

한국 남해에 서식하는 눈볼대, blackthroat seaperch, *Doderleinia berycoides* (Hilgendorf)의 생식생태연구

차형기 · 강수경* · 오택윤¹ · 최정화¹

국립수산과학원 남서해수산연구소 자원환경과, ¹국립수산과학원 자원관리과

Reproductive ecology of the blackthroat seaperch, *Doderleinia berycoides* (Hilgendorf) in South Sea of Korean waters

Hyung Kee CHA, Su Kyung KANG^{1*}, Taeg Yun OH¹ and Jung Hwa CHOI¹

Fisheries Resources and Environment Division, Southwest sea Fisheries Research Institute,
NFRDI, Yosu 556-823, Korea

¹Fisheries Resources Management Division, NFRDI, Busan 691-705, Korea

Maturation and spawning of the Blackthroat seaperch, *Doderleinia berycoides* were investigated based on the samples captured in Korean waters from January 2008 to December 2009. Gonadosomatic index began to increase in June, and reached maximum between July to September. After spawning it began to decrease from October. Reproductive season was estimated to July-September, with peak in August. Fecundity was proportional to the size of the female, with the clutch size varying from 115,500 eggs in the smallest female (TL=28.2cm) to 652,000 eggs in the largest (TL=33.5cm). Size at 50% sexual maturity (TL₅₀), determined from mature females, was 29.6cm. Annual reproductive cycles of this species could be divided into six successive stages; immature stage (October-May), nucleolus stage (June-July), yolk vesicle stage (July-August), vitellogenic stage (June-September), ripe and spent stage (August-October).

Keywords: Maturation, Spawning, Annual reproductive cycle, Blackthroat seaperch, South Sea of Korean waters

서 론

눈볼대 (*Doderleinia berycoides*)는 농어목, 반딧볼계르치과에 속하는 어류로 한국의 남해역, 일본 북해도 이남해역, 동중국해 등지에 주로 분포하

고 있다. 우리나라에서는 주로 남해안 및 대마도 근해 수심 80–150m에 널리 서식하고 있으며 서식수온은 10–20°C로 알려져 있다. 몸 빛깔은 전체가 선명하고 아름다운 주황색이며, 배쪽은 연

*Corresponding author: kangsk@nfrdi.go.kr, Tel: 82-51-720-2287, Fax: 82-51-720-2277

한 빛이다 (NFRDI, 2005).

우리나라에서 눈볼대의 산란장은 알려져 있지 않으나, 성숙된 암컷의 출현으로 미루어 우리나라 동해남부해역으로 추정하고 있다 (NFRDI, 2005).

눈볼대는 중·대형외끌이어업에서 주로 어획되며 대부분 부산항에 양육되고 있다. 과거 1980년대부터 2000년대 초반까지는 대형기저외끌이어업에서의 어획이 대부분이었으나 최근에는 중형기저외끌이어업의 생산량이 증가하고 있는 경향이다. 눈볼대는 1970년대부터 80년대 초반까지는 1,000–2,000여톤의 어획을 보이다, 이후 감소하기 시작하여 2002년까지 1,000톤 미만의 어획을 보였다. 하지만 최근 3,000여톤 이상의 증가된 어획을 보여 상업적으로 매우 중요한 위치에 이르는 종이다 (MIFAFF, 2008).

한국 연근해산 눈볼대에 대한 생태연구가 우리나라에서는 전무한 상태이다. 본 연구는 한국 근해역에 분포하는 눈볼대의 재생산에 관련된 생식생태를 밝히고자 생식소 속도지수, 성숙계장 등을 파악하여 자원평가를 위한 파라메타로 이용하여 자원의 합리적 이용 및 관리에 필요한 방안을 마련하는데 목적을 두고 있다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 시료는 2008년 1월부터 2009년 12월까지 우리나라 제주도 인근 해역의 중·대형외끌이어업에 어획된 눈볼대를 매일 구입하여 재료로 사용 하였다.

