

우리나라 동해안 대구횃대, *Gymnocanthus herzensteini*의 성숙과 산란

박기영* · 박경훈 · 이성일¹ · 박현우 · 홍성익 · 양재형¹ · 최수하

강릉대학교 해양생명공학부, ¹국립수산과학원 동해수산연구소

Maturity and Spawning of Black Edged Sculpin, *Gymnocanthus herzensteini* in the East Sea

Kie Young Park*, Kyeang Hun Park, Sung Il Lee¹, Heon Woo Park
Sung Eic Hong, Jae Hyeong Yang¹ and Soo Ha Choi

Faculty of Marine Bioscience & Technology, Kangnung National University
Kangnung 210-702, Korea

¹East Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research
and Development Institute, Kangnung 210-861, Korea

We investigated the maturity and spawning of black edged sculpin, *Gymnocanthus herzensteini* caught by gillnet in the East Sea from March 2003 to February, 2004. We analyzed monthly changes in maturity stages, gonadosomatic index (GSI), gonad weight (GW), egg diameter, fecundity, total length at 50% group maturity and sex ratio. The spawning period was December to February. The fecundity ranged from 8,814 eggs at 14.7 cm (TL) to 25,560 eggs at 24.4 cm (TL). The relationship between total length (TL) and fecundity (F) was $F = 285.11TL^{1.4092}$ ($R^2 = 0.571$) and fecundity increased with total length. The total length at 50% group maturity was estimated to be 15.25 cm. The sex ratio was 60 for female and 40 for male, where the female population was seen to be slightly predominant. For sex ratio by length class, male was a little predominant in small size, but female was 90% more than 24 cm.

Key words : black edged sculpin, *Gymnocanthus herzensteini*, maturity, spawning

서 론

대구횃대, *Gymnocanthus herzensteini* Jordan et Starks는 썸뱅이목 독중개과에 속하는 어류로서 우리나라 동해 중부 이북(속초, 주문진), 일본 북해도, 사할린, 오힌크해 등에 분포하는 종으로 알려져 있다. 몸빛깔은 등쪽이 연한 회갈색을 띠고, 배쪽은 흰색이며, 가슴지느러미에 4줄, 꼬리지느러미에 3줄의 흑갈색 가로띠가 있고, 제

1등지느러미에 3줄, 제2등지느러미에 3~4줄의 흑갈색 세로띠가 있다 (Jung, 1996). 수컷의 배지느러미는 검고 길게 뻗어 있고, 몸은 원통형으로 가늘고 긴 편이다. 수심 50~100 m의 모래와 바위지역에 서식하며, 작은 어류와 새우류 등을 섭식한다 (수진원, 1994; Choi, 2002). 대구횃대는 우리나라 동해안에서는 연안자망어업, 연안 낚시어업에 의해 연중으로 어획된다. 대구횃대에 관한 연구로는 국외의 경우 Kamichiro Kyushin (1970)의 난발생에 관한 연구, Munehara and Mishima의 난발생과 자치어의 형태 등이 있으며, 국내에서는 유 등 (2003)의

*Corresponding author: parkky@kangnung.ac.kr

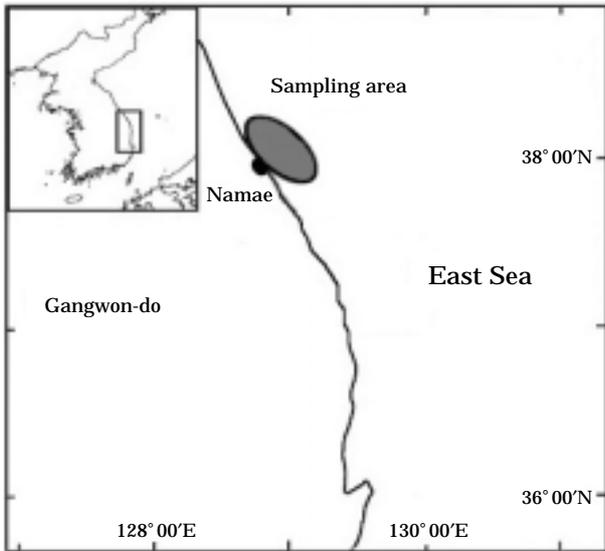


Fig. 1. Sampling area of *G. herzensteini* in the East Sea.

