

## 한국 남해에 출현하는 떡장어 *Eptatretus burgeri*의 재생산 특성

김두남 · 황강석<sup>1</sup> · 차형기<sup>2</sup> · 박준수<sup>3</sup> · 김정년<sup>3</sup> · 문성용<sup>3</sup> · 이정훈<sup>4\*</sup>

국립수산과학원 원양자원과, <sup>1</sup>국립수산과학원 제주수산연구소, <sup>2</sup>국립수산과학원 연근해자원과,  
<sup>3</sup>국립수산과학원 수산자원연구센터, <sup>4</sup>국립수산과학원 독도수산연구센터

### Reproduction characteristics of hagfish *Eptatretus burgeri* in the South Sea of Korea

Doo-Nam KIM, Kang-Seok HWANG<sup>1</sup>, Hyung-Kee CHA<sup>2</sup>, Jun-Su PARK<sup>3</sup>, Jung-Nyun KIM<sup>3</sup>, Seong-Yong MOON<sup>3</sup>  
and Jeong-Hoon LEE<sup>4\*</sup>

*Distant Water Fisheries Resources Research Division, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Korea*

*<sup>1</sup>Jeju Fisheries Research Institute, National Institute of Fisheries Science, Jeju 63068, Korea*

*<sup>2</sup>Coastal Water Fisheries Resources Research Division, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Korea*

*<sup>3</sup>Fisheries Resources Research Center, National Institute of Fisheries Science, Tongyeong 56034, Korea*

*<sup>4</sup>Dokdo Fisheries Research Center, National Institute of Fisheries Science, Pohang 37709, Korea*

The reproduction characteristics of hagfish *Eptatretus burgeri* were examined using individuals caught in the South Sea of Korea. The spawning season and size at minimum sexual maturity of this species were characterized based on a gonad-somatic index (GSI) and monthly variation egg size (long axis). From monthly variation of GSI, the spawning season was estimated to be from August to September. Developing eggs larger than 10 mm were found in March, and the largest egg size was found in July. The first spawning length was 34.2 cm TL. Batch fecundity ranged from 13 to 117 eggs for hagfish sized from 34.2 cm TL to 77.0 cm TL, respectively, and increased linearly with total length.

Keywords : Hagfish, First spawning length, Spawning season

#### 서론

떡장어목 피장어과에 속하는 떡장어(*Eptatretus burgeri*)는 우리나라 동해 남부와 제주도를 포함한 남해, 일본 중부이남, 중국, 대만 등에 분포하는 종으로, 몸은 긴 원통형이고 꼬리는 납작하며, 콧구멍과 입 양쪽에는 육질로 된 3쌍의 수염이 있다(Kim et al., 2005). 눈은 퇴화되어

있고, 체측에는 1열로 된 대형의 점액선 slime gland가 이 종의 가장 큰 특징이며, 점액질은 특별한 반응(포식 등)이 있을 때 방출한다(Spitzer and Koch, 1998).

떡장어는 주로 100 m 이내의 내만에서 서식하고, 야행성으로 어류나 고래류의 사체를 먹는 부식자(Phagozoite)로 알려져 있으나, 위내용물 조사에 의하면

\*Corresponding author: jhoonlee@korea.kr, Tel: +82-54-724-1010, Fax: +82-54-724-1088

소형어류, 두족류, 갑각류, 다모류 등 소형 무척추동물을 섭식한다고 보고되었다(Martini, 1998).

국내에서 어획되는 대부분의 먹장어는 주로 붕장어 (*Conger myriaster*) 통발에 혼획되는 개체들로 생산량은 3년 평균(2014-2016년) 약 74톤 내외이다(MOF, 2017). 과거 일본에서는 붕장어 어업에 혼획되는 먹장어의 체표면에서 분비되는 점액질이 붕장어의 상품가치를 하락시킨다는 이유로 혼획저감을 위한 노력을 기울인 반면, 한국에서는 식자재로 널리 사용되어 한국어선이 일본연안에서 먹장어를 어획할 목적으로 조업하는 경우도 있었다(Harada et al., 2006). 먹장어의 정확한 통계자료는 남아 있지 않지만, 1999년 한일어업협정 이후 일본연안에서 조업이 금지됨에 따라 한국의 먹장어 어획량이 크게 감소되었다는 보고가 있다(Harada et al., 2006). 먹장어와 같이 자원량은 비교적 적으나, 어획강도가 높을 수 있는 어종에 대해서는 우선적인 자원관리가 요구된다. 효율적인 자원관리를 위해서는 생태학적 연구가 선행되어야 하지만, 국내에서는 먹장어에 대한 연구가 전무한 실정이다. 본 연구에서는 먹장어의 재생산 특성을 파악하여 포획금지체장 및 포획금지기간 설정 등 자원 관리에 필요한 기초자료를 제공하는데 목적이 있다.