2008년에 조사된 눈볼대 암컷의 평균계장은 24.24cm, 수컷은 20.16cm이었고, 2009년에는 각각 24.19cm, 20.46cm이었다 (Fig. 1). 또한 어획된 개체 중 가장 크기가 큰 암컷은 2009년 12월의 전장 35.7cm이었고, 수컷은 2009년 9월의 27.3cm이었다 (Table 1).

구입된 시료는 실험실에서 전장 (total length)은 0.1cm 단위로, 체중 (body weight)과 생식소중량 (gonad weight)은 전자저울 (Sartorius, M-

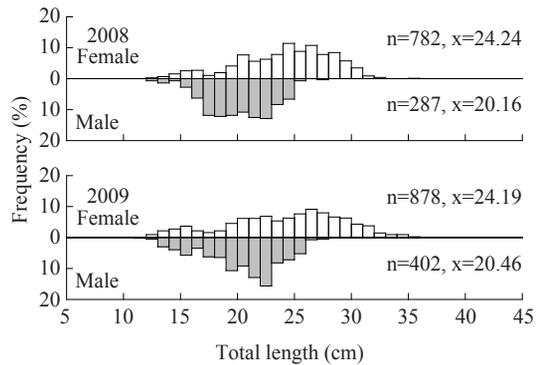


Fig. 1. Size frequency distribution of *D. berycoides* within monthly sampled during January 2008–December 2009. n and x indicate sample number and mean total length, respectively.

5500S)로 0.01g 까지 측정하였다.

생식소 속도는 생식소 크기, 색조, 난의 투명상태, 난립의 크기 등을 기준하여, 눈볼대 정밀측정시 육안관찰로서 미숙 (immature), 중숙 (maturing), 완숙 (mature)의 3단계로 구분 하였다.

생식소속도지수 (gonadosomatic index: GSI)는 (생식소중량/체중)×100에 의하여 계산 하였으며, 군성속도는 산란기간 중 체장체급별 성숙개체의 비율을 구하여 조사하였으며, 50% 성숙계장은 logistic 식에 의해 구하였다.

생식소의 내부구조와 생식소 발달의 조직학적 변화를 관찰하기 위하여 생식소를 추출한 후, Bouin's solution에 24시간 고정하였고, 이후 수세 (水洗)와 탈수과정을 거쳐 paraplast에 포매후 4–6 μ m 두께로 연속 절편하여 조직표본을 만들었다. 조직표본의 haematoxyline-eosin 염색은 조직 표본을 xylene 용액에서 파라핀을 제거한 후 알코올에서 저농도 순의 단계로 친수과정을 거쳐 조직내에 수분을 첨가시켰다. 그 후 진행성인 Mayer's haematoxylin에서 약 4분 동안 핵 염색을 한 후, 0.5% eosin에서 약 1분 동안 세포질 염색을 실시하였다. 그리고 탈수과정을 거쳐 Canada balsam으로 봉입하였다. 제작된 생식소 조직표본은 광학현미경 하에서 검경하였다.

Table 1. Size distribution (Total length, cm) of *D. berycoides* sampled monthly from January 2008 to December 2009