독중개과 가시망둥의 난발생과 자치어의 형태발달 등으로 국내외적으로 본종에 관한 자원생태학적 연구는 거의 없는 실정이다. 본 논문은 대구횃대의 생태를 밝히기 위한 연구로서 성숙단계, 생식소 및 포란수 등을 조사하여 성숙과 산란에 관한 생태학적 기초 자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 대구횃대 시료는 2003년 3월부터 2004년 4월까지 동해안 강원도 양양군 현남면 남애리 연안에서 유자망어업에 의해 어획된 것을 무작위로 추출하여 월별 채집하였다 (Fig. 1).

채집된 시료의 어체 측정은 체장 0.1 cm까지, 체중 및 생식소중량은 0.1 g까지 측정하였다. 대구횃대의 생식소의 발달과정을 알아보기 위하여 생식선 크기, 색조, 난의 투명상태, 난립의 크기 등을 기준으로 하여 육안 관찰하였으며, 성숙단계는 미숙 (immature), 중숙 (developing), 완숙 (mature), 방란중 (spawning), 방란후 (spent)의 5계급으로 구분하여 매월 육안관찰 하였다. 산란기 추정을 위하여 생식소 성숙도지수 (gonadosomatic index, GSI)를 구하여 월별 변화를 분석하였다.

$$GSI = \frac{GW}{BW} \times 10^3 \quad (1)$$

여기서 GW는 생식소 중량 (g, 습중량)이고, BW는 체중 (g, 습중량)이다.

난경의 월변화는 난소의 일부를 잘라내어 Gilson's solution에 2~3일 담구어 고정시켜 난을 분리 후 1개체 당 50립씩을 선별하여 형상투영기 (Nicon, V-16B)로 난의 장경을 측정하였다. 포란수 (F)는 산란기로 추정되는 2~3월의 중숙 이상의 난에 대하여 중량법 (Bagenal and Brown, 1978)으로 식 (2)를 사용하며 추정하였다.

$$E = \frac{A-B}{C} \times e \quad (2)$$

여기서 A는 난소의 무게, B는 난소껍질의 무게, C는 난소일부의 무게, e는 C의 알 수이다.

군성숙체장은 산란기로 추정되는 2~3개월의 중숙 이상의 속도를 가지는 개체의 비율을 구하여 다음의 logistic 회귀식을 적용시켜 군성숙비율을 구하고 그 계수를 사용하여 군성숙 체장을 추정하였다.

$$P_i = \frac{1}{1 + e^{(-b_0 - b_1 TL_i)}} \quad (3)$$

여기서 P_i 는 i체장계급에서의 군성숙비율 (%) TL_i 는 i체장계급에서의 전장 그리고, b_0 , b_1 은 상수이다.

비만도는 산란기를 간접적으로 추정하기 위하여 비만도지수를 조사하였으며, Fulton's condition factor (Zhang, 1991)를 사용하여 비만도지수를 계산하였다.

$$F = \frac{BW}{TL^3} \times 10^3 \quad (4)$$

여기서, BW는 체중 (습중량, 단위), TL은 전장 (단위)을 나타낸다.

