

강원도 연안 대문어의 성숙과 산란

이성일 · 양재형* · 이해원 · 김종빈 · 차형기
국립수산과학원

Maturity and spawning of the giant Pacific octopus, *Octopus dofleini* in the coast of Gangwondo, East Sea

Sung Il LEE, Jae Hyeong YANG*, Hae Won LEE, Jong Bin KIM and Hyung Kee CHA

National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-705, Korea

Maturity and spawning of the giant Pacific octopus, *Octopus dofleini* was investigated based on the samples collected in the coast of Gangwondo, East Sea, from January to December in 2009. Individuals of mature stage had a higher occurrence rate from February to May, and gonadosomatic index (GSI) also showed a higher value from February to May than the other months. For that reason, the spawning period was estimated from February to May with the main spawning period from March to May. The total number of eggs in the fecundity (F) ranged from 9,045 in 11.0 kg (TW) to 148,682 in 16.5 kg (TW), which was proportional to total weight (TW), and the relationship between total weight and fecundity was $F = 0.185 \times TW^{2.238}$ ($R^2 = 0.389$). The total weight at 50% group maturity ($TW_{0.5}$) of female was estimated to be 12.2 kg.

Keywords : Giant Pacific Octopus, *Octopus dofleini*, Maturity, Spawning, East Sea

서 론

대문어 (*Octopus dofleini*)는 두족강 (Class Cephalopoda), 문어목 (Order Octopoda), 문어과 (Family Octopodidae)의 연체동물로 우리나라, 일본, 아류산열도, 알래스카 등에 분포한다. 대문어는 연안 저서종으로 수심 200 m의 대륙붕 사면까지 서식하며, 산란기가 되면 수심 50~60 m의 연안 얕은 곳으로 이동하여 암초, 자갈 등에 부착난을 산란한 후 깊은 곳으로 이동하는 것으로 알려져 있다 (Fukuda, 1990; Fukuda, 1995; NFRDI, 2005).

우리나라에서는 문어가 연안통발, 연안복합, 연안자망, 기타통발 등에서 어획되고 있다. 그러나 어획통계자료가 종 구분없이 문어류로 집계되고 있어 정확한 어종별 어획실태파악은 어려운 실정이다. 대문어는 주로 동

해안에서 어획되고 있는데, 동해안 문어연승 및 통발어업에 의한 문어류 어획실태를 설문조사한 결과에서 대문어가 문어류 어획량의 90% 이상을 차지하고 있는 것으로 확인되어, 동해안에서는 어업적으로 중요한 종이다.

대문어와 같은 팔완류의 재생산과 관련한 생태학적 연구동향을 살펴보면, 국외에서는 대문어 *O. dofleini* (Fukuda and Yamashita, 1978; Fukuda, 1990, 1995; Sato, 1996; Sano, 2006), 참문어 *O. vulgaris* (Rodríguez-Rua et al., 2005; Rosa et al., 2004), *O. defilippi* (Rosa et al., 2004), *O. pallidus* (Leporati et al., 2008), *Eledone moschata* (Silva et al., 2004; Šifner and Vrgoč, 2009), *Pteroctopus tetracirrhous* (Quetglas et al., 2009) 등의 연구가 있었고, 국내에서는 참문어 *O. vulgaris* (Kim et al., 2008), 낙지 *O. minor*

*Corresponding author: yangjih159@korea.kr Tel: 054-724-1020 Fax: 054-724-1088

(Kim et al., 2004; Kim and Kim, 2006; Kim and Kim, 2007), 주꾸미 *O. ocellatus* (Chung et al., 1999; Kim, 2003) 등에 대한 연구가 수행되었으나 대문어에 관한 연구는 거의 전무한 실정이다.

일본의 연구결과에 의하면, 대문어는 지역적으로 차이가 있지만 봄~여름 사이에 산란하고 (Fukuda, 1995; Sato, 1996; Sano, 2006), 부화 후 4년 정도가 되면 30 kg 이상으로 크는 성장이 빠른 종이다 (Fukuda, 1995). 대문어는 재생산력이 비교적 낮은 종이기 때문에, 지속적인 이용을 위해서는 이들 자원에 대한 적절한 관리가 필요하다. 현재 수산자원관리법 (포획금지체중 300 g)에 의거 관리되고 있으나, 대문어는 그 명칭에서도 알 수 있듯이 문어류 중에서도 대형종에 속하므로, 합리적인 자원관리를 위해서는 이들에 대한 정확한 생태학적 정보가 필요하다.

본 연구는 우리나라 강원도 연안에 분포하는 대문어의 재생산에 관한 연구의 일환으로 생식소 발달과정, 생식소 속도지수의 변화, 포란수, 군성숙체중 등을 분석하여 대문어의 성숙과 산란을 밝히는데 목적을 두고 있다.