Year	Month	Female		Male	
		Mean	Range	Mean	Range
2008	J	25.4	19.3–31.9	21.0	16.6–24.9
	F	24.6	15.0–35.6	19.2	17.3–21.2
	M	22.8	12.7–30.5	16.0	12.6–23.3
	A	24.5	19.6–30.5	20.3	18.3–23.1
	M	24.1	17.7–30.3	22.3	19.1–27.0
	J	23.0	14.7–31.0	20.3	16.5–24.8
	J	23.6	14.3–31.1	20.4	15.2–25.4
	A	26.3	18.3–32.8	20.8	19.2–22.7
	S	25.5	17.4–30.8	18.6	16.0–25.1
	O	24.4	16.8–32.3	20.3	16.8–23.0
	N	–	–	–	–
	D	23.7	17.7–30.5	19.6	17.1–22.8
2009	J	23.6	18.8–29.3	21.8	18.6–25.2
	F	23.5	18.7–28.7	21.4	17.8–25.0
	M	26.1	17.6–34.4	20.5	16.7–22.8
	A	22.0	11.9–33.4	19.6	11.8–25.5
	M	22.8	12.7–32.4	20.8	12.8–26.0
	J	25.0	12.9–34.3	19.7	12.6–25.8
	J	24.8	14.0–33.5	20.7	14.0–27.2
	A	24.2	15.0–34.2	20.8	14.5–26.3
	S	25.4	15.0–35.0	19.9	16.0–27.3
	O	25.7	19.8–34.5	22.1	20.8–23.2
	N	23.8	15.5–31.2	19.6	15.7–23.2
	D	23.8	14.5–35.7	17.7	15.7–19.5

결 과

산란기의 추정

성숙도의 월 변화

눈볼대 난소의 숙도를 육안 관찰로서 3단계로 나누어 분석한 결과, 미숙상태 (immature)는 난소가 왜소하고 색깔이 투명한 흰색 혹은 아주 옅은 노란색을 띠고 난립을 볼 수 없었다. 중숙상태 (maturing)는 난소의 색깔이 옅은 노란색이며 난립이 육안으로 관찰되었다. 완숙상태 (mature)는 난소가 최대로 비대되고, 색깔이 짙은 노란색이며 난소 내의 난립이 쉽게 분리되었다.

위의 육안판별법에 의한 기준에서 2008년 1월부터 2009년 12월까지 월별 성숙도 변화는 (Fig. 2), 완숙단계의 개체가 2008년에는 7월, 8월, 9월에만 출현하였으며, 5월부터 10월까지 중숙이상의 개체 출현율은 각각 28%, 31%, 87%, 46%, 70%, 32%를 나타내었으며, 이후 11월부터 2009

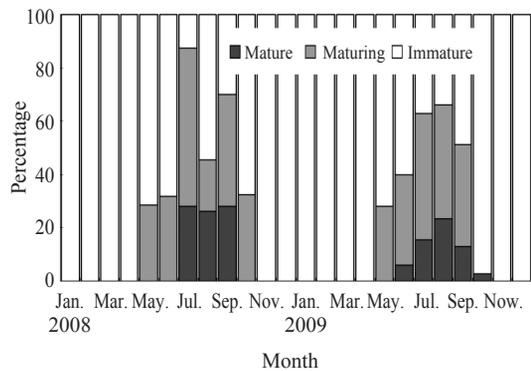


Fig. 2. Percentage of female *D. berycoides* with immature, maturing and mature ovaries within monthly sampled during January 2008-December 2009.

년 4월까지의 미숙 단계의 개체만 출현하였다. 2009년에는 6월부터 10월까지 완숙개체가 출현하였으며, 2008년과 유사한 경향을 나타내었다.

생식소 속도지수의 월 변화

Fig. 3에 눈볼대 암컷의 생식소 속도지수 (GSI)의 월 변화를 나타내었다. 암컷의 월별 GSI 최대값은 2008년 1월부터 6월까지 1.2-1.8의 낮은 값을 보였으며, 이후 7월부터 증가하기 시작하여 9월까지 4.3-8.5의 완숙된 개체가 출현하였으며, 이후 10월에 1.3으로 감소하기 시작하여 이듬해 5월까지 매우 낮은 값을 나타내었다. 또한 암컷의 월별 GSI 평균값의 변화도 GSI 최대값의 변화와 동일한 경향을 나타내었으며, 2009년에도 2008년과 유사한 경향을 나타내었다. 암컷의 GSI 값 중 가장 높은 값을 나타낸 개체는 2009년 9월에 채집된 9.04로 성숙단계의 개체이었다.

