

## 경남 지역에서 서식하는 참문어(*Octopus vulgaris*)의 자원 변동과 생식 생태의 변화

송세현 · 박종혁 · 지환성 · 최정화 · 김희준 · 정재묵\* · 김도훈<sup>1</sup>

국립수산과학원 수산자원연구센터, <sup>1</sup>부경대학교 해양수산경영학과

### Variation in Catch Size and Changes in Reproductive Biology of Common Octopus *Octopus vulgaris* in the Coastal Waters Off Gyeongnam, Korea

Se Hyun Song, Jong Hyeok Park, Hwang-Sung Ji, Jung Hwa Choi, Hee Jun Kim, Jae Mook Jeong\* and Do Hoon Kim<sup>1</sup>

Fisheries Resources Research Center, National Institute of Fisheries Science, Tongyeong 53064, Korea

<sup>1</sup>Department of Marine & Fisheries Business and Economics, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

The purpose of this study was to provide information about annual variations in catch size and changes in reproductive biology in the common octopus *Octopus vulgaris*, a commercially important species. Samples were collected from coastal waters off Gyeongnam, Korea, by coastal trap and coastal complex fishery from February to December 2018. *Octopus vulgaris* have been decreasing in this region since 2007 and catch prices have been increasing. The mantle length (ML) of *O. vulgaris* ranged from 1.2 to 21.2 cm and body weight ranged from 42.6 to 5,537 g. The sex ratio differed significantly from what was expected, at 0.45:0.55 ( $P < 0.05$ ). Mature females were found from February to December, except in October and November, and males occurred from February to December, except in October. The gonadosomatic index value was higher from May to September than in other months. The total number of eggs in fecund individuals ranged from 40,280 in 578.1 g of body weight to 138,994 in 1,666.5 g of body weight. The relationship between body weight and fecundity was  $F = 76.486BW^{1.0087}$  ( $r^2 = 0.7897$ ). At 50% group maturity, average weight was estimated to be 636.35 g, while it was 969.30 g at 75% maturity and 1736.55 g at 97.5% maturity. This study highlights changes in catch size and reproductive biology between 2007 and 2018. These results provide basic evidence that may be used to establish regulatory policy for *O. vulgaris* fisheries.

Keywords: *Octopus vulgaris*, Reproductive biology, Octopus catch, Coastal waters off Gyeongnam

### 서론

참문어(*Octopus vulgaris*)는 문어목(Octopoda) 문어과(Octopodidae)에 속하는 종으로 수심 5-30 m 정도의 암반조하대에서 비교적 흔히 발견되는 50 cm 전후의 중형 문어류이다(Hong, 2006). 우리나라 전 연안을 포함, 동대서양과 지중해의 열대, 아열대 및 온대 해역의 연안에 분포하며 북서아프리카, 유럽 대서양, 지중해, 일본 등지에서 주요 수산자원으로 이용되며(Mangold, 1997; Guerra, 1997; Hastie et al., 2009), 우리나라 동해에서 주로 어획되는 대문어(*Octopus dofleini*)와는 구별된다.

참문어는 우리나라에서 주로 소비되는 수산자원으로 2009년에 비해 2018년의 생산량이 절반으로 감소하였음에도 불구하고 대문어(*Octopus dofleini*)를 대상으로 시행하는 포획금지체중 설정과 같은 자원관리체계가 부족한 실정이다. 이러한 정책이 수행되기 위해서는 그 생물에 관한 다양한 생태학적 기초연구가 수반될 필요가 있다. 참문어에 대한 국외의 생태학적 연구로는 생물학적 특성(Smale and Buchan, 1981), 먹이생물 조성(Smith, 2003), 생식생태(Silva et al., 2002; Rosa et al., 2004; Rodríguez-Rua et al., 2005) 등으로 매우 다양한 연구들이 수행되고 있었으나, 국내에서는 참문어를 대상으로 하는 종묘생

\*Corresponding author: Tel: +82. 55. 650. 2251 Fax: +82. 55. 650. 2206

E-mail address: jaemookjeong@korea.kr



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2020.0057>

Korean J Fish Aquat Sci 53(1), 57-66, February 2020

Received 20 December 2019; Revised 22 January 2020; Accepted 4 February 2020

저자 직위: 송세현(박사 후 인턴 연구원), 박종혁(석사 후 인턴 연구원), 지환성(연구사), 최정화(연구관), 김희준(연구원), 정재묵(연구사), 김도훈(교수)

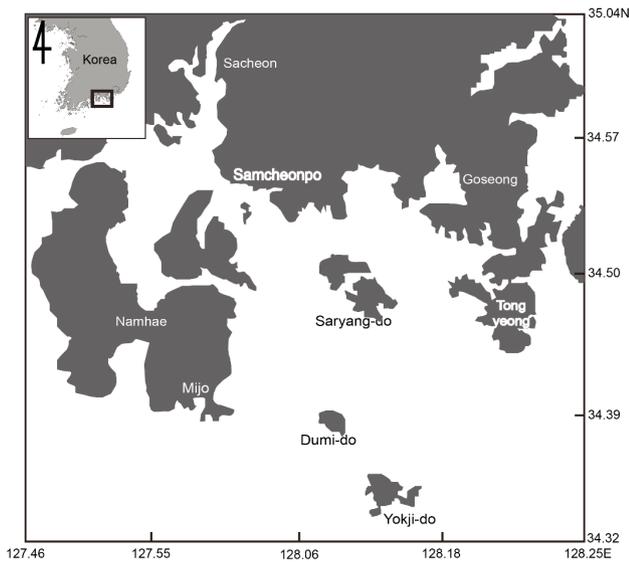


Fig. 1. A map of the sampling area of common octopus *Octopus vulgaris* in the coast of Gyeongsangnamdo, Korea.

산기술 연구(Chu and Kim, 1990), 생식생물학적 연구(Kim et al., 2008), 성숙과 산란(Kang et al., 2009)에 관한 연구와 대문어를 대상으로 한 성숙과 산란에 대한 연구(Lee et al., 2014) 외에는 최근의 연구들이 부족한 상황이다.

수산자원생물의 지속적인 기초생태학적 연구는 자원 관리에 중요한 기초자료가 된다. 이번 논문의 목적은 참문어 어획량의 장기적인 변동을 확인하고 생식소의 조직학적 분석을 통해 참문어의 어획량 감소와 성숙체중의 감소와의 연관성을 살펴보았다. 또한, 이번 연구 결과와 동일 지역에서 수행된 Kim et al. (2008)과 Kang et al. (2009)의 선행연구를 비교 분석하였다. 10여년 전의 과거 연구와 현재의 결과를 바탕으로 포획금지체중과 금어기 설정과 같은 자원관리를 위해 필요한 정책을 수립하기 위한 기초자료를 제공하고자 하였다. 따라서 본 연구는 전반적인 문어류에 대한 어획실태를 파악하고 2007년에 연구되었던 해역과 동일해역인 경남지역의 사천시와 통영시에서 문어단지과 통발에 의해 채집된 2018년의 참문어의 산란기, 성비, 성숙도, 난소의 조직학적 발달단계, 난경, 포란수 등 전반적인 생식생태 연구를 수행하여 비교하였다.