재료 및 방법

본 연구에서 사용한 대문어 시료는 2009년 1월부터 12월까지 우리나라 강원도 강릉시 주문진 연안에서 통발 및 연승어업에 의해 매월 어획된 것이며 (Fig. 1), 개체수는 총 538마리이었다. 채집된 시료는 실험실에서

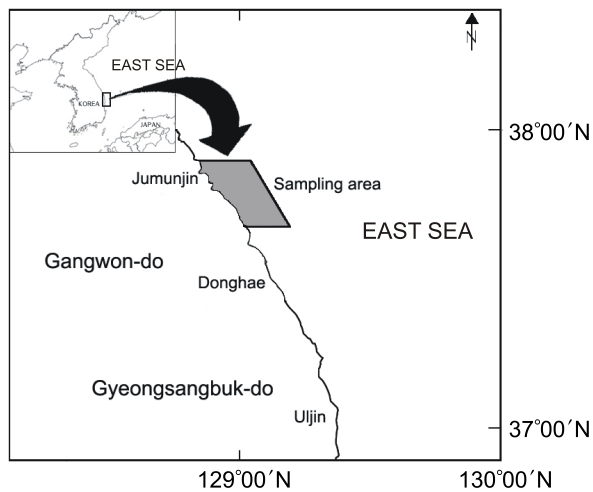


Fig. 1. Sampling area of the giant Pacific octopus, *Octopus dofleini* in the coast of Gangwon-do, East Sea.

암수 구분하여 체중 (TW)은 1 g까지, 그리고 생식소중량 (GW)은 0.01 g까지 측정하였다.

대문어의 생식소 발달과정은 생식소 크기, 색조, 난의 투명상태, 난립의 크기 등을 기준으로 생식소 속도단계를 미숙 (Immature), 중숙 (Maturing), 완숙 (Mature)의 3 단계로 구분하여 분석하였다.

생식소 속도지수 (GSI)의 월 변화는 다음 식으로 구하였으며,

$$GSI = \frac{GW}{TW - GW} \times 10^2$$

여기서, GW는 생식소중량 (g)을, 그리고 TW는 체중 (g)을 나타낸다.

포란수 (F)는 완숙단계의 개체 중에서 산란하지 않았다고 판단되는 개체를 선정하여 미세한 침에 의해 완전히 분리해서 해부현미경으로 계수한 후, 승중량법으로 구하였다.

$$F = \frac{A - B}{C} \times e$$

여기서, A는 난소의 중량, B는 난소 껍질의 중량, C는 난소 일부의 중량, 그리고 e는 C의 난수이다.

군성숙도는 산란기로 추정되는 시기에 성숙 이상의 개체를 당해연도 산란가능군으로 보고 총 개체수에서 성숙된 개체의 비율을 구하여 로지스틱식 (Zhang, 1991) 으로부터 50%에 해당하는 군성숙체중 (TW_{0.5})을 추정하였다.

$$S(TW) = \frac{1}{1 + e^{(S_1 - S_2)TW}}$$

여기서, TW는 체중, S(TW)는 체중 TW에 대한 군성숙 비율, 그리고 S₁, S₂는 상수이다.

결 과

체중조성

본 연구에 사용된 대문어의 체중범위는 암컷은 0.34 ~ 17.95 kg이었고, 수컷은 0.32 ~ 20.93 kg이었으며, 평균 체중은 암수 각각 6.83 kg, 7.77 kg이었다 (Fig. 2). 월별로 살펴보면, 암수 모두 1월 및 6~11월에는 6 kg 미만의 소형개체가 많았고, 2~5월, 그리고 12월에는 12 kg 이상의 대형개체가 많았다 (Fig. 2).

