는데, 특히 4월 말 조사에서 GSI 값이 7.4%이었지만 5월 말에는 GSI 값이 5.6%로 낮아지는 것으로 볼 때 이미 많은 개체가 산란에 참여한 것으로 사료되었다. 임진강의 경우 6월이 되어야 20°C 이상 수온이 상승하였으며, GSI 값도 수온의 상승과 함께 5월 말에 가장 높은 값을 보이다가, 6월 초 조사에서는 1.6%로 급격히 낮아지는 것을 보면 산란시기가 지났음을 알 수 있었다.

조직학적 관찰 결과 5월 말과 6월 초 난모세포의 발달이 완전히 이루어진 것을 확인할 수 있었는데 섬진강 쏘가리 암컷의 GSI 값은 6월 3.58%를 나타낸 후 7월 초 까지도 3% 이상의 값을 기록하고 있었다. 이는 산란시기가 완전히 끝나지 않았음을 보여주는 결과로 사료되지만 이전 조사와 달리 섬진강의 7월 조사에서는 낚시로만 조사하여 조사 개체의 크기가 크고, 조직학적 관찰에서도 난모세포가 산란이 마무리되는 퇴화기에 도달하고 있는 비율이 높아서 산란시기를 결정하는 데 있어서는 더 많은 조사가 필요하였다. 임진강의 경우 6월에 2회에 걸쳐 조사한 결과, 1.5%내외의 낮은 GSI 값을 나타냈는데, 섬진강에 비해서 낮은 값이지만 GSI 값의 변동과 조직학적 소견, 수컷 정소의 외형 등을 고려하면 산란이 완전히 끝나지 않았다. 그러나 6월 말에 조직학적 관찰결과를 보면 난소에서 퇴화-흡수 중인 난모세포가 일부 확인됨에 따라 6월 말에는 산란이 마무리단계에 도달되고 있었다. 8월부터는 조사 수역 두 곳에서 GSI 값이 급격한 하락하고 조직학적 소견으로도 산란이 완전히 끝난 것을 확인하였다. 이후 9월까지는 GSI 값이 매우 낮다가 10월 말 조사에서는 조금 상승하고 있어 다음 산란을 위한 산란초기 준비단계 이었고, 난소의 조직학적 관찰 결과에서

도 핵인기 난모세포를 발견하였다(Figure 6, 7). 수컷 쏘가리의 GSI 값은 일반적인 담수어류의 수컷 GSI 값과 차이를 보이는데, 암컷의 GSI 값이 수컷의 GSI 값에 비해 월등히 높게 나타나는 다른 종에 비하여 쏘가리 수컷의 GSI 값은 섬진강의 경우 암컷에 보다 약간, 임진강의 경우 두 배 가까이 높았다. 이는 과거 소양호에서 채집된 쏘가리의 암수 GSI 값을 통해서도 확인되었는데(미발표), 소양호산 쏘가리의 5월 GSI 값이 암컷의 경우 4.7%인 반면 수컷은 5.2%로 수컷이 더 높았으며 수컷 쏘가리가 암컷보다 더 높은 GSI 값은 보이는 것은 쏘가리의 산란 생태가 집단 산란형인 것을 보여주는 결과로 사료되었다.

일반적으로 어류의 간은 암컷의 경우 산란에 필요한 에너지 제공 및 난황 전구물질인 vitellogenin 합성에 관여하는 것으로 알려져 있다(Aida *et al.*, 1973). 따라서 종마다 HSI 값과 GSI 값 사이에 일정한 상관관계를 가지고 있는데, 본 종은 HSI 값의 변화와 GSI 값의 변화가 유사하게 변화하였다. 이는 삼치(Baek *et al.*, 2007)나 흰점독가시치(Hwang *et al.*, 2004)와 같은 패턴이었으나, 산란 후에도 HSI 값이 낮아지지 않는 은어와는 차이를 보였다(Lee *et al.*, 2008).