## 재료 및 방법

### 어획실태

우리나라의 문어류 어획량 동향을 파악하기 위해 해양수산부 수산정보포털의 어업생산통계자료를 이용하였다. 시계열로 된 통계자료는 우리나라 전 해역에 분포하는 문어류를 취합하여 나타내고 있다. 우리나라의 전체문어류의 어획량의 변화와 경남지역 문어류의 어획량 변화는 1970년 이후의 자료를 이용하

였고, 어구별로 어획되는 문어류의 어획비율의 변화는 2006년 이후의 자료를 분석에 사용하였다. 문어류의 어획금액과 kg당 평균어획금액은 1990년 이후의 자료를 이용하였고, 월별 kg당 평균어획금액의 변화를 살펴보기 위해 1990년부터 월별 평균어획금액을 각각 10년 단위로 나타내서 평균어획금액의 추이를 살펴보았다.

### 생식생태

본 연구에 사용된 참문어 시료는 2018년 2월부터 12월까지 경상남도 지역인 사천시와 통영시에서 어획된 시료를 대상으로 하였다(Fig. 1). 채집된 시료는 빙장보관하여 즉시 실험실로 옮긴 뒤 각 개체의 체장(0.1 cm)과 체중(0.01 g)을 측정하였다. 여기에서 나타난 체장은 몸통의 맨 윗부분에서 외투부 끝까지의 길이인 외투장(mantle length, ML)이다. 본 연구에서 참문어는 1,220개체를 사용하였고, 생식생태조사를 위하여 월별 약 30개체, 총 330개체의 생식소를 정밀 측정하였다.

그리고 참문어의 암컷과 수컷에 대한 평균외투장과 평균체중의 변화와 월별 외투장과 체중의 변화를 나타냈다. 성비(sex ratio)는 전 개체에 대해 조사하여 암컷과 수컷을 구분하고 월별로 변화를 나타냈고  $\chi^2$  test로 검증하였다.

330개체의 정밀 대상종을 해부 후 생식소를 적출하여 각각의 중량(0.01 g)을 측정하였고, 생식소 적출과정에서 육안으로 성별을 구분하였다. 생식소의 형태와 발달단계를 알아보기 위해 외투막을 절개하여 생식소의 외부 형태, 크기와 색깔을 기준으로 하여 미숙(immature stage), 중숙(maturing stage), 성숙(mature stage), 완숙(ripe stage)의 4단계로 구분하였다. 생식소 속도지수(gonadosomatic index, GSI)는 다음의 식을 이용하여 구하였다(King, 2007).

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

여기서 GW (gonad weight)는 생식소의 중량, BW (body weight)는 체중이다. 난경의 월 변화는 성숙 이상의 개체가 많이 채집된 5월, 6월, 7월, 9월의 암컷을 선별하여 난소 중앙 부위의 일부를 Gilson's solution에 2-3일 침적하여 고정시킨 후 OLYMPUS SZX10 (Olympus Corp., Tokyo, Japan)과 isolution lite를 이용하여 난경을 측정하였다.

생식소의 내부 구조와 생식소 발달의 조직학적 변화를 관찰하기 위하여 조직표본을 제작하였다. 추출된 생식소는 Bouin's solution에 24시간 고정한 후 수세와 탈수의 과정을 거쳤다. 이후 파라핀으로 포매한 뒤 5-6  $\mu$ m 두께로 연속 절편을 만들었다. 조직표본은 xylene 용액에서 파라핀을 제거한 후 알코올에서 저농도 순의 단계로 친수과정을 거쳐 조직 내에 수분을 첨가시켰다. 그 후 HARRIS Hematoxylin과 0.5% Eosin Y solution으로 비교염색 하였으며, Malinol 용액을 이용하여 슬라이드 절편을 고정하였다. 고정된 슬라이드는 OLYMPUS SZX16 (Olympus Corp., Tokyo, Japan)를 이용하여 조직표본을 관찰

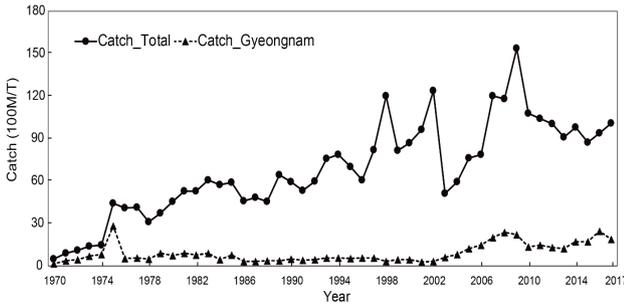


Fig. 2. Annual variation of octopus (common octopus *Octopus vulgaris* and giant pacific octopus *Octopus dofleini*) total catch and catch of Gyeongnam from 1970 to 2017.

하였고 isolation lite를 이용하여 사진촬영을 실시하였다. 전체 암컷 중에서 성숙 이상의 속도를 가지는 암컷의 비율을 구하였다. 구해진 성숙된 암컷의 비율을 토대로 성숙체중(group maturity)을 구하였고, 참문어의 산란 시기 동안 외투장별 성숙 개체의 비율로 logistic equation의 방법으로 추정하였다(Zhang, 1991).

$$P = \frac{1}{1 + e^{-r(BW - BW_{50})}}$$

여기서 BW는 전체중량(g), P는 성숙도이다. 50% 성숙체중은 위의 식을 이용하여 추정하였으며, 일반적으로 사용하는  $BW_{50}$  보다 엄격한 금지체중 설정을 위한 과학적 기준을 제시하기 위해 개체군의 75%, 100%가 성숙하는 체중을 함께 추정하였다. 단, 이번 연구에서 사용한 표본 개수와 측정 오차의 영향을 최소화하기 위하여 100%에 근접하면서도 오차가 적은 것으로 분석된  $BW_{97.5}$ 를 추정하였다.

## 결 과

### 어획실태

우리나라의 참문어(*Octopus vulgaris*)의 어획량은 1970년 503톤에서 점차 증가하여 1998년에는 12,038톤으로 큰 폭으로 증가하였다(Fig. 2). 2000년대 이후로는 2009년 15,386톤으로 가장 높았으며, 2003년에 5,121톤으로 가장 낮았다. 2009년에 비해 2017년의 어획량은 약 6,000톤 감소하였으며, 2010년부터 2017년까지 9,800톤 내외로 일정한 추세를 보이고 있었다. 경남지역에서 참문어는 2002년에 400톤을 어획한 이후로 2008년에 약 2,400톤을 어획하면서 높은 어획량을 보이면서 2017년까지 1,700톤 내외의 어획량을 나타냈다. 문어류는 80% 이상이 연안통발어업, 연안복합어업, 근해통발어업에서 어획되었는데, 참문어는 연안에서 문어통발과 문어단지에 의해 어획되고 있다(Fig. 3). 2017년 참문어의 어업별 어획량을

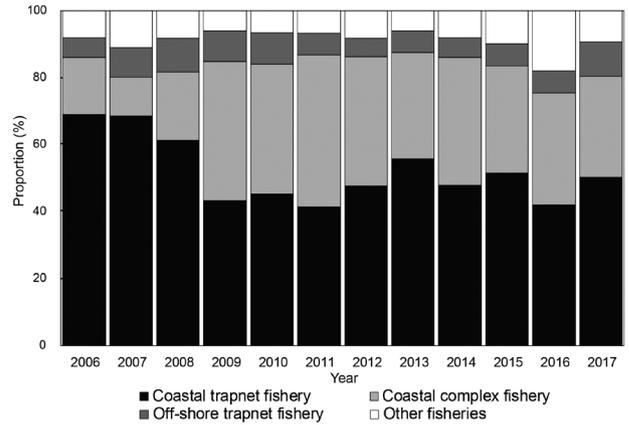


Fig. 3. Catch proportion of Octopus fisheries of coastal fisheries in Korean waters from 2006 to 2017.