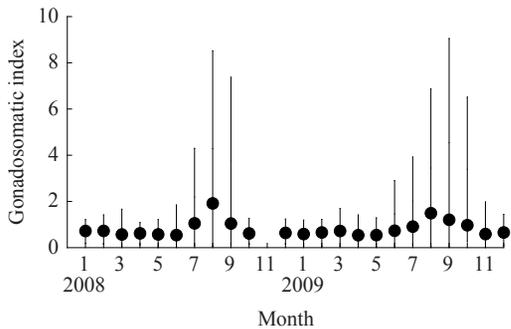


Fig. 3. Monthly changes in gonadosomatic indices (GSI) of female of *D. berycoides* during January 2008-December 2009. Solid circles indicate mean GSI, and vertical bars indicate low and high GSI.

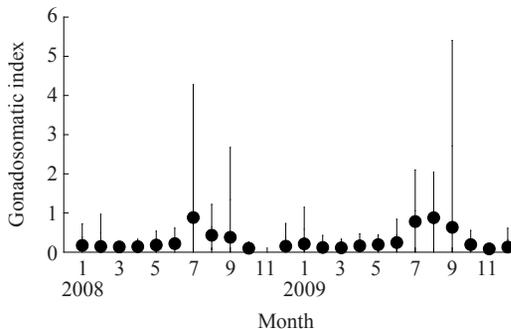


Fig. 4. Monthly changes in gonadosomatic indices (GSI) of male of *D. berycoides* during January 2008-December 2009. Solid circles indicate mean GSI, and vertical bars indicate low and high GSI.

눈볼대 수컷의 GSI 최대값의 월 변화를 보면 (Fig. 4), 수컷의 GSI 최대값은 2008년 1월부터 6월까지 0.3-1.0의 낮은 값을 보였으며, 이후 7월부터 증가하기 시작하여 9월까지 1.2-4.3의 높은 값을 나타내었으며, 이후 10월에 0.3으로 감소하기 시작하여 이듬해 6월까지 1.1미만의 낮은 값을 나타내었다. 또한 수컷의 월별 GSI 평균값의 변화도 GSI 최대값의 변화와 동일한 경향을 나타내었으며, 2009년에도 2008년과 유사한 경향을 나타내었다. 수컷의 GSI 값 중 가장 높은 값을 나타낸 개체는 2009년 9월에 채집된 5.4로 성숙단계의 개체이었다.

따라서 월별 성숙상태와 생식소 속도지수의 변화로부터 추정된 눈볼대의 산란기는 7-9월로 추정되었다.

난소 발달의 조직학적 변화 및 생식주기

난 형성과정은 난의 형태적 특징 및 염색성, 난황축적 상태 및 난막과 여포세포의 발달정도 그리고 핵의 상태 등에 따라 다음과 같이 6단계로 나누었다 (Fig. 5).

미숙기 (immature stage)

10-이듬해 5월경에 출현한 대부분의 개체에서 난소가 극히 빈약하며 외관상 투명한 흰색을 나타내었다. 이 시기의 난소조직은 세포질이 극히 빈약하며, 핵은 배포상으로 세포질의 대부분을 차지하고 있다.

주변인기 (nucleolus stage)

6-7월이 되면 난소는 팽대해지고 연한 노란색을 나타내었다. 주변인기의 난모세포는 세포질이 haematoxylin에 농염되어 나타나며, 호염기성인 과립상의 인들이 핵막을 따라 일정하게 배열되어 나타나고 있다.