## 재료 및 방법

본 연구에서는 2014년 1월부터 11월까지 경남 남해안 지역 붕장어 통발에 혼획되어 위판된 살아 있는 먹장어를 매일 구입하여 분석시료로 사용하였다. 채집한 먹장어는 총 914개체로 전장(Total length; TL, cm), 항문장(Anal length; AL, cm) 및 체중(Body weight; BW, g)을 측정하였다. 그 중 매일 30개체씩 무작위로 선정하여 해부하고, 암·수확인 후 생식소를 분리하여 생식소 중량(Gonad weight; GW, 0.01 g)을 측정하였다. 살아있는 장어류의 측정은 측정 또는 해부시 오차를 유발할 수 있기 때문에 정확한 측정을 위해서 구입 후 약 12시간 정도 냉장보관(4℃) 후 실시하였고, 적출한 생식소는 10% 중성포르말린에 고정된 후, 추후에 난경 측정에 사용하였다.

발달중인 성숙난은 Yukki et al. (2003)을 참고하여 10 mm 이상의 난으로 판단하였고, 성숙난의 유무로 최소성숙전장과 최소성숙항문장을 추정하였다. 성숙난을 계수하고 난장경을 0.1 mm단위로 측정하여 개체당 포란수

를 추정하였고, 난장경의 월변화 및 생식소중량지수(Gonado-somatic index; GSI=GW/(BW-GW)×100)의 월변화로 산란기를 추정하였다.

## 결과 및 고찰

조사한 개체들의 전장범위는 15.4~82.4 cm로 평균 34.6 cm였고, 조사 기간 중 월별로 뚜렷한 전장의 변화는 보이지 않았으나, 7월과 9월에는 평균 전장 보다 작은 개체의 비율 높은 경향을 보였다(Fig. 1).

생식소중량지수는 0.01~26.37의 범위로 월평균 0.25~5.99로 나타났으며, 7월에 5.99로 가장 높았고, 9월부터 감소하기 시작한 후 11월에 가장 낮은 값인 0.25을 보였다(Fig. 2). 또한 1~2월, 9~11월에는 1 mm 전후의 난이 생식소 내에 다수 존재한 반면, 3월부터 10 mm 이상의 난이 나타나기 시작하였다. 7월까지 20~23 mm 내외의 난으로 커진 후(Fig. 3), 9월부터는 다시 1 mm 내외의 난이 관찰됨에 따라 3월부터 급격하게 난황이 축적되면서 난의 크기가 커지고, 7월경 최성숙기에 이르면서 그 이후 산란이 이루어지는 것으로 추정된다.

Nozaki et al. (2000)은 일본의 Sagami만에서 채집된 먹장어 난소 내 난은 9월에 가장 크고 10월에 가장 작았다는 보고를 하였고, Shimane현 해역에 서식하는 먹장어도 9월에 난의 크기가 가장 크고, 10월 이후에는 난소 내에 10 mm 이상의 난이 출현하지 않아 9월에 주로 산란이 이루어진다고 보고하였다(Yukki et al., 2003). 본 연구결과에서는 8월이 산란기로 추정되어 Nozaki et al. (2000)과 Yukki et al. (2003)이 보고한 9월보다 약 한달 차이를 보이지만, 그 차이는 수온 등 채집해역의 해양환경 특성 차이로 판단된다. 먹장어는 비교적 얕은 수심에서 서식하다가 산란시기가 되면 수심이 깊은 곳으로 이동하는 종으로 알려져 있는데(Tsuneki K et al., 1983; Nozaki et al., 2000; Kobayashi et al., 1972), 이는 서식처의 수온대 변화와 산란시기가 일치하면서 나타나는 현상으로, Tsuneki et al. (1983)은 먹장어가 서식할 수 있는 최대 수온을 22℃ 내외로 보고 하여, 22℃ 내외의 수온대가 형성되는 시기에 수온이 낮은 비교적 깊은 수심으로 이동하고, 이동 후 산란이 이루어지는 것으로 추정할 수 있다. 일본 기상청에서 제공하는 1982년에서 2010년까지의 Sagami만과 Shimane현 해역에서의 29년간(1982~2010년) 평년치 수온 분포를 보면, 먹장어 산란