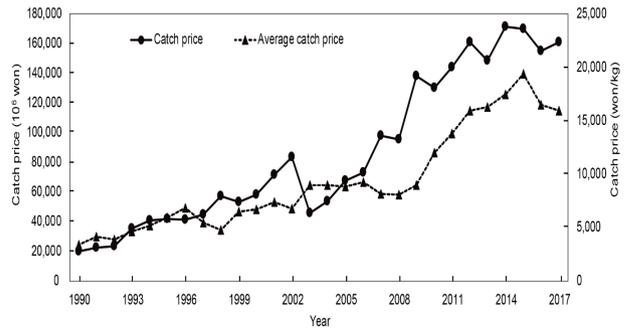


Fig. 4. Annual variation catch price of octopus by coastal fisheries in Korean waters from 1990 to 2017.

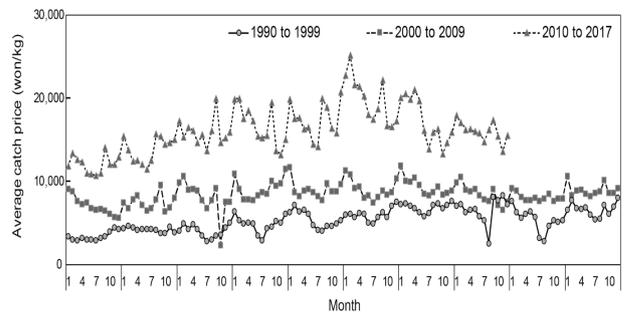


Fig. 5. Monthly variation of average catch price each ten years from 1990 to 2017.

살펴보면, 연안통발어업과 연안복합어업이 전체 80.3%를 차지하였으며, 다음으로 근해통발어업이 10.3%, 기타어업이 9.4% 순이었다.

1990년대 약 200억원의 어획금액을 나타낸 이후로 2002년 약 800억원으로 꾸준히 증가하다 2003년에 450억원으로 감소하

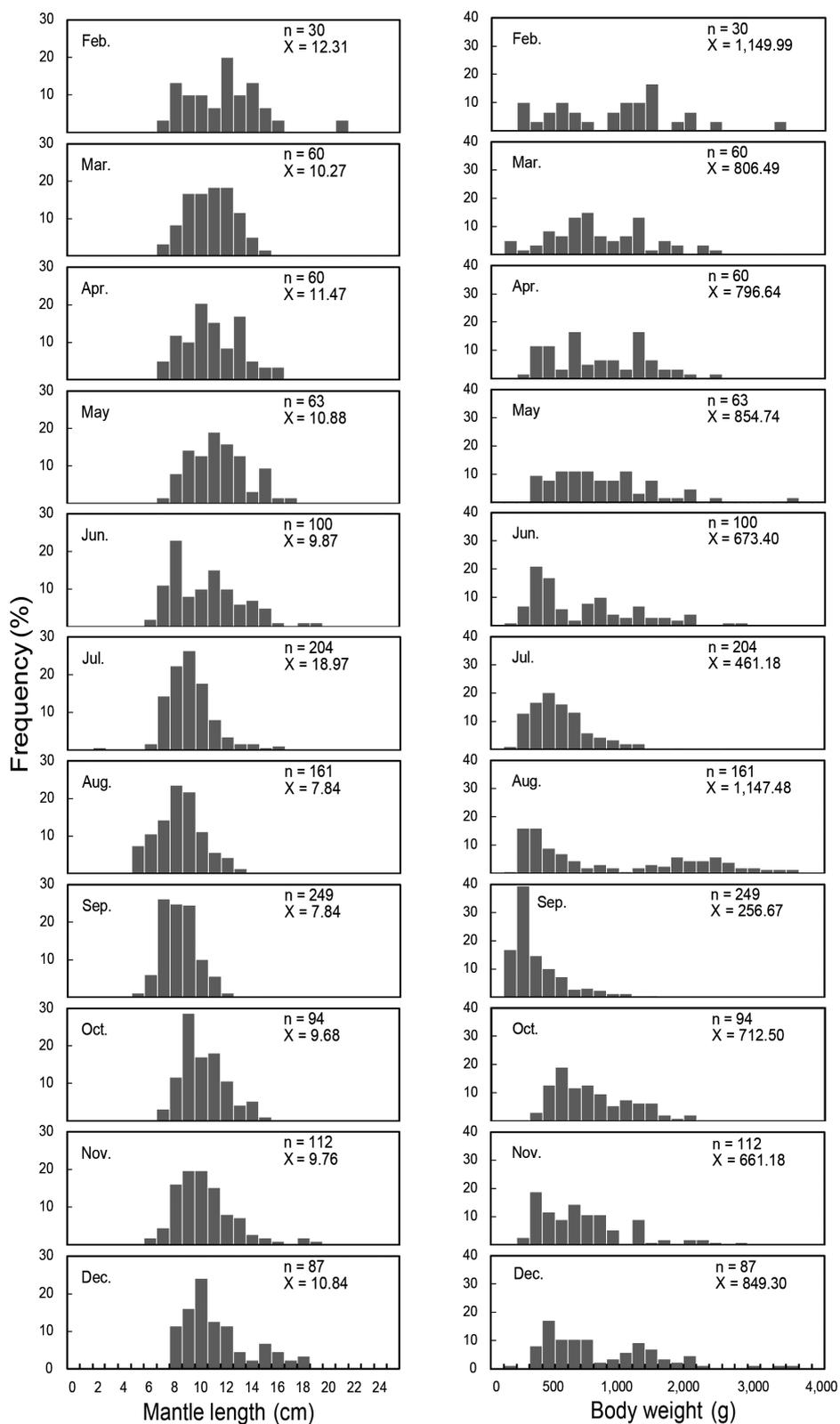


Fig. 6. Size distribution (left) and weight distribution (right) of common octopus *Octopus vulgaris* collected monthly in the coastal waters off Gyeongnam from Feb. 2018 to Dec. 2018.

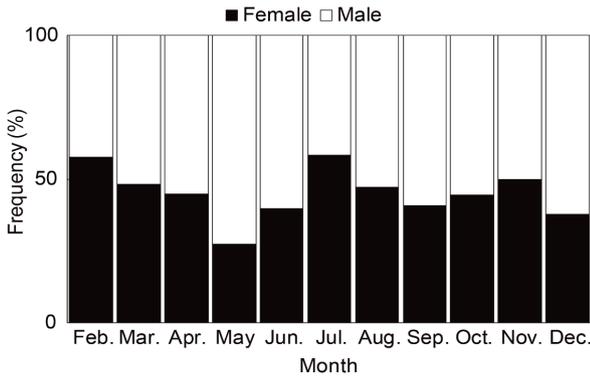


Fig. 7. Monthly sex ratio of common octopus *Octopus vulgaris* in the coastal waters off Gyeongnam from Feb. 2018 to Dec. 2018.