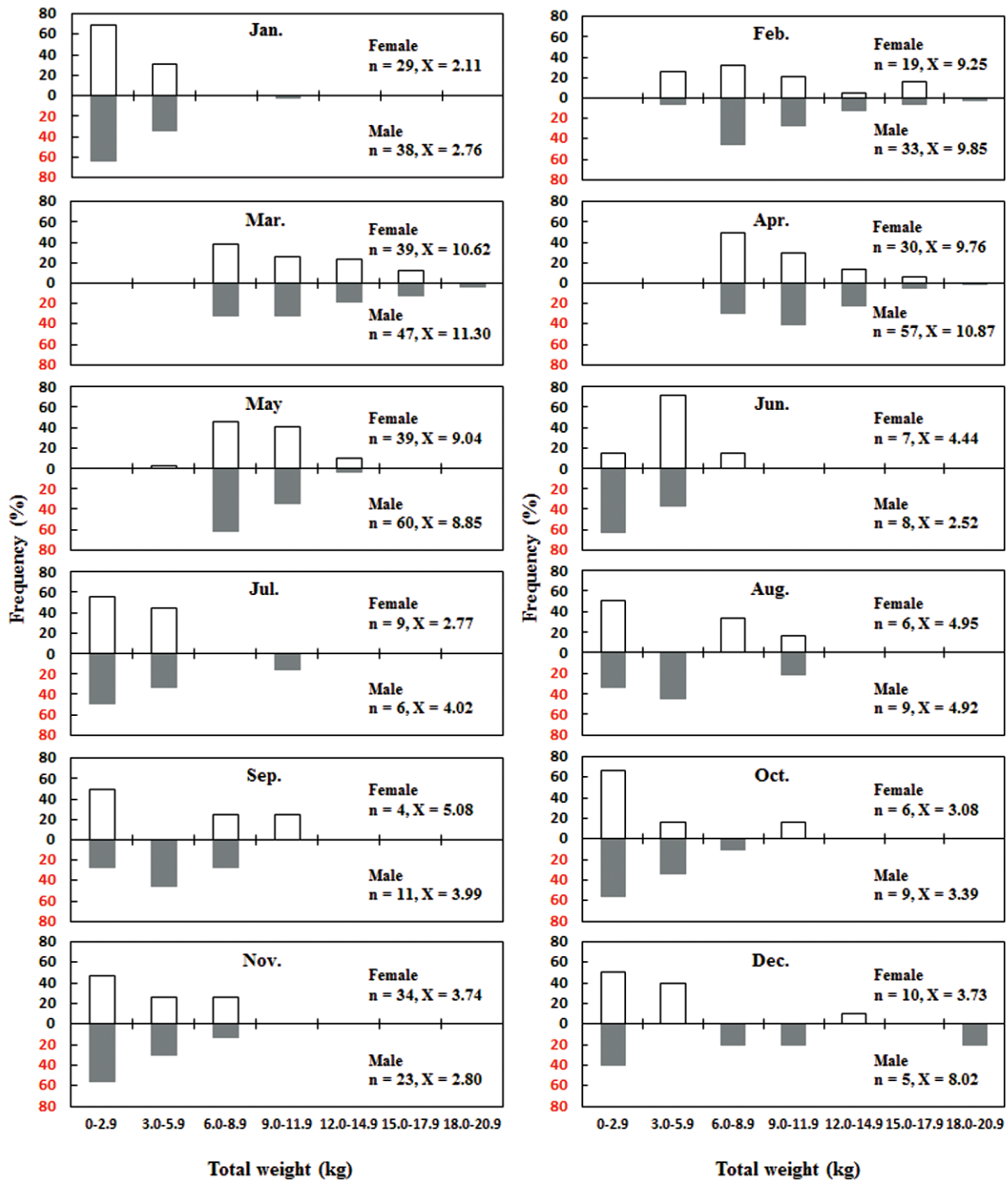


Fig. 2. Monthly distribution of weight frequency of *O. dofeini* sampled in the coast of Gangwondo, East Sea, from Jan. to Dec. in 2009.

성숙도의 월 변화

어체측정시 육안판별로 암수의 생식소 속도를 3단계 (미숙, 중숙, 완숙)로 구분하여 분석하였다. 암컷 난소의 발달을 단계별로 보면, 미숙은 불투명한 유백색을 띠었고, 중숙은 유백색의 상태로 크기가 미숙에 비해 증가하

였으며, 완숙은 크기가 눈에 띄게 크게 증가하고 탄력적이며 난소의 색은 투명한 밝은 황색으로 변한 것을 확인할 수 있었다 (Fig. 3A). 산란 직전 체내에 품고 있는 난은 장난형으로 황색을 띠었고, 점착난의 난피로 서로 얽혀 약 10 cm 가량의 방산 (Dispersion)의 난피를 형성하