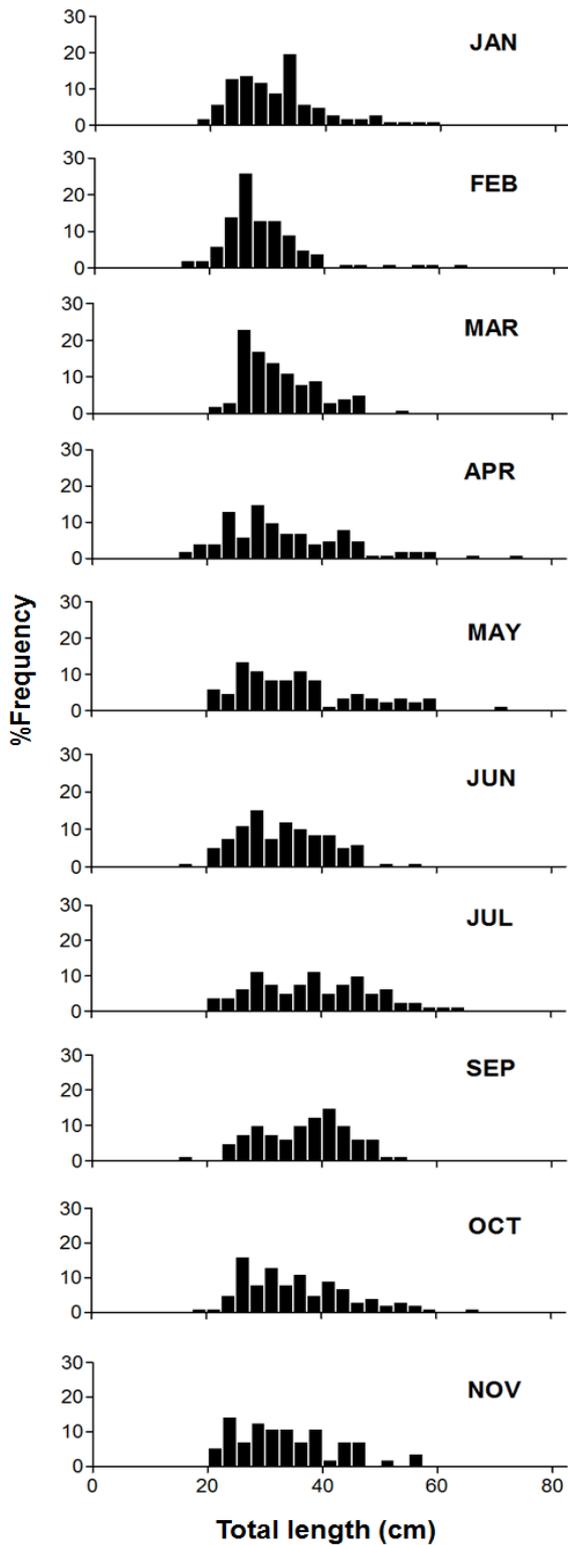


Fig. 1. Frequency distribution histograms of the total length of the female hagfish collected from January to November, 2014 in the South Sea of Korea.

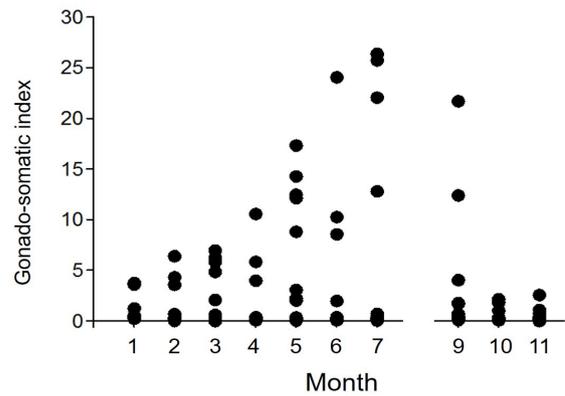


Fig. 2. Monthly variation of gonado-somatic index (GSI) for females hagfish *Eptatretus burgeri* in the South Sea of Korea.