였지만, 2017년까지 1,600억원으로 꾸준히 증가하였다. 1990년의 kg당 평균어획금액은 3,400원으로 시작해서 2015년까지 약 20,000원으로 가장 높은 증가를 보였고 그후로 2017년까지 약 15,000원 수준으로 감소추세에 있었다(Fig. 4). 1990년부터의 평균어획금액은 10년 주기로 점차로 높아지고 있었으며, 월별 평균어획금액은 7월을 전후로 낮게 나타나고 있었고 10월부터 1월사이에 평균어획금액이 높아지고 있었다(Fig. 5).

**외투장, 체중의 변화 및 성비**

조사기간 동안 1,220개체의 참문어를 조사하였는데, 이들의 외투장(mantle length, ML)은 1.2-21.2 cm의 범위를 보였다(Fig. 6). 월별 외투장의 변화를 살펴보면, 1월부터 12.31 cm로 가장 큰 평균외투장을 나타내다가 매월 점차로 평균외투장이 감소하면서 8월과 9월에 7.84 cm로 가장 작은 평균 외투장을 나타냈다. 그리고 다시 12월까지 평균 외투장은 점차 증가하였다. 체중은 42.6-5,537.5 g의 범위를 보였다. 평균 체중은 2월에 1,149.99 g으로 가장 높게 나타났으며, 9월에 256.67 g으로 가

장 적은 평균 체중을 나타냈다. 참문어의 월별 성비를 조사하기 위해 육안으로 관찰하였으며 암컷과 수컷의 성비는 0.45:0.55로 나타났다(Fig. 7). 5월에 암컷의 비율이 0.27로 가장 낮았으나 7월까지 0.58로 점차 증가하였다. 암·수컷의 성비는 통계적으로 유의한 차이를 보였다( $\chi^2$  test,  $P < 0.05$ ).

**생식소의 월별 발달과정과 생식소속도지수(GSI)**

참문어의 산란기를 추정하기 위하여 생식소의 월별 발달과정을 육안으로 판별하였다. 암컷의 경우, 조사기간 중 미숙, 중숙, 성숙, 완숙의 개체들이 월별로 혼재하여 출현하였다(Fig. 8). 6월부터 미숙 단계의 암컷이 10월까지 점차 증가하는 경향을 나타냈다. 성숙 단계를 지난 개체는 5월부터 출현 비율이 매우 높았고 9월에 출현하지 않았다가 10월부터 출현율이 점차 증가하였다. 산란이 가능한 완숙기의 암컷은 10월과 11월을 제외하고 매월 출현하였다. 수컷의 경우 조사기간 중, 2월에 전부 완숙 단계가 나타난 것을 제외하고 미숙, 중숙, 성숙, 완숙 단계의 개체들이 월별로 혼재하여 나타났다. 미숙 단계의 수컷은 2월부터 출현하였으며 9월까지 점차 증가하였다. 생식소의 속도가 방정 가능한 성숙단계 이상의 개체는 9월을 제외하고 전 기간에 걸쳐 출현하였다.

참문어의 암컷과 수컷 생식소속도지수의 월 변화를 살펴보면(Fig. 9), 암컷의 경우 2월에 1.61이었던 것이 5월에 6.54로 급격히 증가하였고 이후 감소하기 시작하여 10월에 0.62로 연중 가장 낮은 값을 보였다. 수컷의 GSI는 9월에 평균 3.81로 연중 가장 높은 값을 나타냈고, 그 외에는 큰 변동 없이 1.59-2.08의 범위를 나타내었다. 이와 같은 GSI의 월 변동 양상을 살펴본 결과, 참문어의 산란기는 5월에서 9월로 판단되었다.

**조직학적 발달단계**

참문어의 암컷과 수컷의 생식소를 조직학적으로 관찰하여 성숙도를 미숙, 중숙, 성숙, 완숙의 단계로 구분하였다(Fig. 10).

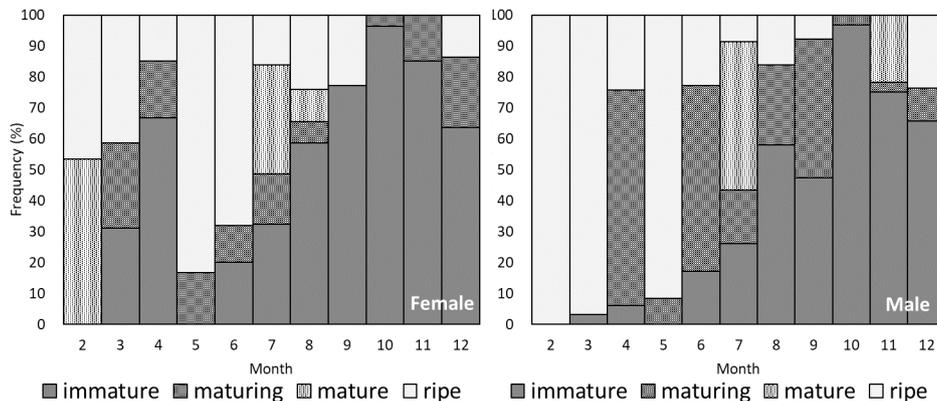


Fig. 8. Monthly changes in maturity stages of female (left) and male (right) *Octopus vulgaris* in the coastal waters off Gyeongnam from Feb. 2018 to Dec. 2018.

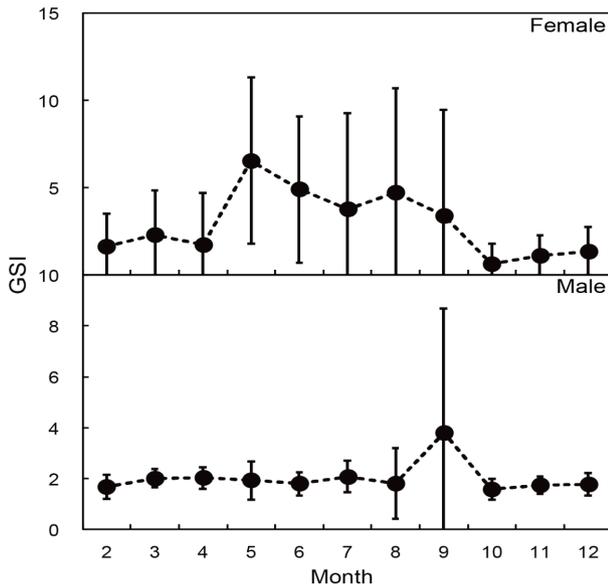


Fig. 9. Monthly change in gonadosomatic index (GSI) of female and male *Octopus vulgaris* in the coastal off Gyeongnam from Feb. 2018 to Dec. 2018. Solid circles indicate mean GSI and vertical bars indicate low and high GSI from Feb. 2018 to Dec. 2018.