결 과

1. 생식소의 발달

대구횃대의 산란시기 파악을 위하여 난소의 성숙발달과정을 5단계 (미숙, 중숙, 완숙, 방란중, 방란후)로 구분하여, 육안관찰 하였다 (Fig. 2). 5월 이후 9월까지의 전개체가 미숙상태로 외부형태는 연분홍빛을 띠었고, 10월부터 외부형태는 연분홍색을 띠며, 난소표면에 소혈관이 산재되어 있으며 작은 난립들을 육안으로 관찰할 수 있었다. 11월 이후 난이 명확히 보이면서, 일부는 투명한 알로 충만하며 분홍색을 띠면서 완숙상태의 난이 출현하였다. 이후 어체의 복부에 약간의 힘을 가하여도 난이 방출되는 산란중의 개체가 12~1월에 나타났으며 3월 이후에는 난소가 퇴화되며 흡수되어가는 한편 짙은 혈흔을 가지며 수축되어 있고 일부 방란 되지 못한 난들이 약

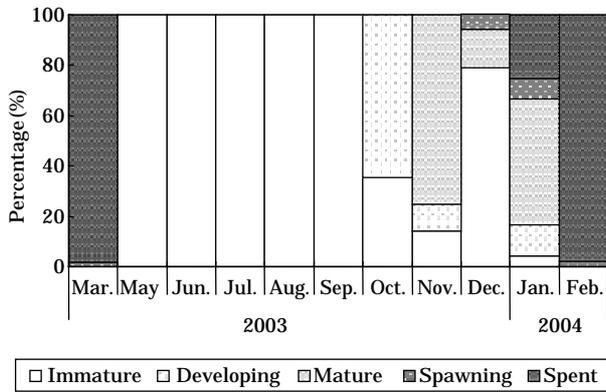


Fig. 2. Monthly changes of maturity stages for samples over 15 cm in total length of female *G. herzenstenimi*.

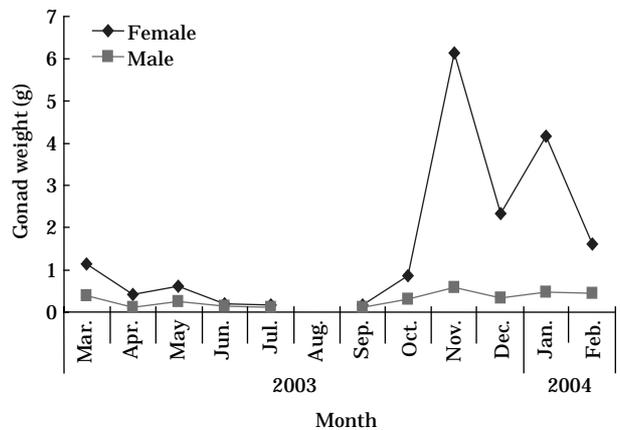


Fig. 4. Monthly changes of gonad weight for female and male *G. herzenstenimi*, in the East Sea.

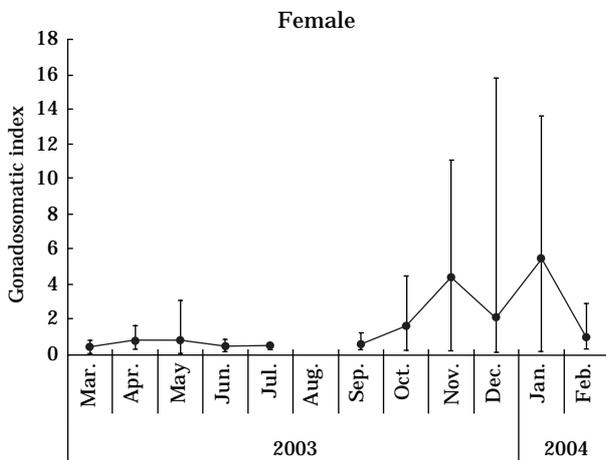


Fig. 3. Monthly changes of gonadosomatic index for samples over 15 cm in total length of female *G. herzenstenimi*. Circles indicate mean and vertical lines indicate for maximum and minimum values.