쏘가리의 산란에 관한 이전 연구에서 Kim(1997)은 5월 하순부터 7월 상순까지 산란이 이루어진다고 보고하였으며, 이러한 결과를 근거로 「수산자원보호령」에서는 남부지방의 경우 산란시기인 5월 10일부터 6월 20일까지, 중부지방은 5월 20일부터 6월 30일까지 쏘가리를 포획할 수 없는 포획금지기간으로 설정하고 있다(NFRDI, 2009). 그러나 본 연구에서 중부와 남부로 나누어서 수온, GSI, HSI의 월별 변화 및 생식소의 조직학적 특징을 관찰한 결과 섬진강에 서식하는 쏘가리의 산란기는 4월 말에 시작해서 5월 말까지, 임진강의 경우는 5월 초에 시작하여 6월 초까지 지속되는 것으로 확인되었다. 이에 따라 수산자원보호령에 따른 쏘가리의 자원을 보호하기 위한 산란시기의 포획금지기간을 지금 보다 10-20일 정도 앞당기는 것이 타당할 것이다. 이러한 결과는 추후 지속적인 모니터링과 다양한 연구가 필요할 것이지만, 최근 지구온난화의 영향으로 인해 강과 하천의 수온이 점점 일찍 상승하고 있어서 우리나라에 모든 담수어류들의 산란시기가 앞당겨지는 것과 밀접한 관련이 있을 것이다.

산란시기인 4월부터 6월까지 쏘가리의 산란 참여 체장을 확인해 본 결과 암컷의 경우 체장 200mm 이상에서, 수컷의 경우 체장 180mm 이상에서 산란에 직접 참여하는 것으로 확인되었으며(Figure 3), 이들 쏘가리는 성장과 관련해서만 2년생 이상의 개체들이었다. 본 연구에서 보여준 암컷이 수컷에 비해 산란 참여 체장이 더 큰 것은 어류에서 나타나는 일반적인 현상으로 난소의 성숙에는 정소에 비해 더 많은 에너지가 필요하기 때문으로 이는 기름가자미(Cha *et*

al., 2008), 대구횃대(Park et al., 2007) 및 돌가자미(Jun et al., 2003) 등에서도 비교적 흔하게 확인되었다. 이러한 결과는 수자원보호령에서 쏘가리의 포획금지체장으로 제시하는 180mm(NFRDI, 2009)는 본 연구에서 확인한 산란 참여 체장인 암컷 200mm, 수컷 180mm과 관련해서 적절한 수치로 사료되지만 엄격한 자원보존을 위하여서는 금지체장을 200mm 또는 암수를 별도로 포획 금지체장을 정하는 방법도 검토되어야 할 것이다.

쏘가리는 국내 담수어류 중 어식성 어류로 분류되어 있는데(Kim, 1997), 본 조사 결과와 일치하였다. 두 조사지점 모두에서 소화관 내용물의 90% 이상이 어류로 높은 먹이 선택성을 보여주었다. 섭식한 어류의 종류를 보면 섬진강은 참물개와 눈동자개를 임진강의 경우에는 참중고기에 대해 상대적으로 높은 포식율을 보였으나, 소화가 진행되어 확인이 불가능한 어류의 비율이 섬진강과 임진강에서 각각 50%, 70% 이상 나타나고, 동소 출현종에 대한 조사가 이루어지지 않아서 특정 종에 대한 선호도는 추가 연구가 필요하였다(Figure 8).