암컷은 미숙단계에서 난소소엽 상피세포 층을 따라 초기 성장 중인 난모세포들이 소엽간의 내강 쪽으로 성장하고 있었다. 난모세포들은 구형에서 점차 타원형으로 발달하고 있었다. 중숙 단계에서는 난모세포의 세포질 내에서 핵과 난황구들이 쉽게 관찰되었으며, 난황물질의 축적과 함께 계속 성장 발달해 갔다. 성숙단계에서는 난소에서의 난모세포들이 크게 성장 발달하였고 난황구들은 지속적인 축적과 함께 균질화가 진행되어 갔다. 완숙단계에서는 난소 내에서 긴 타원형의 완숙된 난모세포들이 가득 차게 되는데 실제로 산란하는 문어의 난과 매우 유사한 형태로 완숙되어 있었다. 수컷의 미숙단계는 정소의 정소소엽 상피를 따라 정모세포가 다수 관찰되었고 정세포와 일부 변태 중인 정자들이 관찰되었다. 중숙단계에서의 정소에서는 소엽 내강에서 성숙 변태를 마친 정자들이 계속적으로 축적되고 있었다. 성숙단계의 정소에서는 성숙 변태를 마친 정자들이 계속 축적되면서 중앙내강에는 정자괴가 뚜렷이 나타났다. 완숙단계에서는 정소의 내강에 성숙한 정자들이 늘어나 소엽 내강을 채웠으며 밀집되어가는 특성을 보였다.

### 난경과 포란수

참문어의 난경조성은 생식소속도지수를 통해 파악된 산란기에 해당하는 암컷을 위주로 난경의 변화를 살펴보았다(Fig. 11). 산란기로 추정된 5월부터 9월까지 0.20-0.55 mm의 난경이 관찰되었으며, 6월에 평균 0.45 mm로 최대 난경이, 9월에 평균 0.35 mm로 최소 난경이 나타났다. 난경조성을 통하여 알아본 참문어의 주된 산란성기는 6월로 추정되었다. 산란을 할 수 있

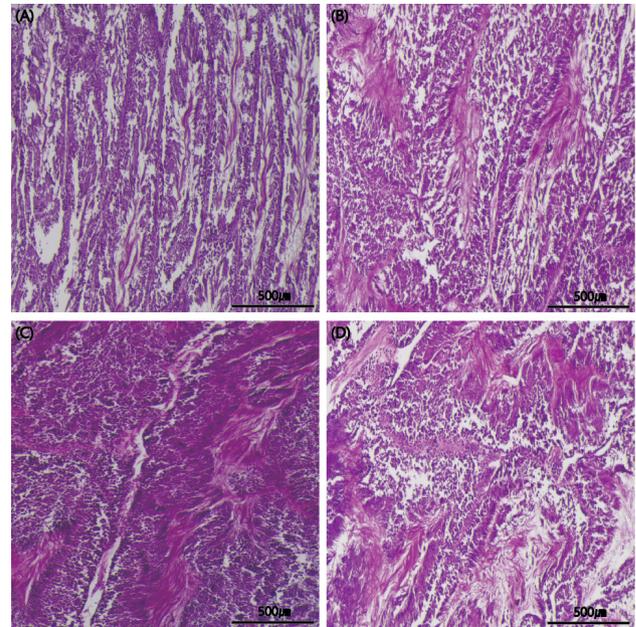
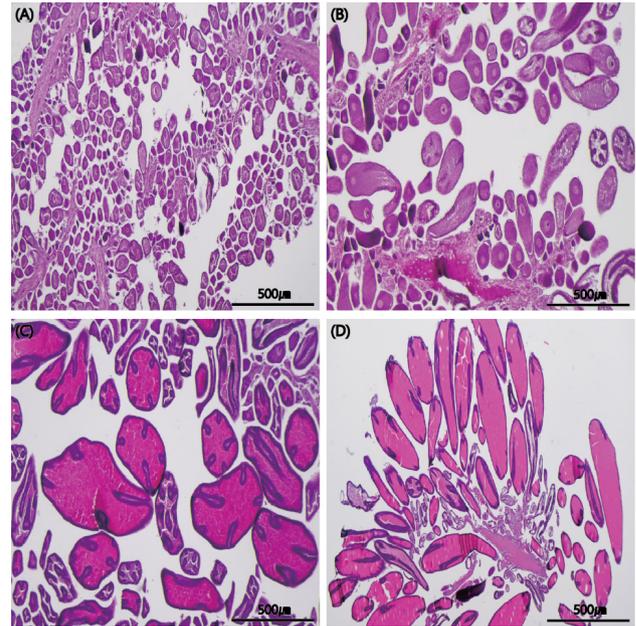


Fig. 10. Photomicrographs of developmental stages of *Octopus vulgaris* eggs in the ovary (up) and *O. vulgaris* sperm in the testis (down). A, immature stage; B, maturing stage; C, mature stage; D, ripe stage. Scale bars are 500 µm.

는 완숙된 난소를 가진 개체를 선별하여 3반복으로 포란수를 계수하였다. 포란수는 40,280 (578.1 g)-138,994 (1,666.5 g) 개의 범위를 보였다. 평균 포란수는 87,031개였다. 참문어 체중 1 g 당 상대포란수는 64-108개의 범위, 평균 84개를 나타냈고, 체중이 증가함에 따라 포란수가 증가하는 경향을 보였

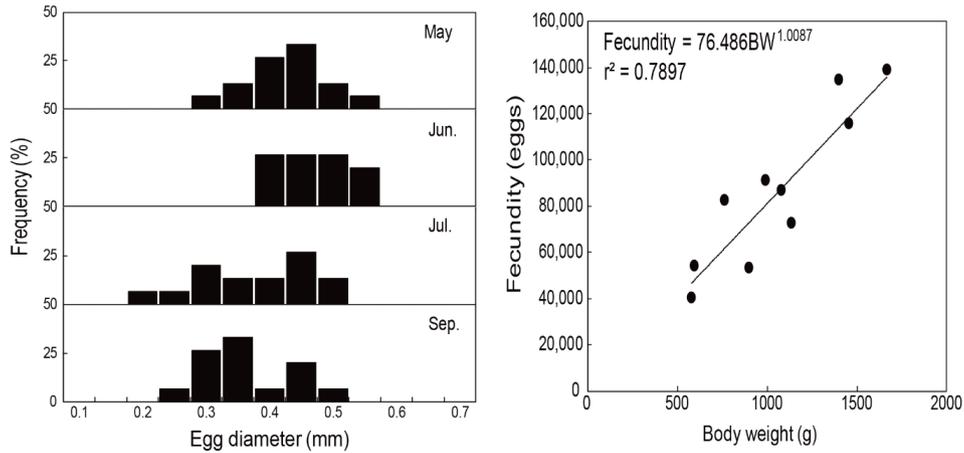


Fig. 11. Size frequency distribution of egg diameter with the progression in different mature stage of *Octopus vulgaris* during spawning period (left). Relationship between fecundity and body weight of *O. vulgaris* (right) in the coastal waters off Gyeongnam.