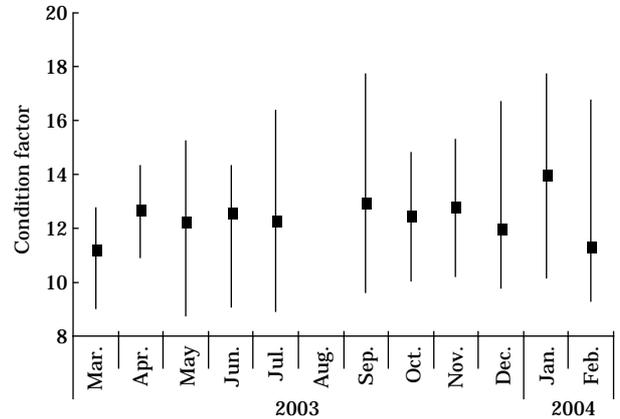


Fig. 5. Monthly changes of condition factor for samples over 15 cm in total length of female *G. herzenstenimi*. Squares indicate mean and vertical lines indicate maximum and minimum value.

간 보였다.

2. 생식소 성숙도지수의 월변화

생식소 성숙도지수의 월변화는 Fig. 3과 같이 10월 이후 점진적으로 증가하다가 11월에 4.3으로 증가하였다. 2004년 1월에 5.7로 연중 최고치를 나타냈다가 3월에 1.0 이하로 최저치를 보이면서 7월까지의 변동 없이 낮은 값을 보였다.

3. 생식소중량의 월변화

생식소중량의 월변화에서 암컷은 10월부터 증가하기

시작하여 12월에 최대치를 보이다가 2월부터 그 값이 월이 진행됨에 따라 감소하였다 (Fig. 4). 수컷은 11월에 약간 높은 값을 보이면서 3월까지 거의 같은 수준에 이르는 것을 볼 수 있었다.

4. 비만도의 월변화

암컷이 비만도의 월변화는 Fig. 5와 같이 1월에 최대치를 보이다가 2월, 3월에 떨어졌다. 4월 이후 12월까지 큰 변화가 없는 것으로 나타났다.

5. 난경의 월변화

2003년 3월부터 2004년 2월에 걸쳐 조사된 68미에

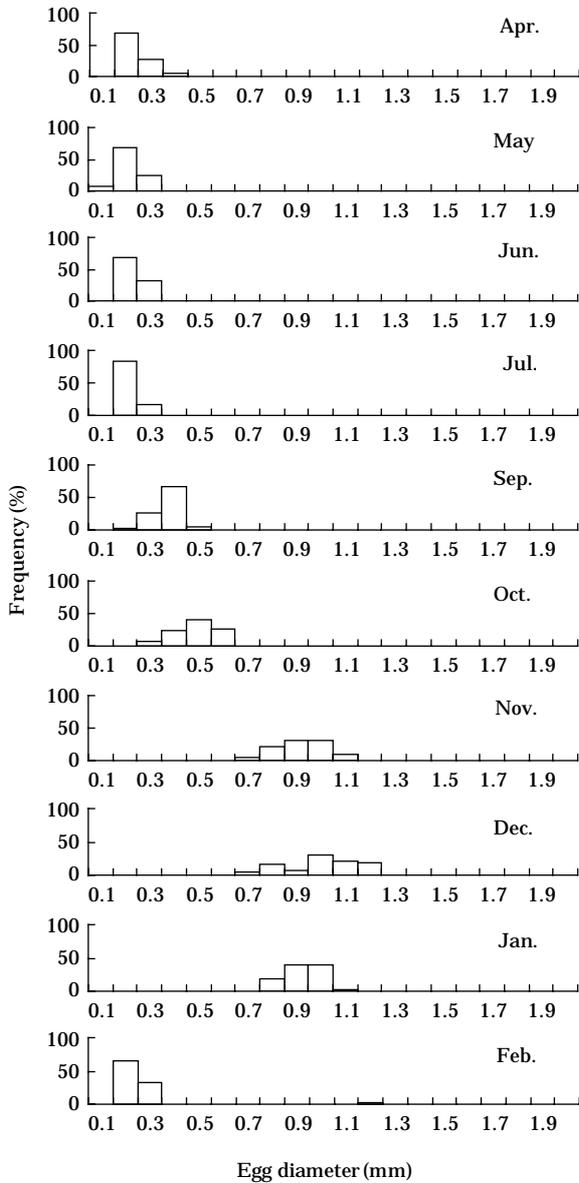


Fig. 6. Monthly changes of egg diameter for samples over 15 cm in total length of *G. herzenstenimi*.