난황포기 (yolk vesicle stage)

난소는 짙은 노란색으로 나타나며, 7월부터 성숙체장 이상의 개체에서 난소가 활성화되어 성장하기 시작하였다. 난모세포가 직경 200 μ m 이상으로 성장하면 세포질 내 난황포들이 출현

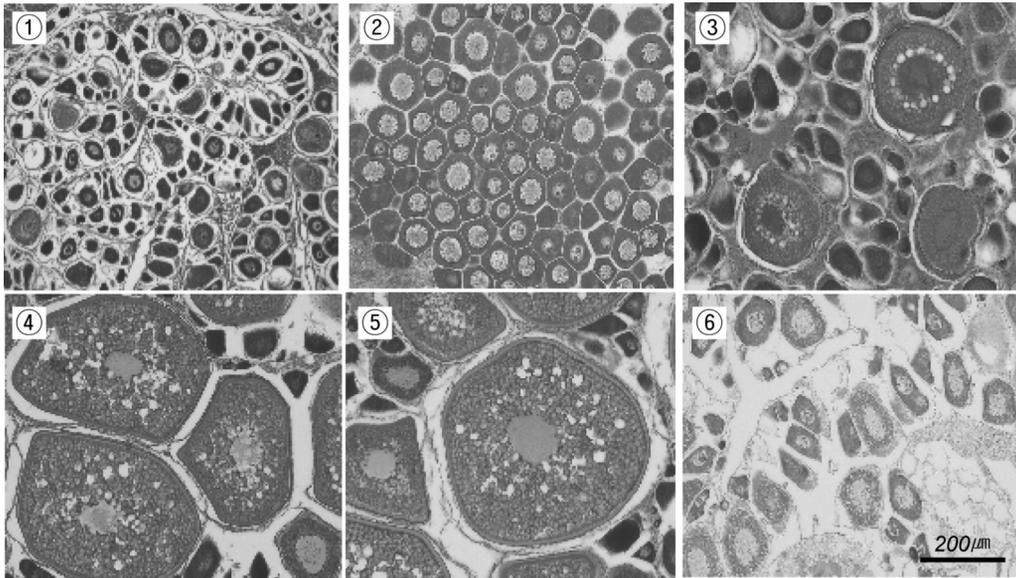


Fig. 5. Photomicrographs of the ovaries at different stage of maturity of *D. berycoides*.

①, Immature stage; ②, Nucleolus stage; ③, Yolk vesicle stage; ④,⑤, Vitellogenic stage and Ripe stage; ⑥, Spent stage.

하였다. 이후 난모세포들은 성장하며, 난황포들은 그 수가 증가하면서 핵막 주변까지 확산되어 간다.

난황형성기 (vitellogenic stage)

7-8월경이 되면 난소가 비대해지기 시작하며, 이 시기의 난소 외부형태는 난립이 명확하게 구분되고, 짙은 황색을 띠고 있다. 난모세포의 난경은 200-400 μm 전후로 성장하면서 세포질의 염색은 약한 호산성으로 변한다. 난황이 난전체에 가득 차 있으며, 여러 개의 크고 작은 난황구를 볼 수 있으며, 이후 난황구의 축적이 일어난다.

완숙기 (ripe stage)

이 시기의 외부 형태는 투명한 알로 가득 차 있으며, 쉽게 난이 방출된다. 난황축적이 완료되면서 과립상의 난황구들이 치밀하게 융합하여 광학현미경 하에서는 거의 균질성을 나타내고 있다. 완숙난의 크기는 400-600 μm 에 달하며, 세포질 전체에 공포상의 난황구가 불규칙하게 분포하며 여포세포층과 난막은 더욱 뚜렷해진다.

휴지기 (spent stage)

9-10월에 접어들면 대부분의 개체가 산란을 마치고 난소는 퇴화하기 시작한다. 산란이 일어나면 완숙난을 싸고 있던 여포대가 남아서 산란된 것을 알 수 있다. 산란을 마친 난소내 잔존하는 미방출난은 핵내 염색질이 흩어져 소괴상을 이루다가 서서히 핵막과 함께 소실되고 곧 세포질의 붕괴가 일어나면서 퇴화 흡수된다. 이후 새로운 난원세포가 재배치된다.