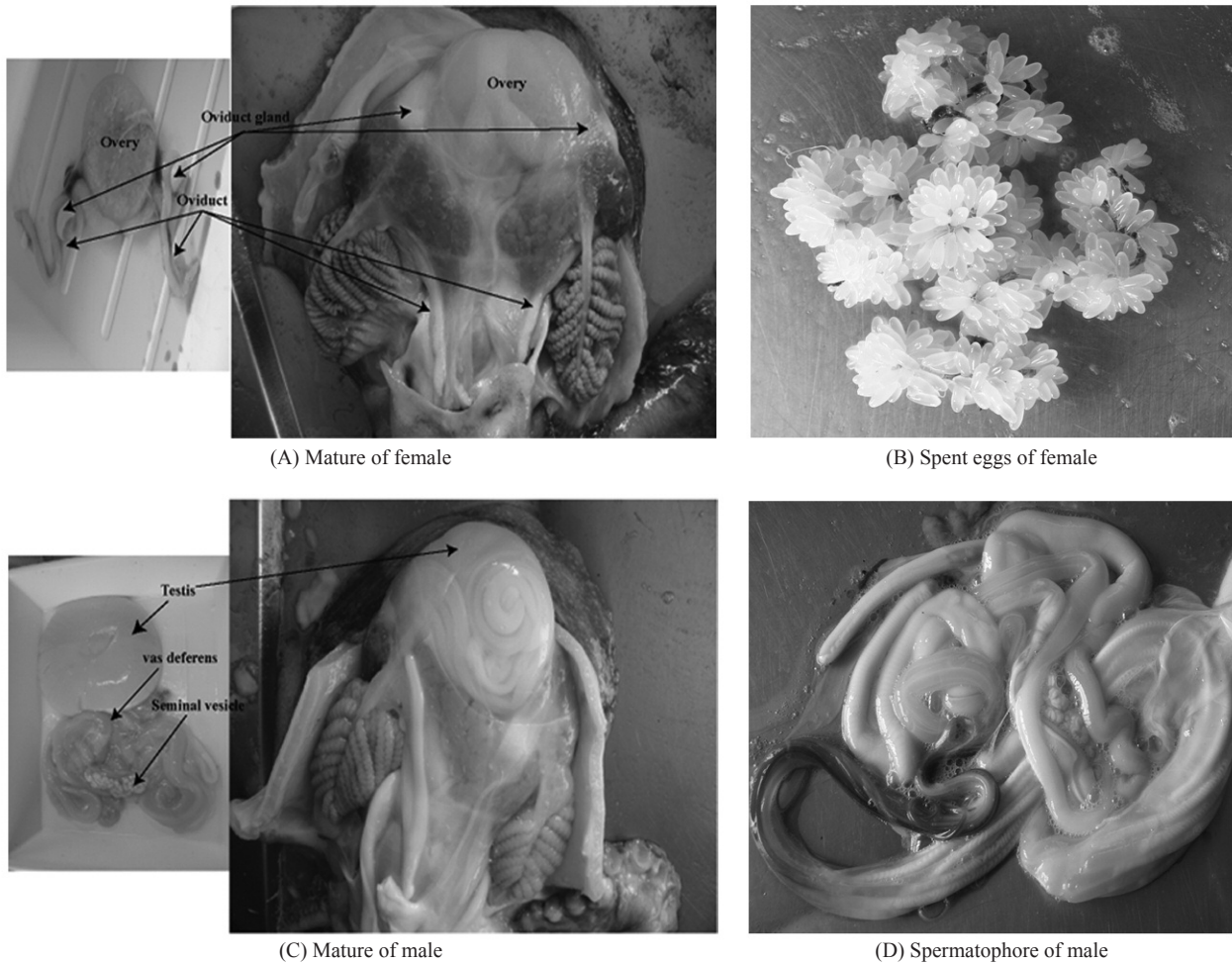


Fig. 3. Reproductive organs of female and male *O. dofleini* in the coast of Gangwondo, East Sea.

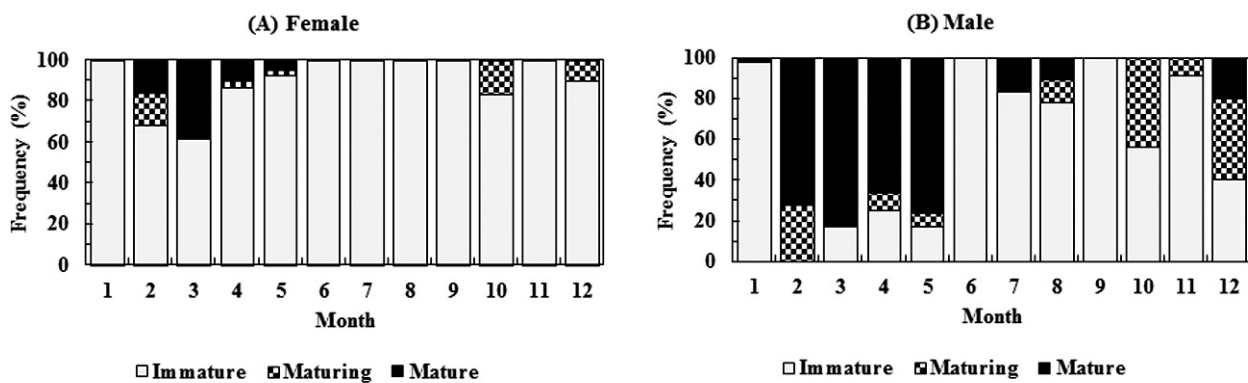


Fig. 4. Monthly changes in maturity stages of female and male *O. dofleini* in the coast of Gangwondo, East Sea, from Jan. to Dec. in 2009.

고 있었다 (Fig. 3B). 수컷 정소의 발달을 단계별로 보면, 미숙은 불투명한 유백색을 띠었고, 중숙은 불투명한 유백색이 점차 탄력적으로 보였다. 완숙은 정소의 크기가 크게 팽창하여 불투명한 유백색의 난소와 정관이 파리

형태로 형성되어 있었고 (Fig. 3C), 완전히 성숙되면 10개 내외의 성숙한 정핵 (Spermatophore)을 체내에 가지고 있었다 (Fig. 3D).