대한 월별 난경분포를 보면 단일 모드를 보였다. 4월에 평균난경 및 mode가 각각 0.19 mm, 0.17 mm로 가장 낮은 값을 보였으며, 9월까지 비슷한 경향을 보이다가 11월부터 급격히 증가하여 이듬해 1월에 평균 1.0 mm로 최대치를 보였다(Fig. 6). 이상 생식소 성숙도지수, 난경의 월변화로부터 대구횡대의 산란은 12월부터 2월이며, 주산란은 1월에 이루어지는 것으로 추정된다.

6. 포란수 조사

포란수는 산란 기간 동안 방란직전의 완숙난의 난소

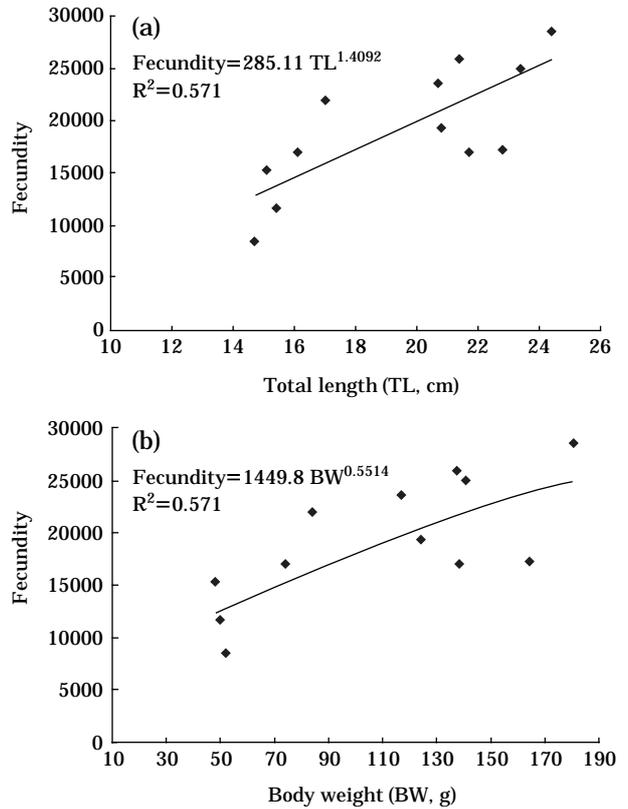


Fig. 7. Relationship between total length and fecundity (a), and between body weight and fecundity (b) for *G. herzenstenimi*.

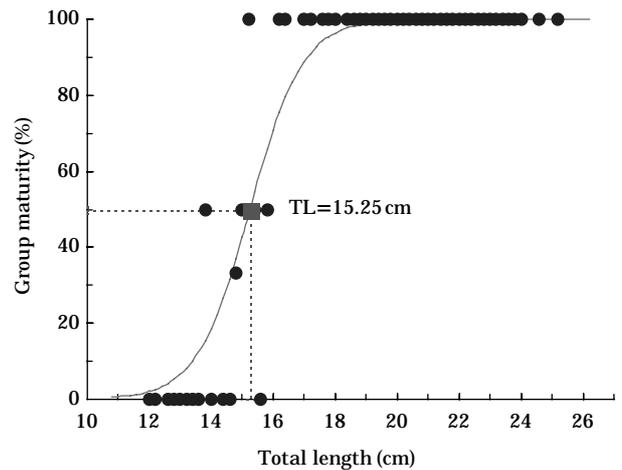


Fig. 8. Relationship between total length and group maturity of female *G. herzenstenimi*.