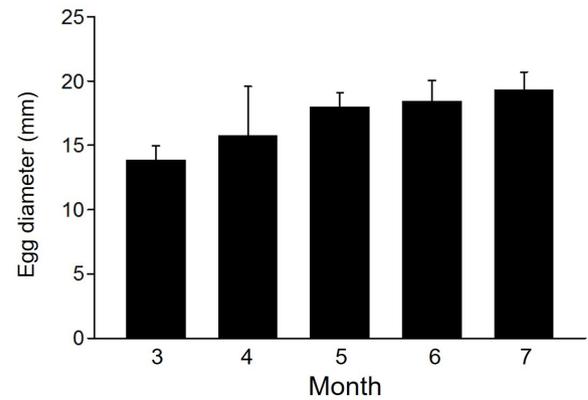


Fig. 3. Monthly variation of egg diameter (long axis) of females hagfish *Eptatretus burgeri* in the South Sea of Korea. Eggs more than 10 mm are considered to be maturation.

시기인 9~10월에 50 m에서 22℃ 주변온도를 보인 반면, 100 m 정도의 깊은 수심에서는 16~20℃ 정도의 수온대를 보여 이시기에 이동과 산란이 이루어지는 것을 확인할 수 있다(Fig. 4).

Yukii et al. (2003)의 과거 연구에 의하면 육안으로 성별이 확인 가능한 전장을 약 23 cm라고 보고하였으나, 본 연구에서 수컷으로 확인되는 개체는 없었다. 또한 Tsuneki et al. (1983)의 연구에서 보고된 자웅동체 개체도 확인되지 않았다. 이는 붕장어 암·수의 서식범위가 계절 또는 연급군의 차이에 따라 상이한 것처럼 (Okamura et al., 2000), 어획위치가 어획된 먹장어의 성비에 영향을 줄 수 있는 것으로 추정된다. 하지만 육안으로 확인 되지 않는 전장 약 23 cm 미만을 포함하여 먹장어의 정확한 어획위치와 어획된 먹장어의 생식소