대문어의 성숙도의 월 변화는 암컷은 완숙상태의 개체

가 2~5월에 5~38%가 출현하였으며, 특히 3월에 38.5%로 가장 높은 출현율을 보였고, 6월 이후에는 미숙상태의 개체만이 출현하다가 10월부터 중숙상태의 개체가 출현하기 시작하였다 (Fig. 4A). 수컷은 2~5월에 완숙상태의 개체가 67~83%로 높은 출현율을 보였으며, 6월 이후에는 대부분 미숙상태의 개체가 출현하였고, 10월부터 점차 중숙상태 개체의 출현율이 증가하였다 (Fig. 4B).

생식소 속도지수의 월 변화

대문어 암컷의 생식소 속도지수 (GSI)의 월 변화를 살펴보면 (Fig. 5A), 최대 GSI 값이 2월에 7 이상으로 크게

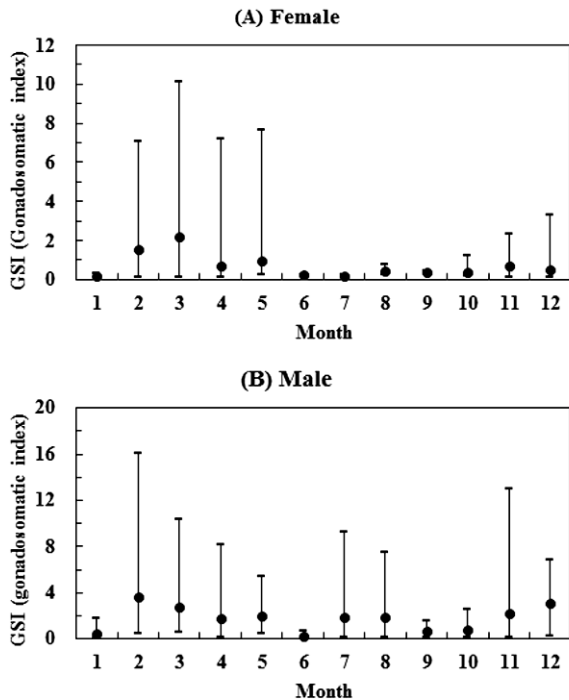


Fig. 5. Monthly changes in gonadosomatic index (GSI) of female and male *O. dofleini* in the coast of Gangwondo, East Sea, from Jan. to Dec. in 2009. Solid circles indicate mean GSI, and vertical bars indicate low and high GSI.

증가하여 3월에 최고치를 나타내었고, 5월까지 7.1~10.1의 높은 값을 보였다. 그 이후 크게 감소하여 낮은 값을 보이다가 10월부터 점차 증가하는 것으로 나타났다. 매월 개체간 GSI 값의 변화 폭이 넓게 분포하고 있으나, 평균 GSI 값의 월 변화가 최대 GSI 값의 변화와 유사한 경향을 나타내었다.

수컷의 GSI의 월 변화도 암컷과 유사한 경향을 보였는데, 11월에 GSI 값이 크게 증가하고 2월에 16 이상의 가장 높은 값을 나타내어 암컷 보다는 빨리 성숙하였다 (Fig. 5B). 다만, 최대 GSI 값이 7~8월에 높은 값을 보인 것은 이 시기에 완숙단계의 개체가 각 1마리씩 채집되었기 때문이다.

따라서 생식소 발달과정 및 생식소 속도지수의 월 변화로부터 대문어의 산란기는 2~5월, 주 산란시기는 3~5월로 추정된다.

포란수

산란기로 추정되는 시기인 2~5월에 산란경험이 없다고 판단되는 성숙상태의 개체 23마리를 대상으로 포

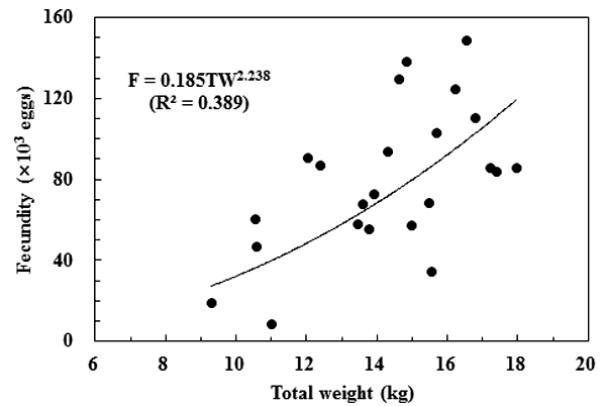


Fig. 6. Relationship between total weight and fecundity of *O. dofleini* in the coast of Gangwondo, East Sea.

Table 1. Total number of eggs and number of eggs per weight (kg) of *O. dofleini* in the coast of Gangwondo, East Sea

Total weight (kg)	Total number of eggs (Mean)	No. of eggs per weight (Mean)	n
8.0 <10.0	19,198	2,070	1
<12.0	9,045~60,514 (38,851)	823~5,752 (3,676)	3
<14.0	55,703~90,760 (72,161)	4,047~7,551 (5,539)	6
<16.0	34,554~138,165 (89,357)	2,225~9,310 (5,977)	7
<18.0	84,203~148,682 (106,683)	4,774~8,992 (6,320)	6

란수를 조사한 결과, 대문어의 포란수는 최소 9,045개 (TW 11.0 kg)에서 최대 148,682개 (TW 16.5 kg)로 계수되어 (Table 1), 체중 (TW)과 포란수 (F)와의 관계식은 $F = 0.185 \times TW^{2.238}$ ($R^2 = 0.389$)이었다 (Fig. 6).