를 가진 개체를 선택하여 체급별로 계수하였으며 체장(TL)과 포란수(F)의 관계는 다음 식으로 나타낼 수 있었다.

$F=285.11 TL^{1.4092}$ ($R^2=0.571$) 또한 체중과 포란수와의 관계식은 다음과 같이 나타났다 (Fig. 7).

$F=1449.8 BW^{0.5514}$ ($R^2=0.577$) 관찰된 총 12미에 대한 최소포란수는 8,814립 (TL: 14.7 cm), 최대포란수는 28,560립 (TL: 24.4 cm)으로 조사되었으며, 체장계급이 커짐에 따라 상대 포란수도 함께 증가 하는 경향을 보였으나 21 cm 이상의 개체에서는 포란수의 범위가 넓게 나타났다.

7. 균성숙 체장

재생산 참여여부를 알기 위하여 산란기 중심으로 12~2월까지 산란 가능한 것으로 판단되는 중숙 이상의 속도를 가진 총 86미에 대한 균성숙체장을 조사한 결과, 최소 성숙체장은 12 cm였으며, 100% 산란에 참가하

는 성숙체장은 17 cm로 나타났다. 따라서 조사된 표본 중 50%에 해당하는 체장을 성숙체장으로 볼 때 본 종의 성숙체장은 15 cm로 추정된다 (Fig. 8).

8. 성 비

대구횃대의 체장 계급별 성비는 13 cm 이하에서는 수컷의 비율이 다소 높았다. 체장이 증가할수록 암컷이 비율이 증가되어 24 cm 이상에서는 90% 이상이 암컷, 26 cm 이상에서는 100%가 암컷으로 나타났다 (Fig. 9).

한편 2003년부터 2004년까지 조사된 전 표본에 대한 성비를 보면 총 개체수가 665미중 암컷이 401미, 수컷이 264미로서 암·수의 비율은 약 1.5 : 1로 암컷이 약간 우세하게 나타났다. 또한 월별 성비 조성은 Fig. 9와 같이 암컷이 4월에만 낮은 수준이나 5월 이후부터는 암컷의 비율이 높게 나타났으며 2~3월에 암컷의 비율은 각각 85%, 75%로 가장 높은 값을 보였다.

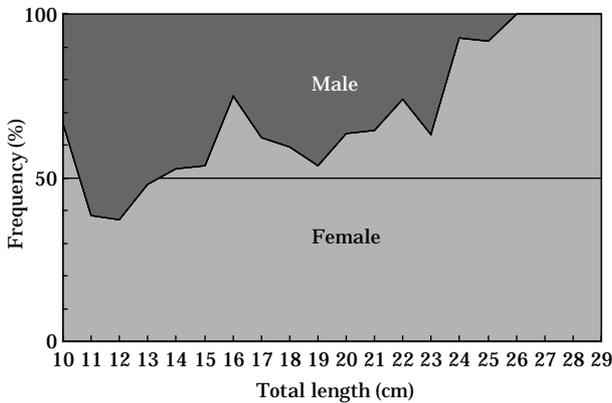


Fig. 9. Sex ratios by length group for *G. herzenstenimi*, sampled from March 2003 to March 2004.

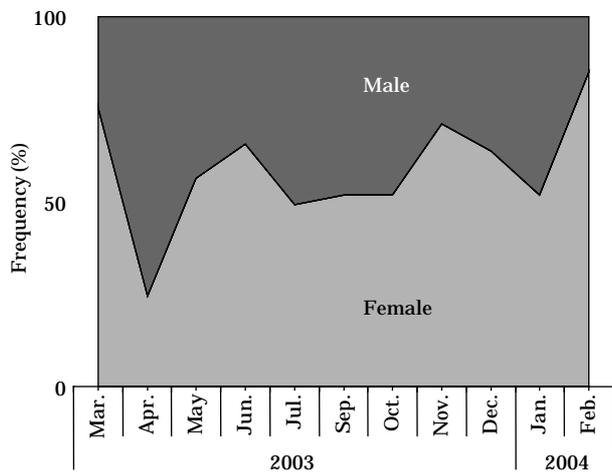


Fig. 10. Monthly sex ratio of *G. herzenstenimi* in the East Sea.