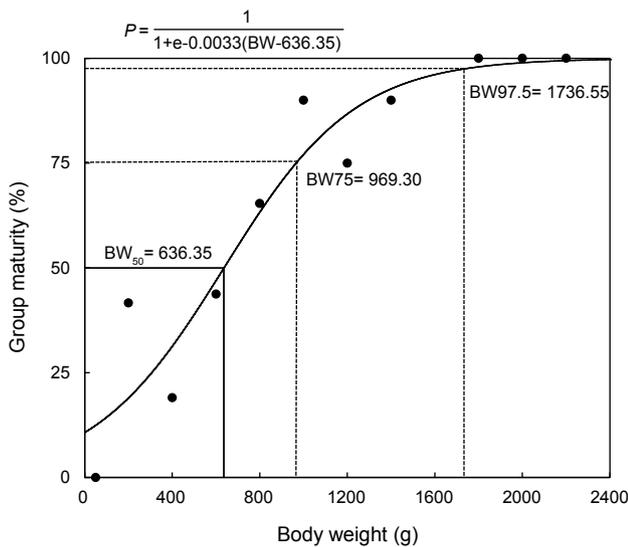


Fig. 12. A logistic relationship between body weight and maturation rate for female *Octopus vulgaris* during spawning period in the coastal waters off Gyeongnam from Feb. 2018 to Dec. 2018.

다. 산란기 동안 참문어의 체중 (BW)과 포란수 (F)의 관계식은  $F=76.486BW^{1.0087}$  ( $r^2=0.7897$ )로 나타났다.

### 산란기 추정 및 성숙체중

본 연구에서는 참문어의 생식소 육안판별과 생식소속도지수, 조직학적 검경과 난경 및 포란수를 조사하여 산란기를 5월부터 9월로 추정하였고, 산란성기는 6월로 판단하였다. 참문어는 1회 산란을 하며 동시에 산란하는 특성을 보였다. 산란기인 5-9월에 채집된 암컷의 성숙단계에 따라 성숙체중을 추정하였다. 참문어 암컷은 체중 116.5 g에서 성숙한 개체가 출현하기 시작

하였으며, 1,700 g 이상에서는 모든 개체가 성숙한 것으로 나타났다. 50% 성숙체중은 logistic equation을 통하여 추정된 결과 636.35 g으로 나타났다(Fig. 12). 또한 75% 성숙체중은 969.30 g이었고, 97.5% 성숙체중은 1,736.55 g으로 나타났다.

### 고찰

2009년에 가장 높은 어획량을 기록한 이후에 어획량이 큰 폭으로 늘어나지 않고 있으며 수요는 점차적으로 증가함에 따라 어획금액과 kg당 평균어획금액이 꾸준히 증가하고 있는 참문어의 자원학적 중요성을 인식하고 2007년과 2018년의 생식생물학적 특성의 변화를 비교하기 위해 외투장, 체중, 성비, 생식소속도지수의 월 변화와 생식소의 조직학적 분석을 통해 생식소의 단계별 발달과정과 개체군의 50%, 75%, 97.5%가 성숙하는 성숙체중을 조사하였다.

생식소속도지수는 산란과 생식의 주기성을 나타내는 지시자이고 많은 어종의 산란기를 추정하는데 유용하게 사용되며 (Wilk et al., 1990), 각 어종에 대한 산란기를 추정하기 위해서는 4가지 방법(난소의 현미경 관찰, 생식소속도지수, 난경 분포, 난소의 조직학적 관찰)을 사용해야 한다고 하였다(Liu et al., 2001). 본 연구에서도 이와 같은 방법을 통해 참문어의 산란기를 5-9월로 추정하였다. 평균외투장의 월 변화에서도 8월과 9월에 가장 작게 나타나고 있었고 평균체중도 9월에 256.67 g으로 가장 적게 나타났는데, 이러한 원인으로 5월부터 산란된 문어가 어장에 가입되면서 평균외투장의 감소에 영향을 주었던 것으로 판단되었다.

참문어는 지역에 따라 다소 차이가 있으나 대체적으로 수컷의 경우에 15-20개월, 암컷의 경우 12-17개월의 생애주기를 보였으며(Sánchez and Obarti, 1993; Domain et al., 2000), 17-23°C의 수온 범위에서 수컷은 339일만에 1.6 kg까지 성장하였고, 암

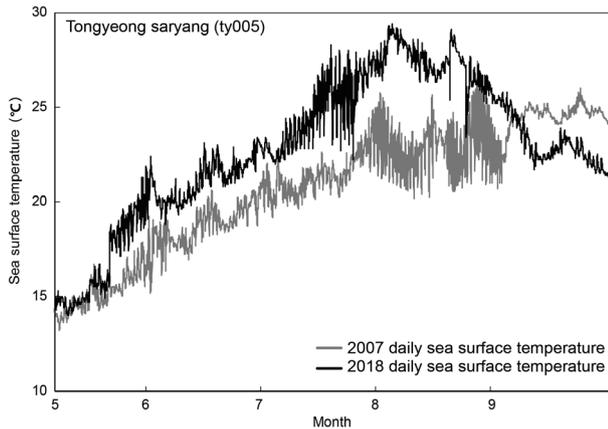


Fig. 13. Daily variation of sea surface temperature of KODC (Korea oceanographic data center) in the Tongyeong saryang (ty005) of coastal oceanographic observation points for the spawning season each from May to Sep. 2007 and 2018.

컷은 356일만에 1.8 kg까지 성장하는 것으로 알려졌다(Iglesias et al., 2004). 산란이 막 끝난 참문어의 유생은 40일이 경과하면서 6.4 mm로 성장하다가 6개월이 지나면서 체중이 500-600 g으로 성장하였다(Itami et al., 1963; Imamura, 1990; Villanueva, 1995; Iglesias et al., 2004). 통영과 사천 해역에서의 참문어도 산란 후에 성장 기간에 따른 평균 체중의 변화가 기존의 연구와 유사한 양상을 나타내고 있었다.

2007년에 동일한 해역에서 조사된 참문어 산란기가 5-6월과 9월로 추정되어 본 연구와 유사하였지만(Kim et al., 2008; Kang et al., 2009), 2018년에는 생식소숙도지수가 5-9월까지로 매월 연속되어 나타나는 특징이 있었다. 2007년 7월과 2018년 7월에 조사된 참문어 생식소숙도지수의 큰 차이가 나타나는 원인으로는 다양한 해양환경요인 중에 수온의 영향을 많이 받았을 것으로 판단하였다. 어류의 성숙과 산란은 빛과 수온에 의해 영향을 많이 받고 있으며(De Vlaming et al., 1982), 수온 등의 계절적 변화에 따라 해양의 생산성 변동과 먹이생물 출현량이 달라져 산란시기를 결정하는 요인으로 작용한다(Cushing, 1975).

두족류인 참문어도 산란시나 성장에 수온이나 먹이에 따라 큰 영향을 받는 것으로 나타났다(Forsythe and van Heukelem, 1987; Aguado and García, 2002). 참문어의 부화기간은 수온에 따라 큰 차이를 보였는데, 25°C에서 20-30일이 소요되었고, 21°C에서는 60일이 소요되었다(Mangold and von Boletzky, 1987). 이러한 온대해역의 많은 어종들은 수온이 낮은 겨울철에 비하여 생산성이 비교적 높은 봄에서 가을 사이에 산란하는데, 참문어 또한 비교적 생산성이 높은 여름과 가을 사이에 산란하는 전략을 택하였다.