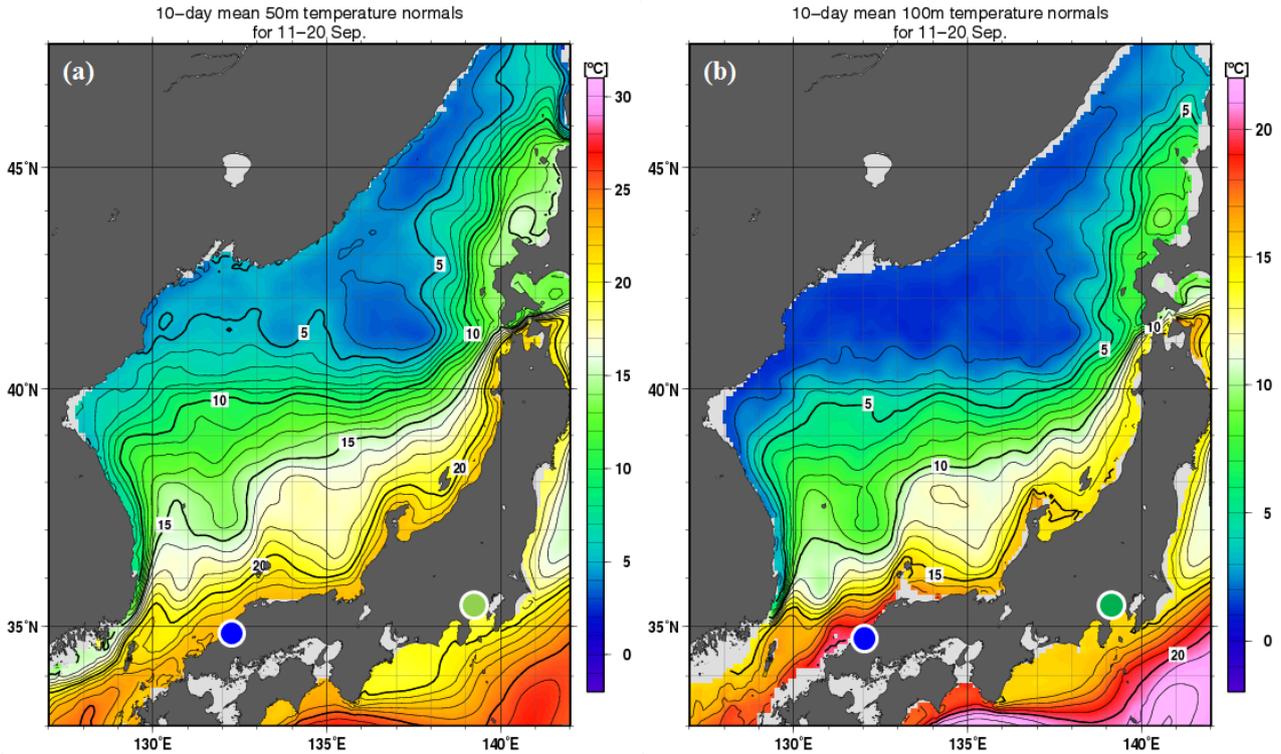


Fig. 4. 10-day mean 50 m (a) and 100 m (b) water temperature normals in the coastal waters off Simane Prefecture (red circles) and Sagami Bay (white circles), Japan, for 11-20 September. Water temperature normals based on long-term average (1982-2010).

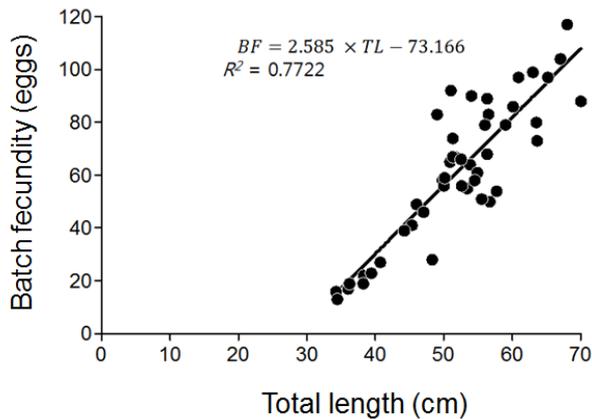


Fig. 5. Relationship between total length and batch fecundity of hagfish *Eptatretus burgeri* in the South Sea of Korea.

조직관찰로 이 부분에 대한 정확한 구멍이 필요할 것으로 판단된다.

본 연구에서 확인된 10 mm 이상의 난을 가진 최소크기의 개체는 전장 34.2 cm로 난수 13개로 관찰되기 시작

하여, 전장 70.0 cm에서 최고 117개의 난이 관찰되었다 (Fig. 5). 전장과 난수의 관계는 Batch fecundity =  $2.585 \times TL - 73.166$ 의 선형관계를 보였다. Yukii et al. (2003)도 Simane현 먹장어의 최소성숙체장은 34 cm, 암컷 한 마리가 난소내 가지고 있는 성숙난(난경 10 mm 이상)은 18~74(평균 37개)개로 상당히 적은 것으로 보고하여, 먹장어의 최대 포란수는 100여개 내외로 암컷 1마리당 산란수가 아주 적은 것을 알 수 있다.

측정에 사용된 모든 개체 중 59.3%가 최소성숙체장 미만의 개체인 것으로 나타났다. 먹장어는 붕장어 어획 시 부수 어획되는 것이 대부분이기 때문에 붕장어를 주로 어획하는 수심대가 거의 일정하다면, 산란기에 비교적 수심이 깊은 곳으로 이동하는 성숙한 개체의 먹장어는 채집하는데 어려움이 있으므로 이와 같은 결과가 초래된 것으로 판단된다. 물론 표본채집의 정도 향상을 위해 고려되어야 할 사항은 있지만, 실제 현장에서 어획되는 개체를 무작위로 구입하여 측정했다는 것을 고려하면 실제로 어획되는 미성어의 비율이 큰 것으로 판단

된다. 향후 자원관리를 위해서는 월별·수심대별 어획상황에 대한 추가적인 정보를 축적해서 분석한다면 미성어 또는 산란친어 보호구역 등 설정에 필요한 기초자료가 마련될 것으로 판단된다.