군성숙체중

대문어의 재생산에 참여하는 체중을 알아보기 위해 서 산란기로 추정되는 시기인 2~5월에 채집된 암컷 127마리를 대상으로 체중 1cm 단위로 성숙개체의 비율을 조사하였다. 체중 6 kg (TW) 이하에서는 성숙개체가 전혀 발견되지 않았고, 15 kg (TW) 이상에서는 전 개체가 성숙한 것으로 확인되었다. 따라서 체중별 성숙개체의 비율을 로지스틱식에 적용시킨 결과, 대문어 암컷의 군성숙체중 (TW_{0.5})은 12.2 kg으로 추정되었다 (Fig. 7).

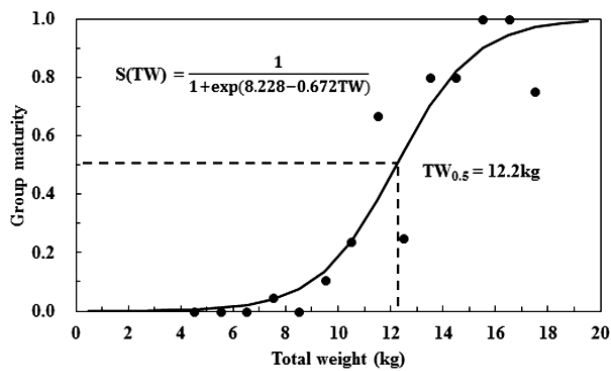


Fig. 7. Relationship between total weight and group maturity of female *O. dofleini* in the coast of Gangwondo, East Sea.

고찰

대문어는 수심 200 m까지 서식하는 연안 저서종으로 10~11월경에 연안의 얇은 곳으로 이동해 와서 봄~여름 사이에 50~60 m 수심의 얇은 암초, 자갈 등에 부착난을 산란한 후 깊은 곳으로 이동하는 것으로 알려져 있다 (NFRDI, 2005).

본 연구는 강원도 연안에 서식하는 대문어에 대한 산란생태를 밝히고자 수행되었고, 그 결과, 성숙도의 월 변화에서 완숙상태 개체의 출현율이 2~5월에 높고, 생식소 속도지수의 월 변화에서 역시 GSI 값이 2~5월에 높은 값을 나타내어 강원도 연안 대문어의 산란시기는 2~5월, 주 산란시기는 3~5월로 추정되었다.

일본 아오모리현 (靑森縣) 시리야자키 (尻屋崎) 연안

Table 2. Comparison of spawning periods of *O. dofleini* by region

Region	Spawning period	Reference
Aomori Prefecture, Japan	Jan.~May*	Sato (1996)
Tsugaru strait, Japan	Mar.~May	APFRC (2013)
Hokkaido Prefecture, Japan	Apr.	Sano (2006)
Gangwondo, Korea	Feb.~May	This study

* indicates period when individual of mature stage occurred.

대문어의 성 성숙에 관한 연구 (Sato, 1996)에서 암컷의 미숙개체는 연중, 성숙개체는 1~5월에, 그리고 수컷의 미숙개체는 연중, 중숙개체는 3~12월, 성숙개체는 12~5월에 출현한다고 보고하여, 본 연구의 강원도 연안 대문어의 성숙 출현율과 유사한 경향을 보였다. 일본 북해도 (北海道) 왓카나이 (稚内) 연안 대문어의 번식기에 관한 연구 (Sano, 2006)에서는 암컷은 속도지수가 11~12월, 그리고 3월에 크게 증가하고 수란관구내에 정자를 가지고 있어 4월 전후에 산란하며, 수컷은 속도지수가 10월에 크게 증가하여 12월까지 높은 값을 보이나, 이후 정첩을 보유하고 있어 교접활동을 한다고 보고하였다. 그리고 쓰가루해협 (津軽海峽) 연안의 대문어 산란시기는 3~5월 (APFRC, 2013)로 역시 우리나라 강원도 연안의 대문어의 산란시기와 유사하였다. 따라서 이상의 결과들을 종합해 보면 (Table 2), 우리나라 강원도 연안의 대문어 산란시기는 일본 아오모리현 시리야자키 연안과 쓰가루해협 연안의 대문어와 거의 유사한 것으로 보이고, 보다 고위도인 북해도 왓카나이 연안의 대문어 산란시기는 다소 늦은 것으로 보인다. 일반적으로 저위도 서식어가 고위도 서식어 보다 산란시기가 빠른 것으로 알려져 있으며, 이러한 어류의 생식활동에는 외부환경의 조건, 어미의 영양상태, 호르몬 분비 등이 영향을 미치는 것으로 알려져 있다 (Kim and Zhang, 1994). 우리나라 남해안에 서식하는 낙지의 경우, 같은 종이라 할지라도 서식지역에 따라 산란시기 및 산란빈도간에 차이를 보이는데, 이러한 원인은 서식환경, 서식수심, 수온, 염분 및 먹이와 같은 외적요인의 차로 설명되어 진다 (Kim and Kim, 2006). 따라서 서식해역에 따른 대문어 산란시기의 차를 구명하기 위해서는 이들의 산란에 영향을 미치는 내외부적인 요소, 즉, 해양환경 및 생리생태 등에 대한 종합적인 연구가 필요하다.