고 찰

대구횃대는 수심 100 m 전후 특히 50~100 m 정도의 해저 바닥의 모래와 바위지역에서 서식하며, 작은 어류와 새우류를 먹이로 하는 저층 산란어이다 (Choi, 2002).

생식소 속도지수와 생식소 성숙과정의 월별 변화에 의하여 수온하강기인 12월부터 2월 사이에 산란이 이루어지는 것으로 추정되었다. 난소의 성숙과정을 육안관찰에 의한 월변화는 11월부터 익년 1월에 걸쳐 완숙, 산란, 방란후의 개체가 혼재하였으며, 12월과 익년 1월에는 산란중의 개체와 방란후의 개체가 출현하였다. 산란 습성에 있어서 대구횃대 (Kyushim, 1970)는 모래, 바위 지역의 저층에서 산란하나 독중개과에 속하는 어류인 빨간횃대 (Munehara and Mishima, 1986)는 구형의 침성 점착난을 바위나 암초사이에 알덩어리를 형성해 산란하며, 가시망둑 (유 등, 2003)은 개명계의 위세강내에 산란한다하여 종간의 차이를 볼 수 있다.

난경의 월 변화를 보면 4월에 0.17 m/m에서 산란성기인 1월에 1.0 m/m로 조사되었으나 동일과 동일속인 빨간횃대는 1.6~2.0 m/m (Munehara and Mishima, 1986)로 보고되어 본종과 차이가 있었다.

대구횃대 포란수 조사에서는 최소 8,814립 (TL 147 cm)에서 최대 28,560립 (TL 24.4 cm) 범위였으며 21 cm 이상으로 어체의 크기가 커짐에 따라 포란수의 분산이 크게 나타나므로, 이는 동일체장간에 대한 개체간의 차이가 기인한 것으로 생각된다. 덕대 (Lee, 1989), 노래미 (정 등, 1985) 등에서 어체가 커짐에 따라 포란수가 적은

것으로 보고된 바 어체크기와 나이에 따른 포란수는 증가하지만 수명이 다할수록 오히려 감소하는 현상으로 보인다(Kim *et al.*, 1994)고 보고된 바와 비슷한 경향을 보였다. 동일속의 어류인 빨간횃대는 3,500~13,500립(Munehara *et al.*, 1986) 동일과의 삼세기는 3,000~8,000립(국립수산과학원, 2004)으로 보고되어 본종과는 차이가 있었다. 이같이 난경 포란수에서의 차이가 있는 것은 동일과의 어종이나 종이 다름에서 기인된 것으로 사료되어진다.

성비 조사에서는 대구횃대의 체급별 성비는 소형어에서는 수컷의 비율이 높았고, 대형어에서는 암컷의 비율이 높게 나타났다. 김(1989)에 의하면, 종에 따라서는 성(sex)에 의하여 성장 상태나 극한 체장이 달라진다고 한다. 성별에 따른 성장의 차이는 성숙연령의 높고 낮음에 관계가 있는 것 같고, 빨리 성숙하는 종류의 성(sex)이 일반적으로 어체의 크기가 소형이다.

대구횃대는 암컷이 크고 수컷이 작아 성별에 따른 성장이 보여 암컷이 수컷보다 늦게 성숙하고 수명이 더 긴 것으로 추정된다.