포란수

눈볼대의 재생산력을 알아보기 위해 조직검정으로 산란경험이 없다고 판단되는 7-9월의 성숙된 암컷개체 32미를 대상으로 포란수를 분석한 결과, 눈볼대의 포란수는 최다 652,000개 (TL 33.5cm), 최소 115,500개 (TL 28.2cm)로 계속되었다. 포란수와 체장 (TL)의 관계식은 $Fe=0.0017 TL^{5.5112}$ 이며, 체중과의 관계식은 $Fe=10.502TW^{1.6174}$ 로 나타나 체장과 체중이 증가할수록 포란수도 증가하는 경향을 나타내었다 (Fig. 6).

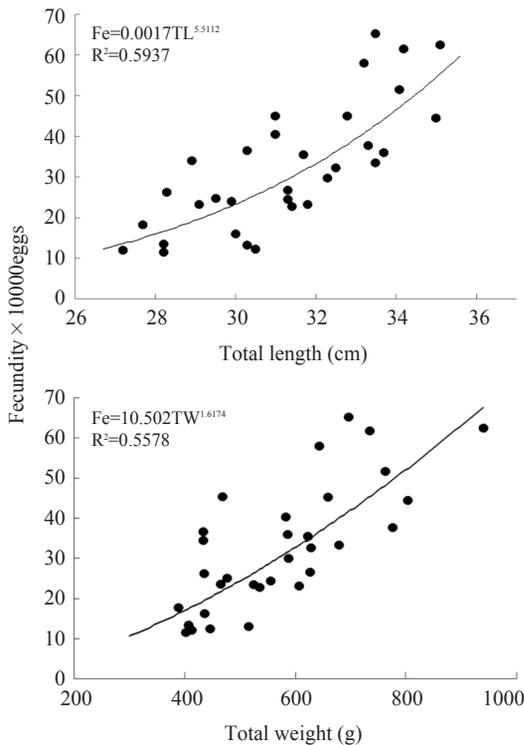


Fig. 6. Relationship between fecundity and total length(upper), total weight(lower) of *D. berycoides*.

성숙체장

재생산에 참여하는 체장을 알기 위해 주 산란기로 추정되는 7-9월 사이에 암컷 100미를 대상으로 체급별 중숙단계 이상의 성숙개체의 출현 비율을 나타내었다 (Fig. 7). 암컷 전장 26cm 이하

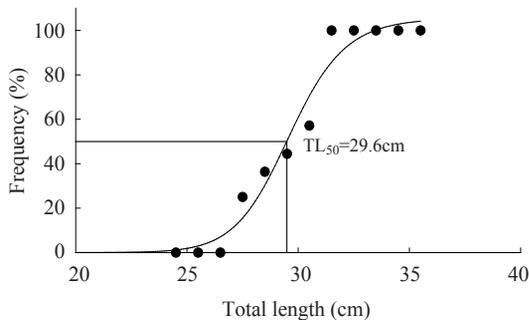


Fig. 7. Logistic functions fitting the cumulative proportion of maturing and mature female *D. berycoides*.

의 개체에서는 성숙한 개체가 출현하지 않았고, 32cm 이상의 개체에서는 대부분 성숙한 개체로 판명되었다. 암컷의 50% 성숙체장은 이들 체급별 성숙개체의 출현 비율을 logistic식에 적용하여 추정된 결과, 전장 29.6cm로 계산되었다.

고찰

눈볼대의 월별 성숙단계별 빈도를 보면, 완숙의 개체는 2008년에 7-9월까지, 2009년에 6-10월까지 출현하였다. 눈볼대의 산란기로 구명된 7-9월은 과거 추정한 8-10월과 비교하면 (NFRDI, 2005) 다소 차이가 있는 것으로 생각된다. 즉 최근의 산란기는 1990년대보다 1개월 정도 빨리 시작하는 것으로 추정되며, 이는 수온 등의 환경요인에 의한 차이인지 아니면 최근의 호황에 의한 생물학적인 차이인지에 대한 연구도 수행되어야 할 것으로 생각된다.