Fukuda (1990)는 대문어의 교접시기가 늦은 가을부터 봄으로 11~1월에 이루어진다고 하였고, 아오모리현 시리야자키 연안 대문어의 교접시기는 1~4월이라 보고

하여 (Sato, 1996), 교접시기는 다소 차이가 있으나 대문어는 수온이 낮은 시기에 먹이가 풍부한 수심이 얕은 연안으로 이동하여 섭이활동을 하고 교접·산란하는 것으로 추정된다. Fukuda (1990)에 의하면, 대문어는 교접 시기에 있어서 수컷의 정소는 성숙된 상태이지만 암컷의 난소는 완전히 성숙되지 않은 상태로 이루어지고, 교접 후 암컷의 난소는 급속히 발달하며, 교접을 마친 수컷은 깊은 바다로 이동해 3~4개월 후에 죽고, 암컷은 산란 준비를 위해 얕은 곳으로 이동하여 산란에 적합한 암초지대의 바위동굴이나 암봉 (Rocky ledge) 및 그것과 유사한 구조물 등에서 수정란을 낳는다고 한다. 따라서, 본 연구의 생식소 속도지수 결과에 나타난 바와 같이, 수컷의 GSI 값이 암컷보다 빨리 11월부터 증가하여 2월에 최대치를 보인 것은 수컷의 성 성숙이 암컷보다 빨리 발달하기 때문인 것으로 추정된다.

강원도 연안 대문어의 총 포란수 범위는 9,045~148,682개로, 어체크기가 증가함에 따라 포란수가 기하급수적으로 증가하는 경향을 보였다. 일본 아오모리현 시리야자키 연안 대문어의 총 포란수는 38,000~94,000개로 보고하여 (Sato, 1996), 강원도 연안 대문어의 포란수가 보다 넓은 범위를 나타내었는데, 이는 서식환경 등의 차에 기인한 것으로 보인다. 우리나라 연안에 분포하는 다른 팔완류의 포란수를 살펴보면, 참문어의 포란수는 5,715~240,990개 (Kim et al., 2008), 주꾸미는 285~669개 (Kim, 2003), 낙지는 44~179개 (Kim and Kim, 2006)로, 대문어는 어체크기가 소형인 주꾸미와 낙지 보다는 많은 포란수를 가진 반면, 참문어 보다는 적은 포란수를 가졌다. 이러한 포란수의 차는 이들의 생활사, 수명, 개체 밀도 등에 의한 종족번식력과 관계있는 것이 아닌가 사료된다.

Fukuda (1995)의 사육실험 결과에 의하면, 부화직후의 0.05 g의 대문어 유생은 1년 후에는 40 g, 2~3년 후에는 2 kg, 3년 후에는 1년간 7배에 달하는 14 kg까지, 그리고 4년 후에는 30 kg 이상으로 성장한다고 보고하였다. 또한 표지방류 조사로부터 방류시 1~2 kg이던 개체가 1년 후 재포시에는 평균 7 kg, 3 kg의 개체는 평균 17 kg까지 성장한 것으로 확인되었다 (Fukuda and Yamashita, 1978). 따라서 본 연구에서 대문어의 군성숙체중이 12.2 kg으로 추정되어, 우리나라 강원도 연안의 대문어는 3세 정도가 되어야 성숙 가능한 크기까지 성장하는 것으로 생각된다.

결론

우리나라 강원도 연안에 분포하는 대문어에 대한 성숙과 산란을 밝히기 위해 생식소 발달과정, 생식소 속도지수의 변화, 포란수, 군성숙체중 등을 분석하였다. 성숙도 및 생식소 속도지수의 월 변화로부터, 완숙단계 개체의 출현을 및 GSI 값이 2~5월에 높은 값을 나타내어 대문어의 산란기는 2~5월, 주 산란기는 3~5월로 추정된다. 대문어의 포란수는 최소 9,045개 (TW 11.0 kg)에서 최대 148,682개 (TW 16.5 kg)를 나타내어 체중이 커질수록 포란수가 증가하는 경향을 보였고, 체중 (TW)과 포란수 (F)와의 관계식은 $F=0.185 \times TW^{2.238}$ ($R^2=0.389$) 이었다. 그리고 대문어 암컷의 군성숙체중 (TW_{0.5})은 12.2 kg으로 추정되었다.