먹장어는 산란 후 부화하는데 소요되는 기간이 5~7개월(Ota et al., Nature 2007), 최소성숙크기까지 성장하는데 4년 이상의 시간이 소요되는 것으로 추정되고, 산란수도 100여개 내외로 적어, 한번 붕괴된 자원을 회복하는 데에는 상당한 시간이 소요되므로, 먹장어 자원을 지속적으로 이용하기 위해서는 관리방안 마련이 시급한 어종으로 판단된다.

### 결론

남해안에서 어획된 먹장어의 재생산 특성을 파악하기 위하여 2014년 1~11월까지 월별로 구득한 시료를 이용하여 생식소중량지수 변화 및 난경 변화를 분석하였다. 생식소중량지수는 0.01~26.37의 범위로 7월에 가장 높고 이후 점차 감소하는 추세를 보였으며, 난경은 3월부터 10 mm 전후로 증가하기 시작하여 7월에 20~23 mm 범위로 커진 후 산란이 이루어지는 것으로 확인되었다. 최소성숙체장은 34.2 cm였으나, 측정에 사용된 모든 개체 중 54.9%가 최소성숙체장 미만의 크기로 대부분을 차지하여 실제 어획상황을 고려하면 자원관리가 시급한 종으로 판단된다.

### 사사

본 연구는 2018년도 국립수산과학원 수산과학연구소 연구업 독도 및 심해생태계 수산자원조사(R2018027)의 지원으로 수행되었으며, 연구비 지원에 감사드립니다.

### References

Harada M, Tokai T, Uchida K and Shimizu T. 2006. Distribution of white-spotted conger eel *Conger myriaster* and hagfish *Eptatretus burgeri* in the shallow region of Tokyo Bay. *Nippon Suisan Gakkaishi* 72, 894-904. (DOI:10.2331/suisan.72.894)

Kim IS, Choi Y, Lee CY, Lee YJ, Kim BJ and Kim JH. 2005. Illustrated book of Korean Fishes. Kyohak Publishing Co. Ltd, 1-44.

Kobayashi H, Ichikawa T, Suzuki H and Sekimoto M. 1972. Seasonal migration of the hagfish, *Eptatretus burgeri*. *Jap J Ichthyol* 19, 191-194. (DOI:10.2108/zsj.17.217)

Martini FH. 1998. The ecology of hagfishes. In J.M. Jorgensen, J.P. Lomholt, R.E. Weber, and H. Malte, eds. The biology of hagfishes. Chapman & Hall, London, 57-77.

MOF. 2017. Fisheries Information Service, <http://www.fips.go.kr/>

Nozaki M, Ichikawa T, Tsuneki K and Kobayashi H. 2000. Seasonal development of gonads of the hagfish, *Eptatretus burgeri*, correlated with their seasonal migration. *Zool Sci* 17, 225-232. (DOI:10.2108/zsj.17.225)

Okamura A, Utoh T, Zhang H, Yamada Y, Horie H, Mikawa N, Tanaka S, Motonobu T and Oka H. 2000. Seasonal changes in maturity in the conger eel *Conger myriaster* at the pacific coast of Atumi peninsula, central Japan. *Nippon Suisan Gakkaishi* 66, 412-416. (DOI:10.2331/suisan.66.412)

Ota KG, Kuraku S and Kuratani S. 2007. Hagfish embryology with reference to the evolution of the neural crest. *Nature* 446, 672-675. (DOI:10.1038/nature05633)

Spitzer RH and Koch EA. 1998. Hagfish skin and slime glands. In JM Jorgensen, JP Lomholt, RE Weber, and H Malte, eds. The biology of hagfishes. Chapman & Hall, London., 109-132.

Tsuneki K, Ouji M and Saito H. 1983. Seasonal migration and gonadal changes in the hagfish *Eptatretus burgeri*. *Jap J Ichthyol* 29, 429-440.

Yuki Y, Ishida K and Yasugi S. 2003. The ecology of hagfish *Eptatretus burgeri* and the fisheries actual condition in the Japan Sea off Shimane Prefecture. *Bull Shimane Pref Fish Expl Stn* 11, 1-6.

2017. 10. 19 Received

2018. 03. 23 Revised

2018. 05. 09 Accepted