한편, 눈볼대 난모세포의 성숙과정은 일반 경골어류와 유사한 경향이었으며, 난소가 6월경에 발달하기 시작하여 7-9월경 완숙기에 이르고, 이후 산란하면 남아있는 작은 난모세포가 퇴화 흡수되는 경향과 난경의 분포로 보아 눈볼대의 산란은 일시에 이루어지는 것으로 판단된다. 또한 우리나라에 출현하는 보통의 경골어류의 산란기는 춘계에 알려져 있지만 눈볼대의 경우는 여름철에 산란하는 종으로 밝혀졌는데 이것은 흔치 않는 현상이다. 7-9월 사이에 눈볼대의 어장은 제주해역을 중심으로 동해남부해역에까지 이르는 것으로 (NFRDI, 2005) 미루어, 산란에는 빛과 수온에 의한 영향 이외의 다른 요인에 영향을 받을 가능성이 있는 것으로 판단된다.

또한 본 연구결과에서 우리나라 눈볼대의 성숙체장은 전장 29.6cm으로 나타나 과거의 27.5cm 보다 다소 큰 것으로 나타났다 (NFRDI, 2005). 이러한 성숙체장의 증가는 자원상태의 호전으로 간주할 수도 있다. 하지만 NFRDI(2005)에 의하면 전장 29cm일 때의 연령은 4-5세로 추정되며, 재생산에 참여하는 연령이 다른 어종

과 비교하여 높은 관계로 자원관리에 있어 중요한 요인으로 생각되며, 지속적인 모니터링이 필요한 어종으로 생각된다.

눈볼대 암컷 GSI 최대값의 월별 변화는 뚜렷이 2008년, 2009년 모두 7월부터 9월까지 높은 값을 볼 수 있었지만, 최소값의 변화가 거의 없고, 평균값의 변화가 뚜렷하지 않는 것은 조사개체 중 성숙체장 이하의 작은 크기의 개체(미성숙개체)가 많은 양을 차지하였기 때문으로 판단된다.

대부분의 난류성 경골어류에서 산란 직전의 체중에 대한 암컷의 생식소의 무게는 황아귀 28% (Park et al., 1999), 고등어 17% (Cha et al., 2002), 갈치 20% (Cha and Lee, 2004)로 매우 크다. 하지만 눈볼대의 경우에는 산란 직전의 생식소 무게가 9% (2009년 9월) 정도로 매우 낮은 값을 나타내고 있다. 이는 눈볼대가 타 어종에 비해 포란 및 번식능력이 낮은 의미로 간주하여야 할 것인지, 자원감소에 의한 생물학적 속성의 변화인지는 과거 자료의 부재로 판단하기 어렵다. 하지만 유사한 어장에 서식하고 있는 전갱이의 11%보다도 더욱 낮은 값을 보이는 것에 주목할 필요가 있을 것으로 생각된다.

우리나라 남해 인근해역에서 눈볼대의 포란수와 관련된 보고는 없으며, 본 조사에서의 포란수는 115,500–652,000개의 범위였으며 일반 경골어류처럼 체장의 증가에 따라 포란수도 증가하는 경향을 보였다. 이러한 경향은 전갱이 (Cha et al., 2009), 황아귀 (Park et al., 1999), 고등어 (Cha et al., 2002), 갈치 (Cha and Lee., 2004) 등의 난류성 경골어류와 동일한 형태를 보이고 있다.