적 요

본 연구는 2003년 3월부터 2004년 4월까지 강원도 연안에서 유자망어업에서 어획된 대구횃대를 매월 채집하여 성숙과 산란에 관하여 조사한 것이다. 대구횃대의 산란기는 생식소성숙도지수, 난경 등의 월별 변화에 의한 결과 12월에서 이듬해 2월로 추정되어졌다. 체장과 포란수와의 관계는 $F=285.11TL^{1.4902}$ ($R^2=0.571$)이었으며 체중과 포란수와의 관계는 $F=1.449.8BW^{0.5514}$ ($R^2=0.577$)이었으며, 포란수는 어체가 커질수록 증가하였다. 최소포란수로 8,814립 (TL: 14.7 cm), 최대포란수는 28,560립 (TL: 24.4 cm)이었다. 최소성숙체장은 15 cm였으며, 이때의 나이는 약 2세였다. 체장계급별 성비는 소형어에서는 수컷이 약간 우세하였으나 24 cm 이상에서는 암컷이 90%로 높게 나타났다.

인 용 문 헌

- 김용익. 1989. 어류학 총론. 태화출판사, pp. 270.
 이동우. 1989. 동지나해산 덕대의 성장과 재생산에 관한 연구. 부산수산대학. 석사학위논문. pp. 51.
 유동재 · 한경호 · 백승록 · 김광수 · 하성찬 · 장후천 · 이기석. 2003. 가시망둑, *Pseudoblennius cottooides*의 난발생 및

- 자치어 형태발달. 한수지, 36 : 263~269.
 장창익. 1991. 수산자원생태학. 우성문화사, 서울, pp. 399.
 장창익. 1996. 한국 연근해 갈치의 자원평가 및 관리방안 연구 (한국 연근해 갈치의 자원생태학적 특성치 추정) 한수지, 29 : 567~577
 정문기. 1997. 한국어류도감. 교학사, pp. 533.
 정의영 · 이택렬. 1985. 노래미, *Agrammus agrammus* (Temminck et Schlegel)의 生殖週期에 關한 研究. 부산수대연보, 25 : 26~42.
 최윤 · 김지현 · 박종용. 2002. 한국어류도감. 교학사, pp. 207.
 Abe, T. and H. Munehara. 2005. Spawning and maternal-care behaviors of a copulating sculpin, *Radulinopsis taranetzi*. J. Fish Biol., 67 : 201~212.
 Bagenal T.B. and E. Brown. 1978. Eggs and early life history. In: Bagenal T.B. (ed.), Methods for assessment of fish production in fresh waters, 3rd ed. Blackwell scientific publications Ltd., 165~201.
 Bertalanffy, L. Von. 1938. A quantitative theory of organic growth (Inquiries on growth laws. II). Hum. Biol. 10 : 181~213.
 Casselman, J.M. 1990. Growth and relative size of calcified structures of fish. Trans. Amer. Fish Soc., 119 : 673~688.
 Francis, R.I.C.C. 1990. Back-calculation of fish length: a critical review. J. Fish Biol., 36 : 883~902.
 Hayakawa, Y. and H. Munehara. 1996. Non-copulatory spawning and female participation during early egg care in a marine sculpin *Hemilepidotus gilberti*. Ichthyological Research, 43 : 73~78.
 Kimura, S., K. Tsumoto and K. Mori. 1987. Development of eggs larvae of the cottid fish *Pseudoblennius cottooides* reared in laboratory. Japanese Journal of Ichthyology, 34 : 346~350.
 Koya, Y., H. Munehara and K. Takano. 1994. Reproductive cycle and spawning ecology in elkhorn sculpin, *Alcichthys alcicornis*. Japanese Journal of Ichthyology, 41 : 39~45 (in Japanese with English abstract).
 Kyushin, K. 1970. Embryonic development and larvae of *Gymnocanthus herzensteini* Jordan and Starks. Japanese Journal of Ichthyology, 17 : 74~79.
 Lutz (editors), Skeletal growth of aquatic organisms
 Munehara, H. and S. Mishima. 1985. Embryonic development, larvae and juveniles of elkhorn sculpin, *Alcichthys alcicornis*. Japanese Journal of Ichthyology, 33 : 46~50.
 Pannella, G. 1980. Growth patterns in fish sagitta, 519~559.
 SAS Institute. 1993. SAS/STAT user's guide, version 6.01, SAS Institute.