조사 중에 위 내용물이 전혀 발견되지 않은 공복 개체는 248개체로 73%의 공복율을 보였는데, 이는 쏘가리가 강한 어식성 어류인 반면에 먹이 포식에는 어려움을 보여주고 있었다(Figure 9). 어류의 공복율에 관한 연구에서 비어식성 어류인 베도라치는 6.8%(Huh and Kwak, 1997), 날개망둑은 3.8%(Huh and Kwak, 1998), 문치가자미가 6.5%(Kwak and Huh, 2003)였으며, 갑각류가 주요 식성인 불볼락은 13.8%(Huh et al., 2008b), 어식성 및 갑각류 식성인 돌팍망둑은 3.1%(Huh et al., 2008a)을 보였다. 어식성 어류들의 공복율을 비교해 보면, 해산어가 주로 조사되었는데 살살치가 22.4%(Huh et al., 2008c), 꼬치고기는 34.1%(Baeck and Huh, 2004), 삼치가 45.4%(Huh et al., 2006a), 달고기가 36.6%(Huh et al., 2006b)로 비어식성 어류나 갑각류 식성 어류에 비하여서는 높았지만, 본 조사에서 확인한 쏘가리의 공복율보다 낮았다. 이처럼 쏘가리의 높은 공복율은 먹이를 한번 섭식한 후 다음 섭식까지 긴 시간 동안 먹이 활동을 하지 않거나, 상대적으로 먹이 자원이 부족하여 먹이 사냥 성공률이 낮았기 때문일 것으로 추정된다. 한편 본 조사에서 사용된 포획도구 중에 정치망이나 자망의 영향일 수도 있는데, 이는 두 어구가 설치 한 후 1~2일 후에 회수하여 그물 속에 있는 동안 어체 내에서 소화가 진행되어 공복상태에 도달할 수 있기 때문에 시간 별 식성조사 등의 추가조사가 요구되었다.

인용문헌

Aida, K.P., V. Nagama and T. Hibiya(1973) Physiological studies

on the gonadal maturation of fish. I. Sexual difference in composition of plasma protein of ayu in relation to gonadal maturation. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 39: 1,091-1,106.

Baek, G.W., J.W. Kim, S.H. Huh and J.M. Park(2007) Maturation and spawning of female spanish mackerel (*Scomberomorus niphonius*) in the coastal waters of Busan. J. Kor. Fish. Soc. 40(4): 248-253.

Baek, G.W. and S.H. Huh(2004) Feeding Habits of brown barracuda (*Sphyraena pinguis*, Teleostei) in the Coastal Waters of Gadeok-do, Korea. J. Kor. Fish. Soc. 37(6): 505-510.

Cha, H.K., H.C. Kwon, S.I. Lee, J.H. Yang, D.S. Chang and Y.Y. Chun(2008) Maturity and spawning of Korean flounder *Glyptocephalus stelleri* (Schmidt) in the East Sea of Korea. Kor. J. Ich. 20(4): 263-271.

Fishery productive statistical system(2007). <http://fs.fips.go.kr/main.jsp>.

Huh, S.H. and S.N. Kwak(1997) Feeding habits of *Pholis nebulosa*. Kor. J. Ich. 9(1): 22-29.

Huh, S.H. and S.N. Kwak(1998) Feeding habits of *Favonigobius gymnauchen* in the eelgrass (*Zostera marina*) bed in Kwangyang Bay. J. Kor. Fish. Soc. 31(3): 372-379.

Huh, S.H., S.N. Kwak and H.W. Kim(2008a) Feeding habits of *Pseudoblennius percoides* (Pisces; Cottidae) in an Eelgrass (*Zostera marina*) bed of Dongdae Bay. Kor. J. Ich. 21(1): 45-53.

Huh, S.H., K.M. Nam, H.G. Choo and G.W. Baek(2008b) Feeding Habits of *Sebastes thompsoni* in the Coastal Waters off Busan, Korea. J. Kor. Fish. Soc. 41(1): 32-38.

Huh, S.H., J.M. Park, K.M. Nam, S.C. Park, C.I. Park and G.W. Baek(2008c) Feeding Habits of *Scorpaena neglecta* in the Coastal Waters of Busan. Kor. J. Ich. 20(2): 117-122.

Huh, S.H., J.M. Park and G.W. Baek(2006a) Feeding Habits of Spanish Mackerel (*Scomberomorus niphonius*) in the Southern Sea of Korea. J. Kor. Fish. Soc. 39(1): 35-41.