우리나라 남해안에서 눈볼대 어획량은 1970년대 이후 감소하다 2008년부터 3,000여톤으로 증가하여 최고치를 기록하고 있지만, 성숙체장으로 구명된 전장 29cm 이하의 어린개체를 70% 이상 어획하고 있는 현실로 미루어 작은 크기의 눈볼대에 대한 자원관리가 시급한 실정이다. 그리고 눈볼대 자원의 풍흉에 따른 자원생물학적

파라메타의 변화가 예상되므로 해양환경 변화와 더불어 종합적 연구가 있어야 할 것으로 생각된다.

결 론

조사기간 동안 출현한 개체 중 가장 크기가 큰 암컷은 2009년 12월의 전장 35.7cm이었고 수컷은 2009년 9월의 27.3cm이었다. 완숙단계의 개체는 2008년에는 7–9월, 2009년에는 6–10월까지 완숙개체가 출현하였으며 11월부터 이듬해 4월까지의 미숙 단계의 개체만 출현하였다. 또한 눈볼대 암컷과 수컷의 GSI 최대값은 2008년과 2009년 모두 6월부터 증가하기 시작하여 9월까지 높은 값을 나타내었으며, 이후 10월부터 감소하기 시작하여 이듬해 5월까지 낮은 값을 보였고, 평균값의 변화도 최대값의 변화와 유사한 경향을 나타내었다. 난소의 생식주기는 미숙기, 성장기, 난황포, 난황구기, 완숙기 및 휴지기로 나눌 수 있었다. 따라서 월별 성숙상태와 생식소 속도지수의 변화 및 생식주기로부터 추정된 눈볼대의 주 산란기는 7–9월로 추정되었다. 눈볼대의 포란수는 최대 652,000개 (TL 33.5cm), 최소 115,500개 (TL 28.2cm)로 계측되었다. 포란수 (Fe)와 체장 (TL)의 관계식은 $Fe=0.0017TL^{5.5112}$ 으로 나타나 체장이 증가할수록 포란수도 증가하는 경향으로 나타났다. 암컷은 전장 26cm 이하에서는 성숙개체가 출현하지 않았고, 32cm 이상의 개체에서는 대부분 성숙한 개체로 판명되었다. 암컷의 50% 성숙체장은 이들 체급별 성숙개체의 출현 비율을 logistic식에 적용한 결과 전장 29.6cm로 추정되었다.

사 사

이 논문은 2007년 정부 (교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구 (KRF-2007-611-F00004)와 국립수산과학원 (RP-2010-FR-031)의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- Cha, H.K. and D.W. Lee, 2004. Reproduction of the Hairtail, *Trichiurus lepturus* Linnaeus in Korean waters. *J. Kor. Soc. Fish. Res.*, 6 (2), 54–62.
- Cha, H.K., Y.M. Choi, J.H. Park, J.Y. Kim and M.H. Sohn, 2002. Maturation and spawning of the Chub mackerel, *Scomber japonicus* Houttuyn in Korean waters. *J. Kor. Soc. Fish. Res.*, 5, 24–33.
- Cha, H.K., J.B. Lee, S.K. Kang, D.S. Chang and J.H. Choi, 2009. Reproduction of the jack mackerel, *Trachurus japonicus* Temminck et Schlegel in the coastal waters around Jeju island, Korean. *J. Kor. Soc. Fish. Tech.*, 45 (4), 243–250.
- MIFAFF, 2008. Food, Agriculture, Forestry and Fisheries Statistical Yearbook, 1–453.
- NFRDI, 2005. Ecology and fishing ground of major commercial species in the Korean waters. National Fisheries Research and Development Institute. Ye-Moon Publsh. Co., pp. 383.
- Park, Y.C., B.Y. Cha and H.K. Cha, 1999. Maturation and spawning of the Yellow Goosefish, *Lophius litulon* (Jordan) in Korean waters. *J. Kor. Soc. Fish. Res.*, 2, 84–91.
-
- 2010년 9월 3일 접수
2010년 11월 1일 1차 수정
2010년 11월 9일 2차 수정
2010년 11월 9일 수리