생산성이 높은 여름철인 2007년과 2018년의 5월부터 9월까지의 조사해역과 근접한 지점의 연안정지관측수온을 비교해보

았는데, 전체적으로 2018년의 표층수온이 높게 형성되고 있었다(Fig. 13). 참문어의 어획적수온이 17-23°C인 것으로 나타난 연구(Iglesias et al., 2004)와 수조실험을 통해 생존과 성장에 적합한 수온을  $15.9 \pm 1.6^\circ\text{C}$ 와  $16.7 \pm 1.7^\circ\text{C}$ 의 범위를 추정한 연구(Rodríguez et al., 2006)에 근거하여 약 17°C를 나타내기 시작하는 시기가 2018년에 5월말부터 시작된 반면, 2007년에 6월말부터 한달 정도 늦게 형성되기 시작하면서 성숙하는 시기가 차이가 나면서 두 시기의 산란시기의 차이가 발생하였던 주된 원인으로 판단할 수 있었다.

조사기간 동안 출현한 참문어의 월별 암·수의 성비를 살펴본 결과 0.45:0.55에서 유의한 차이를 보였다( $\chi^2$  test,  $P < 0.05$ ). 산란기동안 수컷이 산란장을 보호하는 망둥어과 어류와 암·수간 산란장으로의 회유시기가 다른 회유성 어종의 경우, 산란기동안 성비에서 차이를 보이기도 하였다(Lee et al., 2005; Kovačić, 2007). 참문어도 산란기가 시작되는 5월부터 암컷의 비율이 더 높아졌으며, 산란기가 끝나가는 9월에 다시 낮아졌다. 이러한 비율의 차이를 보이는 원인으로 산란기가 시작되면서 먹이활동이 왕성해진 암컷이 주로 어획되다가 산란을 하고 본격적으로 부화를 준비하면서 암컷의 비율이 낮아진 것으로 판단하였다.

본 연구에서 logistic equation을 통하여 추정된 참문어의 50% 성숙체중은 636.35 g으로 나타났다. logistic 곡선은 많은 어종의 성숙체장을 결정하는데 유용하게 사용된다. 성숙체장으로 성숙도를 나타내는 대부분의 어류와는 달리 두족류는 외투장(mantle length, ML)을 이용하여 성숙도를 구하는 방법과(Choi and Kwon, 2011; Lee et al., 2017a), BW (body weight)를 이용하여 성숙도를 구하는 방법을 사용하고 있다(Kim and Kim, 2006; Lee et al., 2018). 하지만 두족류 중에서 갑오징어과(Sepiidae)와 살오징어(*Todarodes pacificus*)는 몸통부의 외투 안에 뼈(석회질)가 있어서 외투장을 측정할 때 수축될 가능성이 적으나 주꾸미(*Octopus ocellatus*)를 포함하는 문어목(Octopoda)에 해당하는 두족류 등은 외투장이 수축되어 측정에 따른 오류를 최소화하기 위해 BW로 성숙체중을 구하는 것이 타당하다고 판단하였다.

2007년에 동일한 방법을 이용해 추정된 참문어의 50% 성숙체중은 919.6 g으로(Kang et al., 2009) 2018년 조사된 성숙체중보다 약 300 g 정도 높게 조사되었다. 두족류의 일종인 낙지(*Octopus minor*)도 50% 성숙체중이 암컷이 31 g, 수컷이 79.9 g으로 추정된 연구(Kim et al., 2017), 102.3 g으로 추정된 연구(Lee et al., 2017b), 1985년부터 1987년까지 황해의 살오징어의 성숙체장(외투장)이 20.7 cm에서 17.2 cm로 감소되고 있는 연구(Choi and Kwon, 2011)에서 지역별, 시기별로 차이가 발생하는 것을 확인하였다. 동일한 해역에서 조사된 동일한 해역에서 연구된 참문어가 2007년에 비해 2018년의 성숙체중이 감소한 하나의 원인으로 참문어의 미성숙개체가 빈번하게 어획이 발생하고 있는 것을 들 수 있다. 미성숙개체의 무분별한 어획은 성숙에 참여할 수 있는 기회를 빼앗기 때문에 자원관리 측면에

서도 매우 중요한 문제라 할 수 있다. 그 외에도 수온, 염분 등으로 인한 성숙도의 변화 등을 원인으로 들 수 있겠다. 향후 추가적으로 참문어의 어획량감소와 성숙체중과의 관계와 관련된 많은 연구들이 필요할 것이다.

현재 우리나라에는 미성어 및 산란기 어미 등을 보호하기 위한 포획금지체장 및 포획금지기간을 설정하고 있으나, 어획량이 감소추세에 있는 참문어는 수산자원보호를 위한 방안이 현재 전무한 상태이다. 2007년과 2018년에 조사한 참문어의 산란기와 성숙체중의 변화와 관련된 연구는 수산자원관리에 있어서 포획금지기간과 금지체중을 설정할 수 있는 중요한 기초자료라고 판단하였다. 연안통발어업과 연안복합어업에서 참문어가 어획되는 비율이 약 80% 이상을 차지하고 있는데, 어획량의 감소는 이러한 어업에 악영향을 초래할 것이므로 무분별하게 남획되는 것을 예방하는 차원에서라도 참문어의 주 산란기간인 5-9월을 기준으로 포획금지기간이나 포획금지체중을 설정하는 것이 더욱 바람직할 것으로 판단하였다.

## 사 사

본 연구는 국립수산물과학원 수산과학연구소 연구비 지원에 감사드립니다.