사사

본 연구는 국립수산과학원 (RP-2014-FR-005)의 지원에 의해 수행되었습니다.

References

- Aomori Prefectural Fisheries Research Center (APFRC). 2013. *Octopus dofleini*. <http://www.applenet.jp/~aosui/miraisigen/17.pdf>. 20 May 2014.
- Chung EY, Kim BG, Kim SW and Ko TS. 1999. Reproductive ecology of *Octopus ocellatus* on the west coast of Korean Yellow Sea. *J Int Soc Yellow Ses Res* 5, 33–45.
- Fukuda T. 1990. Ecology of *Otopus dofleini* and the effects of artificial reefs. Monthly report of Japan Fisheries Resources Conservation Association No. 318, 8–16.
- Fukuda T. 1995. Ecology of *Octopus dofleini* in the Tsugaru Strait. *The aquaculture* No. 271, 2–15.
- Fukuda T and Yamashita Y. 1978. Study on *Otopus dofleini* in the La Perouse Strait and the waters off Rirei. *Journal of Hokkaido Fisheries Experimental Station* 35 (3), 1–16.
- Kim BG. 2003. Reproductive ecology and seeding production of the octopus, *Octopus ocellatus* on the west coast of Korea. Ph. D. Thesis, Kunsan National University, 1–102.
- Kim DS and Kim J. 2006. Sexual maturity and growth characteristics of *Octopus minor*. *J Kor Fish Soc* 39 (5), 410–418.
- Kim DS and Kim JM. 2007. Spawning and hatching of *Octopus minor*. *J Kor Fish Soc* 40 (4), 243–247.
- Kim S and Zhang CI. 1994. *Fish Ecology*. Seoul Press, Seoul, Korea.
- Kim ST, Kim JY, Kim JI and Hwang SD. 2004. Growth and spawn-

- ing of common octopus (*Octopus minor*) in southern coast of Korea. Proc Symp Fish Sci Soc, 362 – 363.
- Kim Y, Kang H, Lee E, Lee D, Chnag D and Gwak WS. 2008. Reproductive biology of common octopus, *Octopus vulgaris* in the South Sea of Korea. Korean J Malacol 24 (3), 161 – 166.
- Leporati SC, Pecl GT and Semmens JM. 2008. Reproductive status of *Octopus pallidus*, and its relationship to age and size. Mar Biol 155, 375 – 385. (doi: 10.1007/s00227-008-1033-9)
- National Fisheries Research and Development Institute (NFRDI). 2005. Commercial cephalopods of the world. Yemoo Press, Busan, 172.
- Quetglas A, Ordines F, González M and Franco I. 2009. Life history of the bathyal octopus *Pteroctopus tetracirrhus* (Mollusca, Cephalopoda) in the Mediterranean Sea. Deep-Sea Research I 56, 1379 – 1390. (doi: 10.1016/j.dsr.2009.02.007)
- Rodríguez – Rua A, Pozuelo I, Prado MA, Gómez MJ and Bruzón MA. 2005. The gametogenic cycle of *Octopus vulgaris* (Mollusca: Cephalopoda) as observed on the Atlantic coast of Andalusia (south of Spain). Mar Biol 147, 927 – 933. (doi: 10.1007/s00227-005-1621-x)
- Rosa R, Costa PR and Nunes ML. 2004. Effect of sexual maturation on the tissue biochemical composition of *Octopus vulgaris* and *O. defilippi* (Mollusca: Cephalopoda). Mar Biol 145, 563 – 574. (doi: 10.1007/s00227-004-1340-8)
- Sano M. 2006. Reproductive season of the north Pacific giant octopus *Octopus dofleini* in coastal area around Bakkai, Wakkanai, northern Hokkaido in the Sea of Japan. Sci Rep Hokkaido Fis Exp Stn 70, 95 – 98.
- Sato K. 1996. Survey of sexual maturation in *Otopus dofleini* in the coastal waters off Cape Shiriya, Shimokita Peninsula, Aomori Prefecture. Nippon Suisan Gakkaishi. 62 (3), 355 – 360.
- Šifner SK and Vrgoč N. 2009. Reproductive cycle and sexual maturation of the musky octopus *Eledone moschata* (Cephalopoda: Octopodidae) in the northern and central Adriatic Sea. Science Marina 73 (3), 439 – 447. (doi: 10.3989/scimar.2009.73.n3439)
- Silva L, Romas F and Sobrino I. 2004. Reproductive biology of *Eledone moschata* (Cephalopoda: Octopodidae) in the Gulf of Cádiz (south-western Spain, ICES Division IXa). J Mar Biol Ass U.K. 84, 1221 – 1226.
- Zhang CI. 1991. Fisheries resource ecology. Woosung Publ co, Seoul.

2014. 2.14 Received

2014. 5.21 Revised

2014. 4. 23 Accept