Huh, S.H., J.M. Park and G.W. Baek(2006b) Feeding Habits of John Dory *Zeus faber* in the Coastal Waters of Gori, Korea. J. Kor. Fish. Soc. 39(4): 357-362.

Hwang, H.K., C.B. Park, Y.J. Kang, J.H. Lee, S. Rho and Y.D. Lee(2004) Gonadal development and reproductive cycle of the Rabbitfish (*Siganus canaliculatus*). J. Kor. Fish. Soc. 37(5): 393-399.

Jun, J.C., D.S. Sim, Y.H. Kim and E.Y. Chung(2003) Sexual maturation of the Stone Flounder, *Kareius bicoloratus*, on the west coast of Korea. Kor. J. Ich. 15(4): 259-271.

Kim, M.J. and C.B. Song(2011) Origin of the Korean Mandarin Fish, *Siniperca scherzeri* and its molecular phylogenetic relationships to other *Siniperca* fishes. Kor. J. Ich. 23(2): 95-105.

Kim, I.S.(1997) Illustrated Encyclopedia of Fauna & Flora of

- Korea Vol. 37 (Freshwater Fishes). Ministry of Education, Seoul, 629pp.
- Kwak, S.N. and S.H. Huh(2003) Feeding habit of *Limanda yokohamae* in the Eelgrass (*Zostera marina*) bed in Kwangyang Bay. J. Kor. Fish. Soc. 36(5): 522-527.
- Lee, W.O., S.W. Yoon, J.H. Kim and D.H. Kim(2008) Comparison of growth and spawning characteristics of Ayu, *Plecoglossus altivelis* in Seomjin River and streams flowing to the East Sea, Korea. Kor. J. Ich. 20(3): 179-189.
- Lee, W.O. and J.Y. Lee(1997) Studies on the Development of Aquaculture Technique in *Siniperca scherzeri* (Pisces, Centropomidae). National Fisheries Research and Development Agency, pp. 3-34.
- Lee, W.O., J.Y. Lee, S.J. Son and N.J. Choi(1997) Early life history and reproductive ecology of mandarin fish, *Siniperca scherzeri* (Pisces, Centropomidae) in Soyang lake. Kor. J. Ich. 9(1): 99-107.
- Lee, W.O., S.I. Jang and J.Y. Lee(1998) Studies on early life history the Korean mandarin fish *Siniperca scherzeri* (Pisces, Centropomidae). Kor. J. Ich. 10(1): 1-10.
- Lee, Y.A., B.M. Lee, K.C. Choi, S.Y. Park and I.C. Bang(2005) Early gonadogenesis and sex differentiation of the Mandarin fish *Siniperca scherzeri*. Kor. J. Aqua. 18(2): 76-80.
- Moyle, P.B. and J.J. Cech(1996) Fishes: An Introduction to Ichthyology (3rd ed). Prentice Hall Press, New Jersey, pp. 129-131.
- Myoung, J.G., J.H. Mun, J.K. Kim, K.D. Park, C.B. Kang, Y.U. Kim and J.T. Park(2001) Osteological development of larvae and juveniles of Korean mandarin fish, *Siniperca scherzeri*(Perciformes, Centropomidae). Kor. J. Ich. 13(2): 129-135. (in Korean with English abstract)
- NFRDI(2009) Processed Marine Products Animal and Plant Breed by Capture Prohibition Relation Provision Investigation Report. Hanglass, Busan, 313pp.
- Nier(2008) Ministry of Environment. <http://water.nier.go.kr>.
- Park, K.Y., K.H. Park, S.I. Lee, H.W. Park, S.E. Hong, J.H. Yang and S.H. Choi(2007) Maturity and spawning of Black edged sculpin, *Gymnocanthus herzensteini* in the East Sea. Kor. J. Ich. 19(2): 101-106.