## References

- Aguado F and García B. 2002. Growth and food intake models in *Octopus vulgaris* Cuvier (1797): influence of body weight, temperature, sex and diet. *Aquat Intl* 10, 361-377. <https://doi.org/10.1023/A:1023335024053>.
- Choi KH and Kwon DH. 2011. Biological properties of common squid in the Yellow Sea of Korea. *J Kor Soc Mar Environ Saf* 17, 367-373. <http://dx.doi.org/10.7837/kosomes.2011.17.4.367>.
- Chu C and Kim SG. 1990. Studies on the development of techniques on seedling production of *Octopus vulgaris*. *National Institute of Fisheries Science* 86, 92-97.
- Cushing DH. 1975. *Marine ecology and fisheries*. Cambridge University Press, New York, NY, U.S.A., 292.
- De Vlaming VL, G Grossman and F Chapman. 1982. On the use of the gonadosomatic index. *Comp Biochem Physiol* 73A, 31-39.
- Domain F, Jouffre D and Caverivière A. 2000. Growth of *Octopus vulgaris* from tagging in Senegalese waters. *J Mar Biol* 80, 699705. <https://doi.org/10.1017/S0025315400002526>.
- Forsythe JW and van Heukelem WF. 1987. Growth. In: *Cephalopod life cycles Vol. 2: Comparative Reviews*, PR Boyle, ed. Academic Press, London, U.K., 135-156.
- Guerra A. 1997. *Octopus vulgaris*: review of the world fishery. In: Lang MA, Hochberg FG, eds. *Proceedings of the workshop on the fishery and market potential of octopus in California*. Smithsonian Institution, Washington D.C., U.S.A., 91-97.
- Hastie LC, Pierce GJ, Wang J, Bruno I, Moreno A, Piatkowski and Robin JP. 2009. Cephalopods in the North-eastern Atlantic: species, biogeography, ecology, exploitation and conservation. *Oceanogr Mar Biol* 47, 11-190. <https://doi.org/10.1201/9781420094220.ch3>.
- Hong SY. 2006. *Marine invertebrates in Korean coasts*. Academybook, Seoul, Korea, 479.
- Iglesias J, Otero JJ, Moxica C, Fuentes L and Sánchez FJ. 2004. The completed life cycle of the octopus (*Octopus vulgaris* Cuvier) under culture conditions: paralarval rearing using Artemia and zoeae, and first data on juvenile growth up to eight months of age. *Aquat Intl* 12, 481-487. <https://doi.org/10.1023/B:AQUI.0000042142.88449.bc>.
- Imamura S. 1990. Larval rearing of octopus (*Octopus vulgaris* Cuvier). The progress of technological development and some problems remaining. *Collect Breed* 52, 339-343.
- Itami K, Izawa Y, Maeda S and Nakai K. 1963. Notes on the laboratory culture of the Octopus larvae. *Nippon Suissan Gakkaishi* 29, 514-520.
- Kang HJ, Kim YH, Kim SY, Lee DW, Choi YM, Chang DS and Gwak WS. 2009. Maturity and Spawning Period of the Common Octopus, *Octopus vulgaris* in the South Sea of Korea. *Kor J Malacol* 25, 127-133.
- Kim DS and Kim JM. 2006. Sexual maturity and growth characteristics of *Octopus minor*. *Korean J Fish Aquat Sic* 39, 410-418. <http://dx.doi.org/10.5657/kfas.2006.39.5.410>.
- Kim YH, Kang HJ, Lee EH, Lee DW, Chang DS and Gwak WS. 2008. Reproductive biology of common octopus, *Octopus vulgaris* in the South Sea of Korea. *Kor J Malacol* 24, 161-166.
- Kim YH, Lee SK, Kim HJ, Ju SM and Lee JS. 2017. Sexual group maturity, fecundity and reproductive cycle of *Octopus minor* (Cephalopoda: Octopodidae). *Kor J Malacol* 33, 13-20. <http://doi.org/10.9710/kjm.2017.33.1.13>.
- King MG. 2007. *Fisheries biology, assessment and management*, 2nd ed, Blackwell Publication, Oxford, U.K., 382.
- Kovačić M. 2007. Reproductive biology of the striped goby, *Gobius vittatus* (Gobiidae) in the northern Adriatic Sea. *Scientia Mar* 71, 145-151. <https://doi.org/10.3989/scimar.2007.71n1145>.
- Lee CF, KM Liu, WC Su and CC Wu. 2005. Reproductive biology of the common ponyfish *Leiognathus equulus* in the south-western waters off Taiwan. *Fish Sci* 71, 551-562. <https://doi.org/10.1111/j.1444-2906.2005.00999.x>.
- Lee SI, Yang JH, Lee HW, Kim JB and Cha HK. 2014. Maturity and spawning of the giant Pacific octopus, *Octopus dofleini* in the coast of Gangwondo, East Sea. *J Kor Soc Fish Tech* 50, 154-161. <http://dx.doi.org/10.3796/KSFT.2014.50.2.154>.
- Lee SH, Kim YH and Shin MG. 2017a. Spawning characteristics of *Amphioctopus fangsiao* in the Southern coast of

- Korea. Kor J Malacol 33, 131-136. <http://doi.org/10.9710/kjm.2017.33.2.131>.
- Lee SH, Shin MG and Kim YH. 2017b. Fisheries biology of *Octopus minor* in the Deukryang Bay in the Southern Coast of Korea. Kor J Malacol 33, 179-183. <http://doi.org/10.9710/kjm.2017.33.3.179>.
- Lee SH, Song SH, Jeong JM, Choi JH and Kim YH. 2018. Fisheries biology of *Octopus minor* in the Tando Bay in the Southwest Coast of Korea. Kor J Malacol 34, 95-100. <http://doi.org/10.9710/kjm.2018.34.2.95>.
- Liu KM, Hung KY and Chen CT. 2001. Reproductive biology of the big eye *Priacanthus macracanthus* in the north-eastern waters off Taiwan. Fish Sci 67, 1008-1014. <https://doi.org/10.1046/j.1444-2906.2001.00355.x>.
- Mangold K. 1997. *Octopus vulgaris*: review of the biology. In: Lang MA, Hochberg FG, eds. Proceedings of the workshop on the fishery and market potential of octopus in California. Smithsonian Institution, Washington D.C., U.S.A., 85-90.
- Mangold K and von Boletzky S. 1987. Cephalopodes. In: Fiches FAO d'Identification des Espèces pour les Besoins de la Pêche (Rev. 1) Méditerranée et mer Noire. Zone de Pêche 37, W Fischer et al., eds. FAO, Rome, Italy, 633-714.
- Rodríguez-Rua A, Pozuelo I, Prado MA, Gomez MJ and Bruzon 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. <https://doi.org/10.1007/s00227-005-1621-x>.
- Rodríguez C, Carrasco JF, Arronte JC and Rodríguez M. 2006. Common octopus (*Octopus vulgaris* Curvier, 1797) juvenile on-growing in floating cage. Aquaculture 254, 293-300. <http://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.10.053>.
- 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. <https://doi.org/10.1007/s00227-004-1340-8>.
- Sánchez P and Obarti R. 1993. The biology and fishery of *Octopus vulgaris* caught with clay pots on the Spanish Mediterranean coast. In: Recent advances in fisheries biology, T. Okutani et al., eds. Tokai University Press, Tokyo, Japan, 477-487.
- Silva L, Sobrino I and Ramos F. 2002. Reproductive biology of the common octopus, *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797 (Cephalopoda: Octopodidae) in the Gulf of Cádiz (SW Spain). Bull Mar Sci 71, 837-850.
- Smale MJ and Buchan PR. 1981. Biology of *Octopus vulgaris* off the Coast of South Africa. Mar Biol 65, 1-12. <https://doi.org/10.1007/BF00397061>.
- Smith CD. 2003. Diet of *Octopus vulgaris* in False Bay, South Africa. Mar Biol 143, 1127-1133. <https://doi.org/10.1007/s00227-003-1144-2>.
- Villanueva R. 1995. Experimental rearing and growth of planktonic *Octopus vulgaris* from hatching to settlement. Can J Fish Aquat Sci 52, 2639-2650. <https://doi.org/10.1139/f95-853>.
- Wilk SJ, Morse WW and Stehlik LL. 1990. Annual cycles of gonadosomatic indices as indicators of spawning activity for selected species of finfish collected from the New York bight. Fish Bull 88, 775-786.
- Zhang CI. 1991. Fisheries resource ecology. Woosung Publ co., Seoul, Korea.